Universidade Federal de Ouro Preto
Programa de Pós-Graduação e
Sustentabilidade Sócio-econômica e Ambiental
Mestrado em Sustentabilidade Sócio-econômica e Ambiental

Antônio Augusto Melo Malard

"AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO SETOR DE SIDERURGIA NÃO INTEGRADA A CARVÃO VEGETAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS"

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Sócio-econômica e Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título: "Mestre em Sustentabilidade Sócio-econômica e Ambiental – Área de Concentração: Ambientometria"

Orientador: Prof. Dra. Auxiliadora Maria Moura Santi

Ouro Preto, MG

2009

M237a Malard, Antônio Augusto Melo.

Avaliação ambiental do setor de siderurgia não-integrada a carvão vegetal do Estado de Minas Gerais [manuscrito] / Antônio Augusto Melo Malard. – 2009.

xv, 201f.: il., color.; grafs., tabs., mapas, quadros.

Orientadora: Profa. Dra. Auxiliadora Maria Moura Santi.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental.

Área de concentração: Ambientometria.

1. Siderurgia - Teses. 2. Carvão vegetal - Teses. 3. Ferro gusa - Teses. 4. Impacto ambiental - Avaliação - Teses. I. Universidade Federal de Ouro Preto. II. Título.

CDU: 504: 669.14(815.1)

Catalogação: sisbin@sisbin.ufop.br

Universidade Federal de Ouro Preto

Mestrado em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental

"Avaliação Ambiental do Setor de Siderurgia Não-Integrada a Carvão Vegetal do Estado de Minas Gerais"

ANTONIO AUGUSTO DE MELO MALARD

Dissertação defendida e aprovada, em 23 de novembro de 2009, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

Profa. Dra. Auxiliadora Maria Moura Santi
Universidade Federal de Ouro Preto

Prof. Dr. Cláudio Antônio de Andrade Lima
Universidade Federal de Alfenas

Prof. Dr. Wilson José Guerra
Universidade Federal de Ouro Preto

Prof. MSc. Wagner José Pedersoli
Universidade de Itaúna

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos são a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

A minha orientadora, Profª. Auxiliadora pela valiosa orientação e ajuda fornecida no decorrer da pesquisa.

A minha namorada Luiza que sempre soube estar ao meu lado nos momentos difíceis, apoiando-me e incentivando-me para a realização deste trabalho.

Aos meus pais Ronaldo e Marlene, pelo amor e incentivo.

A FEAM por fornecer subsídios para a realização do trabalho.

Aos colegas da FEAM, em especial da GEDIN que sempre ajudaram na solução de dúvidas.

Ao Antônio Carlos, pela sua dedicação, conselhos e presteza em sempre ajudar.

A Liliana pela enorme atenção e dicas fundamentais durante o desenvolvimento do trabalho.

A Eliane, pelos conselhos e contribuições valiosas.

Ao Delano, pelo apoio e disponibilidade para discussões ao longo do desenvolvimento do trabalho.

A todas as siderúrgicas do setor que me receberam de braços abertos nas visitas.

Ao Bruno Violante da Barão de Mauá, Markson Borba da Plantar, Ricardo Zenóbio e Márcio Lima da Metalsider e Reinaldo da Santo Antônio por terem contribuído com o desenvolvimento do trabalho.

Ao Benjamin, por ser o responsável por eu trabalhar com o setor siderúrgico.

RESUMO

O Estado de Minas de Gerais é o maior produtor de ferro gusa do Brasil em siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal, possuindo sessenta e oito empreendimentos e cento e nove altos-fornos, totalizando uma capacidade instalada superior a nove milhões de toneladas de ferro gusa por ano. Tendo em vista a relevância do setor para o Estado, e considerando que o seu potencial poluidor é bem significativo, foi proposto avaliar o desempenho ambiental das plantas siderúrgicas, tomando como referência os seguintes aspectos ambientais: gerenciamento de resíduos sólidos industriais, níveis de emissões atmosféricas e consumo de carvão vegetal. As análises basearam-se em dados e informações obtidas nas visitas técnicas à todos os empreendimentos existentes no Estado, por meio de um *check list* elaborado para essa finalidade, e em investigação realizada no Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM) da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais. Os resultados preliminares da investigação, juntamente com os aspectos referentes ao licenciamento, à melhoria da qualidade ambiental e ao cumprimento do disposto na Deliberação Normativa COPAM nº 49/2001, legislação específica para o setor siderúrgico não-integrado em Minas Gerais, subsidiaram a definição de vinte *parâmetros* ambientais, considerados os mais relevantes para avaliar o nível de desempenho ambiental das siderúrgicas, para os quais foi definida uma série de *critérios*, que permitiram pontuar os *parâmetros* em questão, e classificar os empreendimentos. Nesse contexto, foram consideradas sete classes de desempenho ambiental – *Péssimo, Muito Ruim, Ruim, Regular, Bom, Muito Bom e Ótimo* –, sendo que, dois empreendimentos foram classificados na classe Péssimo, quatro na classe Muito Ruim, nove na classe Ruim, quarenta e um na classe Regular, oito na classe Bom, dois na classe Muito Bom e dois na classe Ótimo. Ao final do trabalho, ficou evidenciado que as siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal do Estado de Minas Gerais ainda não alcançaram um patamar adequado de desempenho ambiental, mesmo com a publicação de uma deliberação específica para o setor em 2001, embora, tenham sido constatados grandes avanços nesse sentido.

Palavras chave: Setor siderúrgico. Carvão vegetal. Ferro gusa. Controle ambiental. Desempenho ambiental. Minas Gerais.

ABSTRACT

The State of Minas de Gerais is a major producer of pig iron in Brazil in non-integrated charcoal pig iron mills, with sixty eight enterprises and one hundred and nine blast furnaces, with a total installed capacity of nine million tons of pig iron a year. Given the sector relevance for the State, and taking into account that its pollution potential is significant, it was proposed to evaluate the environmental performance of the steel plants, taking as reference the environmental aspects as follows: management of industrial solid waste, atmospheric emissions and consumption of charcoal. The reviews were based on data and information obtained in technical visits to all the State projects through a *checklist* prepared to this purpose, and in research carried out in the Integrated Environmental Information System (Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM) of the Secretary of State for the Environment and Sustainable Development of Minas Gerais (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais). The preliminary research results, jointly with the aspects related to licenses, environment quality improvement and compliance with the dispositions in the Deliberação Normativa COPAM nº 49/2001, the specific legislation concerning the non-integrated pig iron mills in Minas Gerais subsidized a definition of twenty environmental *parameters* considered the most relevant to evaluate the pig iron mills performance level , for which a series of *criteria* were defined , which allowed to point such *parameters*, and to classify the projects. In this context, seven categories of environmental performance were taken into account – *Poor, Very Bad, Bad, Regular, Good, Very Good and Excellent* – where two projects were included in the category Poor, four in the category Very Bad, nine in the category Bad, forty one in the category Regular, eight in the category Good, two in the category Very Good and two in the category Excellent. At the end of the work, it remained evident that the non-integrated charcoal pig iron mills in the State of Minas Gerais have not reached the adequate stage of environmental performance, even with the issue of a specific determination for the sector in 2001, although major advances have been accomplished.

Keywords: Steel sector. Charcoal. Pig iron. Environmental control. Environmental performance. Minas Gerais.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS ix
LISTA DE TABELAS xii
LISTA DE TABELAS xii
LISTA DE QUADROS xiii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS xiv
1 INTRODUÇÃO 1
2 PANORAMA GERAL DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA NÃO-INTEGRADA A CARVÃO VEGETAL 6
2.1 Histórico da produção de ferro gusa 6
2.1.1 História da siderurgia no mundo 6
2.1.2 História da siderurgia no Brasil 9
2.2 Perfil da indústria de ferro gusa em Minas Gerais 11
2.2.1 Localização do parque industrial 11
2.2.2 Relevância do setor 13
2.2.3 Características do setor 18
2.3 O processo produtivo de ferro gusa em alto-forno a carvão vegetal 20
2.3.1 Matérias-primas 20
2.3.1.1 Minério de ferro 21
2.3.1.2 Carvão vegetal 24
2.3.1.3 Fundente 26
2.3.2 Descrição do processo de fabricação do ferro gusa em alto-forno 27
3 ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA FABRICAÇÃO DO FERRO GUSA 33
3.1 Efluentes atmosféricos 33
3.1.1 Equipamentos de controle de emissões atmosféricas utilizados nas siderúrgicas não-integradas à carvão vegetal do Estado de Minas Gerais 41
3.2 Resíduos sólidos industriais 45
3.2.1 Finos de minério de ferro 49
3.2.2 Finos de carvão vegetal (moinha) 52
3.2.3 Escória de alto-forno 54
3.2.4 Pó do sistema de limpeza de gases à seco (pó de balão) e pó do sistema de limpeza de gases à úmido (lama de alto-forno) 59
3.3 Efluentes líquidos 64
3.4 Ruído 69
3.5 Impacto visual 70
4 ANÁLISE DA EFICÁCIA DA APLICAÇÃO DA DN COPAM Nº 49/2001 71
4.1 Avaliação dos resultados advindos da DN COPAM nº 49/2001 77
5 AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO SETOR 85
5.1 Avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos 87
5.2 Avaliação do controle de emissões atmosféricas 96
5.3 Consumo de carvão vegetal 110
5.3.1 Área necessária para suprir demanda de carvão vegetal nas siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais com florestas plantadas 112
5.3.2 Situação do carvão vegetal em Minas Gerais 116
5.3.3 Balanço de CO_2 no ciclo de fabricação do ferro gusa à carvão vegetal 122
Emissões de CO_2 na carbonização da madeira 123
Emissão de CO_2 no alto-forno 125

Fixação de CO_2 nas florestas de eucalipto 127
Balanço de CO_2 no ciclo de fabricação do ferro gusa 128
6 PARÂMETROS E CRITÉRIOS PARA AVALIAR O DESEMPENHO AMBIENTAL DAS USINAS SIDERÚRGICAS NÃO-INTEGRADAS A CARVÃO VEGETAL 130
6.1 Classificação das usinas siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais 140
7 A TÍTULO DE CONCLUSÃO E ALGUMAS RECOMENDAÇÕES 150
REFERÊNCIAS 156
ANEXOS 163
SÍNTESE DOS DADOS 164

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Distribuição das siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal no Estado de Minas Gerais por municípios 12

Figura 2.2 – Distribuição das siderúrgicas não-integradas no Estado de Minas Gerais por zoneamento 13

Figura 2.3 - Distribuição dos altos-fornos a carvão vegetal do Estado de Minas Gerais por faixas de capacidade instalada (t/mês) 15

Figura 2.4 – Número de altos-fornos por siderúrgicas não-integradas no Estado de Minas Gerais 15

Figura 2.5 - Evolução do valor e da quantidade de ferro gusa exportada no Estado do Maranhão (2000 a 2008) 17

Figura 2.6 - Vista da parte superior de um alto-forno a carvão vegetal 21

Figura 2.7 – Representação esquemática de um alto-forno 27

Figura 2.8 – Garrafas do glendon (à esq.) e cowpers (à dir.) 29

Figura 2.9 - Processo simplificado de redução dos óxidos de ferro no alto-forno 32

Figura 2.10 - Processo de produção do ferro gusa 32

Figura 3.1 – Emissão atmosférica proveniente de uma corrida de ferro gusa 38

Figura 3.2 – Sistemas de limpeza de gases por número de altos-fornos das siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais 39

Figura 3.3 – Arriamento de carga em alto-forno a carvão vegetal 41

Figura 3.4 - Caracterização e classificação dos resíduos sólidos 46

Figura 3.5 - Fluxograma simplificado da geração de resíduos sólidos na siderurgia não-integrada a carvão vegetal 47

Figura 3.6 - Representatividade dos resíduos sólidos gerados no processo de fabricação do ferro gusa em siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal 47

Figura 3.7 – Aplicação de pó de balão em plantio de eucalipto 61

Figura 5.1 – Armazenamento de pó de balão em lote localizado a beira de via pública, em lado oposto de uma cerâmica localizada no município de Igarantinga/MG 91

Figura 5.2 – Mistura de pó de balão e finos de carvão vegetal à céu aberto 92

Figura 5.3 - Porcentagens das siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais que armazenam os resíduos adequadamente 94

Figura 5.4 - Armazenamento de pó de balão em uma siderúrgica não-integrada, na beira de uma via entre árvores, diretamente sobre o solo 94

Figura 5.5 – Armazenamento de resíduos sólidos perigosos diretamente sobre o solo em uma siderúrgica não-integrada 95

Figura 5.6 – Automonitoramento de efluentes atmosféricos realizados pelas siderúrgicas não-integradas em 2008 98

Figura 5.7 – Freqüência de envio de relatórios de automonitoramento de efluentes atmosféricos realizados pelas siderúrgicas não-integradas em 2008 99

Figura 5.8 – Porcentagem de siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais atendidas por determinados laboratórios 99

Figura 5.9 – Médias de resultados de automonioramento realizado em altos-fornos de siderúrgicas não-integradas por zoneamento no ano de 2008 100

Figura 5.10 – Emissão atmosférica nos glendons e tocha de um alto-forno do Estado de Minas Gerais 101

Figura 5.11 – Médias de resultados de automonitoramento realizados nas siderúrgicas não-integradas, em 2008, por tipo de sistema de limpeza de gases 102

Figura 5.12 – Médias das emissões atmosféricas nos altos-fornos das siderúrgicas não-integradas em 2008 em função da capacidade instalada 104

Figura 5.13 – Médias de emissões atmosféricas em altos-fornos operados pelo proprietário e por arrendatários das siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais no ano de 2008 105

Figura 5.14 – Médias de concentração de emissões atmosféricas nos altos-fornos das siderúrgicas não-integradas, em 2008, de acordo com a localidade 106

Figura 5.15 – IQA medido nas treze estações de monitoramento da qualidade do ar instaladas no município de Divinópolis 108

Figura 5.16 – Distribuição das áreas de florestas plantadas com eucalipto e pinus no Brasil por estado, em 2008 111

Figura 5.17 – Medidas cúbicas da madeira 113

Figura 5.18 – Incremento médio anual de florestas exóticas no Brasil e outros países 114

Figura 5.19 - Procedência do carvão vegetal utilizado nas siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais em 2008 (mdc) 117

Figura 5.20 - Evolução mensal do preço médio do carvão vegetal de florestas de eucalipto em 2008 (US$ e R$/mdc) 118

Figura 5.21 – Balanço de CO_2 no ciclo de fabricação do ferro gusa considerando auto-sustentabilidade em carvão vegetal 128

Figura 6.1 – Razão entre autos de infração por total de anos de operação das siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais após a publicação da DN COPAM nº 49/2001 138

Figura 6.2 – Descumprimento de condicionantes das Licenças de Operação das siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais 139

Figura 6.3 – Histograma de notas aleatórias utilizando o método estatístico de Sturges.. 141

Figura 6.4 – Gráfico de distribuição normal 142

Figura 6.5 – Histograma para as faixas de classificação adotadas 144

Figura 6.6 – Histograma das notas reais das 68 siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais utilizando o método de Sturges 145

Figura 6.7 – Comparação entre as notas reais e aleatórias usadas para definição dos intervalos de classificação dos empreendimentos 146

Figura 6.8 – Notas das siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais por uso do parque industrial 148

Figura 6.9 – Notas das siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal do Estado de Minas Gerais de acordo com o município 149

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Produção de ferro gusa em siderúrgicas não-integradas no Brasil por região 14

Tabela 2.2 – Contribuição dos municípios em Minas Gerais na formação do setor de siderurgia não-integrada a carvão vegetal 16

Tabela 2.3 – Cenários de consumo específico de minério de ferro com base no ano de 2008 23

Tabela 2.4 - Características do carvão vegetal e do coque 25

Tabela 2.5 - Comparação entre alto-forno a carvão vegetal e alto-forno a coque 26

Tabela 3.1 – Eficiência fracionada de coletores de material particulado em função da distribuição de tamanho das partículas (em porcentagens) 44

Tabela 3.2 – Composição do pó de balão de uma siderúrgica não-integrada a carvão vegetal 60

Tabela 3.3 – Valores de metais pesados em corretivos, fertilizantes e no pó de balão 62

Tabela 3.4 – Água de reposição necessária devido à perda por evaporação na refrigeração do alto-forno 65

Tabela 3.5 – Cenários de consumo específico de água na siderurgia não-integrada a carvão vegetal de Minas Gerais, com base no ano de 2008 66

Tabela 5.1 – Cenários de geração de resíduos sólidos gerados nas siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais, com base no ano de 2008 88

Tabela 5.2 – Destino dos resíduos sólidos gerados nas siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais em 2008 90

Tabela 5.3 – Índice da Qualidade do Ar por poluente 107

Tabela 5.4 – Estações de monitoramento da qualidade do ar das siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais 109

Tabela 5.5 – Cenários de consumo específico de carvão vegetal nas siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais, com base no ano de 2008 122

Tabela 5.6 – Emissão de CO_2 na carbonização da madeira 124

Tabela 6.1 – Desvios padrão das notas aleatórias 143

Tabela 6.2 – Faixas para classificação do desempenho ambiental das usinas siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal 143

Tabela 6.3 – Notas obtidas pelas siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais de acordo com os parâmetros e os critérios estabelecidos 144

Tabela 6.4 – Resultado da classificação do desempenho ambiental das 68 siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais 146

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Inovações tecnológicas na fabricação de ferro gusa..... 9

Quadro 4.1 – Análise da eficácia e eficiência da aplicação da DN COPAM nº 49/2001 ... 84

Quadro 6.1 – Parâmetros selecionados no trabalho, divididos por grupos 131

Quadro 6.2 – Pesos aplicados aos parâmetros adotados..... 132

Quadro 6.3 – Parâmetros e critérios utilizados para classificação das siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais..... 135

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAF	Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas
AF	Alto-Forno
AMS	Associação Mineira de Silvicultura
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CL	Carga Limite
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais
CTC	Capacidade de troca catiônica
DN	Deliberação Normativa
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FOB	Free on board
GAF	Gás de Alto-Forno
GEDIN	Gerência de Desenvolvimento e Apoio Técnico às Atividades Industriais
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IMA	Incremento Médio Anual
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IQA	Índice de Qualidade do Ar
ISO	International Standardization for Organization
MDC	Metro cúbico de carvão
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MP	Material Particulado
MPa	Mega pascal
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PM_{10}	Partículas menores que 10 mícrons
PTS	Partículas Totais em Suspensão
SEMAD	Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais
SIAM	Sistema Integrado de Informação Ambiental
SINDIFER	Sindicato da Indústria do Ferro no Estado de Minas Gerais
SUPRAM	Superintendência Regional de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

1 INTRODUÇÃO

O Estado de Minas Gerais é o maior produtor de ferro gusa em siderúrgicas não-integradas do Brasil, possuindo, atualmente, sessenta e oito indústrias instaladas, e seis em fase de planejamento ou instalação.

As siderúrgicas não-integradas são aquelas que produzem ferro gusa a partir da redução do minério de ferro em alto-forno. O produto pode ser destinado às aciarias ou às fundições. Além deste tipo de siderúrgica, existem as plantas integradas, que operam as três fases básicas da produção do aço: redução, refino e laminação, ou seja, promovem a transformação do minério de ferro em produtos siderúrgicos semi-acabados ou acabados (laminados) e as semi-integradas que realizam o refino e a laminação, portanto não produzem o ferro gusa.

Nas siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal, é usualmente empregado o termo alto-forno. Entretanto, eles também são chamados de mini altos-fornos, devido à sua baixa altura e à sua pequena capacidade instalada quando comparados com os altos-fornos de siderúrgicas integradas.

A história do ferro gusa em Minas Gerais remonta ao século XIX. A região, rica em dois insumos básicos para a sua fabricação – o carvão vegetal e o minério de ferro –, atraiu, inicialmente, pequenas indústrias. A partir da década de 1970, em decorrência do crescimento da siderurgia mundial, a construção de altos-fornos em Minas Gerais se intensificou (JACOMINO *et al.*, 2002.).

O setor de siderurgia não-integrada a carvão vegetal de Minas Gerais possui 109 altos-fornos, que, juntos, são responsáveis por 56,2% da capacidade instalada do país, sendo que em 2008, o Estado foi responsável por 65,8% da produção nacional. Dessa forma, a economia mineira é beneficiada por esse potencial de produção.

Por outro lado, a fabricação do ferro gusa provoca diversos impactos ambientais, os quais, no geral, estão associados à geração de efluentes atmosféricos, efluentes líquidos, ruído e resíduos sólidos. Além dos impactos diretos citados, ocorrem os impactos indiretos como os advindos da utilização de carvão vegetal como redutor e fonte energética.

No Estado de Minas Gerais, os maiores problemas decorrentes do setor são relacionados ao consumo de carvão vegetal e ao controle das emissões atmosféricas, assuntos que devem ser

amplamente discutidos, pois envolvem aspectos tecnológicos, econômicos e ambientais. Com um pouco menos de visibilidade, mas de significativa importância, o gerenciamento de resíduos sólidos industriais representa uma barreira para a adequação ambiental das siderúrgicas não-integradas.

Resolver estes problemas é um desafio para cada uma das siderúrgicas não-integradas, lembrando que algumas já estão bem avançadas nesse sentido, ao contrário da maioria. O setor tem sofrido grande pressão, seja da população em geral, dos órgãos ambientais e até mesmo de países importadores, para que o seu desempenho ambiental melhore por meio da redução do impacto sobre os recursos naturais e da minimização da geração de resíduos e dos níveis de emissão de poluentes. Dessa forma, o comportamento ambiental adequado representa não somente um sistema com maior sustentabilidade, mas também com maior competitividade de mercado.

Atualmente, ficou mais difícil investir em melhorias ambientais em vista da crise financeira e econômica mundial que, de uma forma avassaladora, paralisou o setor de siderurgia não-integrada a carvão vegetal no Estado. A paralisação dos fornos iniciou em outubro de 2008, sendo que em março de 2009, apenas 20% dos altos-fornos estavam operando, mesmo assim, com marcha reduzida. Nesse mês, apenas aquelas empresas que tinham contrato previamente firmado, possuem uma unidade de fundição[1] ou desejavam fazer estoque, não pararam a produção, pois segundo informação dos empreendedores[2], não havia novos negócios, ou seja, o ferro gusa "*estava sem preço de mercado*".

O mercado do ferro gusa é bastante variável, passando por ótimos momentos, como o que ocorreu em 2003 e 2004, motivando a realização de muitos investimentos pelos empreendedores do setor, e no período posterior a junho de 2008, quando os produtores nacionais, animados com os preços cada vez maiores do ferro gusa no mercado internacional, passaram a investir no aumento da produção e na ampliação da contratação de mão-de-obra, inclusive colocando em operação fornos que estavam desativados. Na ocasião, o preço da tonelada de ferro gusa bateu recordes, atingindo o valor de US$950. Entretanto, essa euforia durou pouco em vista da crise econômica mundial configurada no final de 2008. Em janeiro de 2009, o preço da tonelada de ferro gusa havia caído para US$260. Essa flexibilidade do mercado é prejudicial para o setor em Minas Gerais, pois induz as siderúrgicas a operarem de

[1] Empresas que possuem unidade de fundição, utilizam parte do ferro gusa produzido, para fabricar peças fundidas de ferro como contra-pesos de caminhões, lingoteiras, etc.
[2] Em entrevistas realizadas durante a pesquisa de campo.

forma sazonal. Além disso, tais empresas, sempre que paralisam suas atividades, promovem demissão em massa de seus funcionários, não levando em conta os problemas sociais que a situação acarreta, e alegam dificuldades financeiras para realizar as melhorias ambientais necessárias.

A escolha do tema desta dissertação de mestrado deveu-se à necessidade de se realizar um diagnóstico ambiental atualizado do setor de ferro gusa em Minas Gerais, que tem grande relevância na economia estadual, além de ser atividade de elevado impacto ambiental. Além disso, o autor acompanha e fiscaliza o setor desde 2006 como funcionário da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM).

O trabalho está dividido em sete capítulos. O primeiro constituiu esta introdução. O segundo capítulo apresenta um breve histórico da produção de ferro gusa no mundo e no Brasil, o perfil do setor de ferro gusa em Minas Gerais, destacando a localização do pólo produtor, sua relevância na economia estadual e a geração de empregos, as características ambientais, tais como o potencial poluidor, os avanços tecnológicos de processo e os aspectos relativos ao licenciamento ambiental. Também nesse capítulo é feita uma descrição detalhada do processo produtivo.

O terceiro capítulo destaca os impactos ambientais e as medidas mitigadoras restritos à planta industrial, motivo pelo qual os aspectos referentes ao consumo de carvão vegetal não foram contemplados neste capítulo. Também são apresentados os principais equipamentos utilizados para o controle das emissões atmosféricas e dos efluentes líquidos, assim como o princípio de funcionamento de cada um deles, as ações de gerenciamento de resíduos sólidos industriais, com a caracterização e classificação dos resíduos, e a apresentação das tecnologias disponíveis para aproveitamento desses resíduos, além dos impactos visual e referente a ruído.

No quarto capítulo é realizada uma análise da Deliberação Normativa COPAM nº 49/2001, que trata especificamente do setor, além dos resultados obtidos após sua publicação.

O quinto capítulo inicia-se com a descrição da metodologia aplicada no desenvolvimento deste trabalho de dissertação, a qual previu a revisão da literatura existente sobre o tema, o levantamento de dados e informações junto ao acervo da FEAM e a pesquisa de campo, realizada por meio de visitas técnicas às instalações industriais das sessenta e oito siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais para aplicação de questionários (na forma de *check list*) e visitas técnicas a alguns empreendimentos que reutilizam resíduos

siderúrgicos. Com esse universo de informações e dados, realizou-se uma série de avaliações sobre as práticas de gerenciamento de resíduos sólidos, o controle das emissões atmosféricas, e o consumo de carvão vegetal.

As informações contidas nos *check lists* são, em geral, quantitativas. Aquelas com alguma subjetividade não foram consideradas nas análises realizadas no decorrer do trabalho, de modo a não influenciar os resultados com pontos de vista do autor. Parte dos dados foram informados pelos empreendedores, e, assim, podem conter erros, mas julgou-se que, nesse caso, eles teriam menor relevância por se tratar, em geral, de dados administrativos.

O *check list* contém inúmeras informações referentes ao processo produtivo, sistemas de controle ambiental, resultados de automonitoramento, além das informações administrativas. De maneira a complementar os dados coletados na pesquisa de campo, foram levantadas informações nos arquivos da FEAM, por meio do Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM), no qual se tem acesso[3] aos documentos que compõem os processos de licenciamento ambiental.

O sexto capítulo refere-se a avaliação ambiental do setor, que se baseou nos resultados das avaliações do quinto capítulo, juntamente com a análise dos aspectos referentes à melhoria da qualidade ambiental, licenciamento ambiental e DN COPAM n° 49/2001, permitindo a definição de *parâmetros* ambientais, que por meio de uma série de *critérios*, são pontuados.

O sétimo capítulo destaca as principais evidências reveladas pela pesquisa, apresentando uma conclusão geral e conclusões específicas para cada uma das avaliações realizadas, além de registrar algumas recomendações para desenvolvimento de trabalhos futuros, pois, em vista da quantidade excessiva de dados compilados e analisados, referentes a diversos assuntos, alguns deles necessitam ser mais detalhados, evidenciando uma enorme gama de oportunidades para a realização de outros trabalhos.

Os dados obtidos na investigação realizada foram inseridos ao longo do trabalho, de acordo com os temas abordados, de modo a facilitar a leitura. Dessa forma, já no capítulo 2 esses dados são encontrados.

[3] Parte do acesso ao SIAM é público, sendo as consultas mais abrangentes restritas aos funcionários do Sistema Estadual do Meio Ambiente.

A revisão da literatura é basicamente nacional, haja vista se tratar de um processo produtivo tipicamente brasileiro. Fora do país, somente no Paraguai, existe um alto-forno a carvão vegetal, mas, mesmo assim, inserido em uma siderúrgica integrada. Dessa forma, a maioria dos trabalhos publicados são nacionais e mineiros, por o Estado ser o mais relevante no Brasil na fabricação do ferro gusa em mini altos-fornos a carvão vegetal. Entretanto, nos últimos anos, tem crescido o número de trabalhos desenvolvidos na Região Norte, em vista da expansão do setor guseiro, principalmente, na região de Carajás.

O objetivo principal deste trabalho foi fazer uma avaliação ambiental do setor de siderurgia não-integrada a carvão vegetal do Estado de Minas Gerais. Como objetivos secundários destacam-se: (a) identificar as tecnologias disponíveis para o reaproveitamento dos resíduos sólidos industriais gerados nas siderúrgicas não-integradas; (b) avaliar as ações de gerenciamento dos resíduos sólidos gerados na produção de ferro gusa em siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais; (c) avaliar o controle das emissões atmosféricas geradas nas siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais; (d) avaliar os termos da Deliberação Normativa COPAM n° 49/2001 e os resultados advindos de sua aplicação; (e) apresentar um diagnóstico acerca do consumo do carvão vegetal nas indústrias siderúrgicas em pauta; (f) propor *critérios* para a classificação e a avaliação do desempenho ambiental das siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal.

Os objetivos específicos do trabalho referem-se, principalmente, aos efluentes atmosféricos, resíduos sólidos industriais, DN COPAM nº 49/2001 e consumo de carvão vegetal, por serem os aspectos mais relevantes para se realizar uma avaliação contundente do setor. Tais matérias são as principais responsáveis por autuações, denúncias e investimentos econômicos realizados nas plantas siderúrgicas em Minas Gerais.

Os *critérios* utilizados para a classificação e a avaliação do desempenho ambiental das siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal foram aplicados a todos os sessenta e oito empreendimentos, o que permitiu associar notas a cada um deles e estabelecer um *ranking* das plantas industriais, sem no entanto identificar os nomes, haja vista que o objetivo do trabalho é avaliar o setor e não cada empreendimento isoladamente.

Este trabalho também é um meio de apresentar às empresas do setor informações e avaliações acerca das melhores tecnologias disponíveis para controle de impactos ambientais e visa incentivar os empreendimentos a se adequarem conforme os *critérios* estabelecidos para o desempenho ambiental.

2 PANORAMA GERAL DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA NÃO-INTEGRADA A CARVÃO VEGETAL

2.1 Histórico da produção de ferro gusa

2.1.1 História da siderurgia no mundo

O primeiro contato do homem com o ferro ocorreu quando meteoritos caíram sobre a Terra, sendo esta a origem da etimologia da palavra *siderurgia*, que vem do latim *sidus*, que significa estrela ou astro (JACOMINO *et al.*, 2002). Os artefatos de ferro mais antigos de que se tem notícia são dois objetos encontrados no Egito, um na Grande Pirâmide de Gizé, construída por volta de 2900 a.C. e outro encontrado na tumba de Abidos, construída por volta de 2600 a.C.

Inicialmente, a redução do óxido de ferro ocorria por acaso, uma vez que as pedras utilizadas para contornar as fogueiras mudavam de propriedade à medida que eram aquecidas. Basicamente, o minério de ferro das pedras com o carbono da madeira e o calor da queima da madeira com ar reduziam os óxidos de ferro, produzindo ferro metálico de baixo teor de carbono, em função da baixa temperatura de processamento. Dessa forma, o primeiro metal produzido foi o aço, com até 2% de carbono, e não o ferro gusa que possui em torno de 4% de carbono (JACOMINO *et al.*, 2002).

Com o passar do tempo, esse processo foi evoluindo, sendo a fabricação do ferro realizada a partir da mistura de minério de ferro com carvão vegetal e um sopro de ar. Os primeiros fornos para produção de aço – conhecidos como fornos de lupa – datados de 100 a.C., foram construídos em Altena, na Alemanha. Neles, a entrada de ar para queima do carvão vegetal pela ventaneira ocorria naturalmente e a escória era retirada por meio de batidas. A conformação do aço produzido era feita com marteladas (JACOMINO *et al.*, 2002).

Em 800 d.C., na Inglaterra, surgiram os primeiros baixos-fornos, circulares, com cerca de 0,5m de diâmetro e 1m de altura. Esses fornos eram construídos em pedra e os procedimentos operacionais eram iguais aos do forno de lupa. A partir do século XI, as forjas-catalãs dominaram a produção de ferro, se estendendo até o século XV. As forjas eram lareiras feitas de pedra, que usavam foles manuais para soprar o ar necessário ao processo, os quais foram, posteriormente, substituídas por trompas d'água. Conforme Landgraf *et al.*(1994), aproximadamente 15kg de metal reduzido no estado sólido, entremeado de escória, eram

retirados do forno e forjados no martelo, para remoção da escória; daí o nome "forja" para designar o processo como um todo. Uma vez que as temperaturas ainda eram baixas, obtinha-se o aço.

Em 1340, na Alemanha, surgiu o precursor do alto-forno, o *Stuckofen*, com 3m a 4,8m de altura e formato similar ao do alto-forno atual. Era usado para produzir ferro gusa (MATARELLI *et. al* 2001).

O primeiro alto-forno capaz de produzir somente ferro gusa líquido foi o *Flussofen*, usado no Vale do Rio Reno, região hoje ocupada pela França, Bélgica e Alemanha, nos anos de 1300. Para obter um material semelhante ao aço, o ferro gusa era refundido em um forno de refino (*finery oven*), em atmosfera oxidante para queimar o carbono (MATARELLI *et al*., 2001). Esse alto-forno revolucionou a indústria de canhões da época, que passou a fabricar canhões em aço, substituindo os canhões de bronze, a um custo menor. A produção dos altos-fornos *Flussofen* atendia quase que exclusivamente à indústria bélica e sua exigência técnica de operação contínua transformou a dimensão dos empreendimentos (LANDGRAF *et al*., 1994).

Apesar das transformações, a pequena produção artesanal continuava tendo grande importância econômica nesse período, pois o alto custo da descarburação do ferro gusa mantinha as antigas forjas competitivas na produção de ferro maleável e aço, utilizado para diversos artigos de consumo.

No século XVII, os altos-fornos operavam em temperaturas elevadas, atingindo 1400ºC, sendo o ferro gusa líquido vazado do cadinho em leitos de areia. O canal principal era chamado de *sow* (porca) e os moldes pequenos de *pig* (porco), dando origem a denominação em inglês, *pig iron* para o ferro gusa sólido (MORAIS, 2008).

A siderurgia norte-européia do século XVIII, particularmente a inglesa, sofreu duas grandes limitações: o crescimento do consumo de ferro e aço implicou no uso de quantidades absurdas de carvão vegetal, a ponto de devastar quase todas as florestas do país; e a tecnologia de refino do ferro gusa continuava sendo um gargalo produtivo, já que os altos-fornos não atingiam a temperatura necessária e o consumo de combustível era considerável. A solução do primeiro problema poderia vir do uso de carvão mineral, mas o teor de enxofre do material inviabilizou seu emprego, pois obtinha-se ferro gusa e aço frágeis.

Durante os séculos XVII e XVIII, foram patenteadas tecnologias de fabricação de ferro gusa com utilização de carvão mineral, mas somente com a introdução do processo de coqueificação do carvão, que eliminava as frações voláteis e grande parte do enxofre presente em sua composição, foi que Abraham Darby, em 1735, obteve êxito ao operar um alto-forno empregando, exclusivamente, o coque. O desenvolvimento dessa técnica transformou a Inglaterra, no final do século, em grande exportadora de ferro e aço (LANDGRAF *et al*., 1994).

A segunda solução surgiu com Henry Cort, em 1784, com o desenvolvimento de um forno em que o aquecimento não ocorria por chama direta, mas por reverberação na abóbada do forno. A reunião dessas duas invenções, com a expansão da Revolução Industrial, modificou totalmente a metalurgia e o mundo: o uso de máquinas a vapor para injeção de ar no alto-forno e o aumento de produção transformaram o ferro e o aço nos mais importantes materiais de construção. Em 1779, construiu-se a primeira ponte de ferro, em Coalbrookdale, Inglaterra, e em 1787, o primeiro barco de chapas de ferro (LANDGRAF *et al*., 1994).

O ferro gusa passou a ser transformado em aço, de forma sistemática, com redução do teor de carbono para cerca de 1% e adição de silício, manganês e outros elementos visando reduzir os teores de enxofre e fósforo, a partir de 1856 (MORAIS, 2008).

As maiores evoluções na tecnologia de fabricação de ferro gusa, que resultaram em saltos de escala de produção, economia de combustível, índices de produtividade, se iniciaram após a consolidação dos altos-fornos a coque (NOLDIN JÚNIOR, 2002). As inovações tecnológicas de maior relevância estão compiladas no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Inovações tecnológicas na fabricação de ferro gusa

Ano	Inovação tecnológica
1828	Uso de ar pré-aquecido nas ventaneiras
1832	Aproveitamento do poder calorífico dos gases de topo no pré-aquecimento do ar
1857	Desenvolvimento dos trocadores de calor tipo *cowpers*
1870	Otimização dos sistemas de carregamento através do uso de elevadores à água, *skips* etc.
1880	Primeiro sistemas de limpeza de gases com a utilização de um *dustcatcher*
1880	Difusão de técnicas para proteção do revestimento interno dos fornos (refratários, tubos de refrigeração, painéis refrigerados etc.)
1910	Utilização de sopradores tipo turbo, ao invés de foles
1910	Primeira máquina de sinterização
1917	Primeira máquina para construção de tijolos refratário de qualidade
1944	Primeira patente para a injeção de finos pelas ventaneiras
1950	Otimização do sistema de controle dos fornos
1951	Enriquecimento de ar com oxigênio puro

Fonte: NOLDIN JÚNIOR, 2002.

2.1.2 História da siderurgia no Brasil

O desenvolvimento da atividade siderúrgica no Brasil remonta à época de seu descobrimento. Tão logo chegaram ao Brasil, os portugueses demonstraram interesse na prospecção de minério e na fabricação de ferro.

Segundo Uchoa (1990), a história da siderurgia no Brasil pode ser dividida em duas partes distintas. A primeira, iniciada com as forjas catalãs primitivas, com a chegada de Martim Afonso de Souza à cidade de São Vicente, São Paulo (SP), em 1532, e a segunda, com a implantação dos altos-fornos a carvão vegetal.

Conforme Uchoa (1990), os Afonso Sardinha (pai e filho), versados em mineração e empenhados na procura de metais, descobriram em uma de suas excursões, minério de ferro no sopé do Morro Araçoiaba (próximo à atual cidade de Sorocaba, SP), onde se instalou a primeira usina siderúrgica brasileira – Usina Ipanema –, constituída por dois fornos rústicos e uma forja para produção de ferro. Considerando-se que a cidade de São Paulo estava situada a mais de 100km e o município de Sorocaba tinha menos de dois mil habitantes, o

empreendimento de Sardinha representou grande proeza, mas, sem prosperar, encerrou suas atividades por volta de 1628, terminando assim o primeiro ciclo da exploração na usina de Ipanema. Esse fato conferiu a Afonso Sardinha o título de Fundador da Siderurgia Brasileira.

Em 1812, foi colocada em funcionamento a "Fábrica de Ferro", no município de Congonhas, Minas Gerais (MG), na qual havia sido instalado um baixo forno sueco. Em 1813 foi produzido o primeiro ferro gusa líquido do Brasil em Morro do Pilar, MG, utilizando um alto-forno (JACOMINO *et al.*, 2002).

A primeira usina siderúrgica não-integrada a carvão vegetal do Brasil foi construída em Itabirito, MG, em 1884, chamada Usina Esperança. A primeira usina siderúrgica integrada da América do Sul foi implantada pela Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, construída em 1925 em Sabará, MG. A primeira usina siderúrgica integrada a coque, a Companhia Siderúrgica Nacional, foi implantada em 1941, em Volta Redonda, Rio de Janeiro.

A década de 50 foi marcada por grandes expansões no parque siderúrgico nacional, com a implantação de duas grandes usinas a coque (Cosipa e Usiminas), além do acréscimo no número de siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal.

Em 1957, com a implantação da indústria automobilística no Brasil, o setor de ferro gusa experimentou significativa ascensão, fabricando grandes quantidades de metal fundido para atender à produção de motores e de outros componentes fundidos para veículos.

No começo dos anos 60, existiam aproximadamente 80 altos-fornos a carvão vegetal nas siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais, com capacidade instalada anual de 1 milhão de toneladas de ferro gusa (CEMIG, 1988). Dessa forma, o setor havia se consolidado no Estado, com a localização de pólos em torno das cidades de Divinópolis, Sete Lagoas e Itáuna (Anexo H).

Destes 80 altos-fornos, um pertencia a Companhia Siderúrgica Pitangui, localizada no município de Pitangui. Conforme as informações levantadas nas visitas técnicas deste trabalho, trata-se da mais antiga siderúrgica não-integrada do Estado de Minas Gerais, ainda em operação, tendo sido fundada em 1955.

O crescimento do setor de siderurgia não-integrada ao longo da década de 60 foi rápido e desordenado, de modo que entre 1960 e 1966, o preço do ferro gusa se reduziu tanto que muitos altos-fornos foram desativados.

A partir de 1970 muitos altos-fornos a carvão vegetal foram construídos em Minas Gerais, em função do *boom* mundial da siderurgia. Com a crise mundial de energia a partir de 1973, o carvão vegetal ganhou nova dimensão como agente termo-redutor de fonte renovável e as exportações do ferro gusa tornaram-se crescentes.

De 1989 a 1992, o Brasil viveu uma crise recessiva e, tanto a produção quanto as vendas de ferro gusa caíram à uma taxa média de 10% ao ano, mas as vendas internas voltaram a se estabilizar de 1997 a 2000, e as exportações voltaram a crescer (MATARELLI *et al*., 2001).

2.2 Perfil da indústria de ferro gusa em Minas Gerais

O Estado de Minas Gerais atraiu a atividade siderúrgica por ser rica em dois insumos básicos para a produção do ferro gusa – o carvão vegetal e o minério de ferro, transformando-se no maior produtor do Brasil, possuindo atualmente sessenta e oito indústrias não-integradas.

2.2.1 Localização do parque industrial

Os fatores que levam uma indústria siderúrgica a instalar-se em determinada região são: a facilidade de obtenção do minério de ferro, de carvão vegetal, e de escoamento da produção.

Em Minas Gerais, as indústrias produtoras de ferro gusa estão distribuídas próximas ao Quadrilátero Ferrífero, salvo exceções, em um raio de 130km de Belo Horizonte. Por outro lado, estão mais distantes das fazendas de reflorestamento para suprimento do carvão vegetal, embora, quando da formação do setor, o insumo energético era encontrado nas redondezas, fabricado com madeira de mata nativa, que foi se extinguindo com a exploração para ceder espaço a outras atividades. Boa parte das indústrias ainda utiliza carvão vegetal de origem nativa, produzido em outros Estados brasileiros – principalmente Mato Grosso do Sul, Bahia, e Goiás –, e adquiridos até mesmo de carvoarias do Paraguai, elevando assim o custo de produção.

A Figura 2.1 apresenta um mapa com a distribuição das siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal no Estado de Minas Gerais. Atualmente, existem vinte e dois empreendimentos no município de Sete Lagoas, doze em Divinópolis, quatro em Itaúna, três em Pará de Minas,

dois em Bom Despacho, Matozinhos, Nova Serrana e São Gonçalo do Pará, e um empreendimento nos municípios de Alfredo Vasconcelos, Betim, Carmo da Mata, Carmo do Cajuru, Conceição do Pará, Conselheiro Lafaiete, Contagem, Curvelo, Governador Valadares, Itabira, Itabirito, Itaguara, Itatiaiuçu, Lagoa da Prata, Maravilhas, Mateus Leme, Pedro Leopoldo, Pitangui e Prudente de Morais.

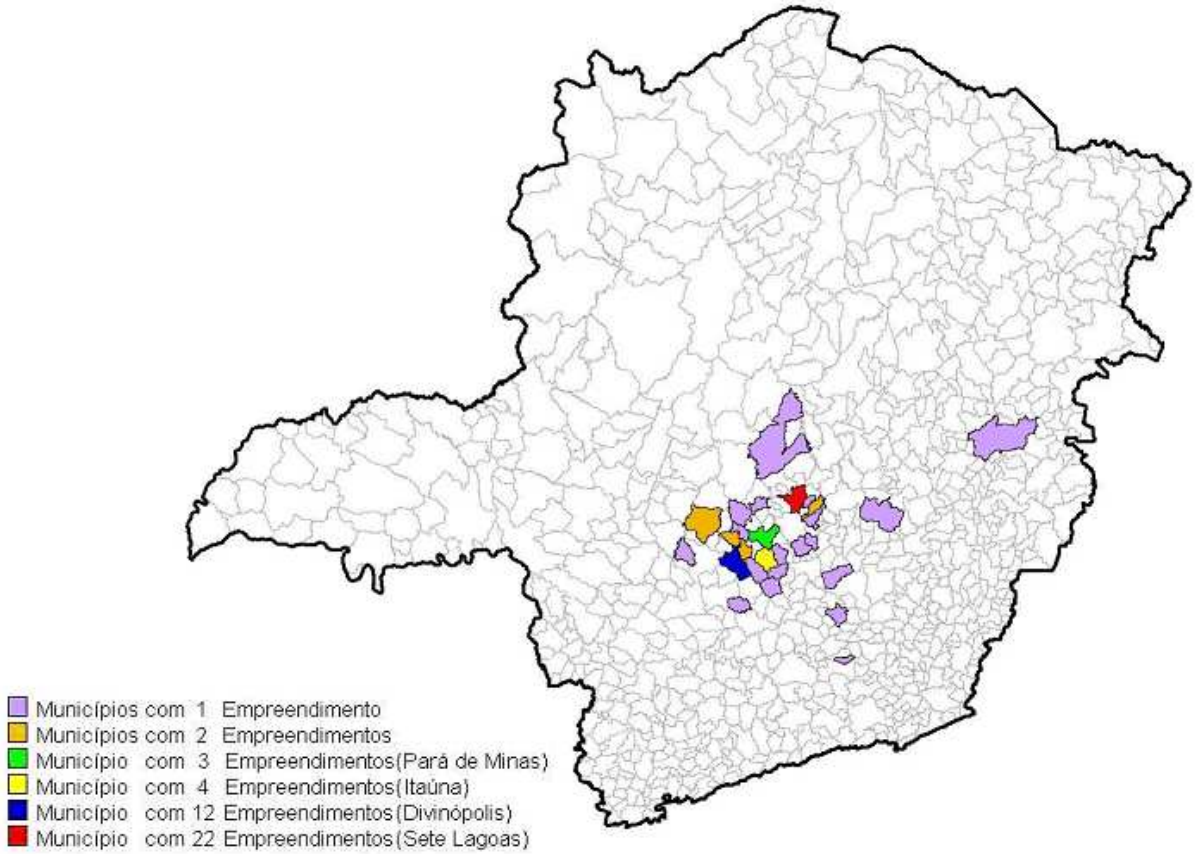


Figura 2.1 - Distribuição das siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal no Estado de Minas Gerais por municípios

Também foram elaborados mapas para as distribuições espaciais das siderúrgicas não-integradas por bacias hidrográficas e por área de jurisdição das Superintendências Regionais de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SUPRAM), que estão apresentados nos Anexos J e K, respectivamente.

Das sessenta e oito siderúrgicas, uma está localizada na bacia hidrográfica do rio Grande e duas na bacia do rio Doce. As demais usinas estão inseridas na bacia do rio São Francisco. Quanto às SUPRAMs, uma siderúrgica está sob jurisdição da SUPRAM Zona da Mata, duas na SUPRAM Leste Mineiro, trinta e uma na SUPRAM Alto São Francisco e trinta e quatro na SUPRAM Central Metropolitana.

A Deliberação Normativa COPAM nº 49/2001, que dispõe sobre o controle ambiental das indústrias não-integradas de produção de ferro gusa no Estado de Minas Gerais, definiu zonas de localização das usinas siderúrgicas com sendo urbana, rural e mista. Empreendimentos enquadrados em zona mista são aqueles que estão inseridos em distrito industrial, em local apropriado para desenvolvimento de sua atividade, conforme legislação municipal específica, ou em áreas onde se encontra patrimônio natural, histórico ou cultural de relevante importância, assim definido em lei. Também se enquadram em zona mista aqueles que estão inseridos em zona rural, mas que tenham um alto-forno a uma distância inferior a 700 metros de núcleo residencial ou das margens de quaisquer rodovias federais ou estaduais.

A Figura 2.2 evidencia que 10% das siderúrgicas não-integradas localizam-se na área classificada como rural, 37% em área urbana e 53% em área mista. Portanto, a porcentagem de indústrias localizadas em zona urbana é relevante, ocasionando em impacto significativo à saúde humana nas populações situadas no seu entorno. Para agravo da situação, a maioria das empresas localizadas em zona urbana têm área limitada, e, assim sendo, os equipamentos de maior impacto ambiental, inclusive os altos-fornos, muitas vezes estão situados a menos de cem metros de residências.

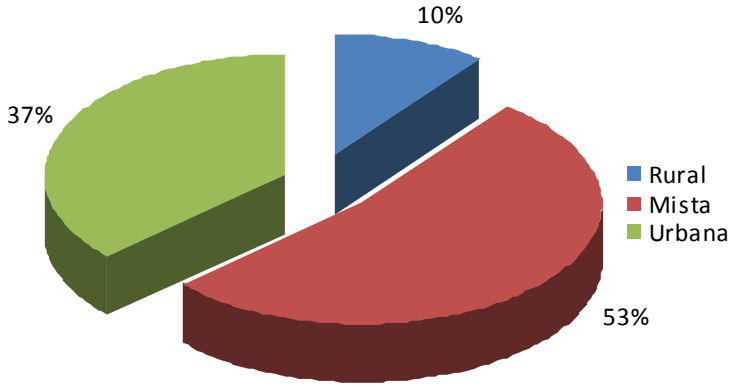


Figura 2.2 – Distribuição das siderúrgicas não-integradas no Estado de Minas Gerais por zoneamento

2.2.2 Relevância do setor

O setor de siderurgia não-integrada a carvão vegetal de Minas Gerais possui capacidade instalada de 9.390.355 toneladas de ferro gusa por ano, distribuída em 109 altos-fornos, fazendo com que o Estado responda a 56,2% da produção nacional.

Os demais Estados brasileiros produtores de ferro gusa a carvão vegetal em siderúrgicas não-integradas possuem juntos capacidade instalada de 7.328.400 de toneladas de ferro gusa por ano, conforme detalhado na Tabela 2.1. As capacidades instaladas dos empreendimentos

situados nos demais Estados do país foram obtidas no Sindicato das Indústrias do Ferro no Estado de Minas Gerais – SINDIFER (2009) ou por meio de contato telefônico com as próprias empresas.

Tabela 2.1 – Produção de ferro gusa em siderúrgicas não-integradas no Brasil por região

Estados	Nº de Altos-fornos	Capacidade instalada (t/ano)	%
MG	109	9.390.355	56,2
PA	24	3.468.000	20,7
MA	19	2.305.200	13,8
ES	8	804.000	4,8
MS	6	751.200	4,5
Total	166	16.718.755	100

Em 2008, foram produzidas 5.213.303 toneladas de ferro gusa nas siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais[4]. Conforme o Instituto Brasileiro de Siderurgia – IBS (2009), em 2008 foram produzidas 7.922.800 toneladas de ferro gusa em siderúrgicas independentes (não-integradas) do Brasil. Desse modo, o Estado mineiro foi responsável por 65,8% da produção nacional.

A capacidade instalada dos altos-fornos de Minas Gerais varia de 30t gusa/dia a 550tgusa/dia, sendo a média igual a 236t gusa/dia. Segundo os dados apresentados no gráfico da Figura 2.3, 55% dos altos-fornos possuem capacidade instalada entre 5.000t gusa/mês e 10.000t gusa/mês. Além disso, das sessenta e oito unidades existentes, 56% possuem apenas um alto-forno (Figura 2.4).

[4] O Anexo E apresenta a produção de ferro gusa no ano de 2008 em todas as siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais, além das porcentagens exportadas e destinos.

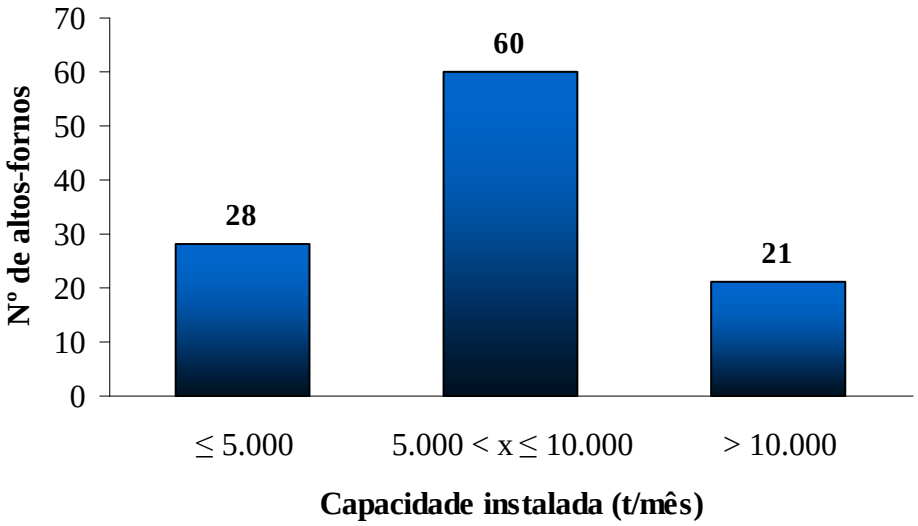


Figura 2.3 - Distribuição dos altos-fornos a carvão vegetal do Estado de Minas Gerais por faixas de capacidade instalada (t/mês)

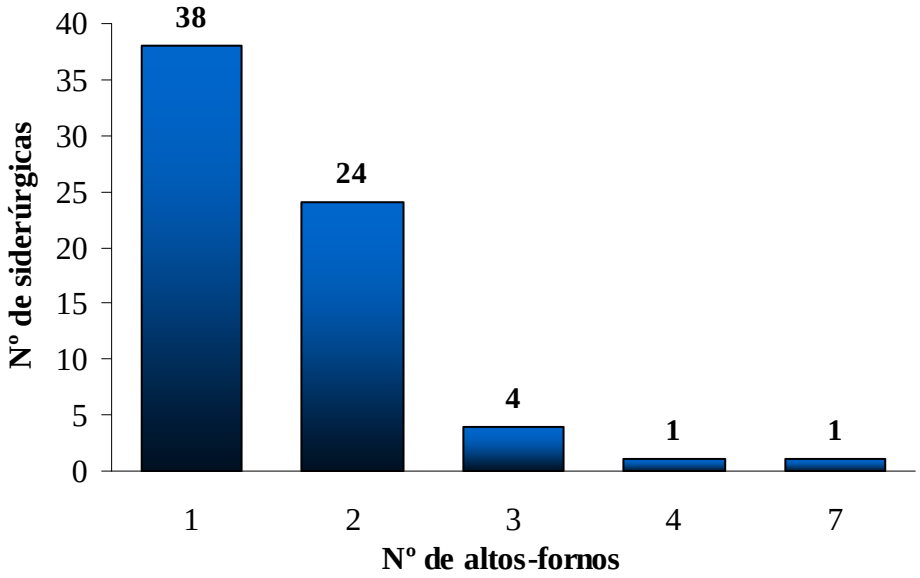


Figura 2.4 – Número de altos-fornos por siderúrgicas não-integradas no Estado de Minas Gerais

A Tabela 2.2 apresenta a contribuição de cada município para a formação do setor, de acordo com o número de empresas, o número de altos-fornos, a capacidade instalada e a produção referente ao ano de 2008. O município de Sete Lagoas tem a maior capacidade instalada do Estado, correspondente a 326.100t gusa/mês.

Tabela 2.2 – Contribuição dos municípios em Minas Gerais na formação do setor de siderurgia não-integrada a carvão vegetal

Município	Nº empresas	Nº altos-fornos	Capacidade instalada (t/mês)	Produção 2008 (t)
Alfredo Vasconcelos	1	2	12.000	20.075,80
Betim	1	7	37.800	298.000
Bom Despacho	2	3	18.000	61.095,02
Carmo da Mata	1	1	1.680	24.000
Carmo do Cajuru	1	1	1.500	8.500
Conceição do Pará	1	1	6.600	67.428,02
Conselheiro Lafaiete	1	1	7.500	1.814
Contagem	1	2	21.000	167.432
Curvelo	1	2	12.000	0
Divinópolis	12	18	88.380	691.672,80
Governador Valadares	1	1	4.500	44.385,11
Itabira	1	1	9.000	80.000
Itabirito	1	1	8.400	57.630,64
Itaguara	1	1	4.500	53.400
Itatiaiuçu	1	1	7.500	92.266,70
Itaúna	4	5	52.050	356.275,20
Lagoa da Prata	1	1	6.000	64.196,45
Maravilhas	1	1	3.900	53.000
Mateus Leme	1	1	1.800	10.600
Matozinhos	2	3	27.600	198.476,20
Nova Serrana	2	3	24.000	71.603,49
Pará de Minas	3	4	33.900	224.631,90
Pedro Leopoldo	1	1	7.500	85.267,62
Pitangui	1	3	27.900	94.209,78
Prudente de Morais	1	2	13.500	91.451,36
São Gonçalo do Pará	2	2	7.200	76.471,86
Sete Lagoas	22	40	326.100	2.219.419,47
Total	68	109	771.810	5.213.303,42

O setor de siderurgia não-integrada em Minas Gerais fatura anualmente, R$2,0 bilhões com as exportações e R$1,9 bilhões com a venda do produto no mercado interno (SINDIFER, 2009), sendo que, em alguns municípios mineiros, a produção de ferro gusa configura-se como a principal fonte de arrecadação financeira.

Em 2008, 56% do ferro gusa produzido em Minas Gerais foi consumido pelo mercado interno, enquanto os 44% restantes foram exportados. O principal destino do ferro gusa brasileiro são os Estados Unidos, correspondendo a aproximadamente 70%. Outros grandes consumidores são a China, Índia, México, Coréia do Sul e Europa.

O ferro gusa pode ser destinado às aciarias ou às fundições. Em 2008, 83% do ferro gusa produzido em Minas Gerais nas siderúrgicas não-integradas foi destinado às aciarias, sendo que os 17% restantes abasteceram as fundições. Segundo Andrade *et al.* (2003), o ferro gusa

de fundição apresenta teor de silício entre 2 e 3%, enquanto o gusa de aciaria tem em média 0,5%. O ferro gusa de aciaria é a matéria-prima básica para produção do aço e o de fundição é utilizado na produção de peças fundidas de ferro, principalmente nas indústrias automobilística e agrícola, podendo ser cinzento ou nodular, dependendo de sua resistência mecânica. Os produtos originados a partir da utilização do ferro gusa são o ferro fundido (com teor de carbono entre 2,0% e 4,5%) e o aço (com teor de carbono menor do que 2%).

A história do ferro gusa é muito marcada pelas bruscas flutuações no preço do produto no mercado internacional, ocasionando picos de vendas intercaladas com paralisação em massa da produção, como ocorreu a partir de outubro de 2008, em decorrência da crise econômica global.

Segundo Carneiro e Ramalho (2009), no Estado do Maranhão, o preço médio da tonelada de ferro gusa exportada passou de US$99,6 para US$445,6 entre 2000 e 2008. A Figura 2.5 mostra que, enquanto o volume do ferro gusa exportado duplicou nesse período, o valor das exportações praticamente decuplicaram. Segundo relato de empreendedores e consultores do setor de ferro gusa em Minas Gerais, tais dados também se aplicam ao Estado, lembrando-se tratar de preços médios anuais. Em meados de 2008, o setor teve seu melhor desempenho no mercado, uma vez que o preço do ferro gusa alcançou o recorde histórico de US$950. Entretanto, a euforia durou apenas até setembro do mesmo ano, devido o início da crise econômica mundial.

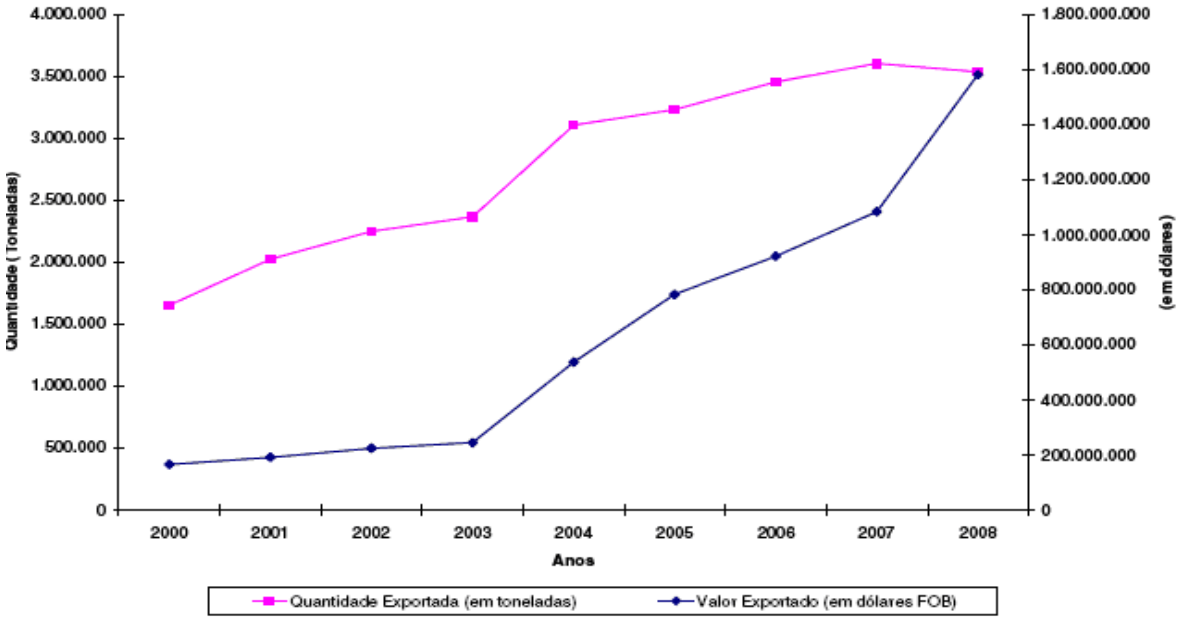


Figura 2.5 - Evolução do valor e da quantidade de ferro gusa exportada no Estado do Maranhão (2000 a 2008)

Fonte: CARNEIRO e RAMALHO (2009).

A evolução do preço do ferro gusa acompanhou o movimento verificado nos preços das *commodities* minerais, motivados pelo crescimento da demanda chinesa e indiana sobre o mercado mundial de produtos siderúrgicos. Isso permitiu às empresas produtoras de ferro gusa a obtenção de resultados excepcionais, permitindo a realização de investimentos.

Segundo o SINDIFER (2009), em Minas Gerais, em 2004, foram produzidas 6,2 milhões de toneladas de ferro gusa nas siderúrgicas não-integradas, um dos melhores resultados da história, obtido em função do alto valor de venda do produto no período, motivo inclusive do incremento de projetos para implantação de novos altos-fornos. Entretanto, em 2005, a fabricação de ferro gusa caiu para 5,8 milhões de toneladas e, em 2006, alcançou 5,4 milhões de toneladas em Minas Gerais, o que causou o engavetamento dos projetos. Em 2008, conforme já dito anteriormente, a produção foi de 5,2 milhões de toneladas.

Em Minas Gerais, o setor de siderurgia não-integrada emprega diretamente 12.518 pessoas (sem contar os empregados do setor florestal). Entretanto, com a crise econômica mundial, 4.488 pessoas foram demitidas, de acordo com os dados obtidos em fevereiro de 2009[5]. Dos 109 altos-fornos, 86 estavam paralisados em fevereiro de 2009, sem previsão para a retomada da produção. Tais dados demonstram tratar-se da maior crise da história do setor no Estado.

Segundo a AMS (2009), o setor de siderurgia não-integrada emprega indiretamente 51.200 pessoas em Minas Gerais.

2.2.3 Características do setor

O setor de siderurgia não-integrada em Minas Gerais tem uma imagem negativa, atribuída principalmente pelos desmatamentos de florestas nativas que realizou durante décadas para a produção de carvão vegetal. Além disso, sempre foi alvo constante de denúncias e um dos setores campeões em número de autuações aplicadas pelo órgão ambiental.

Com o passar dos anos, boa parte do setor foi melhorando seu desempenho tecnológico, com a adoção de medidas, muitas vezes exigidas pelo órgão ambiental, e outras realizadas por iniciativa própria. Entretanto, ainda hoje, parte significativa das usinas siderúrgicas não-integradas ainda faz jus a imagem atribuída no passado.

[5] O Anexo G apresenta uma tabela referente ao número de empregados e altos-fornos paralisados em fevereiro de 2009 em cada uma das siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais.

As siderúrgicas são pequenas e, em geral, bem menos estruturadas quando comparadas com as siderúrgicas integradas. Entretanto, possuem elevado potencial poluidor, segundo os critérios estabelecidos na Deliberação Normativa nº 74/2004. De acordo com a referida deliberação, os empreendimentos são classificados em seis classes, conforme o impacto que possam causar ao meio ambiente, estabelecidas em função do porte e do potencial poluidor da atividade.

De acordo com a pesquisa realizada, quinze usinas siderúrgicas estão enquadradas na *classe 6*, por terem capacidade instalada acima de 500t gusa/dia, uma é enquadrada na *classe 3* por ter capacidade instalada inferior a 50t gusa/dia e as demais são enquadradas na *classe 5* por terem capacidade instalada entre 50t gusa/dia e 500t gusa/dia.

Todos os empreendimentos foram licenciados pelo órgão ambiental ou estão com processos de licenciamento em andamento. Porém, conforme detalhado ao longo deste trabalho, boa parte descumpre as condicionantes de concessão das licenças ambientais.

Com relação às melhorias exigidas pela legislação específica para o setor, a maioria dos empreendimentos realizou as modificações necessárias, conforme será detalhado no capítulo 4, entretanto, quando o assunto é o investimento realizado voluntariamente, o setor caminha bem devagar.

Segundo Almeida (2001), até o ano de 2001, nenhuma das siderúrgicas não-integradas possuía certificação da série ISO 14.001 (ISO – International Standardization for Organization). Atualmente, três empresas possuem tal certificação, demonstrando uma tímida evolução do setor. Quanto à norma ISO 9001, referente à qualidade, dezesseis empreendimentos possuem a certificação. Entretanto, 53 empresas não possuem nenhum tipo de certificação.

Além das normas séries da ISO, alguns empreendimentos têm investido em Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), em geral referentes a projetos de reflorestamentos, co-geração de energia por meio do aproveitamento de gás de alto-forno e carbonização da madeira, com vista a obtenção de créditos de carbono.

Melhorias que exigem maiores investimentos, tais como a implantação de unidade de injeção de finos de carvão vegetal nas ventaneiras do alto-forno e a instalação de termoelétricas foram

realizadas, respectivamente, por oito e nove empreendimentos, ou seja, menos de 15% do total de usinas do setor.

Segundo informado por vários empreendedores durante as visitas técnicas realizadas, nos últimos anos os maiores investimentos têm ocorrido na compra de terras para reflorestamento e na atividade propriamente dita, mas conforme será visto no item 5.3, o Estado tem ainda um enorme déficit de carvão vegetal proveniente de florestas plantadas.

Parte dos altos-fornos do Estado ainda pertencem a empresários que os arrendam a terceiros. Das sessenta e oito unidades existentes em Minas Gerais, quarenta e seis são operadas pelo proprietário do parque industrial, enquanto vinte e duas são operadas por arrendatários. Salvo exceções, nesses empreendimentos, os esforços para a implantação de melhorias visando adequações ambientais são menores, haja vista que tais implementações beneficiariam, no final do contrato, o proprietário, de forma semelhante ao que ocorre em um aluguel de uma residência. A comparação da situação ambiental entre as plantas industriais próprias e arrendadas será apresentada no item 6.1.

O processo industrial do ferro gusa não foi marcado por muitos avanços tecnológicos desde a implantação dos primeiros altos-fornos, e ainda depende muito da mão-de-obra humana. Em Minas Gerais, houve grande avanço, principalmente a partir do século XXI, no quesito de equipamentos/instalações de controle ambiental, com a implantação de sistemas de despoeiramento de efluentes atmosféricos, tratamento de esgoto sanitário e águas pluviais, entre outros, mas tudo resultado das exigências do órgão ambiental.

2.3 O processo produtivo de ferro gusa em alto-forno a carvão vegetal

2.3.1 Matérias-primas

Para produção do ferro gusa em alto-forno (Figura 2.6) são necessárias duas matérias-primas básicas: o minério de ferro e o carvão (coque ou carvão vegetal). Além dessas matérias-primas, são utilizados fundentes (quartzo, calcário, dolomita) e sucata.

Figura 2.6 - Vista da parte superior de um alto-forno a carvão vegetal
Fonte: MALARD, 2008 - acervo particular.

2.3.1.1 Minério de ferro

O ferro é encontrado em toda a crosta terrestre, fortemente associado ao oxigênio e à sílica, sendo o quarto elemento mais abundante (5,01%). O minério de ferro, um óxido de ferro misturado com areia fina, é a matéria-prima mais importante de uma siderúrgica, pois é dele que se extrai o ferro. Segundo Malard (2008), os minerais que contêm ferro significativamente se apresentam na forma de óxidos, carbonatos, sulfetos e silicatos, sendo que os óxidos são os materiais fundamentais para a siderurgia.

Os principais minérios de ferro são a hematita (Fe_2O_3), tipo mais comum, a magnetita (Fe_3O_4), a limonita ($Fe(OH)_3H_2O$), a pirita (FeS_2), a siderita ($FeCO_3$) e a ilmenita ($FeTiO_2$). A hematita tem 70% de ferro puro, cor que varia entre vermelho-sangue, cinza metálico e preto. A magnetita tem 31% de ferro e 69% de hematita, tem cor preta e é menos freqüente. A limonita tem 90% de hematita, podendo ocorrer na cor marrom, amarela ou preta e é muito encontrada na região do pantanal brasileiro. A pirita tem cerca de 47% de ferro e cor amarela e a siderita tem aproximadamente 38% de ferro e cor castanho-claro. A ilmenita tem cerca de 47% de ferro, tem cor preta, e também é um mineral de titânio importante (SANTOS, 2007).

O minério de ferro é composto por três partes: a parte *útil*, que contém o ferro, a *ganga* que contém impurezas sem valor direto e o *estéril*, constituído pela rocha de onde o minério é extraído. Ele pode ser classificado como rico (quando apresenta teores de ferro da ordem de

60% a 70%), médio (com 50% a 60% de ferro) e pobre (com menos de 50% de ferro). O minério de ferro contém ainda cal, sílica, alumina, enxofre, manganês e magnésio, em pequenas quantidades.

Antes de ser introduzido no alto-forno, o minério de ferro é beneficiado. O termo genérico "beneficiamento" compreende operações que têm como objetivo tornar o minério mais adequado para sua utilização nos altos-fornos. Estas operações são o peneiramento, a classificação e a secagem.

Segundo Santos (2007), para ser utilizado no alto-forno, o minério deve apresentar teor de ferro de, no mínimo, 65%, e granulometria de 8mm a 25mm. As reações de redução são facilitadas quando a granulometria do minério é menor, porém quando uma grande quantidade de finos é introduzida no alto-forno, a permeabilidade da carga torna-se baixa, dificultando a marcha do processo. Portanto, é necessário utilizar minério de ferro com granulometria tal que garanta, ao mesmo tempo, maior redutibilidade do material e permeabilidade necessária à operação do equipamento. Além disso, o minério deve ser resistente à degradação pelo manuseio e apresentar baixa crepitação – tendência dos minérios de produzir finos quando submetidos ao aquecimento.

A secagem do minério de ferro implica em redução do consumo de energia, pois evita perdas térmicas no alto-forno que ocorrem quando a matéria-prima contém umidade. Porém, com a secagem do minério, ocorre aumento da geração de poeira na área de peneiramento, e, conseqüentemente, a necessidade de se instalar sistema de despoeiramento, o que implica em maior investimento financeiro.

Em relação a esse aspecto, em cinqüenta plantas siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal instaladas em Minas Gerais, essa operação é realizada, o que corresponde à 74% das unidades produtivas. Entretanto, alguns metalúrgicos ainda não enxergam benefícios nessa operação, motivo de não realizaram a secagem do minério.

Os altos-fornos a coque, por serem maiores, são mais exigentes em relação a qualidade da carga metálica. É indispensável, para o bom andamento do processo, que um alto-forno a coque de grande porte utilize uma carga metálica preparada (sínter e/ou pelota). Os altos-fornos a carvão vegetal trabalham com boa eficiência, mesmo utilizando somente minério de ferro granulado. A utilização de sínter ou de pelotas visa melhorar a permeabilidade da carga do alto-forno, reduzir o consumo de carvão e acelerar o processo de

redução, entretanto as siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal, em geral, não os empregam como matéria-prima devido a fatores econômicos.

Apenas uma siderúrgica não-integrada de Minas Gerais possui planta de sinterização e nenhuma das unidades fabrica pelotas. Ressalta-se que também há uma sinterização instalada em área de outra siderúrgica não-integrada, mas a unidade é terceirizada.

Conforme a Minitec (2009), para cada tonelada de ferro gusa produzida são utilizados em média 1.500kg de minério de ferro. Jacomino *et al.* (2002) afirmam que o consumo específico nas siderúrgicas varia de 1480kg a 1790kg de minério por tonelada de ferro gusa produzido. De acordo com os dados constantes nos processos de licenciamento ambiental das empresas do setor, em Minas Gerais, a média de consumo de minério é de 1650kg por tonelada de ferro gusa.

Com base nesse dado e considerando a produção de ferro gusa em Minas Gerais no ano de 2008, que totalizou 5.213.303 toneladas, foram consumidas cerca de 8,6 milhões de toneladas de minério de ferro. Baseando-se nessas informações e nos valores informados no parágrafo anterior, estabeleceram-se cenários de consumo específico de minério de ferro, apresentados na Tabela 2.3. Ressalta-se que o consumo específico de minério de ferro depende de diversos fatores, sendo os principais a granulometria e o teor de ferro do material.

Tabela 2.3 – Cenários de consumo específico de minério de ferro com base no ano de 2008

Consumo específico de minério de ferro (kg/t)			**Cenários de consumo específico de minério (t)**		
Mínimo	**Médio encontrado em licenciamentos**	**Máximo**	**Melhor situação**	**Situação média**	**Pior situação**
1.480	1.650	1.790	7.715.688	8.601.950	9.331.812

Observando os valores encontrados para os cenários, nota-se uma redução significativa no consumo de minério de ferro, de acordo com os consumos específicos indicados na literatura consultada. Como o minério de ferro é um recurso não-renovável e a mineração é uma atividade altamente poluidora e degradadora do meio ambiente, é importante a adoção de medidas para redução do consumo. O emprego de sínter é uma das medidas apontadas, uma vez que no processo de sinterização são utilizados finos de minério, que em geral, não são alimentados no alto-forno.

2.3.1.2 Carvão vegetal

Nas siderurgias não-integradas, o carvão vegetal é o energético utilizado no processo de redução do minério de ferro nos altos-fornos, e têm como função fornecer calor para o processo, por meio do processo de combustão, e fornecer carbono para a redução de óxido de ferro e, indiretamente, fornecer carbono como principal elemento de liga do ferro gusa.

O Brasil possui todas as condições para produzir biomassa florestal em grande escala, por estar situado na zona intertropical, possuir extensão territorial que possibilita não competir com culturas alimentares, possuir uma das maiores taxas de insolação e regime de chuvas satisfatório para cultura de florestas para uso energético, além de possuir reservas de calcário, fosfatos e outros minerais que, bem utilizados, são capazes de sustentar plantios extensivos da biomassa florestal.

A escolha pelo carvão vegetal ou pelo coque como termo-redutor não modifica os fundamentos do processo de redução do minério de ferro nos altos-fornos. Entretanto, o emprego de carvão vegetal torna a operação mais complexa e sujeita a maiores transtornos, devido à grande variação das propriedades físico-químicas do carvão vegetal, que dependem do tipo de madeira, da idade da árvore e das variáveis do processo de carbonização.

O carvão vegetal é fabricado a partir da carbonização, processo de degradação térmica da madeira, que, em geral, é realizado em fornos de alvenaria, rudimentares e pouco eficientes. Tais sistemas apresentam baixo rendimento mássico (cerca de 30% a 35%) na conversão madeira-carvão vegetal e não possuem dispositivos que permitam o aproveitamento dos subprodutos gasosos e líquidos, que são perdidos durante o processo – gases (CO_2, CO, H_2 etc.) e frações pirolenhosas (alcatrões, ácido acético, álcool metílico, dentre outras).

Tanto o carvão vegetal quanto o coque são fontes de carbono para o processo de redução do minério de ferro. O primeiro, produto da carbonização da madeira, apresenta teores de carbono fixo entre 56% e 75%, enquanto o segundo, produzido a partir da coqueificação do carvão mineral, tem teor de carbono fixo em torno de 88% (JACOMINO *et al.*, 2002).

As diferenças entre as propriedades do carvão vegetal e do coque fazem com que os altos-fornos também apresentem diferenças de projeto, como, por exemplo, o tamanho. O uso do carvão vegetal limita o tamanho do forno porque este produto não suporta altas pressões de

carga. Em altos-fornos de grande porte utiliza-se coque, enquanto que nos altos-fornos que produzem no máximo em torno de 1.200 toneladas de ferro gusa é possível utilizar carvão vegetal.

O coque é produzido a partir de carvão mineral importado, pois o carvão encontrado no Brasil não se presta à coqueificação. É interessante destacar que, embora a maioria absoluta do carvão vegetal utilizado nos altos-fornos seja produzida no Brasil, de acordo com informações obtidas na investigação realizada, algumas empresas estão importando carvão vegetal do Paraguai, que, segundo os empresários do setor de ferro gusa, tem qualidade bem inferior ao nacional. Na Tabela 2.4 foram destacadas algumas características do carvão vegetal e do coque utilizados no processo de redução de minério de ferro em altos-fornos. Na Tabela 2.5 encontram-se assinalados, a título de comparação, parâmetros operacionais dos altos-fornos a carvão vegetal e a coque.

Tabela 2.4 - Características do carvão vegetal e do coque

Item	Unidade	Carvão vegetal	Coque
Carbono fixo	%	65-75	~88
Materiais voláteis	%	25-35	~1
Cinza	%	2-5	10-12
Enxofre	%	0,03-0,10	0,45-0,70
Resistência à compressão	kg/cm^2	10-80	130-160
Faixa granulométrica	mm	9-100	25-75
Massa específica	kg/cm^3	180-350	550
Reatividade	-	Maior	Menor

Fonte: Adaptado JACOMINO *et al.*, 2002.

Tabela 2.5 - Comparação entre alto-forno a carvão vegetal e alto-forno a coque

	Coque	Carvão vegetal
Produção	2.000 a 12.000 t/dia	20 a 1.200 t/dia
Diâmetro cadinho	8 a 14 m	1,5 a 6m
Altura alto-forno	~32m	~16m
Regeneradores	Cowpers	Cowpers e glendons
Produtividade	>2 t/dm^3	1,6 a 2t/dm^3
Volume escória	250 a 300 kg/t gusa	100 a 150 kg/t gusa
Gusa	Enxofre alto	Fósforo alto
Carga metálica	Presença de sínter e /ou pelota	Pode ser 100% de minério granulado

Fonte: Adaptado JACOMINO *et al.*, 2002.

Assim como o minério de ferro, o carvão vegetal é preparado antes de ser enfornado. Ao chegar na planta siderúrgica, o carvão vegetal passa por uma peneira de 3/8” visando o acerto da quantidade adquirida. Em seguida, o carvão é estocado em silos fechados, ou encaminhado para o sistema de descarga direta do alto-forno, sendo que antes de ser enfornado passa ainda por uma peneira para eliminar a fração de finos.

Conforme a Minitec (2009), para cada tonelada de ferro gusa produzida são utilizados, em média, 640kg de carvão vegetal, valor próximo ao encontrado na pesquisa realizada nos processos de licenciamento ambiental em Minas Gerais, que é 650kg/t de gusa.

2.3.1.3 Fundente

Fundente é o material que auxilia a fusão do minério de ferro. O principal fundente utilizado no processo de fabricação de ferro gusa é o calcário, uma rocha constituída, predominantemente, por carbonato de cálcio.

Outra função do fundente é combinar-se com as impurezas (ganga) do minério de ferro e com as cinzas do carvão, formando a escória. As impurezas do minério de ferro, como a sílica (SiO_2) e a alumina (Al_2O_3), são de elevado ponto de fusão, e, assim, a utilização dos fundentes, possibilitam sua fusão e, por conseguinte, sua incorporação na escória.

Conforme a Minitec (2009), para cada tonelada de ferro gusa produzida são utilizados, em média, 65kg de calcário e 35kg de dolomita.

2.3.2 Descrição do processo de fabricação do ferro gusa em alto-forno

Os processos comerciais mais importantes para fabricação de ferro gusa são a redução do minério de ferro em alto-forno, o corex, o forno elétrico de redução e processos de redução direta, sendo que no Brasil, 99% da produção ocorre via alto-forno (JACOMINO *et al*., 2002), enquanto no mundo esse percentual é de 60% (ASSIS, 2008).

O alto-forno é o principal equipamento utilizado na metalurgia do ferro, que consiste, essencialmente, na redução dos óxidos dos minérios de ferro mediante o emprego de um termo-redutor, o carvão vegetal ou o coque. A Figura 2.7 mostra um corte esquemático do alto-forno que é dividido nas seguintes partes (MALARD, 2008): cadinho (região que vai desde a parte do furo de corrida do ferro gusa até o eixo das ventaneiras[6]), rampa (parte cônica, que vai do eixo das ventaneiras até o começo do ventre), ventre (parte vertical que divide a rampa da cuba), cuba (parte cônica, até a parte superior cilíndrica), goela (parte superior cilíndrica, acima da cuba) e topo (parte superior do forno onde se localizam os dispositivos de carregamento e de saída de gases).

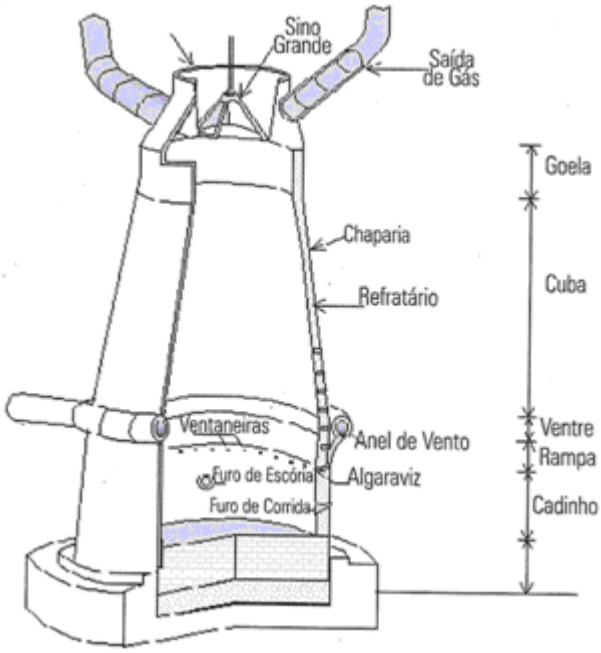


Figura 2.7 – Representação esquemática de um alto-forno
Fonte: JACOMINO, *et al*., 2002.

O alto-forno é construído de tijolos refratários para suportar as altas temperaturas e é envolvido por uma carcaça protetora de aço.

[6] Ventaneiras são regiões do alto-forno por onde se introduz ar pré-aquecido.

Em proporções adequadas, são adicionadas no alto-forno quantidades de minério, carvão vegetal e fundentes, em geral o calcário. Como o fundente tem ponto de fusão mais baixo, ele corresponde inicialmente à fase líquida da mistura e se destina, portanto, a fluidificar as impurezas e formar uma escória mais fusível.

A carga das matérias-primas sólidas no alto-forno dá-se pela parte superior do equipamento, por meio de um *skip* (elevador inclinado) ou de correias transportadoras. Conforme os resultados da investigação realizada nas 68 siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais, dos 109 altos-fornos existentes, 53 utilizam o *skip* como forma de carregamento, enquanto 56 instalaram correia transportadora. O *skip* é constituído de caçambas puxadas por cabos de aço que se movem sobre linhas paralelas e inclinadas em relação à horizontal. As caçambas podem ser de fundo móvel ou basculantes (JACOMINO *et al.*, 2002).

Em um alto-forno, existem duas correntes de materiais responsáveis pelas reações que ocorrem em seu interior: uma corrente sólida, representada pela carga que desce paulatinamente e uma corrente gasosa que se origina da reação do carbono do carvão vegetal com o oxigênio do ar soprado nas ventaneiras e flui em contracorrente.

Outro ponto de entrada de material no alto-forno são as ventaneiras, por onde podem ser injetados diversos combustíveis com o objetivo de substituir parte do termo-redutor, técnica já consolidada nas siderúrgicas de todo o mundo. Os finos de carvão vegetal ou de carvão mineral são os materiais mais utilizados com essa finalidade. Teoricamente, qualquer material que contenha alta porcentagem de hidrocarbonetos pode ser injetado pelas ventaneiras do alto-forno, sendo que a lista de materiais já testados inclui plásticos picotados, óleo combustível, álcool, alcatrão, gás natural, borras oleosas, coque de petróleo, pneu moído, entre outros (ASSIS, 2008).

Em Minas Gerais, o gás natural é o insumo mais utilizado depois dos finos de carvão vegetal, produzindo efeitos semelhantes. Para cada $1Nm^3$ de gás natural injetado pelas ventaneiras, são economizados 2,5kg de carvão vegetal (JACOMINO *et al.*, 2002). Entretanto, na injeção de gás natural pelas ventaneiras, a diminuição da temperatura de chama é maior, de modo que para compensar essa variação, é necessário aumentar o excesso de oxigênio.

O ar soprado pelas ventaneiras é previamente aquecido nos regeneradores de calor (*glendons* ou *cowpers*), utilizando-se parte dos gases de topo do alto-forno, à temperaturas da ordem de 500 a 1.200ºC.

Em altos-fornos maiores são utilizados *cowpers*, enquanto nos altos-fornos menores (a carvão vegetal) podem ser utilizados *glendons* ou *cowpers*. Dos 109 altos-fornos existentes em Minas Gerais, apenas um não possui *glendons*, utilizando três *cowpers*.

Os *cowpers* (Figura 2.8) são aparelhos que absorvem calor no período em que o gás de alto-forno é queimado na câmara de combustão e cedem calor quando o ar flui no sentido inverso. Já o *glendon* (Figura 2.8) é constituído por fileiras de garrafas de ferro fundido, interligadas por canais, ou por tubulações de aço inox. Na parte externa das garrafas, o gás de alto-forno é queimado, aquecendo-as. O ar frio é soprado e flui por dentro das garrafas, sendo pré-aquecido. Diferente do *cowper*, o processo de aquecimento do ar no *glendon* é contínuo e depende apenas de uma unidade desse tipo de regenerador (JACOMINO *et al.*, 2002).

Figura 2.8 – Garrafas do glendon (à esq.) e cowpers (à dir.)
Fonte: MALARD, 2008 - acervo particular.

A redução dos óxidos de ferro se processa a medida em que a carga desce no interior do forno e os gases, resultantes da queima do carvão vegetal sobem pela coluna de carga. Há pré-aquecimento dos materiais e alteração na composição da carga. O oxigênio que estava combinado com o ferro do minério passa, sob a forma de óxidos de carbono, a fazer parte dos gases. Outras reações químicas e a fusão da ganga e dos fundentes acompanham o processo de redução e formam a escória.

As principais reações químicas que ocorrem no processo são:

$$C_{(s)} + 1/2O_{2(g)} \leftrightarrow CO_{(g)} \qquad (2.1)$$

$$C_{(s)} + CO_{2(g)} \leftrightarrow 2CO_{(g)} \quad (2.2)$$

$$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \leftrightarrow 2Fe_{(l)} + 3CO_{2(g)} \quad (2.3)$$

A queima contínua do carvão vegetal, ativada pela insuflação de ar, fornece o calor necessário à fusão do ferro, promovendo o gotejamento do metal no cadinho. A escória, por ser mais leve que o ferro (massa específica da escória é da ordem de 2,7kg/m^3 e a massa específica do ferro é de cerca de 7kg/m^3), flutua no material líquido, sendo facilmente separada por meio de orifícios existentes à certa altura do cadinho. O ferro gusa, por sua vez, é retirado por escoamento do líquido por meio de aberturas no fundo do cadinho.

O vazamento do ferro gusa pode ser contínuo ou intermitente. O vazamento intermitente consiste em abrir o forno, por meio de um furo de corrida, em intervalo de tempo que varia de acordo com a prática operacional da empresa. Nesse tipo de vazamento, a escória sai junto com o ferro gusa e os dois líquidos são separados pela diferença de densidade. Já no vazamento contínuo utiliza-se o princípio dos vasos comunicantes. O cadinho do alto-forno é ligado, por um canal, a um poço retangular de acúmulo de gusa e o nível de gusa desse poço acompanha o nível dentro do alto-forno. O ferro gusa sai continuamente e a escória continua sendo retirada de maneira intermitente, através do furo de escória.

Em Minas Gerais, quarenta e quatro altos-fornos adotam o vazamento de gusa contínuo e em sessenta e cinco o vazamento é intermitente, ou seja, 40% dos altos-fornos são contínuos e 60% intermitentes, demonstrando uma predominância desse último tipo.

Ao final do processo são obtidos o ferro gusa, a escória de alto-forno e os gases de topo. O produto de venda pode ser o ferro gusa solidificado em lingotes, em uma roda de lingotamento, ou o ferro gusa líquido, transportado por carretas, acondicionado em panelas e usado por empresas situadas perto da indústria siderúrgica, a distâncias entre 10km e 20km.

O ferro gusa é constituído de aproximadamente 94% de ferro, 4% de carbono e outros elementos como silício, manganês, fósforo e enxofre. Em geral, um lingote de ferro gusa pesa 4kg (JACOMINO) *et al*., 2002).

Depois de solidificado, o ferro gusa, quando exportado, passa por um sistema batizado de “tamboramento”, no qual é realizada a limpeza do produto, retirando as impurezas e eliminando eventuais pedaços quebrados. Em Minas Gerais, 35 empresas possuem

equipamento de tamboramento de ferro gusa, embora seis deles estivessem desativados no período de realização deste trabalho.

A escória é formada principalmente pela ganga do minério de ferro (SiO_2, Al_2O_3), pelos fundentes (CaO, MgO) e pelas cinzas do coque ou carvão vegetal[7]. Sua composição oscila bastante, dependendo da qualidade das matérias-primas utilizadas. Por exemplo, a sílica pode variar de 29 a 45%.

Finalmente, os gases saem pela parte superior do alto-forno e passam por um sistema de limpeza. Parte desses gases é utilizada para pré-aquecer o ar a ser injetado nas ventaneiras e o restante é queimado em tochas. O gás de alto forno pode ser utilizado para geração de energia elétrica, em vista de seu potencial energético, por mecanismo de co-geração. Para se ter uma idéia, o gás de alto-forno, conforme uma análise citada por Jacomino *et a.l* (2002), contém 20,31% de CO, 21,36% de CO_2, 4,37% de H_2, 1,98% de CH_4 e 51,98% de N_2. Deve-se ressaltar que essa composição é muito variável, mas sempre são esperadas concentrações elevadas de CO e CO_2 em vista das características do processo.

No Estado de Minas Gerais, nove siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal possuem termoelétricas, com geração de energia a partir da queima dos gases de alto-forno. O custo de implantação de uma termoelétrica é alto, cerca R$3.500,00 por kW, ou seja, uma unidade tradicional de 2MW, demanda investimento da ordem de R$7 milhões, mas o retorno é considerado rápido.

A Figura 2.9 apresenta um esquema simplificado do processo de redução de minério de ferro em um alto-forno; a Figura 2.10, o processo produtivo.

[7] O teor de cinza do carvão vegetal é muito baixo.

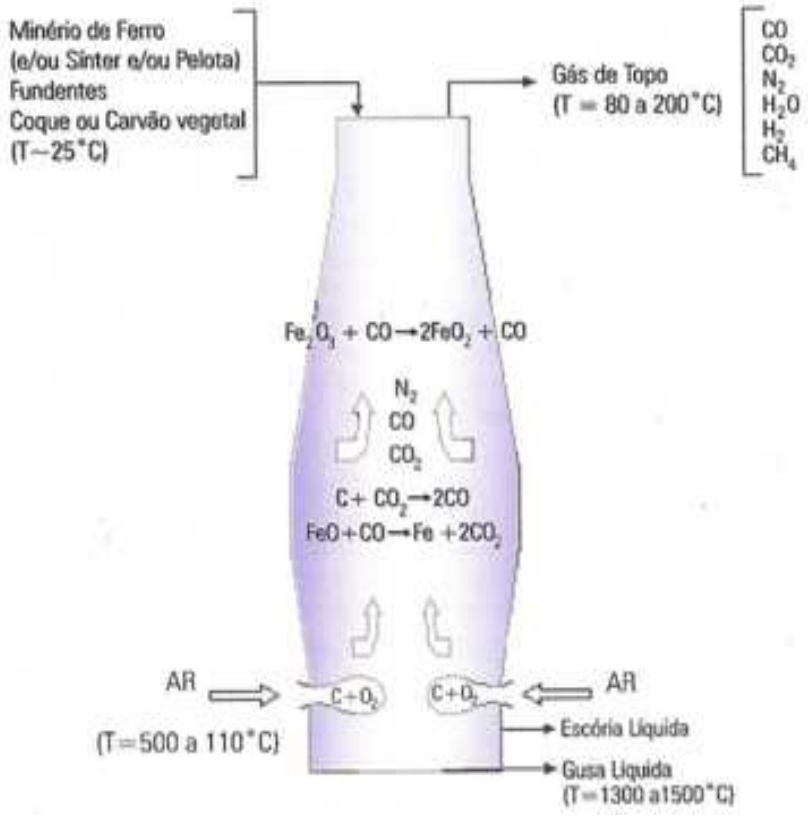


Figura 2.9 - Processo simplificado de redução dos óxidos de ferro no alto-forno
Fonte: JACOMINO *et al.*, 2002.

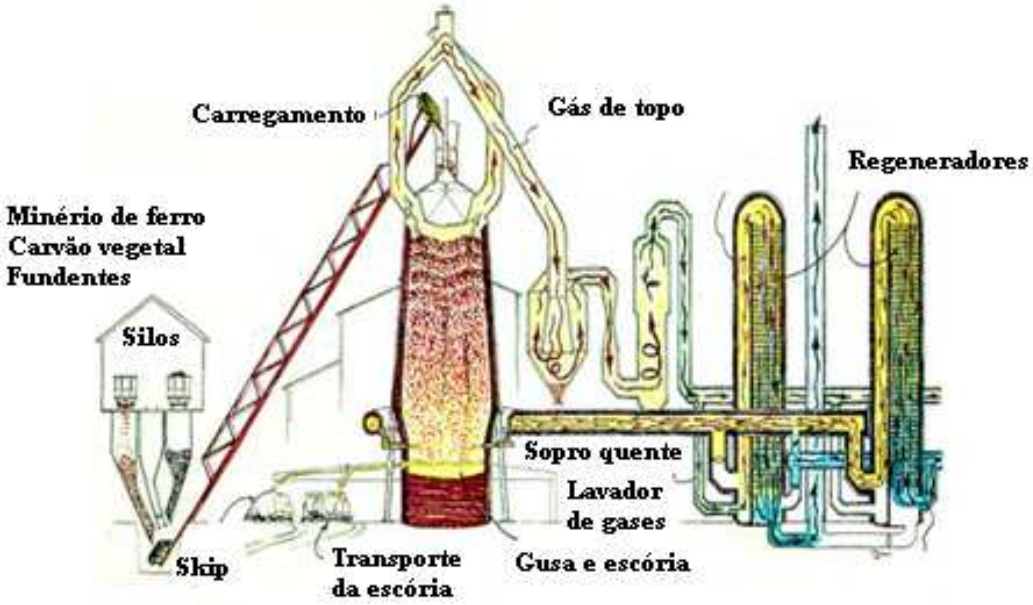


Figura 2.10 - Processo de produção do ferro gusa
Fonte: MALARD, 2008.

3 ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA FABRICAÇÃO DO FERRO GUSA

A fabricação de ferro gusa em siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal, como a maioria dos processos industriais, além de se basear no consumo intensivo de matérias-primas e energia, provoca diversos impactos ambientais, tanto associados à emissão de poluentes atmosféricos, quanto à emissão de efluentes líquidos, à geração de resíduos sólidos e ao próprio uso do carvão vegetal como termo-redutor.

Neste capítulo, apresenta-se uma análise sobre os aspectos e impactos ambientais associados à fabricação de ferro gusa nas usinas não-integradas a carvão vegetal, mas restritos à planta industrial, motivo pelo qual os aspectos referentes ao consumo de carvão vegetal não foram contemplados.

3.1 Efluentes atmosféricos

O combate à poluição atmosférica tornou-se uma das prioridades das autoridades de diversos países, bem como de organizações nacionais e internacionais, sejam elas governamentais ou não, desde que a poluição passou a ser identificada com processos de adoecimento e morte de pessoas e com a contaminação ambiental no geral. Inicialmente, esse combate se baseou no controle das fontes de emissão, com o objetivo de redução dos níveis de poluentes lançados ao meio ambiente, colocando-as em patamares pré-estabelecidos pela legislação ambiental pertinente.

Em quase todas as etapas do processo de fabricação do ferro gusa são geradas emissões atmosféricas, as quais podem ser consideravelmente minimizadas com a implantação de sistemas de controle.

As emissões atmosféricas são geradas nas seguintes etapas e atividades ligadas ao processo produtivo: tráfego de veículos nas vias e pátios, recepção, manuseio e peneiramento de matérias-primas, manuseio de resíduos sólidos industriais, tamboramento de ferro gusa, metalurgia de panela, vazamento de ferro gusa e escória, alimentação do sistema de carregamento *skip*, queima do gás de alto-forno nas tochas e *glendons* e carregamento de matérias-primas no topo do alto-forno.

As ***poeiras fugitivas provenientes do tráfego de veículos*** são controladas por meio de aspersão de água por um caminhão-pipa ou por um sistema de aspersão fixo. Empresas que possuem vias e pátios asfaltados podem utilizar varredeiras, evitando assim o desperdício de água. A pavimentação de vias e pátios, por si só, contribui muito para a minimização desse impacto, entretanto, em Minas Gerais, dezessete siderúrgicas não-integradas ainda não possuem sequer uma via pavimentada, utilizando em geral finos de minério de ferro compactado para conformação dessas vias. Muitas vezes, a poeira gerada na movimentação de veículos afeta mais a população vizinha ao empreendimento do que a própria emissão de fontes estacionárias.

Apenas em duas siderúrgicas não-integradas há aspersores de água fixos instalados. As demais plantas utilizam caminhão-pipa para fazer a aspersão de água nas vias, sendo que em três dessas também é realizada varrição para retirada do excesso de pó.

Para minimizar as emissões de material particulado decorrentes do ***peneiramento e áreas de transferência de carvão vegetal,*** tais locais são enclausurados e contemplados com um filtro de mangas, ou equipamento semelhante. Áreas de transferências são aquelas situadas entre correias transportadoras, separadas por uma altura de queda.

Quatorze peneiras de carvão vegetal existentes nas siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais não estão devidamente enclausuradas, ou seja, existem aberturas, proporcionando fuga de material particulado. Esse equipamento é um grande gerador de poeira, haja vista a granulometria do material, motivo pelo qual deve ser totalmente enclausurado. Além disso, dezoito plantas possuem áreas de transferência de carvão vegetal enclausuradas de forma inadequada.

O ***processo de peneiramento de minério de ferro*** não necessita de equipamento de despoeiramento, exceto quando o minério passa por um processo de secagem, realizado com os gases provenientes dos *glendons*, conforme já destacado no item 2.3.1.1. Entretanto, cinco siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais, que realizam secagem do minério, não possuem sistema de despoeiramento. Naqueles empreendimentos que possuem filtros de mangas para atender o peneiramento do minério, as vazões variam bastante, de 6.000Nm^3/h a 50.000Nm^3/h.

Dos empreendimentos que realizam a secagem do minério de ferro, 42% têm as áreas de peneiramento e/ou transferência de matérias-primas parcialmente ou totalmente abertas,

propiciando poeiras fugitivas. As demais siderúrgicas têm áreas totalmente enclausuradas. As siderúrgicas que não realizam secagem do minério de ferro não precisam fazer o enclausuramento dessas áreas, uma vez que a geração de poeira é reduzida.

A ***descarga de carvão vegetal*** também gera emissões significativas de material particulado e, por isso, é necessário instalar sistema de despoeiramento, sendo os filtros de mangas os mais empregados. Além disso, a área de descarga deve ser completamente vedada para otimizar a eficiência do exaustor com a captura de maiores quantidades de material particulado.

Em Minas Gerais, quatro siderúrgicas não-integradas possuem galpões para a descarga de carvão semi-abertos, ou seja, com pelo menos um dos lados abertos. As demais empresas possuem galpões totalmente fechados. Nas aberturas do galpão, há entrada de ar, prejudicando a exaustão, pois parte do particulado passa a ser "succionado" pelas próprias aberturas. Nas visitas técnicas realizadas foi observado que dois desses galpões têm comprimento insuficiente para receber veículos de porte maior como as carretas, e, por esse motivo, no momento do descarregamento, os portões dos galpões ficam abertos, diminuindo assim a eficiência da captura de material particulado.

Os sistemas de despoeiramento utilizados nos galpões de descarga de carvão vegetal têm vazões variando de 20.000Nm^3/h a 119.000Nm^3/h, entretanto alguns desses sistemas servem a áreas como a de peneiramento de carvão vegetal e de minério de ferro, sistema de alimentação do *skip* e outras. Já nas áreas de preparação de carvão (peneiramento e transferência de carvão vegetal), as vazões variam de 20.000Nm^3/h a 105.000Nm^3/h, valendo a mesma observação citada acima.

Com exceção de uma siderúrgica não-integrada que utiliza hidrofiltros como sistema de despoeiramento para as etapas citadas acima, todas as outras utilizam filtros de mangas. Segundo essa empresa, está sendo estudada a substituição dos hidrofiltros por filtros de mangas, devido à sua maior eficiência, aliada à ausência de geração de resíduo líquido, como é o caso dos hidrofiltros

Alguns ***resíduos como os finos de carvão vegetal, finos de minério de ferro e pó de balão são muito finos e secos, e, quando manuseados***, pode ocorrer emissão considerável de material particulado.

Com relação aos finos de minério de ferro e carvão vegetal, tanto os silos de estocagem como as áreas situadas abaixo deles, onde os resíduos são despejados, seja em caçamba ou caminhão, devem ser enclausurados e contemplados com sistemas de exaustão.

Quanto ao pó de balão, pode haver emissões na saída do balão gravitacional, quando o resíduo é descarregado em caminhões ou em caçambas em geral, sendo útil vedar o local, além de umedecer o pó. Nas etapas de descarregamento e carregamento do pó de balão no depósito de resíduos, também ocorrem emissões, devendo-se, portanto fazer aspersão com água.

Os finos de carvão vegetal são manuseados por meio de correias transportadoras, caçambas, transporte pneumático, elevador de caneco ou rosca sem fim. Em Minas Gerais, 63 siderúrgicas não-integradas utilizam correias transportadoras, sendo que desse total, quatro também adotam transporte pneumático, uma usa elevador de caneca e duas também utilizam rosca sem fim. Além dessas, em um empreendimento a transferência de material é feita exclusivamente por transporte pneumático e em cinco fábricas são utilizadas caçambas. Dos 68 empreendimentos, 51 possuem filtros de mangas para controle da emissão de particulados nessa etapa e um possui um multiciclone associado a um hidrofiltro. Todos os filtros atendem à outras áreas, sendo em geral a área de preparação de carvão.

O manuseio de pó de balão é feito por caçamba, caminhão, big-bag, carrinho-de-mão ou correias transportadoras, sendo que 53 siderúrgicas não-integradas utilizam caçamba, doze usam caminhão, três utilizam big-bag, duas usam correias transportadoras e duas utilizam carrinho-de-mão.

A soma das empresas acima ultrapassa 68 indústrias, pois alguns empreendimentos utilizam mais de um sistema de manuseio. Dentre todas, 23 não têm nenhum controle para minimizar a geração de particulado na transferência do pó de balão para o sistema de manuseio. As demais possuem área de manuseio fechada, ou caçamba ou caminhão fechado. A caçamba ou caminhão, em alguns casos, é acoplado ao balão gravitacional. Do total, apenas uma empresa tem sistema de exaustão para atender a área de manuseio do resíduo e quatro siderúrgicas umedecem o pó ao sair do balão gravitacional.

A escória de alto-forno, quando peneirada, também necessita de sistema de controle da emissão de material particulado. No setor de ferro gusa em Minas Gerais, 25 empresas possuem peneira de escória, entretanto quatro estão desativadas, sendo que oito possuem sistema de aspersão de água para minimizar o pó gerado na operação.

Na ***etapa de tamboramento do ferro gusa*** é gerada quantidade significativa de material particulado, motivo pelo qual o equipamento deve ser totalmente enclausurado. Em Minas Gerais, 35 das siderúrgicas não-integradas possuem equipamento de tamboramento, mas seis deles estão desativados. Dos 29 restantes, três são totalmente abertos, sete são semi-enclausurados e dezenove estão totalmente enclausurados. Há ainda dois empreendimentos que utilizam filtros de mangas para captura do pó gerado nesta etapa do processo, entretanto se bem enclausurado, conforme constatado durante as visitas técnicas realizadas, não há necessidade de se implantar um sistema de despoeiramento

Apenas três siderúrgicas não-integradas no Estado realizam ***metalurgia de panela***, sendo que elas instalaram filtro de mangas para captura do pó gerado no processo. A metalurgia de panela consiste na injeção de oxigênio juntamente com cal e fundentes na panela, contendo gusa líquido, com o objetivo de reduzir, principalmente, os teores de sílica, manganês e fósforo.

Os ***vazamentos (corridas) de escória e ferro gusa*** também geram emissões atmosféricas, entretanto a intensidade das emissões está relacionada ao tipo do alto-forno (se intermitente ou contínuo) e a sua operação. Nas visitas técnicas, não foram observadas emissões significativas, em diversos “ciclos” de vazamentos, mesmo na ausência de sistema de despoeiramento, demonstrando, assim, como a operação interfere na quantidade de particulados gerados.

Entretanto, por diversas vezes foram constatadas emissões intensas (Figura 3.1), principalmente em altos-fornos intermitentes. Para minimizar a geração de efluentes atmosféricos nessas etapas recomenda-se utilizar um sistema de despoeiramento, geralmente composto de defagulhador e filtro de mangas. Em Minas Gerais apenas duas empresas do setor possuem tais sistemas.

Figura 3.1 – Emissão atmosférica proveniente de uma corrida de ferro gusa
Fonte: MALARD, 2008 - acervo particular.

O ***processo de alimentação do sistema de carregamento*** **denominado** ***skip*** gera quantidade significativa de pó, entretanto devido à área do carregamento ser parcialmente ou totalmente aberta, dificilmente consegue-se capturar todo o pó que é gerado. Visando minimizar a emissão, instala-se um sistema de exaustão. Entretanto, dos 53 altos-fornos existentes em Minas Gerais que utilizam *skip*, poucos possuem tal sistema.

De todas as ***emissões atmosféricas*** geradas em uma planta de fabricação de ferro gusa, as referentes ao ***alto-forno*** têm maior relevância. São geradas emissões tanto no carregamento de matérias-primas no topo do alto-forno, quanto no alto-forno propriamente dito.

O gás produzido no alto-forno, devido ao seu alto poder calorífico, pode ser reutilizado nos *glendons* ou *cowpers*, conforme já discutido no item 2.3.2. Entretanto, é necessário instalar um sistema de tratamento para minimizar a quantidade de material particulado que é gerado, e, nesse caso são utilizados equipamentos de despoeiramento. O sistema pode ser via úmido ou seco.

Em Minas Gerais, 48 siderúrgicas não-integradas têm dispositivos de limpeza dos gases de alto-forno via úmida, enquanto vinte trabalham com coletores a seco. Todas as empresas utilizam o coletor gravitacional como primeiro estágio para captura de partículas de diâmetros maiores. A Figura 3.2 apresenta os sistemas utilizados por número de altos-fornos instalados em Minas Gerais.

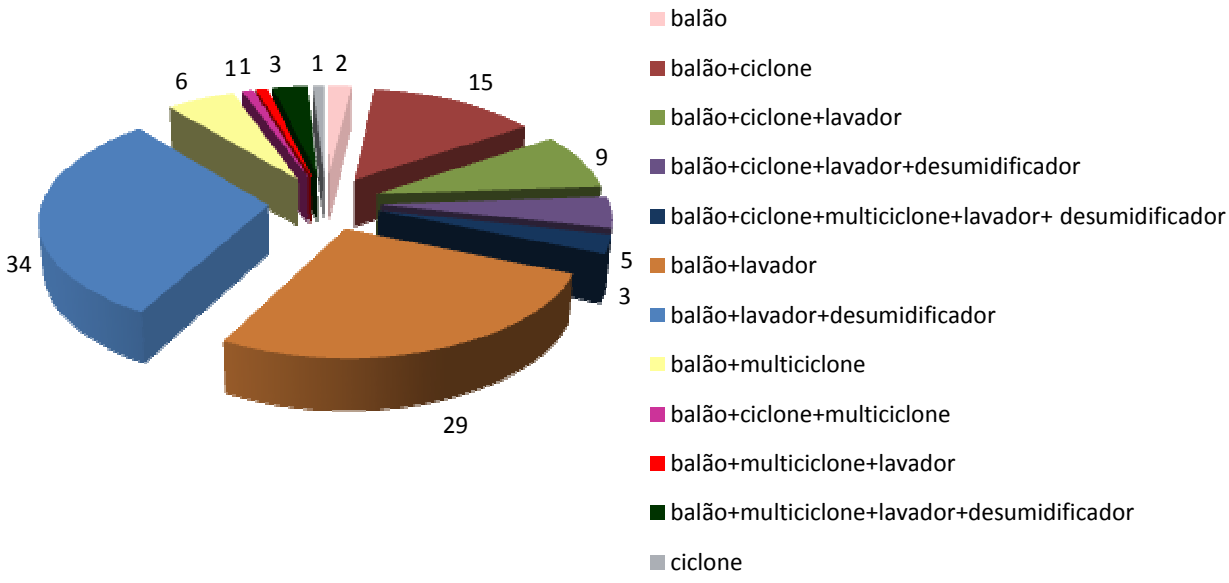


Figura 3.2 – Sistemas de limpeza de gases por número de altos-fornos das siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais

Conforme se pode observar na Figura 3.2, dos 109 altos-fornos existentes no Estado de Minas Gerais, 45 possuem sistema constituído de, pelo menos, balão gravitacional, lavador de gases e desumidificador. Por outro lado, existem dois altos-fornos que possuem sistema constituído apenas por um balão gravitacional.

Segundo relato das siderúrgicas, apenas cinco dos 84 lavadores de gases existentes não são do tipo *venturi*[8], entretanto, devido a eficiência reduzida apresentada por alguns lavadores tipo *venturi* em relatórios de automonitoramento, acredita-se que esse número possa ser maior.

Segundo Jacomino *et al*. (2002), a utilização de lavadores de gases tipo *venturi* é a opção mais adequada haja vista sua eficiência de remoção de partículas, mas para se atingir concentrações até 5mg/Nm^3, é necessária uma pressão de topo no alto-forno elevada, atualmente apenas atingida nos altos-fornos das siderúrgicas integradas.

Em geral, os lavadores de gases existentes nas siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais têm eficiência suficiente para atingirem concentrações abaixo de 100mg/Nm^3, ao contrário dos sistemas de despoeiramento a seco, que dificilmente conseguem atingir concentrações inferiores a 150mg/Nm^3 (JACOMINO *et al.*, 2002).

As ***emissões atmosféricas geradas na operação de carregamento do alto-forno*** necessitam de controle por meio de sistemas de despoeiramento.

[8] Lavador mais eficiente na remoção de material particulado, principalmente quando comparado com lavador tipo *spray*, também utilizado em siderúrgicas.

Atualmente, nove siderúrgicas não-integradas possuem sistema de coleta e exaustão do pó gerado no carregamento do alto-forno. Em dois casos, o pó captado no topo é conduzido aos *glendons*; em outras duas siderúrgicas, o gás de alto forno é enviado a um balão gravitacional; em três plantas o gás de alto-forno é enviado para um tanque de decantação com água; em uma unidade, é enviado para a panela que mantém o ferro gusa aquecido e, por fim, uma empresa possui filtro de mangas e defagulhador. O defagulhador, nesse caso, tem como função remover fagulhas que possam comprometer o funcionamento do filtro de mangas. Para instalar sistema de exaustão, visando captar o pó gerado no carregamento, o topo do alto-forno deve ser semi-enclausurado. Atualmente, 66 altos-fornos têm o topo semi-enclausurado, enquanto apenas dezessete têm sistema de exaustão/captação.

Cabe ressaltar que a minimização das emissões geradas em decorrência do carregamento de matérias-primas está diretamente relacionada às condições de operação do alto-forno.

O sistema de carregamento, quando o material já está no topo do alto-forno, denominado de "duplo cone", também ajuda a minimizar as emissões atmosféricas. Nesse sistema, a carga primeiramente entra no alto-forno com a abertura do cone pequeno. Em seguida este cone é fechado e o cone maior, localizado abaixo é aberto, para passagem das matérias-primas.

Durante o carregamento do alto-forno, pode ocorrer arriamento de carga em decorrência da abertura da *válvula bleeder* de segurança que é acionada, quando a pressão interna do equipamento atinge determinado valor, ocasionando grande emissão de material particulado e monóxido de carbono (Figura 3.3). Esse fenômeno é evitado por meio do controle operacional do alto-forno, sendo de rara ocorrência em vários empreendimentos, mas freqüentemente em outros.

Figura 3.3 – Arriamento de carga em alto-forno a carvão vegetal
Fonte: MALARD, 2008 - acervo particular.

3.1.1 Equipamentos de controle de emissões atmosféricas utilizados nas siderúrgicas não-integradas à carvão vegetal do Estado de Minas Gerais

a) Coletor Gravitacional (Balão gravitacional)

O coletor gravitacional utiliza a força gravitacional como mecanismo de coleta de material particulado, possuindo dimensões suficientemente grandes para redução da velocidade da corrente gasosa, de forma que as partículas que se encontram em suspensão tenham tempo de depositar-se. Apresenta baixa eficiência para coleta de partículas menores que 40μm, sendo mais utilizado como pré-coletor para remoção do particulado grosso, diminuindo assim a sobrecarga do equipamento de controle final. Suas principais vantagens são o baixo custo de implantação e operação, baixa perda de carga (10mm de coluna d'água) e coleta à seco do material particulado.

b) Ciclones

Os ciclones utilizam primariamente a força centrífuga para a coleta de partículas, podendo ter entrada tangencial ou radial. São compostos por um corpo cônico-cilíndrico, no qual os gases entram por uma abertura em sua parte superior. As partículas, submetidas à força centrífuga chocam-se com a parede até serem depositadas na parte inferior do cone. Geralmente são empregados como pré-coletores, para a coleta de material particulado com diâmetro maior que 10 μm, devido sua baixa eficiência para partículas pequenas. Conforme visto na Figura 3.2, nas siderúrgicas não-integradas, muitas vezes são adotados como coletores finais.

Um elemento fundamental para o bom funcionamento de um ciclone é o seu diâmetro, uma vez que sua eficiência de coleta cresce em função do inverso do raio de giro, para uma determinada perda de carga. Como a perda de carga aumenta com o quadrado da velocidade, há uma relação entre os fatores, que impede raios pequenos que levam à perdas de cargas proibitivas. Por esse motivo, a velocidade de admissão se fixa em um máximo de 26m/s. Entretanto, o fator mais importante nas características da retenção de um ciclone é o diâmetro da partícula (LISBOA e SCHIRMER, 2008).

Quando ciclones de pequeno diâmetro com entrada axial são utilizados em conjunto, trabalhando em paralelo, formam-se os multiciclones que apresentam as seguintes vantagens em relação aos ciclones convencionais: menor perda de carga e maior eficiência, além de ocuparem menos espaço (LISBOA e SCHIRMER, 2008). Por outro lado, são bastante susceptíveis a entupimentos.

Em geral, a eficiência de coleta nos ciclones aumenta com a densidade da partícula, velocidade no interior do ciclone, comprimento do corpo do ciclone, número de voltas das partículas, diâmetro do ciclone e das partículas, quantidade de pó carreado pelo gás e rugosidade do material da parede do ciclone (JACOMINO *et al*., 2002).

c) Filtros de mangas

Nos filtros de mangas, a mistura gasosa que ainda contém partículas passa por um tecido, sendo que o gás atravessa o tecido e a maioria das partículas ficam retidas na sua superfície. Assim de tempos em tempos essas partículas são retiradas, por meio mecânico, para evitar que a camada depositada fique muito espessa, o que dificultaria a passagem do gás (aumento da perda de carga).

Os mecanismos envolvidos na coleta de partículas em filtros de tecido são principalmente a impactação inercial, a difusão, a atração eletrostática e a força gravitacional. O filtro de mangas é um equipamento de alta eficiência de coleta, chegando a valores maiores que 99,9%.

Os filtros de mangas têm a forma de um saco alongado, tubular. Segundo o mecanismo de limpeza das mangas, podem ser classificados como de sacudimento mecânico, onde o pó é removido por agitação mecânica, ar reverso, onde as partículas se desprendem do tecido pela inversão do sentido do fluxo de ar e jato pulsante de ar comprimido, onde um tubo de venturi

acoplado ao topo de cada manga gera um jato de ar que percorre toda a extensão da manga, expandindo-a e fazendo com que a camada aderida ao tecido se desprenda do mesmo. Este último tipo de limpeza é o mais utilizado nas siderúrgicas não-integradas, pois utiliza menor área de filtragem, possibilitando limpeza contínua e automática das mangas (LISBOA e SCHIRMER, 2008).

Os filtros de mangas podem ser utilizados para coleta de partículas de todos os tamanhos, exceto partículas viscosas. Eles são pouco sensíveis a flutuação de vazão e concentração, utiliza coleta à seco, não apresentando problemas de resíduos líquidos, têm manutenção e operação simples, perda de carga baixa, custo de operação moderado e vida útil longa, chegando a 20 anos. Por outro lado, apresenta restrições a altas temperaturas e custo de manutenção alto.

d) Lavadores de gases

Os lavadores são equipamentos de controle de poluição de ar que podem ser utilizados tanto para o controle de material particulado como para o controle de gases e vapores, entretanto no alto-forno é utilizado apenas para coleta do pó gerado.

Existem muitos tipos de lavadores de gases no mercado, entretanto os mais utilizados nas siderúrgicas são os lavadores *venturi* e de câmara de borrifo, também chamados de *torre spray*.

Nos lavadores *venturi*, o contato entre o gás e o líquido ocorre por meio de nebulização da água no caminho do fluxo de ar (contaminado). Neles, há uma constrição na parte superior, por onde o gás inicia o processo. A diminuição brusca do canal condutor de gás provoca o aumento da velocidade do gás, fazendo com que a água injetada seja atomizada em gotas de tamanho médio de 50mm. Os principais mecanismos de coleta são a impactação, interceptação e condensação (JACOMINO *et al*., 2002). O lavador *venturi* está entre os mais usados, dada sua alta eficiência. Além disso, requer pouco espaço de instalação, sendo ainda de fácil operação, podem ser utilizados em gases a altas temperaturas e não têm restrições de utilização quanto à umidade do efluente a ser tratado. Por outro lado, apresentam alta perda de carga quando se necessita alta eficiência de coleta, precisando, portanto, de sistema de ventilação mais potente o que implica em custo operacional mais alto e necessitam do uso de materiais resistentes à corrosão no lavador. Um outro problema decorrente de sua utilização

refere-se a geração de lama na forma úmida, necessitando de tratamento adequado para sua reutilização e/ou disposição adequada.

Os lavadores de *torre spray* têm a tecnologia mais simples dos lavadores. Neles, as gotas caem e se chocam com as partículas em movimento ascendente, sendo a impactação, o principal mecanismo de coleta. Os lavadores *torre spray* têm baixa eficiência de coleta de partículas menores que 2µm, enquanto os lavadores *venturi* têm alta eficiência para as mesmas partículas.

Na Tabela 3.1 estão apresentadas as eficiências de coleta de material particulado dos sistemas de controle usualmente empregados nas plantas siderúrgicas não-integradas em função da distribuição de tamanho das partículas.

Tabela 3.1 – Eficiência fracionada de coletores de material particulado em função da distribuição de tamanho das partículas (em porcentagens)

Tipo de Equipamento	**Diâmetro (µm)**				
	0 →5	**5→ 10**	**10→ 20**	**20 →44**	**>44**
Coletor gravitacional	7,5	22,0	43,0	80,0	90,0
Ciclone de baixa pressão	12,0	33,0	57,0	82,0	91,0
Ciclone de alta pressão	40,0	79,0	92,0	95,0	97,0
Multiciclone	25,0	54,0	74,0	95,0	98,0
Filtro de mangas	99,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Lavador Venturi	95,0	99,5	100,0	100,0	100,0
Lavador Torre de spray	90,0	96,0	98,0	100,0	100,0

Fonte: Adaptada de CETESB, 1997.

Destaca-se que dos 109 altos-fornos existentes nas siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais, 45 possuem desumidificador[9] após o lavador de gases.

[9] Os desumidificadores, cujo princípio de funcionamento assemelha-se ao de um ciclone ou torre de impactação, têm a função de remover a água (também composta de material particulado) presente no fluxo gasoso evitando sua entrada nos *glendons*, de modo a reduzir o consumo de energia que seria consumida na evaporação da água.

3.2 Resíduos sólidos industriais

A produção de resíduos vem aumentando com o avanço tecnológico e industrial em todos os países do mundo, independentemente do seu grau de desenvolvimento, portanto é necessário desenvolver e implementar tecnologias para que se possa destinar, de maneira adequada e segura, os resíduos, qualquer que seja a sua natureza.

Nas últimas décadas, o mundo tem assistido ao aumento exponencial do custo da energia. Tem-se preocupado constantemente com as alterações produzidas no meio ambiente pelas grandes indústrias. Como conseqüência, a reciclagem de resíduos é considerada, por vários setores industriais, como prática a contribuir para a minimização de tais problemas.

A legislação ambiental determina que o gerador de resíduos industriais é o responsável pela sua destinação adequada, com tratamento antes da disposição final ou o armazenamento temporário de forma que não prejudique o meio ambiente (MALARD, 2008).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) editou, em 2004, um conjunto de normas para padronizar a classificação dos resíduos no Brasil. São elas:

- NBR-10.004 – Resíduos Sólidos
- NBR-10.005 – Lixiviação de Resíduos
- NBR-10.006 – Solubilização de Resíduos
- NBR-10.007 – Amostragem de Resíduos

Segundo a NBR-10.004, os resíduos podem ser classificados como perigosos (classe I), ou não perigosos. Estes se dividem em não inertes (classe IIA) e inertes (classe IIB).

Os resíduos classificados como perigosos são aqueles que demonstram periculosidade por meio de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podendo apresentar riscos à saúde pública, aumentando a mortalidade ou a incidência de doenças, e efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.

Os resíduos não inertes são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos perigosos ou de resíduos inertes, podendo apresentar características de biodegradabilidade,

combustibilidade ou solubilidade em água, com possibilidade de acarretar riscos à saúde ou ao meio ambiente.

Por sua vez, os resíduos inertes são aqueles que, devido suas características intrínsecas, não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente e que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a NBR-10.007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme a NBR-10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

A Figura 3.4 ilustra a classificação dos resíduos sólidos conforme a referida norma.

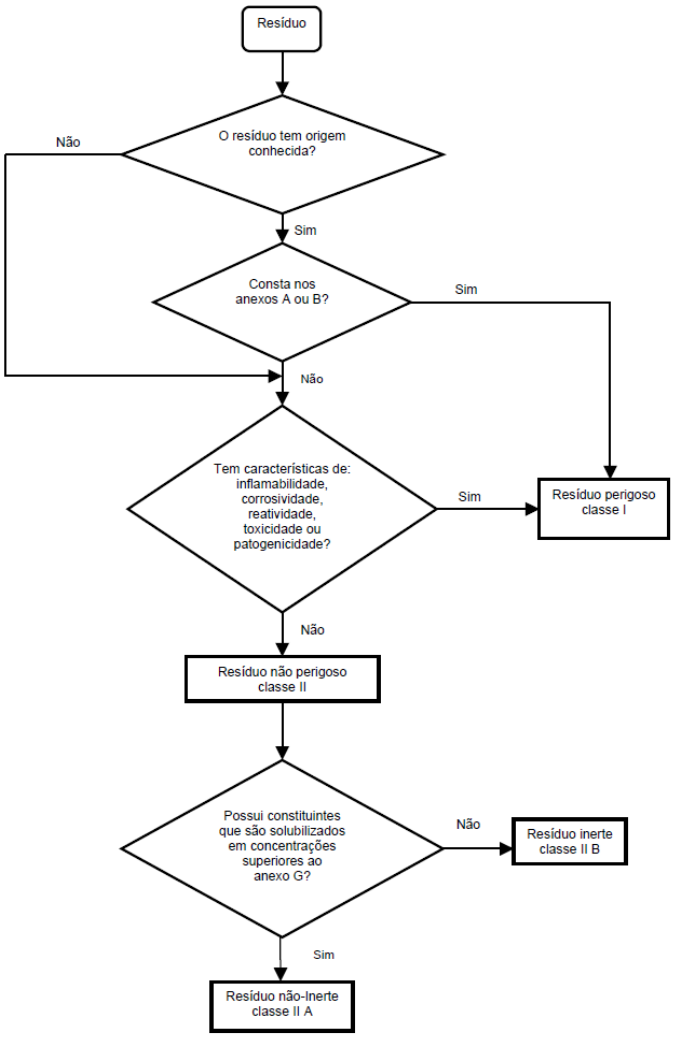


Figura 3.4 - Caracterização e classificação dos resíduos sólidos
Fonte: ABNT 10.004/2004.

Na produção de ferro gusa em usinas não-integradas a carvão vegetal, são gerados os seguintes resíduos sólidos industriais: finos de carvão vegetal ou moinha, finos de minério de ferro, pó do sistema de limpeza dos gases à seco (pó de balão), lama do sistema de limpeza

dos gases à úmido (lama de alto-forno) e escória de alto-forno, conforme fluxograma apresentado na Figura 3.5

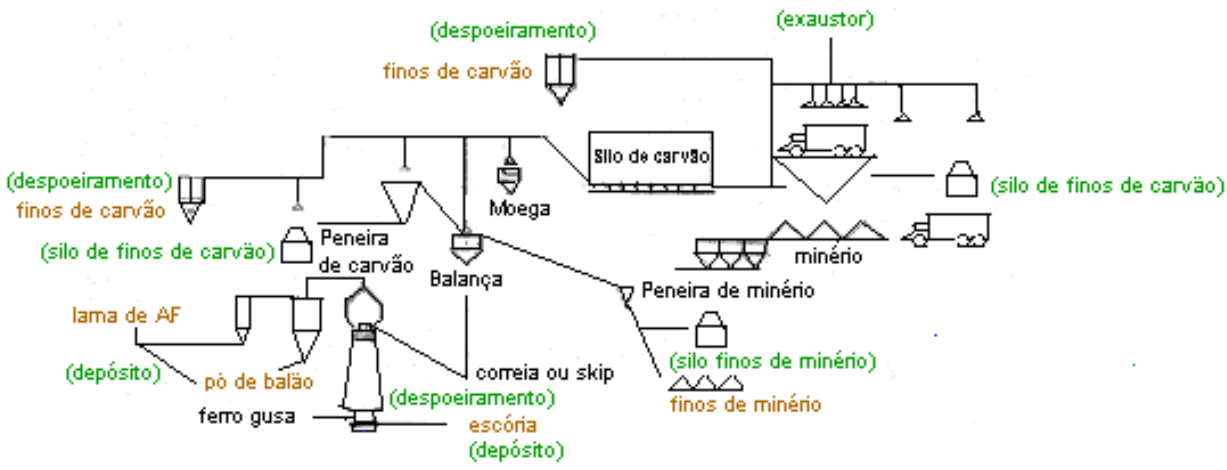


Figura 3.5 - Fluxograma simplificado da geração de resíduos sólidos na siderurgia não-integrada a carvão vegetal

Fonte: MALARD, 2008.

A investigação realizada neste trabalho demonstrou que a escória de alto-forno é o resíduo sólido industrial mais gerado no processo produtivo, representando 37%, seguido dos resíduos finos de minério de ferro, finos de carvão vegetal, pó de balão e lama de alto-forno, conforme a Figura 3.6.

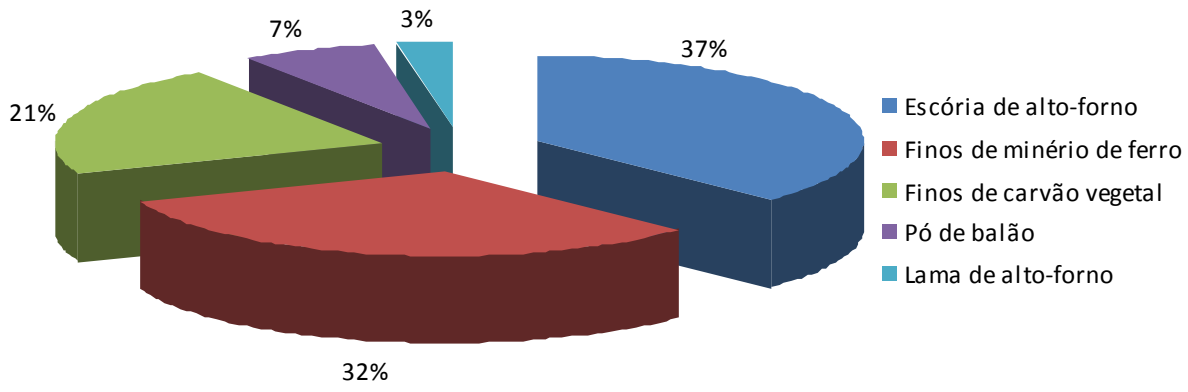


Figura 3.6 - Representatividade dos resíduos sólidos gerados no processo de fabricação do ferro gusa em siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal

Segundo Jacomino *et al*. (2002), as práticas normalmente utilizadas para o gerenciamento de resíduos sólidos são, por ordem de interesse: a não geração de resíduos, a redução da geração de resíduos, a reutilização e reciclagem de resíduos, o tratamento de resíduos e a disposição final.

Dos resíduos gerados na siderurgia não-integrada a carvão vegetal, apenas a lama de alto-forno pode deixar de ser gerada, desde que a empresa não utilize lavador de gases como sistema de despoeiramento do gás de alto-forno. Entretanto, sabe-se que os ciclones e multiciclones (sistemas de despoeiramento a seco), geralmente, não controlam as emissões em níveis que garantam o atendimento aos padrões estabelecidos na legislação ambiental, motivo pelo qual a instalação do lavador de gases torna-se imprescindível nos dias atuais.

A prática de redução pode ser aplicada a todos os resíduos, segundo Jacomino *et al.* (2002), por meio de controle operacional. Entretanto, atualmente, apenas parte das plantas siderúrgicas não-integradas em Minas Gerais faz o controle de processo adequado, sendo que em diversos empreendimentos não há nenhum tipo de preocupação com a geração de resíduos, e sequer possuem um profissional qualificado (engenheiro metalurgista) que seja responsável pelo controle operacional do alto-forno, postura que prejudica o meio ambiente e sua própria produtividade.

A reutilização e reciclagem é a prática mais adotada, podendo ser aplicada a todos os resíduos. Entretanto, vários resíduos ainda são armazenados por longos períodos nas áreas industriais, ocasionando passivos ambientais que vão se acumulando ao longo dos anos.

Quanto ao tratamento dos resíduos, é realizado apenas seu beneficiamento por poucas siderúrgicas não-integradas ou por empresas terceirizadas. Em geral, o beneficiamento é composto de moagem, peneiramento, britagem ou separação magnética[10], visando preparar os resíduos para serem aproveitados.

Em geral, os resíduos têm como destinação a reutilização. Entretanto, como já destacado, alguns depósitos de resíduos que deveriam ser temporários tornam-se permanentes. Algumas empresas possuem elevada quantidade de pó de balão, de lama de alto-forno e finos de minério de ferro estocados, embora a quantidade venha diminuindo devido o aparecimento de destinos para os mesmos nos últimos anos, assunto que será discutido nos seguintes.

Destaca-se que mesmo a destinação final dos resíduos é de fundamental importância, devendo os mesmos ser comercializados apenas com empreendimentos aptos a recebê-los e processá-los com segurança. Outro cuidado que se deve ter são com os resíduos que são estocados temporariamente, devendo essa operação ser realizada de maneira adequada, conforme as normas pertinentes.

[10] Aplicada apenas à escória para retirada do ferro contido no resíduo.

Nos itens a seguir são apresentadas as tecnologias empregadas para o reaproveitamento dos resíduos.

3.2.1 Finos de minério de ferro

Os finos de minério de ferro nada mais são do que o minério de ferro de pequena granulometria, contendo grande porcentagem de ferro e pequenas quantidades de óxidos de alumínio, manganês, silício, fósforo e cálcio. São gerados na etapa do peneiramento do minério de ferro.

A quantidade dos finos de minério de ferro gerados em uma siderúrgica não-integrada a carvão vegetal pode variar de 80kg finos/t gusa a 130kg finos/t gusa, conforme Jacomino e*t al.* (2002). Os dados obtidos na pesquisa realizada mostram que essa faixa é ainda maior, oscilando de 33kg finos/t gusa a 380kg finos/t gusa, indicando um valor médio de 115kg finos/t gusa. Em 61% do total dos empreendimentos estudados a geração ficou dentro da faixa de 80kg finos/t gusa a 130kg finos/t de gusa.

Conforme constatado na pesquisa, as análises químicas realizadas indicam que o resíduos "finos de minério de ferro" são classificados como resíduo inerte, ou seja, classe IIB, segundo a NBR 10.004/2004.

Os finos de minério de ferro são dispostos diretamente sobre o solo, por serem inertes, entretanto, primeiramente devem ser armazenados em um silo fechado. Dos 68 empreendimentos, 34 armazenam adequadamente os finos de minério de ferro, ou seja, em silo fechado, com área de manuseio também fechada. Os demais apresentam problemas no armazenamento tais como área de manuseio do silo aberta, ou sequer possuem silo.

Os finos de minério de ferro podem ser utilizados na sinterização (FIGUEIRA e FONSECA, 1996), na pelotização (BORIM, 2000), na produção de briquetes (PAIXÃO, 1997), na conformação e pavimentação de vias (FERNANDES, 2008), na indústria cimenteira como fundente, conforme verificado em visita técnica nesse tipo de empreendimento, e no próprio alto-forno, conforme ocorre em algumas siderúrgicas não-integradas.

O levantamento demonstrou que onze siderúrgicas não-integradas no Estado de Minas Gerais destinam os finos de minério de ferro para sinterização, uma para fabricação de briquete, 28

para conformação de vias, cinco para cimenteiras e treze utilizam o material no próprio alto-forno.

Além disso, em onze empreendimentos o resíduo é somente estocado, e, por esse motivo, há grande volume do resíduo, e nove não informaram o destino dado ao resíduo, ou não operam há bastante tempo. Cabe ressaltar que alguns empreendimentos têm mais de um destino para o resíduo.

a) Sinterização

A sinterização é um processo que tem por finalidade aglomerar finos de minério de ferro, para facilitar a entrada de ar e aumentar a velocidade com que ele entra para executar a combustão em altos-fornos de maiores dimensões, numa mistura de aproximadamente 5% de um carvão finamente dividido ou coque e adição de um fundente (finos de calcário ou areia silicosa). A carga é aquecida por intermédio de queimadores e com o auxílio de fluxo de ar, atingindo temperatura entre 1300 e 1500ºC, suficiente para promover o aumento dos contatos entre as partículas do minério, resultando num produto uniforme e poroso chamado *sínter*, isto é, partículas sólidas de dimensão média superior a 5mm. (MALARD, 2008). Além dos insumos citados acima, pode-se utilizar também os resíduos de pó de balão, lama de alto-forno e carepa da laminação do aço.

b) Pelotização

A pelotização é um processo de aglomeração de finos de minério em esferas de diâmetro adequado, com características de qualidade que permitem a sua aplicação direta nos fornos siderúrgicos. Além dos finos de minério, são adicionados aproximadamente 10% de água e, geralmente, um aditivo. Uma vez obtidas as pelotas cruas, estas são secas, pré-aquecidas e então queimadas e posteriormente resfriadas.

Os aditivos geralmente utilizados são os fundentes (calcário, dolomita), aglomerantes (bentonita, cal hidratada) e combustível sólido (antracito).

c) Briquetes

Assim como na sinterização e pelotização, a produção de briquetes baseia-se na aglomeração dos finos de minério de ferro, além dos finos de carvão vegetal, pó de balão e lama de alto-forno. Os resíduos finos são colocados em silos e misturados, com adição de ligantes e água.

Essa mistura alimenta moldes que são vibrados, pressionados e secados. Retirados os moldes, os briquetes estão prontos para serem levados ao alto-forno. Segundo Paixão (1997), existem os ligantes orgânicos, obtidos a partir de processo carboquímico, e os inorgânicos, obtidos a partir da queima de matérias-primas apropriadas.

Segundo informações contidas no Processo Administrativo COPAM nº 1355/2002/002/2002[11], utilizando-se os briquetes pode-se obter uma redução de 10% no consumo de carvão, 16% de minério de ferro, 33% de calcário e 22% de quartzo.

d) Pavimentação e conformação de vias

Ainda existem poucos estudos sobre a utilização de finos de minério de ferro na pavimentação de vias. Conforme Fernandes (2008), os finos de minério de ferro podem ser utilizados como sub-base para asfaltos menos resistentes ou como camada superficial de vias não pavimentadas.

Conforme a pesquisa realizada, 40% das siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais destinam ou utilizam finos de minério para conformação de vias[12] não pavimentadas, visando minimizar a geração de poeira em decorrência do tráfego de veículos. Nesse caso, os finos são apenas compactados.

e) Cimenteiras

Na indústria cimenteira o óxido de ferro age como fundente, pois os compostos em que intervém fundem à temperatura mais elevada, denominada temperatura de clinquerização, ajudando assim à melhor combinação de todos os intervenientes nas reações em que se formam os componentes do cimento (COUTINHO, 2002). A matéria-prima básica para fabricação do cimento, o calcário, já possui pequena quantidade de óxido de ferro, e certos resíduos utilizados no co-processamento, como o pó de balão, são constituídos de quantidades significativas de ferro, entretanto diversas vezes se torna necessária a adição de finos de minério para se atingir teor de ferro exigido.

[11] Processo COPAM PA/Nº 1355/2002/002/2002 é referente ao Auto de Infração nº 1086/2002 aplicado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente ao empreendimento Interferro Industrial Ltda. Documento de domínio público.
[12] Internas e externas ao empreendimento.

f) Alto-forno

Nos últimos anos algumas siderúrgicas têm utilizado os finos de minério, juntamente com minério de ferro, no carregamento do alto-forno. Entretanto, o excesso de finos pode prejudicar a permeabilidade do alto-forno. A entrada de finos pode levar a uma retenção de toda a carga, ocasionando a chamada "gaiola". A "gaiola" pode ceder sozinha ou é forçada pelo operador com o abaixamento de pressão do ar soprado. Nesse momento ocorre o arriamento de carga (JACOMINO *et al.*, 2002).

3.2.2 Finos de carvão vegetal (moinha)

Consiste nos finos de carvão vegetal resultantes do peneiramento e coletados no equipamento de despoeiramento utilizado na área de beneficiamento do carvão vegetal, além dos finos gerados durante o transporte e o manuseio do carvão vegetal, desde a carvoeira até os consumidores. Os finos de carvão vegetal, também conhecidos como *moinha***,** são constituídos por material particulado de pequena granulometria e têm composição química semelhante à do carvão vegetal, com carbono fixo variando de 60% e 75% (MALARD, 2008).

Conforme Jacomino *et al.* (2002), a quantidade gerada pode variar de 35kg moinha/t gusa a 120kg moinha/t gusa, devido à baixa resistência mecânica do carvão vegetal e o intenso manuseio durante o ensacamento na carvoeira e o desensacamento na usina. No levantamento realizado essa faixa oscilou de 30kg moinha/t gusa a 120kg moinha/t gusa, com média de 76kg moinha/t gusa.

Pode-se constatar, de acordo com os resultados das análises químicas realizadas nesse tipo de resíduo de siderúrgicas não-integradas e integradas do Estado de Minas Gerais, tratar-se de um resíduo classificado como não inerte, ou seja, da classe IIA, segundo a NBR 10.004/2004.

Com exceção de uma empresa que armazena os finos de carvão vegetal em um depósito fechado, as demais os estoca em silos fechados. A área situada abaixo dos silos, para manuseio do resíduo, deve ser fechada de modo a evitar fuga de poeira quando do descarregamento do material em caminhões ou caçambas, sendo constatada em 53% dos casos.

Os finos de carvão vegetal, assim como os finos de minério de ferro, podem ser utilizados na produção de briquetes e na sinterização (processos explicados no item 3.2.1). Segundo

Almeida (2001), também podem ser utilizados na indústria cimenteira (como combustível no queimador principal), e no próprio alto-forno por meio da injeção nas ventaneiras.

Conforme o levantamento realizado, 38 siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais destinam os finos de carvão vegetal para as cimenteiras, seis para serem utilizados como combustível nas fábricas de cal, uma para a fabricação de briquete, cinco para empresas que realizam seu beneficiamento[13], cinco para ser queimado em caldeiras, nove para injeção nas ventaneiras e cinco não informaram o destino ou não operam há bastante tempo.

Em geral, as empresas que beneficiam os finos de carvão vegetal, destinam o material para serem utilizados como combustível nos fornos de clínquer das cimenteiras ou para injeção em ventaneiras de altos-fornos.

a) Cimenteiras

A principal utilização dos finos de carvão vegetal é na indústria cimenteira, como combustível nos fornos de clínquer, devido ao seu elevado poder calorífico, resultando em uma otimização da matriz energética.

Os finos de carvão vegetal começaram a ser utilizados na indústria cimenteira na crise do petróleo ocorrida em 1979, somada à necessidade energética do setor. Nas siderúrgicas ocorriam problemas de área para armazenamento dos finos e também incêndios decorrentes de sua combustão espontânea e não havia desenvolvimento de processos industriais para absorver a geração. Assim, o reaproveitamento da *moinha* de carvão passou a ser um ótimo negócio para ambos os setores, uma vez que o gerador fica livre dos problemas citados e o destinatário consegue reduzir seus gastos com combustíveis (SANTI, 2003).

A demanda pela *moinha* de carvão gerada nos processos siderúrgicos é uma razão direta dos preços vigentes dos demais combustíveis utilizados no forno de clínquer, como por exemplo o óleo combustível, coque verde[14] e carvão mineral.

Em Minas Gerais, a proximidade dos pólos siderúrgicos e indústrias cimenteiras faz com que a utilização dos finos de carvão vegetal seja mais atrativa em função de uma logística e custos de transporte bastante favoráveis.

[13] Composto basicamente de peneiramento e secagem.
[14] Coque produzido nas refinarias de petróleo.

b) Injeção de finos de carvão vegetal

No processo de injeção de finos de carvão vegetal, os finos passam previamente por uma moagem e por um separador dinâmico e por meio de transporte pneumático, são injetados nas ventaneiras do alto-forno.

Esse processo reduz o consumo de carvão vegetal carregado no topo do alto-forno e contribui para a oxidação do ferro. Indiretamente, contribui para reduzir a fabricação de carvão vegetal, impondo menor impacto em relação ao reflorestamento (ou supressão de espécies nativas). Segundo Weber *et al*. (1990), injetando-se 120kg moinha/ t gusa obtém-se uma economia de 110kg de carvão vegetal na entrada da usina.

No caso das siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal, somente nos últimos dez anos, essa tecnologia passou a ser utilizada, sendo injetados, em média, de 60kg moinha/t gusa a 80kg moinha/t gusa, enquanto em usinas integradas as taxas são acima de 140 kg moinha/t gusa (ASSIS, 2008).

Considerando que para produzir uma tonelada de ferro gusa são necessárias, em média, 640kg de carvão vegetal, ao se injetar 80kg moinha/t gusa economiza-se, aproximadamente, 10% de carvão. Já segundo Jacomino *et al*. (2002), a economia com a injeção de finos pode chegar a quase 20%.

Por outro lado, o investimento necessário a instalação de uma unidade de injeção de finos é muito alto, ficando em torno de R$ 7 milhões[15].

3.2.3 Escória de alto-forno

A escória gerada no alto-forno, formada pelas impurezas do minério de ferro e fundentes, e cinzas do carvão vegetal, possui altos teores de sílica (SiO_2) e óxido de cálcio (CaO), além do óxido de alumínio (Al_2O_3), óxido de magnésio (MgO) e óxido de ferro (FeO).

A escória tem como propriedade a hidraulicidade, ou seja, a capacidade do material endurecer na presença de água, a qual depende do seu grau de vitrificação (MALARD, 2008).

[15] Valor médio baseado em informações de representantes de siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais.

Segundo Geyer *et al.* (1995), a escória, ao sair do alto-forno à uma temperatura de 1.500ºC, pode ser resfriada de três maneiras distintas: ao ar livre, expandida ou granulada, as quais determinarão características químicas e físicas particulares.

O resfriamento ao ar livre é realizado lentamente num poço, com adição de água, sendo obtida uma escória com características de um material cristalino, pouco reativo e sem características hidráulicas. Conforme o levantamento realizado, 82% das siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais utilizam esse processo de resfriamento.

A escória expandida é obtida pelo rápido vazamento em poços inclinados, molhados no fundo, que permitem a penetração de vapor no resíduo líquido, com o objetivo de promover a expansão do material.

A granulação é feita por resfriamento brusco, com jatos de água sob alta pressão, não havendo tempo suficiente para formação de cristais, motivo pelo qual o resíduo se granula. A escória granulada de alto-forno apresenta-se, macroscopicamente, com um aspecto de uma areia grossa, porosa, com um tamanho máximo do grão, de 5mm, de cor branca amarelada e marrom. Ressalta-se que a escória bem granulada é essencialmente amorfa.

Conforme o levantamento realizado, apenas dez siderúrgicas não-integradas realizam o processo de granulação da escória, das quais seis estão localizadas no município de Divinópolis.

A composição química da escória varia conforme as características das matérias-primas utilizadas no processo de produção do ferro gusa.

A escória de alto-forno a carvão vegetal difere da escória de alto-forno a coque, sendo a primeira mais ácida, pois apresenta a sílica como componente predominante e a segunda mais básica, pois apresenta mais óxidos básicos em relação a proporção de sílica.

A relação, em massa, entre o teor de óxidos básicos e ácidos é chamada de basicidade e pode ser calculada pela seguinte fórmula (ALMEIDA, 2001):

$$\text{Basicidade} = \frac{\%CaO + \%MgO}{\%SiO_2 + \%Al_2O_3} \qquad (2.4)$$

Quando a basicidade for menor que 1, a escória é ácida e quando for maior que 1 é básica.

Segundo Jacomino *et al.* (2002), a taxa de geração de escória nos altos-fornos a carvão vegetal varia de 120kg escória/t gusa a 180kg escória/ t gusa. No levantamento realizado neste trabalho, essa faixa foi ainda maior, oscilando de 40kg escória/t gusa a 225kg escória/t gusa, com média de 133kg escória/t gusa. Em 64% das usinas siderúrgicas a geração de escória permaneceu na faixa de 120kg escória/t gusa a 180kg escória/t gusa.

Conforme o levantamento realizado, trata-se de um resíduo que pode ser classificado como inerte (classe IIB) ou como não-inerte (classe IIA), segundo a NBR 10.004/2004, dependendo das características das matérias-primas utilizadas no alto forno.

Das 68 siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais, 26 não possuem nenhum controle para o armazenamento do resíduo, sendo ele estocado de qualquer maneira. Apenas quatorze empreendimentos armazenam a escória de maneira satisfatória, ou seja, em local delimitado, com piso impermeabilizado com concreto e com sistema de drenagem e caixa de retenção de percolado.

A escória pode ser aproveitada na construção civil segundo Benquerer (2000), na indústria de vidros conforme Rocha (1998) e na agricultura segundo Piau (1995).

Conforme o levantamento realizado, vinte e duas siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais destinam sua escória para cimenteiras, quatro para construtoras, não sendo especificado a forma como o resíduo é utilizado, doze para utilização em pavimentação de estradas e uma para utilização em base de tubulação.

Além disso, vinte e cinco siderúrgicas destinam a escória para empresas que realizam seu beneficiamento, para retirada do ferro, uma somente estoca o resíduo, possuindo atualmente grande volume de material armazenado e sete não informaram o destino que dão à escória ou não operam há bastante tempo.

a) Construção Civil

As escórias siderúrgicas têm larga aplicação na construção civil, podendo ser utilizadas na pavimentação de estradas, na fabricação de tijolos e telhas, em painéis de cimento reforçados com fibra de vidro e principalmente nas cimenteiras (BENQUERER, 2000).

Segundo Geyer *et al.* (1995), a escória é utilizada na pavimentação como base, sub-base ou revestimento asfáltico, devido sua alta resistência mecânica. Jacomino *et al.* (2002) ressaltam

que a adição de escória facilita as reações hidráulicas, resultando em aumento do grau de endurecimento e da capacidade de resistência das estradas.

A escória granulada substitui a brita na pavimentação, servindo como sub-base. Mais resistente, constitui a camada que antecede o asfalto, que permite a drenagem do terreno, uma vez que o excesso de água pode causar danos ao pavimento. Por outro lado, a escória pode apresentar alguns inconvenientes uma vez que sua composição é muito heterogênea e varia até mesmo de forno para forno, tornando necessário que cada empresa invista no desenvolvimento de técnicas de homogeneização.

Ao envelhecer, a escória apresenta menor índice de expansibilidade, favorecendo a qualidade da pavimentação, uma vez que ao aumentar de volume, o material pode causar rachaduras no pavimento, motivo pelo qual se recomenda aguardar pelo menos um período de seis meses para utilizar o resíduo neste fim.

Por conter alguns metais pesados, como chumbo, cádmio, cromo, mercúrio, entre outros, deve-se ter cuidado na aplicação de escória na pavimentação de estradas, necessitando principalmente de análises de lixiviação (JACOMINO *et al.*, 2002).

Benquerer (2000) diz que a adição de escória granulada no processo de fabricação de tijolos e telhas aumenta a eficiência de secagem e absorção de água.

A adição de escória de alto-forno em painéis de cimento diminui num primeiro momento a resistência, motivo pelo qual são reforçados com fibras de vidro, conforme Agopyan *et al*. (1995).

Conforme Battagin (1998), as principais formas de utilização de escória de alto-forno nas cimenteiras são na etapa final da fabricação de cimento, ou seja, na moagem produzindo o cimento Portland e adicionada ao cimento na produção de concreto ou de argamassa.

A escória participa do processo de fabricação do cimento em condições similares às do clínquer, requerendo apenas moagem para atingir granulometria necessária a sua hidratação.

As indústrias de cimento utilizam, em sua maioria, escórias provenientes dos altos-fornos a coque, pois segundo Almeida (2001), alguns fatores dificultam o uso da escória a carvão vegetal como granulação inadequada, composição química rica em sílica, causando baixa reatividade, inadequada manipulação da escória dentro das usinas, possibilitando a

contaminação desta por componentes indesejáveis ao processo de fabricação de cimento e baixa capacitação tecnológica dos processos na fabricação do ferro gusa, com separação inadequada do gusa e da escória durante o vazamento, possibilitando a presença de ferro metálico na escória.

Entretanto, conforme já mencionado, boa parte da escória gerada nas siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal de Minas Gerais tem como destino as cimenteiras, que a compram a preço bem abaixo do preço de venda da escória de alto-forno a coque.

b) Indústria de vidros

Segundo Rocha (1998), para fabricação de vidros são utilizados os óxidos SiO_2, Al_2O_3 e CaO que estão presentes na escória.

A escória a ser utilizada na fabricação de vidros necessita ser beneficiada por meio de peneiramento e britagem. A partir daí se deve realizar uma análise química para verificação da necessidade de correção na sua composição.

Apesar do grande potencial quanto ao seu uso neste tipo de atividade, a sua aplicação ainda não é muito utilizada, e os estudos existentes referem-se principalmente a escória de alto-forno a coque.

c) Agricultura

Para ser utilizada na agricultura a escória deve apresentar granulometria adequada, ação neutralizante da acidez do solo e conter a presença de elementos nutrientes (PIAU, 1995). Além dessas características positivas, a presença de metais pesados (Cu, Cd, Zn, Mn, Fe, Pb e Cr) deve ser analisada pelo aspecto ambiental de contaminação do solo e das coleções hídricas superficiais e subterrâneas.

Tendo em vista que os solos brasileiros são em sua grande maioria deficientes em micronutrientes tais como Zn, Cu, Mg, Mo, B, etc. e ainda se caracterizam como solos ácidos, com baixos percentuais de bases trocáveis, a utilização de escória de alto-forno, sob o ponto de vista agronômico, poderia vir a suprir estas deficiências (MALARD, 2008).

A escória pode ser utilizada como corretivo de acidez do solo devido à sua ação neutralizante em solos ácidos, que ocorre pela dissociação do silicato de cálcio e de magnésio com

formação de íons hidroxila, responsáveis pela neutralização dos íons hidrogênio na solução do solo. A aplicação da escória ao solo pode liberar Ca e, ou, Mg em solução e ânions (SiO_3^{2-}). O mecanismo de correção da acidez pela escória resulta na formação de SiO_3^{2-}, que reage com a água e libera íons OH^-, que neutralizam o Al^{3+} fitotóxico, conforme Alcarde (2005).

Assim como o calcário, a reatividade dos silicatos depende da sua granulometria e origem, sendo que as partículas mais finas apresentam maior reatividade no solo. O silicato de cálcio é 6,78 vezes mais solúvel que o carbonato de cálcio apresentando, portanto, um maior potencial para a correção da acidez do solo em profundidade que o calcário (ALCARDE, 2005).

Para que a escória possa ser utilizada na agricultura, há necessidade do licenciamento ambiental por órgão ligado à Secretaria Estadual do Meio Ambiente e pelo Ministério da Agricultura, no qual a composição química e física do resíduo deve seguir as normas para corretivos de solo. Se apropriada para uso agrícola, a escória é liberada e certificada, passando a ser um produto agrícola.

3.2.4 Pó do sistema de limpeza de gases à seco (pó de balão) e pó do sistema de limpeza de gases à úmido (lama de alto-forno)

O pó de balão consiste no material particulado captado no alto-forno pelo sistema de despoeiramento denominado balão gravitacional (coletor primário). De acordo com Rocha (2003), o resíduo apresenta um teor médio de 30% de carbono e uma natureza granulométrica bastante reduzida, onde, em média, 94% da sua constituição física é menor que 1mm.

A lama de alto-forno é originada no sistema de limpeza de gases a úmido do alto-forno (lavador de gases), sendo composta basicamente de água, carbono, óxidos de ferro, silício, alumínio, cálcio e magnésio. Segundo Rocha (2003), sua composição é semelhante à do pó de balão.

Além dos compostos citados acima, tanto a lama quanto o pó de balão também possuem compostos tóxicos como fenóis, cianetos e amônia, entretanto na lama os mesmos estão dissolvidos na água de lavagem residual.

A quantidade do pó de balão e lama de alto-forno gerados em uma siderúrgica não-integrada a carvão vegetal pode variar de 28kg/t gusa a 75kg/t gusa (JACOMINO *et al.*, 2002). Na

pesquisa realizada, essa faixa foi ainda maior, oscilando de 10kg/t gusa a 80kg/t gusa, com média de 35kg/t gusa. Em 61% dos empreendimentos estudados a geração ficou dentro da faixa de 28kg/t gusa a 75kg/t gusa.

De acordo com os resultados das análises químicas realizadas nas siderúrgicas não-integradas e integradas, trata-se de resíduos não-inertes, ou seja, classe IIA, segundo a NBR 10.004/2004, haja vista que no ensaio de solubilização alguns parâmetros como fenol, apresentaram resultados acima do limite estabelecido.

A composição do pó de balão varia de acordo com o teor de finos e com a composição química dos fundentes alimentados no alto-forno, uma vez que os elementos constituintes são originários da matéria-prima utilizada na fabricação do ferro gusa. À grosso modo, o pó de balão é constituído de finos de minério de ferro e de carvão vegetal. A Tabela 3.2 detalha a composição do pó de balão.

Tabela 3.2 – Composição do pó de balão de uma siderúrgica não-integrada a carvão vegetal

Por composto		**Por elemento químico**	
Composto	**Peso (%)**	**Elemento**	**Peso (%)**
Fe_2O_3	62,25	Fe	43,50
C	31,36	C	31,36
SiO_2	2,95	O	21,60
Al_2O_3	1,15	Si	1,35
Cão	0,83	Al	0,60
P_2O_5	0,47	Ca	0,59
MnO	0,35	Mn	0,27
K_2O	0,33	K	0,27
TiO_2	0,06	P	0,20
SO_3	0,03	Ti	0,03

Fonte: MALARD, 2008.

No setor de siderurgia não-integrada em Minas Gerais, sete usinas armazenam o pó de balão e/ou a lama de alto-forno sem nenhum controle, e apenas oito empreendimentos estocam o material de maneira satisfatória, ou seja, em local delimitado, impermeabilizado com concreto ou manta PEAD[16], dotado de sistema de drenagem e caixa de retenção de percolado.

[16] Polietileno de alta densidade.

O pó de balão e a lama gerados no alto-forno podem ser utilizados na agricultura e silvicultura (LIMA, 2003), na indústria cerâmica (ALMEIDA, 2001), na sinterização (FIGUEIRA e FONSECA, 1996), na fabricação de briquetes (PAIXÃO, 1997) e na indústria cimenteira (co-processamento).

O levantamento realizado neste trabalho, demonstrou que vinte e nove das siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais destinam esses resíduos para cerâmicas, vinte e uma para as fábricas de cimento, uma para utilização no plantio de eucalipto, duas para aterro industrial, uma para fabricação de briquetes, duas para caldeira, duas para empresas que beneficiam resíduos, uma utiliza o material como isolante térmico na bica do alto-forno e três estocam os resíduos em área da usina, possuindo grande volume de material armazenado. Além disso, seis empreendimentos não informaram o destino ou não operam há bastante tempo.

Similarmente às cimenteiras que utilizam o pó de balão como energético secundário, as caldeiras também o fazem.

a) Agricultura e Silvicultura

Segundo Lima (2003), o pó de balão possui condições suficientes para ser utilizado como insumo agrícola. A aplicação do resíduo como fertilizante, principalmente em áreas de reflorestamento de siderúrgicas (Figura 3.7), é uma opção técnica, econômica e ambientalmente viável, contribuindo para a sustentabilidade da siderurgia a carvão vegetal.

Figura 3.7 – Aplicação de pó de balão em plantio de eucalipto
Fonte: MALARD, 2009 - acervo particular.

Conforme Souza (2006), a composição química do pó de balão e da lama do lavador de gases é similar à de resíduos orgânicos tradicionais utilizados na agricultura nacional e mundial, atualmente e no passado, sendo que comparativamente aos fertilizantes e corretivos comercializados no Estado de Minas Gerais, apresentam menor teor de metais pesados, conforme Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Valores de metais pesados em corretivos, fertilizantes e no pó de balão

Produtos	Metais Pesados						
	Mn	Ni	Cd	Pb	Zn	Cu	Cr
	mg kg^{-1}						
Calcário – Unaí (MG)	91,0	16,4	3,2	23,3	12,6	4,8	0,4
Calcário – Arcos (MG)	53,0	8,0	2,4	27,3	78,1	2,6	0,3
Calcário - Italva (RJ)	46,0	11,5	3,0	26,2	15,2	4,3	0,3
Calcário – Pote (MG)	149,0	19,0	2,6	23,3	35,7	11,0	0,3
Calcário – Coromandel (MG)	188,0	17,1	3,1	27,9	12,5	4,8	0,6
Calcário – Bocaiúva (MG)	201,0	12,3	3,4	27,2	39,9	2,6	0,1
Calcário – Formiga (MG)	221,0	10,7	2,3	25,3	17,0	2,5	0,3
N-P-K + ZN (0-30-15 + 0,2%)	306,0	20,6	5,4	55,4	2220,0	32,6	0,4
N-P-K + ZN (0-20-20 + 0,4%)	176,0	13,8	2,7	37,7	3115,0	33,6	0,6
N-P-K + ZN (2-28-8 + 0,5%)	792,0	30,3	14,6	275,0	5385,0	72,9	1,6
Termofosfato Yoorin	2220,0	3300,0	3,1	65,3	374,5	44,1	9,7
Apatita-de-Araxá	3915,0	117,7	6,7	36,1	740,5	72,1	1,9
Supertriplo + Cu	300,0	24,6	4,4	17,9	810,0	4265,0	0,9
Pó de Balão	160,0	11,6	<0,5	81,0	39,9	3,3	6,4

Fonte: Adaptada de SOUZA *et al.* (2006).
Obs.: Maiores concentrações de metais pesados estão destacados em vermelho.

Souza *et al.*(2006) também citam que a utilização do pó de balão e da lama do lavador de gases resulta em maior desenvolvimento vegetal do eucalipto, não altera a qualidade das águas superficiais e subterrâneas e os compostos fenólicos existentes no pó de balão e na lama do lavador de gases são úteis para a melhoria da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo.

Em abril de 2008 foi publicada a Deliberação Normativa COPAM nº 115/2008 que dispõe sobre a aplicação agrícola do pó de balão, em áreas de plantio de florestas homogêneas de *eucalyptus* sp. em Minas Gerais.

Conforme a referida deliberação, a prática de aplicação agrícola do pó de balão não é objeto de licenciamento ambiental, sendo que os aspectos técnicos devem ser avaliados no contexto do licenciamento e fiscalização ambiental da atividade de silvicultura. A deliberação também estabelece que a taxa máxima de aplicação agrícola do resíduo deve ser de 50 toneladas por

hectare, e que o período para reaplicação nas áreas selecionadas deve corresponder ao ciclo de exportação de nutrientes, ou seja, a cada 7 anos.

Além disso, também deve ser realizada caracterização físico-química completa do resíduo siderúrgico, incluindo a análise das concentrações de fenóis e dos metais ferro, manganês, cobre níquel, cádmio, zinco, chumbo e cromo total; informado a localização, perfil topográfico, o arranjo geral dos maciços florestais e áreas de proteção ambiental; a identificação e a caracterização físico-química dos tipos de solos presentes; a caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica das águas subterrâneas; a localização e o cadastro de poços tubulares e cisternas existentes; a identificação e a caracterização físico-química dos cursos d'água superficiais, com indicação das nascentes; a identificação de núcleos populacionais e vias de acesso na área de entorno; os sistemas de proteção e vigilância existentes.

b) Cerâmica

Conforme Almeida (2001) o pó de balão e a lama de alto-forno podem ser incorporados em cerâmicas vermelhas, à massa de argila.

Utilizando-se no máximo 10% do resíduo na fabricação de tijolos, pode-se ter uma economia de até 50% no consumo energético (JACOMINO *et. al*, 2002).

De acordo com estudo experimental realizado por Almeida (2001), os tijolos que tiveram adição de 10% do resíduo foram os que apresentaram melhor qualidade técnica, sendo que a resistência a compressão encontrada nesses tijolos foi de 2,5MPa, considerada satisfatória, pois a Norma ABNT NBR 6461 especifica um valor mínimo de 1,0MPa.

Quanto à absorção de água, os tijolos apresentaram valores também adequados a Norma ABNT NBR 8947.

Em relação aos riscos ambientais concluiu-se que a maior quantidade de fenóis é destruída no processo de queima, sendo que tanto o tijolo quanto as emissões de gases apresentam índices de fenóis inferiores às permitidas na legislação (ALMEIDA, 2001).

c) Sinterização e fabricação de briquetes

Conforme mencionado anteriormente para os finos de minério, o pó de balão e a lama de alto-forno podem ser utilizados na sinterização e na fabricação de briquetes.

d) Cimenteiras

O pó de balão é utilizado como combustível nos fornos de clínquer, devido a sua composição ser basicamente de óxidos de ferro e carbono. O carbono tem função energética, enquanto os óxidos de ferro atuam como fundente, conforme já explanado no item 3.2.1.

Ao contrário dos finos de carvão vegetal, também utilizados como combustível nos fornos de clínquer, o pó de balão contém compostos tóxicos como fenóis, cianetos e amônia, motivo pelo qual sua utilização para esse fim merece cuidados.

Segundo Santi (2003), a atividade de co-incineração de resíduos em fornos de clínquer ainda tem incertezas, apesar de autorizada pelos órgãos ambientais. Os riscos não considerados hoje poderão comprometer a saúde das pessoas envolvidas e da qualidade do meio ambiente no futuro.

3.3 Efluentes líquidos

No processo de fabricação de ferro gusa são gerados efluentes líquidos decorrentes da refrigeração da carcaça e ventaneiras do alto-forno, lavagem dos gases do alto-forno e granulação de escória, sendo esses dois últimos, quando aplicável.

Além dos efluentes industriais citados acima, existem as águas pluviais e as águas da aspersão de vias e pátios, que têm ligação direta com o processo industrial, uma vez que telhados, equipamentos, e as próprias vias e pátios acumulam grande quantidade de pó inerente ao processo produtivo. Nas plantas siderúrgicas também são gerados efluentes sanitários e provenientes da lavagem de peças e máquinas

A ***água utilizada para refrigeração da carcaça e ventaneiras do alto-forno***, que tem como objetivo realizar a troca térmica com o refratário e ventaneiras deve ser recirculada, evitando-se assim seu lançamento em corpos d'água. Em geral, essa água é resfriada em um tanque, a temperatura na faixa de 25ºC e alimentada no forno, retornando com no máximo 45ºC. Segundo levantamento realizado, todas as siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais realizam a refrigeração em circuito fechado, sendo perdida água por evaporação em uma taxa que varia de 3% a 10%. Quanto ao tratamento, apenas duas siderúrgicas fazem a correção do pH deste efluente.

A Tabela 3.4 demonstra o volume necessário para reposição da água perdida por evaporação (MINITEC, 2009), por volume útil de alto-forno.

Tabela 3.4 – Água de reposição necessária devido à perda por evaporação na refrigeração do alto-forno

Volume útil do alto-forno (m^3)	Água de reposição (m^3/h)
175	53
215	60
250	60
350	80

Fonte: MINITEC, 2009.

Em geral, a proporção entre capacidade instalada e volume útil do alto-forno é igual a 2,4. Dessa forma, um alto-forno de 175m^3, por exemplo, tem capacidade instalada de 420t gusa/dia. Sendo assim, para cada tonelada de ferro gusa produzida, utiliza-se aproximadamente 3m^3 de água para reposição na refrigeração do alto-forno, segundo Minitec (2009).

Conforme o levantamento realizado, o menor consumo informado foi de 0,4m^3 água/t gusa, enquanto o maior foi de 2,7m^3 água/t gusa. Entretanto, tais valores correspondem a toda a água utilizada no empreendimento, ou seja, reposição da água de refrigeração do alto-forno (carcaça e ventaneiras), resfriamento ou granulação da escória, aspersão de vias e pátios, água para consumo humano e, quando aplicável, reposição de água da termoelétrica e lavagem de gases do alto-forno. Dessa maneira, os consumos informados diferem bastante da literatura apresentada.

Dos 68 empreendimentos existentes em Minas Gerais, vinte e dois apresentaram o consumo de água diário, cuja média correspondeu a 1,33m^3 água/t gusa. Desses, quatorze possuem lavador de gases, e cinco, além do lavador, operam uma termoelétrica na área industrial. A média do consumo daquelas empresas que não possuem lavador de gases é de 0,9m^3 água/t gusa, enquanto daquelas que operam lavadores de gases é de 1,58m^3 água/t gusa. Nas usinas siderúrgicas que implantaram termoelétrica a média se eleva para 1,72m^3 água/t gusa.

Em 2008, foram produzidas 5.213.303 toneladas de ferro gusa, sendo 3.606.150 toneladas nas empresas que fazem controle da emissão de poluentes atmosféricos por meio de lavador de gases, 823.096 toneladas naquelas que possuem termoelétrica e 784.057 toneladas naquelas

que possuem sistema de limpeza de gases à seco. Dessa forma, adotando a média de consumo específico de água igual a 1,58m^3/t gusa, 1,72m^3/t gusa e 0,9m^3/t gusa, para cada uma das situações, respectivamente, no ano de 2008 foram consumidos 7.819.094m^3 de água pelo setor siderúrgico não-integrado a carvão vegetal de Minas Gerais.

A Tabela 3.5 apresenta alguns cenários, levando-se em conta os consumos específicos de água encontrados na pesquisa realizada.

Tabela 3.5 – Cenários de consumo específico de água na siderurgia não-integrada a carvão vegetal de Minas Gerais, com base no ano de 2008

Consumo específico de água (m^3/t gusa)			**Cenários de consumo específico de água (m^3)**		
Mínimo	**Médio**	**Máximo**	**Melhor situação**	**Situação normal**	**Pior situação**
0,4	1,33	2,7	2.085.321	6.933.693	14.075.918

Conforme pode ser observado, o consumo de água varia bastante em siderúrgicas que possuem a mesma tecnologia. No cenário mais pessimista o consumo de água é, aproximadamente, sete vezes maior que no cenário otimista. Adotando o valor proposto por Minitec (2009), igual a 3m^3/t gusa somente para reposição da água de refrigeração, e considerando que esse valor equivale a 70% do consumo total em uma siderúrgica, pode-se estimar o consumo anual de água de cerca de 22 milhões de m^3.

O aprimoramento do sistema de recirculação das águas de refrigeração do alto-forno e do lavador de gases, aliado ao aproveitamento das águas pluviais e de aspersão de vias, são ações que contribuem para minimizar o consumo específico, reduzindo a pressão sobre os lençóis freáticos e cursos d'água, principalmente na região de Sete Lagoas que tem escassez de água para abastecimento.

Considerando apenas a água de reposição da refrigeração do alto-forno, a média informada pelas siderúrgicas tem sido de 0,5m^3/t de gusa.

Naquelas empresas que possuem sistema de limpeza de gases a úmido, é gerado um efluente líquido (***água de lavagem de gases do alto-forno***), que tem em sua composição sólidos em suspensão, cianetos, fenol, amônia e óleos e graxas, motivo pelo qual é considerado o principal efluente líquido das siderúrgicas não-integradas.

Segundo o levantamento realizado, todas as siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais, que possuem lavador de gases, ou seja, 48, recirculam esse efluente. Antes da água de lavagem de gases ser recirculada, ela é direcionada, por meio de tubulação ou canaletas, aos decantadores.

Os decantadores, que podem ser denominados de espessadores, uma vez que seu produto é uma lama decantada, podem ter geometria circular ou retangular e a remoção da lama pode ser manual, por meio de retro-escavadeiras ou mecanizada quando realizada com pás rotativas ou turbinas misturadoras.

Conforme se pode constatar na pesquisa realizada, a maioria das 31 siderúrgicas não-integradas que têm tanques retangulares removem a lama manualmente, resultando muitas vezes em derramamento no solo.

A lama gerada no fundo do espessador pode ser conduzida para um filtro prensa, para separar a fração sólida da água. A água separada no filtro prensa retorna ao espessador para tratamento e a torta do filtro, com um teor de umidade da ordem de 30%, é retirada e armazenada juntamente com o pó de balão. Segundo a pesquisa, doze usinas siderúrgicas possuem filtro prensa.

No dimensionamento dos decantadores Botelho (s.d) faz as seguintes considerações práticas:

1. Profundidade útil (h): $1{,}80m \leq h \leq 6{,}00m$
   $3{,}00m \leq h_{média} \leq 4{,}50m$

2. Relação comprimento/largura (L/l): $L/l \geq 2$

3. Período de detenção (T): $5 \text{ horas} \leq h \leq 7 \text{ horas}$

4. Velocidade de escoamento (V): $V_{máx} = 0{,}75cm/seg$

5. Capacidade (C): C= Q x T, onde C = capacidade, em m^3, Q = vazão, em m^3/hora e T = período de detenção, em horas

6. Profundidade adicional (Δh) destinada a assegurar espaço para o armazenamento da lama depositada, no intervalo entre duas limpezas consecutivas: $0{,}90 \leq \Delta h \leq 1{,}20$ m

Conforme verificado durante as visitas técnicas, tais considerações, em alguns casos não foram adotadas. Também constatou-se que em vários tanques retangulares os sólidos em suspensão não são removidos integralmente, fazendo com que a água recirculada não seja clarificada adequadamente, prejudicando, portanto, a eficiência da limpeza dos gases. Além disso, inúmeras vezes foram encontrados sinais de transbordamento da água para fora dos tanques, devido ao sub-dimensionamento dos mesmos ou ineficiência na remoção da lama.

De um modo geral, os representantes das siderúrgicas não-integradas não souberam responder qual o período de troca da água dos tanques retangulares, que mesmo sendo recirculada, de tempos em tempos necessita ser substituída, por estar extremamente suja. Além disso, pode-se inferir que, em várias usinas, é prática destinar a água saturada para cursos d'água, o que não é desejável, principalmente porque esse efluente apresenta elevada concentração de fenol e cianetos.

A ***água de granulação de escória*** também deve ser recirculada. Segundo Jacomino *et al.* (2002), o próprio poço onde a escória é granulada, atua como um meio filtrante para a água utilizada, não sendo, portanto, necessário tratamento posterior para sua reutilização. Segundo levantamento realizado, todas as empresas que realizam granulação da escória, recirculam a água.

Salienta-se que a Deliberação Normativa COPAM nº 49/2001 estabeleceu que tanto as águas de lavagem de gases, quanto as águas de resfriamento do alto-forno e da granulação de escória devem ser totalmente recirculadas.

As ***águas pluviais*** têm significativo potencial poluidor, podendo causar erosões e carreamento de partículas sólidas da área industrial, o que poderia acarretar o assoreamento de fontes de águas superficiais. O efluente, caracterizado pela presença de sólidos em suspensão, deve ser coletado por canaletas e encaminhado à caixas de decantação impermeabilizadas seguidas de uma bacia de decantação (infiltração) para permitir a drenagem natural da água.

Em geral, as águas pluviais são coletadas por canaletas de drenagem e destinadas à bacias de infiltração. No setor, 51 usinas siderúrgicas investigadas não possuem sistema de drenagem pluvial satisfatório, seja pela falta de canaletas de drenagem, pela ausência ou pelo sub-dimensionamento de bacias de infiltração ou por ausência de caixas de decantação concretadas intermediárias. O destino final do efluente adotado é a drenagem natural no terreno, rede municipal, córrego, ou a recirculação no processo.

As ***águas da lavagem de vias internas e pátios***, que visam evitar a ressuspensão do material particulado têm as mesmas características das águas pluviais e o mesmo destino.

Todas as 68 siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais possuem sistema de tratamento de ***esgoto sanitário*** constituído de fossa séptica e filtro anaeróbio, sendo que algumas possuem mais de um sistema. O destino final do efluente tratado pode ser um sumidouro ou a rede municipal. Conforme relatórios de automonitoramento apresentados pelos empreendimentos no ano de 2008, vinte e seis siderúrgicas ultrapassaram, ao menos uma vez, os padrões de lançamento estabelecidos na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008. Devido à reincidência de resultados fora dos padrões em várias empresas, pode-se inferir que diversos sistemas tenham sido implantados sem observação às normas, sendo, portanto sub-dimensionados.

Quanto aos ***efluentes provenientes da lavagem de peças e máquinas***, eles são gerados em quarenta e sete empreendimentos que, portanto, necessitam implantar caixa separadora de óleo/água. O efluente tratado pode ser destinado para um córrego, para a drenagem natural do terreno, para bacia de decantação, para tanque de recirculação da água de refrigeração do alto-forno, para a rede municipal de esgoto sanitário, para fossa séptica ou tanque de lavagem de gases do alto-forno, entretanto, em inúmeros casos, o local da lavagem é inadequado, por não atender as normas pertinentes. Conforme relatórios de automonitoramento apresentados pelos empreendimentos no ano de 2008, 20% das siderúrgicas ultrapassaram, pelo menos uma vez, os padrões de lançamento estabelecidos na DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008.

3.4 Ruído

Em geral, em uma unidade de fabricação de ferro gusa, as principais fontes de emissão de ruídos são a sala de máquinas, o equipamento de tamboramento de ferro gusa, a movimentação de veículos e máquinas e o carregamento de gusa em caminhões.

Visando minimizar tais emissões, adota-se a prática de enclausurar os equipamentos mais ruidosos, ou estabelecer horários para a realização de algumas operações como a movimentação de retro-escavadeiras e o carregamento do gusa em caminhões, que estão restritas aos períodos matutino e vespertino.

Conforme relatórios de automonitoramento apresentados pelos empreendimentos no ano de 2008, apenas duas siderúrgicas não-integradas ultrapassaram os limites estabelecidos na

Lei Estadual nº 10.100/1990, sendo que as mesmas alegaram interferências externas, como tráfego em rodovias.

Pode-se concluir que o ruído gerado nas siderúrgicas tem maior relevância ocupacional do que ambiental, afetando, principalmente, os trabalhadores.

3.5 Impacto visual

O parque industrial de fabricação do ferro gusa provoca impacto visual, necessitando, portanto, de medidas para atenuação do mesmo. Para mitigação deste impacto adota-se cinturão verde e jardins paisagísticos. O cinturão verde também tem a função de reter a pressão sonora e material particulado carreado.

Conforme o levantamento realizado, todas as sessenta e oito siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais possuem cinturão verde, entretanto em trinta e nove delas há espaços para plantio de novas mudas. As demais possuem cinturão considerado satisfatório, sem janelas entre os eucaliptos.

Quanto aos jardins paisagísticos, dezenove empresas não possuem sequer um jardim com função paisagística e apenas seis têm jardins adensados em diversos pontos do empreendimento, demonstrando que minimizar o impacto visual gerado pela tipologia ainda não é prioridade das siderúrgicas.

4 ANÁLISE DA EFICÁCIA DA APLICAÇÃO DA DN COPAM Nº 49/2001

Segundo Benjamin (2006), em 1992, a Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM – elaborou um relatório denominado "*A poluição das usinas não integradas de pequeno porte a carvão vegetal para produção de ferro gusa no Estado de Minas Gerais*", que demonstrou a necessidade de se propor uma Deliberação Normativa específica para o setor.

Após muitas discussões, e atendendo várias sugestões contidas no relatório feito pela FEAM, foi publicada a Deliberação Normativa COPAM de nº 15/1993, em 22 de dezembro de 1993, que estabeleceu uma série de medidas a serem adotadas pelas empresas, além de convocá-las para o licenciamento ambiental junto à FEAM, em um prazo de dez meses, a partit da data de sua vigência (BENJAMIN, 2006).

Desde a publicação da referida deliberação, houve muitas polêmicas quanto aos prazos estabelecidos, formas de apresentação de projetos, entre outros. Ainda segundo Benjamin (2006), com o intuito de minimizar os efeitos negativos, evitando as falhas, as dificuldades e os percalços surgidos com a elaboração da DN COPAM nº 15/93, que por outro lado, teve efeitos positivos, novas tentativas foram feitas no sentido de se obter uma legislação condizente com a situação reinante e segundo técnicas mais avançadas e desenvolvidas para o panorama brasileiro.

Dessa forma, em 2 de outubro de 2001, foi publicada a Deliberação Normativa COPAM nº 49/2001, que "dispõe sobre o controle ambiental das indústrias não integradas de produção de ferro gusa no Estado de Minas Gerais", revogando a DN COPAM nº 15/1993. Até a data de sua publicação, apenas dezesseis empresas de um universo de 45 empreendimentos, haviam obtido a licença ambiental, mostrando, portanto, a necessidade de uma nova legislação.

A nova Deliberação Normativa foi um verdadeiro marco no comportamento do setor, pois dessa vez, os empreendedores se esforçaram para atender aos seus dispositivos, ao contrário do que ocorreu anteriormente. A DN COPAM nº 49/2001 possui dezessete artigos, analisados a seguir.

O ***artigo 1º*** remete a obrigatoriedade de todos os produtores de ferro gusa promoverem melhorias de processo, instalarem equipamentos de controle, disporem adequadamente seus

resíduos, realizarem monitoramento e demais medidas necessárias ao cumprimento integral da legislação ambiental em prazo máximo de 24 meses.

A referência de promoção de melhorias de processo é bem subjetiva, portanto de difícil avaliação e cobrança por parte do órgão ambiental. Além disso, conforme citado, todas as empresas devem dispor adequadamente seus resíduos. Subentende-se, ao referir em disposição adequada, armazenamento conforme normas da ABNT, entretanto a matéria não foi especificada, abrindo margem à questionamentos por parte dos empreendedores do setor. Os demais itens fazem parte do escopo da deliberação, sendo detalhados no corpo da mesma.

No ***artigo 2º*** "*as indústrias já licenciadas ou com processos em tramitação, terão suas atividades acompanhadas através dos respectivos processos de licenciamento existentes*" e as demais deverão formalizar processo de licenciamento para se adequarem. Dessa forma, o referido artigo impõe o licenciamento ambiental de forma clara às empresas.

O ***artigo 3º*** apenas conceitua zona mista, assunto já discutido no item 2.2.1.

O ***artigo 4º*** estabelece o padrão de emissão de material particulado igual a 100mg/Nm^3 para as indústrias instaladas em zona urbana e, em seu parágrafo único, as fontes de emissão que deverão ser automonitoradas e, ainda, a freqüência semestral para o automonitoramento da emissão na fonte.

O ***artigo 5º*** é o que gera maior discussão, pois estabelece o conceito de "*carga limite*" e permite que o padrão de emissão atmosférica estabelecido possa ser excedido no gás do alto-forno, desde que a *carga limite* não seja ultrapassada. A *carga limite* refere-se ao total de emissão de material particulado em mg totais/dia. Este limite é o somatório dos volumes de ar de todos os equipamentos de controle de poluição atmosférica mais o volume de ar do soprador ($Q_1 + Q_2 + ... + Q_n$), em Nm^3/dia, multiplicado pelo padrão de emissão pertinente.

Já a *flexibilização* é a transferência de créditos obtidos em alguns sistemas de despoeiramento para o sistema de limpeza de gases do alto-forno. Geralmente, as emissões de material particulado provenientes da recepção, carregamento, manuseio e preparo de matérias-primas e metalurgia em panela apresentam valores bem abaixo do estabelecido na DN COPAM nº 49/2001, uma vez que os filtros de mangas, sistemas usualmente utilizados para o controle da emissão, são bastante eficientes na remoção de material particulado. Sendo assim, o "restante" do pó que poderia ser emitido sem infringir o disposto na referida

deliberação é compensado nas emissões no alto-forno. Dessa forma, as emissões de material particulado nos altos-fornos podem ultrapassar o limite estabelecido, alcançando, em várias ocasiões, valores absurdos como, por exemplo, 1.000mg/Nm³, sem, no entanto, ultrapassar a *carga limite*.

A seguir é apresentado um exemplo hipotético de aplicação dos conceitos de *carga limite* e *flexibilização*:

1. CL [mg/dia] = ((Qdi+Qpc+Qso) [Nm^3/h] x Padrão [mg/Nm^3] x 24 [h]) (4.1)

onde:

CL = carga limite
Qdi = vazão da descarga indireta de carvão vegetal
Qpc = vazão da preparação de carvão vegetal
Qso = vazão do soprador do alto-forno
Padrão = padrão de emissão (DN nº 49/2001) para zonas mista/rural e urbana

2. Supondo Qdi = 30.000Nm^3/h, Qpc = 30.000Nm^3/h, Qso = 10.000Nm^3/h e Padrão = 100mg/Nm^3 (zona urbana), valores referentes a uma siderúrgica localizada no município de Divinópolis,

CL = 168.000.000mg/dia

3. Flexibilização: Flex. [mg/Nm3] = (CL [mg/h] - MP_{total} [mg/h]) / Qso [Nm^3/h] (4.2)

onde:

Flex = flexibilização

MP_{total} = material particulado total.

Supondo $MP_{descarga\ indireta}$ = 25mg/Nm^3 e $MP_{preparação\ de\ carvão}$ = 20mg/Nm^3

que são resultados facilmente atingidos pelas siderúrgicas, conforme observado em relatórios de automonitoramento.

MP_{total} = (Qdi x MPdi) + (Qpc x MPpc) (4.3)

Qdi x MPdi = 750.000mg/h (30.000 x 25)

Qpc x MPpc = 600.000mg/h (30.000 x 20)

MP_{total} = 1.350.000mg/h (750.000 + 600.000)

CL = 168.000.000mg/dia = 7.000.000mg/h

Flexibilização = (7.000.000mg/h – 1.350.000mg/h) / 10.000Nm^3/h = 565mg/Nm^3

4. Dessa forma, a planta industrial poderia emitir até 565mg/Nm^3 nos *glendons* do alto-forno, sem infringir a legislação ambiental.

Apenas os empreendimentos que passassem a realizar monitoramento da qualidade do ar para partículas inaláveis, e firmassem Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta com a FEAM/COPAM, fariam jus a utilização deste artifício.

A idéia de compensação das emissões atmosféricas em fontes estacionárias diferentes é interessante, entretanto, a fórmula utilizada permite grandes emissões no alto-forno, incentivando a utilização de sistemas de despoeiramento menos eficientes. Utilizando o resultado do exemplo apresentado, fica claro o impacto causado por essa siderurgia ao município e, principalmente, sobre a comunidade vizinha, uma vez se tratar de empreendimento localizado em zona urbana.

Conforme pode ser observado no ***artigo 5º***, a freqüência do monitoramento para aquelas empresas que adotam o conceito de "*carga limite*" é trimestral, portanto tal freqüência poderia ser adotada para todo o setor, assim como já vem sendo feito nos processos de licenciamento ambiental.

Os ***artigos 6º e 7º*** são similares aos artigos 4º e 5º, com a diferença de se aplicarem aos altos-fornos existentes e instalados em zona rural ou mista, que têm padrão de emissão de material particulado igual a 200mg/Nm^3. Além disso, no caso de fontes instaladas em zona rural, o automonitoramento dos sistemas de manuseio de carvão vegetal e de matérias-primas e da metalurgia em panela pode ser dispensado, a critério da FEAM, desde que a siderúrgica não esteja afetando as atividades agroindustriais vizinhas ou os recursos naturais de relevada importância.

O padrão de emissão para as empresas situadas em zona mista ou rural é o dobro do padrão para empreendimentos localizados em zona urbana, entretanto, dependendo da dispersão de material particulado, as emissões das siderúrgicas localizadas em zona mista podem ter o mesmo efeito daquelas inseridas em zona urbana. Além disso, o meio ambiente deve ser analisado como um todo, e não apenas no que refere à população humana, já que em áreas rurais, a fauna, a flora, os cursos d'águas e o solo, entre outros, também podem ser severamente prejudicados em virtude de poluição atmosférica.

O ***artigo 8º*** modifica os padrões para altos-fornos instalados após a publicação da deliberação, passando para 50mg/Nm^3 em zona urbana e 100mg/Nm^3 para zonas mista ou rural. Tal modificação teve o intuito de desmotivar a implantação de novos altos-fornos em zona urbana, haja vista a necessidade de maiores investimentos na planta industrial para atender ao padrão de emissão equivalente a 50mg/Nm^3. Essa medida foi importantíssima, pois mesmo sabendo das implicações ao se implantar uma usina siderúrgica em área urbana, muitos empreendedores ainda insistiam nessa possibilidade, sendo que após a publicação da referida deliberação, apenas uma siderúrgica foi instalada em zona urbana no município de Matozinhos.

A diferença de posicionamento em relação ao comentário dos artigos 6º e 7º deve-se ao fato deles se referirem a empreendimentos já instalados, que, portanto, deveriam ter o mesmo padrão de emissão, independentemente da localização. Para novos empreendimentos, a redução do padrão para zona urbana é válida, de forma a inibir a implantação de uma atividade de elevado potencial poluidor e degradador do meio ambiente em área urbana. Entretanto, melhor seria se houvesse a proibição da implantação de siderúrgicas em zona urbana.

Conforme o ***artigo 9º***, os empreendimentos localizados em zona urbana que tenham um ou mais altos-fornos, posteriormente transferidos para zona mista ou rural, poderão seguir os padrões previstos no artigo 6º, de 200mg/Nm^3, desde que desativem o forno na zona urbana. Dessa forma, mais uma vez aparece o incentivo para implantação de alto-forno em zona mista ou rural.

No ***artigo 10º*** foram exigidas aos empreendimentos as seguintes medidas: apresentação de protocolo de solicitação de outorga do uso da água; implantação do cinturão verde; fechamento dos *chifres* dos altos fornos; implantação de tochas e queimadores; implementação de sistema de aspersão das vias internas; implantação de sistema de

recirculação das águas de refrigeração dos altos-fornos; implantação de sistema de tratamento de esgotos sanitários; implantação de sistema de drenagem e tratamento primário das águas pluviais; implantação de sistema de armazenamento de finos de carvão vegetal em silos protegidos e de estocagem de finos de minério; implantação dos demais sistemas de controle (inclusive exaustão e tratamento dos gases, em caso de existência de metalurgia em panela e, quando aplicável, de sistema de tratamento e recirculação de água de lavagem de gases de altos fornos) e instalação dos equipamentos integrantes da rede de monitoramento da qualidade do ar, quando aplicável.

Todas essas exigências foram de fundamental importância, mas há outras medidas essenciais que não foram consideradas, como implantação de depósitos temporários de resíduos sólidos industriais, enclausuramentos de equipamentos como peneiras e áreas de transferências de matérias-primas, implantação de sistema de exaustão no topo do alto-forno e no vazamento/corrida de escória e ferro gusa, regularização de área reserva legal para empreendimentos localizados em zona rural, plano de auto-sustentabilidade em carvão vegetal, etc.

Entretanto, cabe ressaltar que houve grande polêmica com o setor acerca da quantidade de itens, e com a inserção de mais exigências, a discussão, com certeza seria ainda maior. Pode-se dizer que a maior preocupação do órgão ambiental, quando da publicação da deliberação ainda era com relação ao licenciamento ambiental e o controle das emissões atmosféricas, dos empreendimentos, sendo esses dois itens inseridos exaustivamente na referida deliberação.

O ***artigo 11º*** refere-se ao Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta já comentado.

O ***artigo 12º*** admite a substituição de carvão vegetal por coque até um percentual máximo de 20% em peso, observadas as concentrações de enxofre no coque. Entretanto, não mencionou como seria feito essa averiguação. Ainda no parágrafo único desse artigo, aquelas empresas que optassem por utilizar mais de 20% de coque deveriam providenciar novo processo de licenciamento ambiental, o que até a presente data não ocorreu, não se sabendo se algum empreendimento chegou a utilizar porcentagens de coque acima do permitido.

As empresas ficaram obrigadas a enviar, a cada seis meses, um relatório relativo à observância de todos os itens da deliberação, inclusive com documentação fotográfica, assinado por responsável técnico (***artigo 13º***). A freqüência de envio dos resultados de

automonitoramento à FEAM é semestral (***artigo 14º***). Essas medidas tiveram o intuito de facilitar o acompanhamento da implantação das medidas por parte do órgão ambiental, que, em contra-partida, deveria emitir uma certidão de adimplência com a referida legislação.

O ***artigo 15º*** demonstra a preocupação do órgão ambiental com o consumo e o controle da utilização de carvão vegetal, permitindo a emissão de guias de transporte desse insumo apenas para as empresas que estiverem operando de acordo com a presente deliberação. Entretanto, teria sido bem mais importante e de maior impacto a fixação de metas e prazos para consumo de carvão vegetal de origem nativa, visando a auto-sustentabilidade em relação ao insumo energético, por meio do plantio de florestas de eucalipto.

Os ***artigos 16º e 17º*** apenas se referem à publicação da deliberação normativa e a revogação da DN COPAM nº 15/1993, respectivamente.

Resumindo, pode-se dizer que a DN COPAM nº 49/2001 falhou no quesito *flexibilização* de emissões atmosféricas e não abordou alguns aspectos importantes como auto-sustentabilidade de carvão vegetal, regularização de área de reserva legal, gerenciamento de resíduos sólidos industriais, monitoramento de águas subterrâneas, sistemas de exaustão no topo do alto-forno e no vazamento/corrida de escória e ferro gusa, programa de educação ambiental, entre outros.

Por outro lado, foi um marco para o setor em Minas Gerais, motivo, inclusive, de ter sido referência para legislação adotada no Estado do Mato Grosso do Sul. As maiores contribuições da Deliberação Normativa nº 49/2001 foram as exigências de implantaçãoo de sistemas de despoeiramento para atender as etapas de recepção, manuseio e peneiramento de matérias-primas e regularização quanto ao licenciamento ambiental, tendo também outras importantes considerações, já discutidas. Além disso, buscou também incentivar a implantação de novos altos-fornos em zonas mista ou rural, criando obstáculos para implantação em zona urbana, como a proposição de padrões de emissão mais restritivos.

4.1 Avaliação dos resultados advindos da DN COPAM nº 49/2001

A Deliberação Normativa COPAM nº 49/2001 representou um grande avanço em relação aos níveis de desempenho ambiental do setor de siderurgia não-integrada em Minas Gerais.

Pode-se afirmar que algumas das exigências estabelecidas na referida Deliberação Normativa do COPAM, foram cumpridas por todas as siderúrgicas: implantação de sistemas de despoeiramento, implantação de tochas e queimadores, fechamento dos *chifres* dos altos-fornos, implantação de sistema de recirculação das águas de refrigeração dos altos-fornos, implantação de sistema de tratamento de esgoto sanitário, implantação de sistema de drenagem e tratamento primário de águas pluviais, implantação de sistema de aspersão de água nas vias internas e implantação de cinturão verde. Todas as siderúrgicas solicitaram a outorga de direito de uso da água e o licenciamento ambiental. Entretanto, alguns desses sistemas não solucionaram o problema a eles relacionados e, dessa forma, embora as empresas tenham implantado medidas previstas no instrumento normativo, os resultados obtidos ficaram aquém do esperado, indicando que a aplicação da Deliberação Normativa por si só não garantiu atingir os objetivos desejados que motivaram sua publicação.

Sem dúvidas, o item mais importante e que mais contribuiu para minimizar os impactos negativos sobre o meio ambiente e melhorar a segurança do trabalho foi a implantação de sistemas de despoeiramento nas áreas de recepção, preparação e manuseio de carvão vegetal e minério de ferro, uma vez que nenhuma siderúrgica não-integrada possuía até então tais equipamentos. Atualmente, com exceção de um empreendimento que possui multiciclone e hidrofiltro, todos os outros possuem filtros de mangas, que têm alta eficiência para a coleta de material particulado. Conforme relato de empreendedores e de funcionários das siderúrgicas não-integradas visitadas, antes da instalação dos filtros de mangas, as condições de trabalho eram precárias devido à enorme geração de pó no ambiente de trabalho. Os resultados positivos decorrentes da implantação de filtros de mangas pode ser verificada pela sua performance, tanto em relação à inspeção visual realizada durante as visitas técnicas, como pelos valores de concentração de poluentes emitidos nas chaminés, bem aquém dos padrões de emissão estabelecidos na referida DN COPAM nº 49/2001.

A investigação evidenciou que os padrões de emissão atmosférica também vêm sendo atendidos nas emissões dos sistemas de despoeiramento dos altos-fornos. Entretanto, nas visitas técnicas realizadas, constatou-se que, em 30% dos altos-fornos que estavam operando, a performance do sistema de controle de emissão atmosférica não era satisfatória[17] e, assim sendo, embora esses fornos estivessem dotados de sistemas de despoeiramento e atendendo

[17] A performance do sistema de controle de emissão atmosférica era considerada satisfatória quando as emissões nos glendons e tochas não apresentavam coloração.

padrões de emissão – ou seja, o item correspondente a essa exigência de acordo com a deliberação foi cumprido –, a eficiência de controle não atingiu os patamares desejados.

A referida Deliberação Normativa definiu padrões de emissão de material particulado e permitiu a utilização do conceito de "*carga limite*", conforme já discutido. Para fazer jus ao emprego desse conceito, foi necessário que as empresas firmassem Termo de Ajustamento de Conduta com a FEAM/COPAM. Do total de empreendimentos, trinta e seis assinaram o acordo.

O Termo de Ajustamento de Conduta atrelou a aplicação do conceito de *carga limite* à realização do monitoramento da qualidade do ar para partículas inaláveis e aos Índices de Qualidade do Ar atingidos. Porém, por exemplo, somente em agosto de 2009, a rede de monitoramento da qualidade do ar do município de Sete Lagoas, começou a operar, sendo que vários empreendimentos do município utilizaram a *flexibilização* dos padrões de emissão a partir da publicação da DN COPAM n° 49/2001.

Além disso, deveria ter sido previsto a medição da concentração de partículas inaláveis (PM_{10}), sendo que apenas um empreendimento, localizado no município de Betim, tem estação para essa finalidade, sendo as vinte outras siderúrgicas não-integradas que realizam monitoramento (dez empresas em Divinópolis, quatro em Itaúna e seis em outros municípios) o fazem utilizando o analisador tipo *hi-vol*[18] para monitorar a concentração de partículas totais em suspensão. Os resultados referentes ao monitoramento da qualidade do ar nessas estações, para o ano de 2008, serão apresentados e discutidos no item 5.2.

Atualmente, constata-se ainda níveis de emissões atmosféricas elevadíssimos, que são consideradas dentro dos padrões legais, em vista da *flexibilização* permitida com a aplicação do conceito de "*carga limite*", o que, felizmente, vem diminuindo significativamente. Em 2008, seis das cinqüenta e oito empresas que realizaram monitoramento da emissão de poluentes atmosféricos lançaram mão desse dispositivo na avaliação de sua performance ambiental, sendo que, em anos anteriores, esse número ultrapassou vinte usinas.

Dessa forma, a adoção do conceito de "*carga limite*" contribuiu para a permanência de sistemas de despoeiramento ineficientes e, conseqüentemente, de elevadas emissões nos altos-fornos. Todos os seis empreendimentos que utilizaram a *flexibilização* na avaliação de suas

[18] Amostrador de grande volume.

emissões possuem sistema de limpeza de gases à seco, o que demonstra a ineficiência de tais equipamentos.

Felizmente, diversas empresas implantaram lavadores de gases, ou por vontade própria, com o objetivo de aproveitar os gases de alto-forno na co-geração de energia elétrica ou visando a preservação dos *glendons*, ou por solicitação do órgão ambiental.

Assim, pode-se concluir que, mesmo com a fixação de padrões de emissão e o cumprimento dos mesmos conforme será mais detalhado no item 5.2, é fato que inúmeros altos-fornos emitem grande quantidade de material particulado, demonstrando portanto, que a aplicação da Deliberação Normativa COPAM nº 49/2001 promoveu melhorias no quesito emissões atmosféricas, mas não resolveu o problema, que está longe de ser solucionado.

As frequências do monitoramento das emissões atmosféricas, fixadas na DN COPAM nº 49/2001, tanto para os sistemas de despoeiramento do alto-forno, quanto para as áreas de recepção, preparação e manuseio das matérias-primas, foram atendidas por quarenta e seis das cinqüenta e oito usinas siderúrgicas que operaram no ano de 2008.

A realização do monitoramento da emissão na fonte é de responsabilidade das siderúrgicas, sendo, por esse motivo, denominado de *automonitoramento*. Porém, seria prudente que o órgão de controle ambiental realizasse campanhas de monitoramento, a fim de auditar os resultados obtidos nas análises patrocinadas pelas empresas.

A definição de zona urbana, zona mista e zona rural, com padrões de emissão diferenciados, mais restritivos para empreendimentos situados em zona urbana, inibiu que novos empreendimentos fossem implantados as áreas urbanas, salvo em um único caso, de uma empresa situada no município de Matozinhos. Com relação a esse aspecto, o objetivo da legislação foi alcançado.

Com relação ao item disposição adequada de resíduos, apresentado no artigo 1º da DN COPAM nº 49/2001, apenas duas siderúrgicas armazenam todos os resíduos sólidos industriais de forma correta (assunto será detalhado no item 5.1), sendo que as demais apresentam deficiências operacionais nesse sentido, e várias sequer possuem algum sistema de controle. Tal quadro deve-se, em boa parte, à subjetividade do texto do instrumento normativo, o que já foi comentado. Dessa maneira, a aplicação da DN COPAM nº 49/2001 praticamente não contribuiu para o desenvolvimento de programas

de gerenciamento dos resíduos sólidos pelas usinas siderúrgicas, tendo sido os avanços obtidos decorrentes principalmente de exigências da FEAM.

Um resultado positivo advindo da aplicação da DN COPAM nº 49/2001 foi o aumento do número de concessões de licenças ambientais (assunto referente ao artigo 2º). Atualmente, todos os empreendimentos são licenciados ou estão com processo de licenciamento ambiental em curso. Entretanto, das 68 siderúrgicas não-integradas, apenas 39 estão cumprindo integralmente as condicionantes.

Já quanto às outorgas de direito de uso de água (assunto referente ao inciso X do artigo 10º), três empreendimentos não as possui e quatro informaram que o consumo de água em sua unidade é superior ao volume outorgado. Além disso, suspeita-se que o número de empresas que tem vazão outorgada em valores menores que aqueles necessários à demanda de água no processo industrial seja muito superior a quatro, haja vista a existência de inúmeras outorgas para baixas vazões.

Nesse sentido, a DN COPAM nº 49/2001 foi eficiente pelo fato de a maioria das empresas regularizarem a situação frente ao COPAM e ao CERH, mas não eficaz, haja vista inúmeras siderúrgicas ainda captarem mais água do que as vazões outorgadas. O mesmo vale para o licenciamento ambiental, haja vista o descumprimento de condicionantes por boa parte do setor.

As discussões apresentadas a seguir referem-se aos itens estabelecidos no artigo 10º da Deliberação Normativa COPAM nº 49/2001.

A implantação de tochas e queimadores em 100% dos altos-fornos proporcionou benefícios ao meio ambiente, uma vez que o excesso de gases gerados nos altos-fornos passaram a ser queimados, reduzindo assim as emissões atmosféricas. Assim como esse quesito, todas as siderúrgicas providenciaram o fechamento dos *chifres* dos altos-fornos.

Outro bom resultado decorrente da aplicação da referida deliberação normativa foi a implantação de sistemas para a recirculação da água de refrigeração do alto-forno em todas as siderúrgicas. O alto-forno consome elevada quantidade de água para refrigeração de sua carcaça e ventaneiras, portanto, é de fundamental importância que a água utilizada para essa finalidade seja recirculada. Atualmente, o consumo refere-se à reposição da água perdida por evaporação.

Antes da publicação da referida deliberação normativa, poucos empreendimentos possuíam sistema de tratamento de esgoto sanitário, sendo que, na maioria das usinas, o tratamento era realizado apenas em fossas sépticas. Atualmente, todas as empresas possuem sistema de tratamento composto de fossa séptica e de filtro anaeróbio, aumentando assim a eficiência de tratamento do efluente. Entretanto, ressalta-se que diversos sistemas foram sub-dimensionados e, ainda hoje, não atendem aos padrões estabelecidos na legislação pertinente – Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008, conforme destacado no item 3.3.

A DN COPAM nº 49/2001 estabeleceu, também, a obrigatoriedade de implantação de sistema de drenagem e tratamento primário de águas pluviais. Houve, nesse sentido, algum resultado, mas não muito eficiente, haja vista que grande parte dos empreendimentos necessita melhorar seus sistemas de drenagem de águas pluviais, com a instalação de mais canaletas, caixas de decantação impermeabilizadas e bacias de decantação (infiltração).

Todas as siderúrgicas implantaram sistemas de drenagem pluvial, mas em apenas dezessete delas o sistema foi considerado satisfatório, ou seja, toda água de chuva é captada por canaletas e destinada à bacias de decantação (infiltração), dimensionadas de forma adequada. Além disso, é importante que o sistema tenha caixas intermediárias impermeabilizadas para sedimentação de partículas sólidas, fazendo com que o efluente chegue às bacias de decantação com o mínimo de partículas sólidas, podendo ser infiltrado no solo. O excesso de água dessas bacias pode ser vertido para cursos d'águas.

Quanto à implantação de sistema de aspersão de água nas vias internas, foi verificado, quando das visitas realizadas nas áreas industriais, que apenas dois empreendimentos instalaram sistema de aspersão de água fixo. Porém, desde a realização das primeiras fiscalizações pela FEAM, para verificação do cumprimento dos dispositivos da DN COPAM nº 49/2001, a utilização de caminhão-pipa foi permitida, e, assim sendo, todas as demais siderúrgicas fazem o controle das emissões das vias internas usando esse sistema. No presente trabalho, foi constatado que em 10% das usinas, as vias não estavam sendo umectadas, mas os empreendimentos possuíam caminhão-pipa.

Com relação ao item obrigatoriedade de implantação de cinturão verde, todas as siderúrgicas o cumpriram. Tal medida também contribuiu para minimização da emissão de ruído e material particulado para as áreas externas, além de contribuir para melhorar o impacto visual. Porém, a manutenção e o adensamento do cinturão verde, que deve ser um processo contínuo,

não vem sendo realizado por algumas empresas, haja vista a presença de algumas “janelas” no cinturão. Conforme verificado nas visitas técnicas realizadas, vinte e nove empreendimentos têm cinturão verde totalmente adensado, sem espaços (corredores) vazios.

Quanto à implantação de sistema de armazenamento de finos de carvão em silos protegidos, e de sistema de estocagem de finos de minérios, pôde-se constatar, durante as visitas técnicas às áreas industriais, que 58 empreendimentos instalaram tais sistemas, mas 50% apresentam problemas no manuseio dos resíduos, pois possuem áreas desprotegidas, apesar de terem silos fechados.

A utilização de coque de carvão mineral, fixada (artigo 12º da DN COPAM nº 49/2001) em 20% do peso do carvão vegetal, é praticada eventualmente por algumas empresas, mas o órgão ambiental não tem controle sobre a porcentagem utilizada.

Durante o prazo estipulado para a implantação das medidas previstas na DN COPAM nº 49/2001, foram realizadas inúmeras fiscalizações nas usinas siderúrgicas, com a finalidade de verificar o cumprimento das exigências do COPAM, e, na ocasião, a grande maioria das empresas do setor foi autuada pela FEAM. Os motivos alegados pelos empreendimentos para a inadimplência foram o descumprimento dos prazos de fornecimento dos equipamentos por parte dos fabricantes e o atraso na sua montagem.

Pelo exposto, conclui-se que a publicação da Deliberação Normativa COPAM nº 49/2001 fez com que diversas empresas implantassem sistemas de controle da poluição atmosférica e hídrica e promovessem melhorias no seu desempenho ambiental, entretanto, em inúmeros casos, tais aparatos não resolveram o problema da poluição associada à produção de ferro gusa nas usinas não integradas a carvão vegetal, seja por que tais sistemas não apresentavam nível de eficiência adequado ou porque foram sub-dimensionados. Demonstra-se, assim, a eficácia da legislação quanto à melhoria do desempenho ambiental das usinas siderúrgicas, mas não sua eficiência na promoção da qualidade ambiental. Os resultados da análise sobre a eficácia e a eficiência da aplicação da Deliberação Normativa COPAM nº 49/2001 estão compilados no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Análise da eficácia e eficiência da aplicação da DN COPAM nº 49/2001

Item	Nº de Empreendimentos			
	Eficácia			
	Cumpriram integralmente	Tem pendências	Não se aplica	Eficiência
Implantação de sistemas de despoeiramento para áreas referentes à matérias-primas	68	-	-	100% dos empreendimentos atenderam aos padrões estabelecidos na DN no ano de 2008
Padrão de emissão de material particulado				Nas visitas técnicas constatou-se que 30% dos altos-fornos que estavam operando tinham performance visual do equipamento de controle insatisfatória[19]
Freqüência do monitoramento dos sistemas de despoeiramento	46	12	10([20])	Não se aplica
Instalação dos equipamentos integrantes da rede de monitoramento da qualidade do ar	1 ([21])	35	32	Das 31 estações de monitoramento da qualidade do ar, 17 atenderam aos padrões estabelecidos nas legislações no ano de 2008, entretanto apenas uma monitorou PM_{10}, tendo ultrapassado o padrão
Fechamento dos chifres dos altos-fornos	68	-	-	100% dos chifres dos altos-fornos são fechados
Implantação de tochas e queimadores	68	-	-	100% dos altos-fornos possuem ao menos uma tocha
Disposição adequada de resíduos	2	66	-	Não se aplica
Licenciamento ambiental	68	-	-	39 empreendimentos cumpriram todas as condicionantes das Licenças de Operação
Apresentação de protocolo de solicitação de outorga de uso da água	68	-	-	61 empreendimentos possuem outorga com vazão suficiente para atender a demanda
Implantação de sistema de recirculação das águas de refrigeração dos altos-fornos	68	-	-	100% dos empreendimentos recirculam a água de refrigeração, ocorrendo apenas reposição da perda por evaporação
Implantação de sistema de tratamento de esgotos sanitários	68	-	-	26 empreendimentos não atenderam integralmente aos padrões estabelecidos na DN COPAM/CERH nº 1/2008 em 2008
Implantação de sistema de drenagem e tratamento primário das águas pluviais	68	-	-	51 empresas não possuem sistema de drenagem pluvial satisfatório, seja por falta de canaletas de drenagem, por ausência ou subdimensionamento de bacias, ou por ausência de caixas concretadas intermediárias
Implantação de sistema de aspersão nas vias internas	68	-	-	Nas visitas técnicas constatou-se que 10% das vias não estavam sendo umedecidas, apesar dos empreendimentos possuírem caminhão-pipa
Implantação do cinturão verde	68	-	-	29 empreendimentos têm cinturão verde totalmente adensado, sem espaços (corredores) vazios
Implantação de sistema de armazenamento de finos de carvão em silos protegidos e de sistema de estocagem de finos de minérios	58	10	-	50% dos empreendimentos têm problemas no manuseio dos resíduos, pois possuem áreas desprotegidas, apesar de terem silos vedados

[19] Neste capítulo foi definido o padrão adotado para consideração das performances dos sistemas de controle no alto-forno.
[20] Nº de empresas que não operaram no ano de 2008.
[21] Apenas um empreendimento realiza monitoramento da qualidade do ar para partículas inaláveis (PM_{10}), portanto somente ela cumpriu integralmente o disposto da deliberação normativa.

5 AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO SETOR

A avaliação ambiental do setor siderúrgico não-integrado a carvão vegetal de Minas Gerais realizada no desenvolvimento deste trabalho foi precedida de extensa revisão da literatura existente, de pesquisa junto ao acervo técnico da FEAM e em dados e informações, obtidos durante as visitas técnicas realizadas em todas as siderurgias não-integradas de Minas Gerais, sistematizados em *check lists*, contendo informações referentes ao processo produtivo, aos sistemas de controle ambiental, aos dados administrativos, aos resultados de automonitoramento, dentre outros. Alguns empreendimentos que reutilizam resíduos siderúrgicos também foram investigados.

Foi elaborada uma revisão bibliográfica específica com vistas à complementar e balizar os dados obtidos no trabalho, tendo como referência livros, revistas técnicas, artigos e informações disponíveis na internet, teses, dissertações, publicações em geral, bem como uma análise da legislação vigente. Estes aspectos considerados na revisão de literatura foram bastante importantes para a fundamentação teórica e metodológica dos procedimentos de avaliação adotados.

Todas as sessenta e oito siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal do Estado de Minas Gerais foram visitadas entre os meses de setembro de 2008 e fevereiro de 2009. Para a coleta dos dados foi elaborado um *check list*, cujo modelo encontra-se no Anexo B.

O *check list* foi preenchido nas visitas técnicas com base em constatações visuais e nas informações transmitidas pelo representante do empreendimento. Em geral, o representante do empreendimento possuía cargo de diretor, era consultor ambiental, ou gerente de produção ou meio ambiente, salvo exceções, onde não havia uma pessoa que conhecia o assunto abordado, como, por exemplo, nos três casos em que o parque industrial estava embargado judicialmente.

Ressalta-se que parte do *check list* foi preenchido com dados obtidos no SIAM, como quesitos referentes ao automonitoramento e autuações. Para cada alto-forno foi preenchido um *check list*, de modo que, no final, havia um total de 109 *check lists*.

Em fevereiro de 2009, de forma a atualizar a base de dados, foi feita nova solicitação à todos os empreendimentos, por meio de *e-mail*, de informações referentes à produção de fero gusa e ao consumo de carvão vegetal em 2008, além do número de altos-fornos paralisados e de

empregados demitidos por conta da crise econômica mundial[22]. Todos os empreendimentos responderam, também por via eletrônica, os novos questionamentos.

Para alguns parâmetros, tais como o desempenho de equipamentos de controle ambiental e o armazenamento de resíduos, não foi possível obter informações em virtude da paralisação de altos-fornos a partir do mês de outubro de 2008. Das sessenta e oito unidades visitadas, vinte e sete estavam com as operações dos altos-fornos interrompidas devido à crise econômica mundial.

Devido ao enorme volume de dados obtidos, todo o conteúdo dos *check lists* foi transposto para uma planilha do programa Excel, de modo a facilitar a obtenção de informações sobre determinado assunto e não somente os dados referentes a uma determinada empresa. Foram elaborados tabelas e gráficos a partir dos dados compilados os quais estão inseridos neste trabalho.

Com os dados levantados foram feitas avaliações do gerenciamento de resíduos sólidos, das emissões atmosféricas e sobre o consumo de carvão vegetal.

A seleção dos dois primeiros itens deveu-se ao fato deles serem os principais impactos negativos ao ambiente inerentes às siderúrgicas, além de serem as principais motivações de aplicação de auto de infração e de denúncias relativas à planta industrial. Com relação ao consumo de carvão vegetal, trata-se do assunto mais polêmico do setor, também alvo de inúmeras autuações, aplicadas devido à aquisição de carvão vegetal de origem ilegal, nesse caso, referindo-se à cadeia produtiva fora da planta industrial.

Baseando-se nos resultados das avaliações citadas, juntamente com a análise dos aspectos referentes à melhoria da qualidade ambiental, licenciamento ambiental e DN COPAM n° 49/2001, definiu-se *parâmetros* ambientais, que por meio de uma série de *critérios*, foram pontuados, permitindo uma avaliação geral das siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal do Estado de Minas Gerais.

[22] Tais informações foram solicitadas somente em fevereiro de 2009, de modo a esperar o fechamento do balanço do ano de 2008 pelas siderúrgicas, e devido ao número crescente de altos-fornos paralisados.

5.1 Avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos

No passado recente, ou seja, há pouco mais de 15 anos, a maioria das atividades produtivas não tinha conhecimento real sobre todos os resíduos gerados em suas unidades, bem como sobre suas características, e muitos deles eram destinados a aterros municipais ou lixões, sem que se desse conta da extensão dos danos ambientais que poderiam advir desse procedimento.

Esse quadro se alterou nos últimos anos, e novas empresas que utilizam resíduos, se constituíram para dar suporte ao empreendedor nas questões relativas à destinação dos resíduos sólidos, o que não eliminou a responsabilidade do gerador sobre o material e sua destinação final.

Conforme já citado, os resíduos sólidos gerados no processo produtivo de obtenção do ferro gusa, segundo a norma ABNT NBR 10.004:2004, não são perigosos, mas podem provocar danos ao meio ambiente quando não gerenciados de forma adequada.

Apenas o resíduo lama de alto-forno pode não ser gerado no processo produtivo das usinas siderúrgicas, sendo que em Minas Gerais, vinte delas não geram tal resíduo por possuírem sistema de limpeza de gases à seco. Entretanto, essa prática não é recomendada, uma vez que apenas transfere o problema de lugar, ou seja, deixa-se de gerar um resíduo sólido, mas, em contrapartida, intensifica as emissões atmosféricas no alto-forno.

Todos os resíduos sólidos industriais gerados na siderurgia não-integrada a carvão vegetal têm uma ou mais formas de reutilização, procedimento que, se adotado, contribui para o gerenciamento adequado da planta. Dessa forma, não é mais preciso acumular grandes estoques de resíduos, como feito até poucos anos atrás, quando principalmente os finos de minério de ferro e pó de balão e lama de alto-forno não tinham destinação.

Salvo exceções, os empreendimentos não dispõem de uma política de gerenciamento de resíduos sólidos, talvez, porque a DN COPAM nº 49/2001 não tenha dado a devida importância ao tema, como fez em relação às emissões atmosféricas. Por exemplo, poucas são as empresas que se preocupam em minimizar a geração de resíduos sólidos, o que poderia ser conseguido com o controle da qualidade das matérias-primas, a minimização do manuseio dos insumos e o controle operacional do alto-forno. Em geral, a preocupação dos empreendedores se volta quase que exclusivamente para a produtividade do alto-forno.

A geração de resíduos, de acordo com os resultados da investigação realizada, variou bastante, apresentando intervalos maiores do que os descritos na literatura existente. A fim de demonstrar a importância da adoção de práticas visando a redução da geração de resíduos, foram analisados cenários (Tabela 5.1), propostos com base nos dados referentes ao ano de 2008 e adotando a produção de ferro gusa em Minas Gerais nesse ano, que totalizou 5.213.303 toneladas. Considerou-se como *a pior situação* aquela em que todas as plantas siderúrgicas gerariam resíduos sólidos em quantidades equivalentes à informada pelo maior gerador, dentre os sessenta e oito empreendimentos; a *situação média*, na qual levou-se me conta a geração média do setor, e a *melhor situação*, na qual todos os empreendimentos gerariam quantidades equivalentes ao volume informado pelo menor gerador.

Tabela 5.1 – Cenários de geração de resíduos sólidos gerados nas siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais, com base no ano de 2008

	Geração específica obtida no levantamento (kg/t gusa)			**Geração específica obtida na literatura (kg/t gusa)**		**Cenários para dados obtidos no levantamento (t resíduos)**			**Cenários para dados obtidos na literatura (t resíduos)**	
	Mínima	**Média**	**Máxima**	**Mínima**	**Máxima**	**Melhor situação**	**Situação média**	**Pior situação**	**Melhor situação**	**Pior situação**
Finos de minério de ferro	33	115	380	80	130	172.039	599.530	1.981.055	417.064	677.729
Finos de carvão vegetal	30	76	120	35	120	156.399	396.211	625.596	182.466	625.596
Escória de alto-forno	40	133	225	120	180	208.532	693.369	1.172.993	625.596	938.395
Pó de balão e lama de alto-forno	10	35	80	28	75	52.133	182.466	417.064	145.972	390.998

Observando-se os dados assinalados na Tabela 5.1, nota-se a discrepância dos valores encontrados em cada um dos cenários propostos. Se a geração específica de resíduos sólidos em todas as empresas do setor tivesse sido igual à *mínima* obtida, teria havido uma redução na geração de finos de minério de ferro, em 2008, de cerca de três vezes e meia o valor da *situação média*, ou seja, aproximadamente 427 mil toneladas. Principalmente para os resíduos pó de balão e lama de alto-forno, considerados os mais problemáticos das siderúrgicas, e de difícil destinação, qualquer redução na geração seria bastante importante.

A discrepância dos valores encontrados na literatura é menor, mas ainda significativa, pois poderia haver redução na geração de finos de carvão vegetal, por exemplo, em até três vezes.

Segundo o Inventário de Resíduos Sólidos Industriais de Minas Gerais (FEAM, 2008), no ano base 2007, a tipologia *siderurgia* – que engloba tanto as siderúrgicas integradas como as não-integradas – foi responsável pela produção de 3,59 milhões de toneladas de escória de alto-forno, 430,62 mil toneladas de finos de carvão vegetal e 427,21 mil toneladas de finos de minério de ferro, demonstrando que a quantidade gerada de finos de carvão vegetal foi praticamente igual à de finos de minério de ferro, ao contrário dos dados obtidos no levantamento realizado.

Pode-se concluir, assim, que as empresas não estão controlando efetivamente a quantidade gerada e destinada de seus resíduos sólidos. Tal situação foi observada nas visitas técnicas realizadas, sendo que, em algumas vezes, a quantidade estocada informada nas planilhas de acompanhamento de resíduos sólidos industriais, objeto de condicionante de todas as Licenças de Operação concedidas às siderúrgicas pelo órgão ambiental, não condizia com a realidade.

A reutilização e a reciclagem são práticas adotadas em relação a todos os resíduos, uma vez que existem diversas formas para seu reaproveitamento, conforme já destacado neste trabalho. Em geral, a reutilização é realizada em empresas terceiras, mas também pode ser efetuada na própria siderúrgica como no caso dos finos de minério de ferro e de carvão vegetal, utilizados no alto-forno, após passarem por beneficiamento, o que pode ser entendido como uma forma de tratamento de resíduos na planta siderúrgica.

Outra questão que foi levantada refere-se à destinação dos resíduos sólidos industriais. Conforme destacado, as empresas são obrigadas a apresentar planilhas de acompanhamento de resíduos sólidos industriais ao órgão ambiental, entretanto, raramente ele solicita notas fiscais das vendas, facilitando a destinação de resíduos à empresas, ou à prefeituras e até mesmo para cidadãos que não estão aptos à recebê-los. No setor siderúrgico não-integrado, é mais comum que isso aconteça com os resíduos pó de balão e lama de alto-forno, que têm destinações mais restritas e são, em geral, doados, por não terem valor de mercado.

A Tabela 5.2 apresenta as formas de destinação dos resíduos sólidos gerados no processo produtivo, utilizadas pelas siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais no ano de 2008. Observa-se que o número total de destinações para os resíduos ultrapassa o número de

siderúrgicas, uma vez que algumas empresas optam por mais de uma forma de destinação para o mesmo resíduo. Todas elas são caracterizadas como formas de reaproveitamento de resíduos válidas, entretanto, é preciso controlar esse processo, que muitas vezes não é levado em conta. Além disso, boa parte das formas de destinação de resíduos adotadas não foram licenciadas pelo órgão ambiental.

Tabela 5.2 – Destino dos resíduos sólidos gerados nas siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais em 2008

Destino do resíduo	Nº de empresas destinatárias dos resíduos			
	Finos de minério de ferro	Finos de carvão vegetal	Escória	Pó de balão/lama de AF
Cimenteira	5	38	22	21
Calcinação	-	6	-	-
Cerâmica	-	-	-	29
Beneficiamento	-	7	25	2
Pavimentação de estradas	-	-	11	-
Conformação de vias/aterramento	28	-	1	-
Reutilização no alto-forno	13	9	-	-
Calderaria	-	5	-	2
Fabricação de briquete	1	1	-	1
Construtora	-	-	4	-
Sinterização	11	-	-	-
Silvicultura	-	-	-	1
Isolante térmico bica do AF	-	-	-	1
Base para tubulação	-	-	1	-
Aterro industrial	-	-	-	2
Estocagem interna	11	-	1	3
Não informou/não operou	9	5	7	6

Conforme pode ser observado na Tabela 5.2, os finos de minério de ferro são os resíduos de destinação mais difícil, devido, principalmente, ao seu baixo valor de mercado. A conseqüência disso é o passivo gerado, uma vez que alguns depósitos de armazenamento que deveriam ser temporários tornam-se permanentes.

Nas visitas técnicas, foram constatados grandes estoques de finos de minério de ferro, pó de balão e de lama de alto-forno em vários empreendimentos, sendo que em alguns casos existiam pilhas equivalentes a 200 mil toneladas. Entretanto, a quantidade vem diminuindo devido às “recentes” técnicas de reaproveitamento. Já os finos de carvão vegetal são facilmente comercializados, pois são vendidos como produtos, devido seu alto valor energético, não sendo, portanto, acumulados nas áreas dos empreendimentos. Atualmente a

escória de alto-forno também é comercializada facilmente, entretanto, existem passivos de mais de 50 anos em algumas empresas.

O pó de balão e a lama de alto-forno, até há poucos anos atrás, praticamente eram somente estocados por falta de destinação, quadro este alterado quando as cerâmicas se interessaram pelos resíduos, que diminuíram o consumo de argila e combustível nos fornos. Além disso, as cimenteiras têm se interessado pelo resíduo, devido, principalmente, ao seu teor de ferro. Para ambos os setores, os resíduos são vantajosos, pois são doados ou vendidos à preços simbólicos. Cabe ressaltar que a recente aprovação da utilização do pó de balão na silvicultura deve fazer com que inúmeras siderúrgicas destinem o resíduo para suas fazendas de eucalipto, o que resultará na alteração dos dados constantes na Tabela 5.2.

Um grande problema ambiental causado pelo setor é a comercialização dos resíduos com empresas não licenciadas pelo órgão de controle ambiental, ou que não têm a mínima condição de gerenciar tais resíduos.

De acordo com as constatações feitas durantes as visitas técnicas realizadas à cerâmicas do município de Igaratinga, MG, maiores receptoras do pó de balão, várias delas o armazenam sem nenhum controle (Figura 5.1), em algumas ocasiões, no passeio de vias públicas, por se tratar de empresas que desconhecem os malefícios que o resíduo pode causar ao meio ambiente e à vizinhança. Ressalta-se, entretanto, que diversas cerâmicas acondicionam adequadamente o resíduo, muitas vezes até com maior controle do que as próprias siderúrgicas.

Figura 5.1 – Armazenamento de pó de balão em lote localizado a beira de via pública, em lado oposto de uma cerâmica localizada no município de Igarantinga/MG
Fonte: MALARD, 2009 - acervo particular.

O pó de balão é destinado, muitas vezes, à empresas que o misturam aos finos de carvão vegetal. Tal mistura é feita sem nenhum controle ambiental, a céu aberto, conforme se pode observar na Figura 5.2. Em geral, as misturas são destinadas às cimenteiras.. Esse procedimento também é realizado em algumas siderúrgicas, similarmente à maneira apresentada na Figura 5.2. Cabe ressaltar que alguns empreendimentos já foram "enganados" ao comprarem finos de carvão vegetal, mas receberem sua mistura com o pó de balão, que do ponto de vista técnico não tem o menor sentido.

Figura 5.2 – Mistura de pó de balão e finos de carvão vegetal à céu aberto
Fonte: MALARD, 2008 - acervo particular.

Dessa forma, o pó de balão e a lama de alto-forno são os resíduos que, ao saírem da siderúrgica, apresentam o maior potencial de riscos ao meio ambiente, devido à sua destinação muitas vezes inadequada. Os finos de carvão vegetal, quando destinados às empresas que fazem o beneficiamento e a mistura sem nenhum controle também causam significativo impacto ambiental, principalmente quanto às emissões de material particulado. Entretanto, cabe ressaltar que existem empreendimentos que beneficiam os finos de carvão vegetal adequadamente, possuindo em suas instalações galpões fechados com sistemas de exaustão e filtros de mangas. A escória de alto-forno, em geral tem destinos mais adequados, mas, conforme os dados apresentados na Tabela 5.2, o resíduo é bastante utilizado na pavimentação de vias e estradas, embora, muitas vezes, sem o menor controle. Já os finos de minério de ferro não oferecem riscos significativos, principalmente por serem constituídos de material inerte.

De acordo com a Lei Estadual nº 18.031/2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos em Minas Gerais, o gerador de resíduos sólidos industriais é responsável

pelo gerenciamento dos resíduos, desde a geração até a destinação final. Assim, seu armazenamento temporário em empresas terceiras é, também, de sua responsabilidade.

O setor industrial que mais recebe resíduos siderúrgicos é o setor cimenteiro, que, pelas características de seu processo industrial, pode reaproveitar todos os tipos de resíduos gerados na produção do ferro gusa. Os resultados encontrados evidenciam que 7% das siderúrgicas destinam o resíduo finos de minério de ferro para as cimenteiras, 31% enviam o resíduo pó de balão, 63% destinam os finos de carvão vegetal e 65% a escória, sendo as porcentagens referentes à esses dois últimos resíduos somadas àquelas empresas que beneficiam o material antes de destiná-los às cimenteiras. Em geral, as empresas do setor cimenteiro armazenam e manuseiam esses resíduos de maneira correta, conforme constatado em visita técnica realizada à fábrica de cimento Holcim, instalada no município de Pedro Leopoldo, tornando-se, portanto, uma boa opção para a destinação desses materiais.

Pesquisas de mercado demonstram que o pó de balão e a lama de alto-forno não têm valor de venda, a tonelada de finos de carvão vegetal é comercializada na faixa de R$100,00 a R$180,00, dependendo da localização do receptor, e a tonelada de finos de minério de ferro varia de R$3,00 a R$20,00. O preço da escória é estabelecido em função do teor de ferro e do tipo de resfriamento adotado pela siderúrgica quando é vazada no alto-forno, variando de. R$4,00 a R$20,00. A escória granulada tem preço maior do que a escória resfriada ao ar livre; a escória previamente peneirada tem preço menor do que aquela que não foi peneirada, pois não possui teor significativo de ferro.

A etapa do gerenciamento dos resíduos sólidos siderúrgicos mais difícil é o armazenamento temporário, que, em muitas situações, como relatado, torna-se permanente. Os resíduos que apresentam maior risco de contaminação do solo e águas subterrâneas são o pó de balão, a lama de alto-forno e a escória de alto-forno, por serem contaminados com fenóis e cianetos, sendo necessário armazená-los em local onde o piso tenha sido impermeabilizado. Entretanto, tais resíduos podem ser utilizados na silvicultura e na agricultura, desde que com uma série de critérios, conforme já abordado no trabalho.

Apenas 12% das usinas siderúrgicas investigadas armazenam o pó de balão e a lama de alto-forno de maneira satisfatória. Para a escória esse percentual sobe para 20% (Figura 5.3). O armazenamento destes resíduos é considerado satisfatório quando realizado em local delimitado, impermeabilizado com concreto ou manta PEAD e com sistema de drenagem e caixa de retenção de percolado. Para o pó de balão também é necessário controle para evitar

emissão de particulado, em virtude da ação do vento e de seu manuseio e sinalização adequada uma vez que em determinadas condições o mesmo pode entrar em combustão.

Vinte e seis empresas não possuem nenhum controle sobre o armazenamento de escória, que é estocada de qualquer maneira e sete siderúrgicas ignoram medidas de controle para estocagem de pó de balão e lama de alto-forno, como o exemplo apresentado na Figura 5.4.

Com relação aos finos de carvão vegetal e finos de minério, que devem ser armazenados em silos fechados, com área de manuseio também enclausurada, para evitar emissão de material particulado, aproximadamente metade dos empreendimentos os estocam dessa maneira (Figura 5.3).

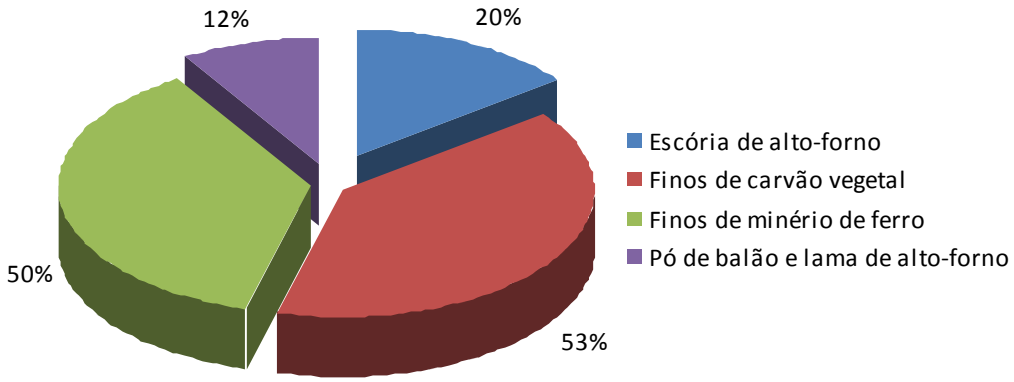


Figura 5.3 - Porcentagens das siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais que armazenam os resíduos adequadamente

Figura 5.4 - Armazenamento de pó de balão em uma siderúrgica não-integrada, na beira de uma via entre árvores, diretamente sobre o solo

Fonte: MALARD, 2008 - acervo particular.

A Figura 5.5 ilustra o descaso que há em certos empreendimentos com a estocagem dos resíduos sólidos. No caso, observa-se latas de óleo e tinta usadas e sucatas dispostas diretamente sobre o solo. O armazenamento desses resíduos não foi considerado neste trabalho, pois eles não são gerados a partir de processo industrial do ferro gusa, entretanto, a maioria das siderúrgicas, conforme verificado nas visitas técnicas, não possui local adequado, ou seja, impermeabilizado, coberto e com bacia de contenção, para armazenamento temporário desses materiais.

Figura 5.5 – Armazenamento de resíduos sólidos perigosos diretamente sobre o solo em uma siderúrgica não-integrada

Fonte: MALARD, 2009 - acervo particular.

Ainda tratando-se de resíduos que não são gerados diretamente do processamento industrial, foi constatado que há trinta e duas empresas que não fazem coleta seletiva, sendo que sete alegaram não adotar tal prática porque a prefeitura municipal também não a adota.

Das sessenta e oito plantas existentes, apenas duas siderúrgicas armazenam todos os resíduos sólidos industriais de maneira adequada, demonstrando que a inexistência de programas de gerenciamento de resíduos constitui um dos problemas ambientais mais graves com que o setor siderúrgico tem se deparado nos últimos tempos. Uma significativa parcela das siderúrgicas armazena os resíduos sem qualquer controle, a céu aberto, nos próprios pátios, possibilitando a contaminação do solo e dos corpos d'água, além de permitir emissões atmosféricas.

O reaproveitamento dos resíduos e o melhor aproveitamento dos recursos naturais são as melhores opções para se evitar ou minimizar a degradação ambiental.

Felizmente, a perspectiva atual é que os empreendimentos passem a realizar maior controle sobre os resíduos gerados, porque tais materiais estão começando a ser considerados subprodutos, aos quais se pode agregar valor, com retorno financeiro para os empreendimentos.

5.2 Avaliação do controle de emissões atmosféricas

O controle da emissão de poluentes atmosféricos tornou-se uma das prioridades das siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal, mas, de um modo geral, as ações implantadas têm como objetivo atender ao disposto na legislação e às determinações dos órgãos ambientais.

Dentre as fontes de emissão de uma usina siderúrgica não-integrada, o alto-forno é, de longe, a maior responsável pela poluição atmosférica oriunda da planta industrial e, por esse motivo, a unidade necessita implantar medidas de controle ambiental mais acuradas.

As emissões atmosféricas geradas em decorrência do tráfego de veículos, manuseio de resíduos sólidos industriais, peneiramento de escória e tamboramento de ferro gusa são mais fáceis de serem controladas, e para isso, podem ser implantados algum dos sistemas mencionados no item 3.1. Entretanto, boa parte dos empreendimentos ainda emitem quantidade significativa de material particulado nessas operações, seja por não terem implantados sistemas de controle ou porque os sistemas existentes são ineficientes. As operações citadas podem ser controladas apenas com adoção de aspersão de água e enclausuramento.

As emissões atmosféricas oriundas da corrida de ferro gusa, vazamento de escória e alimentação do sistema de carregamento denominado “skip”, são de difícil controle por se tratar de operações realizadas em áreas abertas. Porém, é possível implantar sistema de exaustão de gases nesses locais, como algumas empresas já o fizeram. Destaca-se que uma boa operação do alto-forno já minimiza bastante as emissões quando do vazamento de escória e da corrida de gusa, fato comprovado nas visitas técnicas realizadas, onde se constatou que mesmo os fornos que não tinham nenhum sistema de exaustão não apresentaram emissões significativas de material particulado.

As emissões de material particulado decorrentes da operação de carregamento de matérias-primas no topo do alto-forno são consideradas as mais críticas, depois das emissões do alto-forno, sendo necessária, aqui também, a adoção de sistema de exaustão nesse local. Entretanto, a geração de particulados durante o carregamento também depende do bom funcionamento do alto-forno. Similarmente ao mencionado no parágrafo anterior, mesmo em altos-fornos que não têm o topo enclausurado e com sistema de exaustão, em diversos carregamentos observados durante as visitas técnicas, não houve constatação de emissão significativa de material particulado. No item 3.1 foi evidenciado que poucos altos-fornos possuem sistema de exaustão no topo, e mesmo com tais sistemas implantados, quando ocorre arriamento de carga no alto forno, há fuga de material particulado para a atmosfera. O arriamento da carga do alto-forno independe da existência de sistema de despoeiramento no topo, ocorrendo raramente em altos-fornos bem operados.

Alguns sistemas de exaustão utilizados pelas siderúrgicas para captação do material particulado gerado no carregamento de matérias-primas no topo do alto-forno carreiam as partículas para sistemas que têm eficiência duvidosa, como no caso dos *glendons*, já que, em tese, o problema estaria somente se transferindo de lugar. Nesse sentido, as melhores opções são os sistemas de despoeiramento, em especial os filtros de mangas, antecedidos de defagulhador.

Conforme já mencionado, os padrões de emissão de material particulado foram fixados na DN COPAM nº 49/2001, sendo igual a 100mg/Nm^3 para zona urbana e 200mg/Nm^3 para zonas mista e rural. Para avaliar os níveis de emissão nos sistemas de despoeiramento do alto-forno, são realizadas campanhas de automonitoramento de material particulado. Ressalta-se que nas etapas de preparo e manuseio de matérias-primas e na metalurgia em panela também são realizadas medições.

Em 2008, todos os relatórios de automonitoramento encaminhados pelas empresas à FEAM apresentaram resultados dentro dos padrões estabelecidos na DN COPAM nº 49/2001 para as emissões atmosféricas das etapas de preparo e manuseio de matérias-primas e metalurgia em panela. Apenas um empreendimento não tem filtro de mangas implantado nesses locais, tendo instalado hidrofiltros.

Como citado anteriormente, os filtros de mangas têm eficiência de coleta de material particulado superior a 99%, e, assim sendo, os padrões de emissão são atendidos com certa

facilidade. Em geral, os valores obtidos nas campanhas variaram de 10mg/Nm^3 a 40mg/Nm^3, confirmando a eficiência do equipamento de controle utilizado.

Por outro lado, nas etapas de manuseio e preparo de matérias-primas, os depósitos de descarga de carvão vegetal, peneiras e áreas de transferência devem ser bem enclausurados, de modo que todo particulado gerado seja encaminhado ao sistema de despoeiramento. Como constatado, boa parte dos empreendimentos não providenciou o enclausuramento total de tais locais, e dessa forma, ocorrem emissões fugitivas.

Com relação aos resultados do automonitoramento das emissões atmosféricas provenientes dos altos-fornos, obtidos em 2008, todas as cinqüenta e oito[23] siderúrgicas que operaram durante o ano atenderam aos padrões estabelecidos na DN COPAM nº 49/2001, conforme pode ser observado na Figura 5.6. Além disso, quarenta e seis empreendimentos realizaram os ensaios na freqüência pré-determinada, como evidenciam as informações da Figura 5.7.

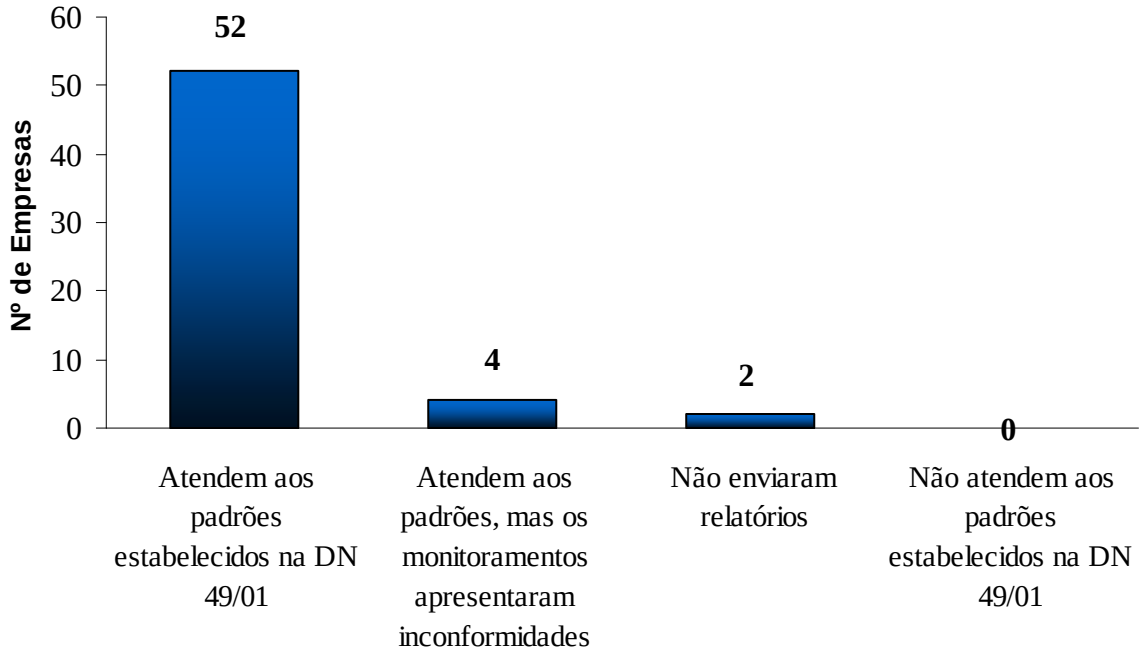


Figura 5.6 – Automonitoramento de efluentes atmosféricos realizados pelas siderúrgicas não-integradas em 2008

[23] As duas empresas que não enviaram os relatórios de automonitoramento atenderam aos padrões estabelecidos na DN COPAM nº 49/2001, conforme verificado nas visitas técnicas.

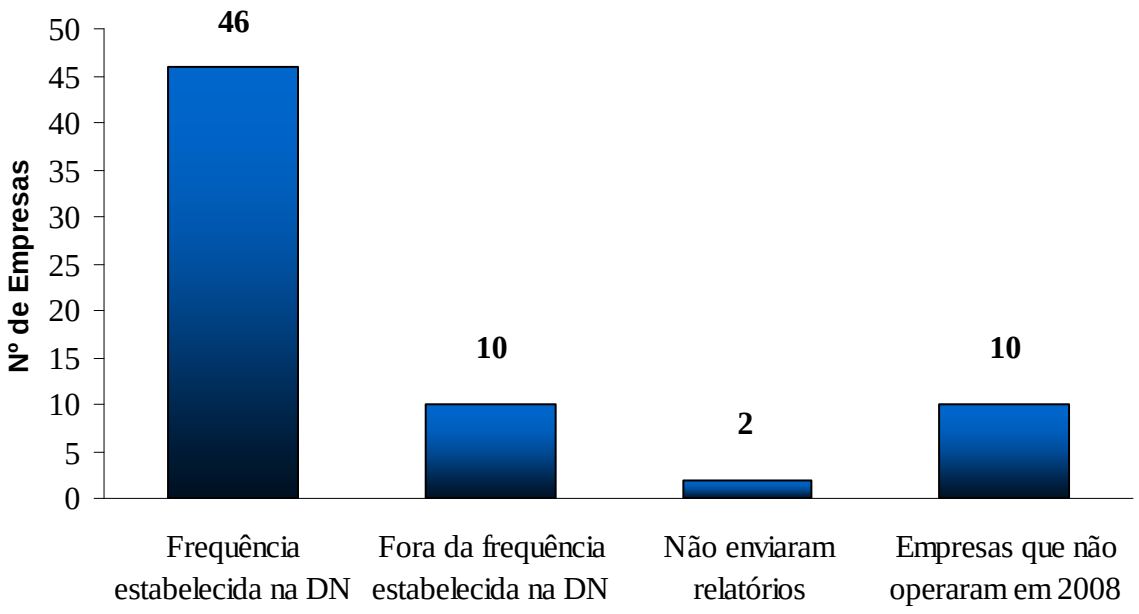


Figura 5.7 – Freqüência de envio de relatórios de automonitoramento de efluentes atmosféricos realizados pelas siderúrgicas não-integradas em 2008

No presente trabalho não foram realizadas medições para verificar a qualidade dos resultados de automonitoramento enviados pelos empreendimentos, não sendo objetivo questionar tais resultados. Entretanto, quando se analisou a performance dos equipamentos de despoeiramento utilizados nos altos-fornos, em 2008, verificou-se que os resultados foram além das expectativas, haja vista que todos os empreendimentos atenderam a legislação, e isso não coincide com o que foi observado em campo.

A Figura 5.8 mostra que 78% das medições referentes ao monitoramento da emissão de efluentes atmosféricos nos altos-fornos foram realizadas por dois laboratórios, sendo que outros cinco foram responsáveis por apenas 22% dos altos-fornos instalados.

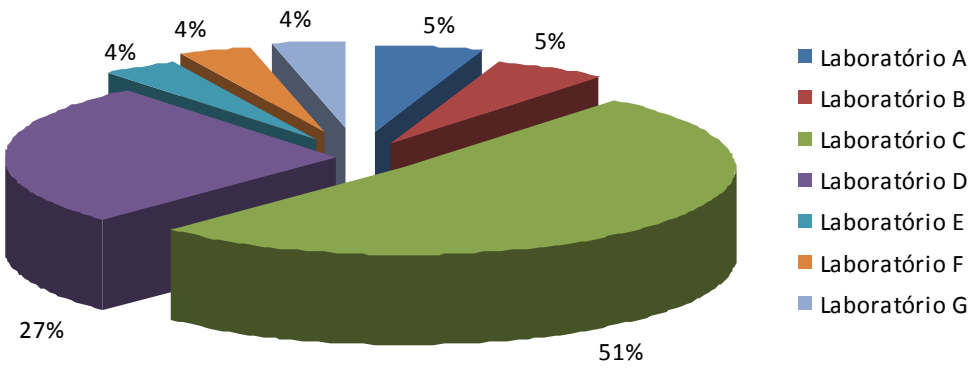


Figura 5.8 – Porcentagem de siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais atendidas por determinados laboratórios

A Figura 5.9 apresenta as médias dos resultados de automonitoramento em função do zoneamento previsto na DN COPAM nº 49/2001. As curvas são similares, demonstrando que

as diferenças de padrão de emissão estabelecidas na DN COPAM nº 49/2001 não fazem com que os empreendedores optem por sistemas de despoeiramento mais eficientes em função da sua localização, razão pela qual a proporção de sistemas de despoeiramento à seco instalados nos diferentes zoneamentos é igual.

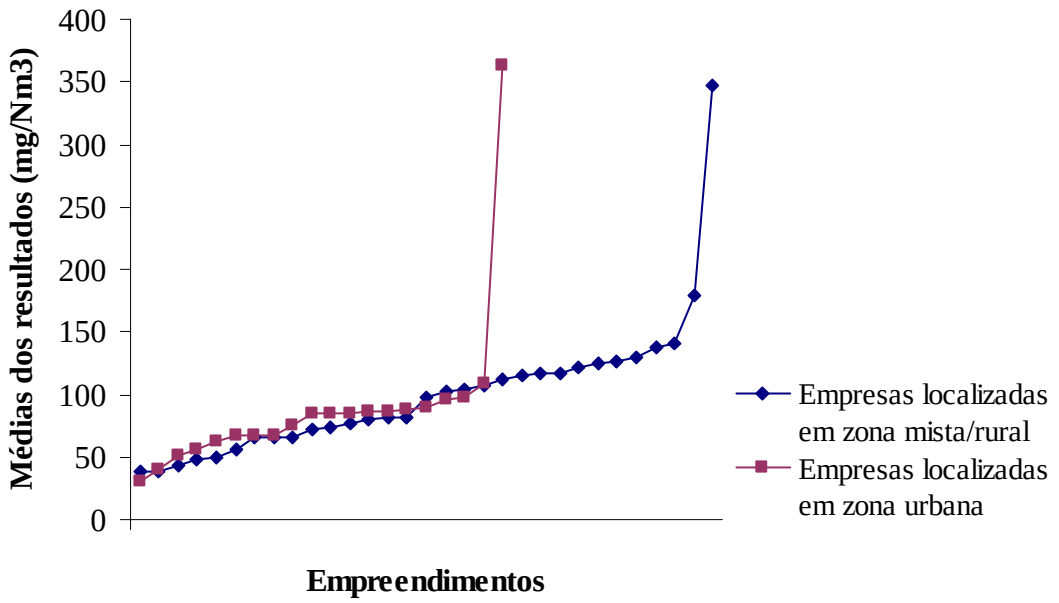


Figura 5.9 – Médias de resultados de automonioramento realizado em altos-fornos de siderúrgicas não-integradas por zoneamento no ano de 2008

No item 3.1.1 foram apresentados os equipamentos de despoeiramento utilizados para o controle da emissão de material particulado, sendo o mais eficiente o filtro de mangas, entretanto, esse tipo de equipamento não pode ser utilizado no alto-forno devido às suas limitações operacionais em relação aos fluxos gasosos úmidos e com gotículas de alcatrão que obstruiriam o meio filtrante.

Dessa maneira, os equipamentos utilizados para o controle da emissão de material particulado nos altos-fornos são os lavadores de gases, mais indicados devido à sua eficiência de coleta, os ciclones, os multiciclones e os balões gravitacionais. O balão gravitacional é utilizado como coletor primário, para capturar partículas de diâmetro maior, evitando que os equipamentos posteriores fiquem sobrecarregados.

Foi constatado na investigação realizada que há dois altos-fornos cujos sistemas de controle da poluição atmosférica são compostos unicamente por um balão gravitacional. Desses dois fornos, um não operou no ano de 2008. Para o outro, foi apresentado relatório de automonitoramento, cujos resultados indicaram concentrações de material particulado dentro

do padrão estabelecido na legislação. Dessa forma, permanece uma dúvida quanto aos valores apresentados em alguns relatórios de automonitoramento.

A eficiência de controle da emissão de um balão gravitacional é de, aproximadamente, 90%. Considerando que são emitidos cerca de 20g/Nm^3 de material particulado no fluxo gasoso do alto-forno (JACOMINO *et. al*, 2002), ainda assim seriam emitidos para a atmosfera 2.000mg/Nm^3, valor muito superior ao estabelecido na DN COPAM nº 49/2001. Dessa maneira, demonstra-se que o balão gravitacional é inadequado para ser utilizado como único equipamento de controle.

A eficiência de coleta de material particulado nos ciclones e multiciclones instalados após o balão gravitacional, também é reduzida, pois tais equipamentos apresentam baixa eficiência para partículas de pequenos diâmetros. Conforme o levantamento realizado, naquelas empresas que estavam operando quando das visitas técnicas, e que possuem sistema de limpeza de gases à seco, nenhuma performance do equipamento de controle foi considerada satisfatória após a inspeção visual.

A Figura 5.10 destaca a emissão atmosférica de coloração marrom que ocorre nas chaminés dos *glendons* e tocha, em empreendimentos que possuem sistemas de limpeza de gases à seco. Comportamento similar a esse foi encontrado em todos as plantas que possuem sistema de limpeza de gases à seco e operavam nas datas das visitas técnicas.

Figura 5.10 – Emissão atmosférica nos glendons e tocha de um alto-forno do Estado de Minas Gerais

Fonte: MALARD, 2008 - acervo particular.

No caso dos altos-fornos que possuem lavador de gases, dos trinta e nove que estavam operando quando as visitas técnicas foram realizadas, e possuem tal sistema de controle, apenas em quatro as emissões não foram consideradas satisfatórias, demonstrando que o equipamento é o mais eficiente para limpeza dos gases de alto-forno. As siderúrgicas não-integradas do Estado operam com dois tipos de lavadores de gases para a remoção de partículas de diâmetros menores: o lavador tipo *venturi*, mais eficiente, e o lavador *torre spray*.

O item 3.1 apresentou os sistemas de despoeiramento utilizados pelas siderúrgicas, sendo que dos 84 altos-fornos que possuem lavador de gases, 45 têm desumidificador, ajudando na remoção final das partículas. Dessa maneira, o sistema mais eficiente para limpeza dos gases gerados no alto-forno deve ser composto no mínimo de um balão gravitacional para retenção das partículas de maiores diâmetros, um lavador tipo *venturi* para remoção das partículas de menores diâmetros e um desumidificador.

A Figura 5.11 apresenta a comparação entre as médias das emissões de material particulado em altos-fornos de Minas Gerais, por tipo de sistemas de despoeiramento: à seco e à úmido.

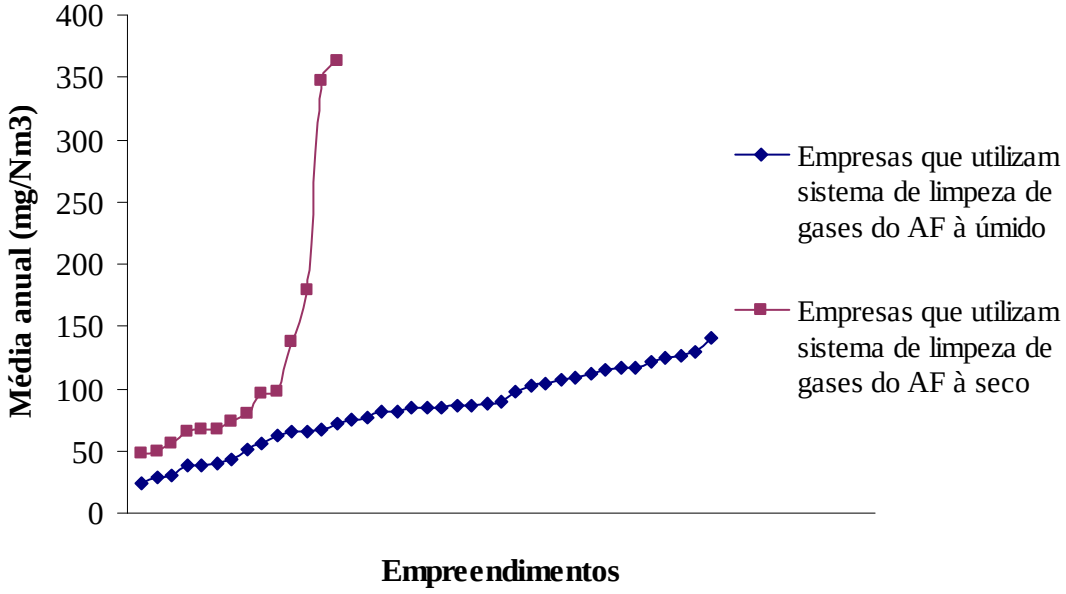


Figura 5.11 – Médias de resultados de automonitoramento realizados nas siderúrgicas não-integradas, em 2008, por tipo de sistema de limpeza de gases

Nota-se que a diferença entre as emissões atmosféricas por sistema de limpeza de gases adotado não é tão grande, quanto deveria ser, tendo em vista a diferença de eficiência dos sistemas de controle instalados. A maioria dos empreendimentos que utilizam sistema à seco, apresentou emissão de material particulado abaixo de 100mg/Nm^3. Entretanto, duas

siderúrgicas apresentaram médias anuais muito superiores às demais usinas, utilizando mesmo sistema de despoeiramento. Elas atendem a DN COPAM n° 49/2001, adotando-se o conceito de "*carga limite*".

Muitos empreendimentos que implantaram sistema à seco para limpeza dos gases do alto-forno alegam não ser necessária a instalação de lavador de gases, pois já atendem aos padrões estabelecidos na legislação, o que é corroborado pelos resultados de automonitoramento.

Analisando a situação, caso os sistemas à seco tivessem realmente eficiência próxima a de um lavador de gases, os quarenta e oito empreendimentos que possuem sistema à úmido não o teriam, pois além de serem mais onerosos, há o inconveniente da geração de mais um problema, o efluente líquido. Ressalta-se que, salvo exceções, os empreendimentos implantaram lavadores de gases por iniciativa própria.

Outra constatação em relação à diferença de eficiência dos lavadores para os ciclones e multiciclones é o fato de apenas duas das nove empresas que possuem termoelétrica, trabalharem com sistema à seco. As demais optaram por lavadores de gases para que o gás aproveitado na termoelétrica não "chegue com muito pó", de modo a evitar paralisações desnecessárias para limpeza dos equipamentos.

Em algumas usinas que possuem termoelétrica foi implantado mais de um lavador, visando maximizar a eficiência de coleta de material particulado. As siderúrgicas não-integradas que utilizam sistema à seco e possuem termoelétrica fazem paralisações mensais, enquanto nas demais, a manutenção é semestral, demonstrando, portanto, a diferença da eficiência da limpeza dos gases de alto-forno para cada um dos sistemas citados.

Cabe ressaltar, entretanto, que alguns lavadores apresentam baixa eficiência de coleta de material particulado, por possuírem baixa pressão, quase se igualando à sistemas à seco, portanto o simples fator de possuir lavador não significa eficiência de limpeza.

Todos os altos-fornos que possuem sistema de limpeza de gases à seco têm capacidade instalada de até 250t/dia. A Figura 5.12 apresenta as médias de emissões atmosféricas no ano de 2008 por capacidade instalada do alto-forno. Pode-se concluir que a capacidade instalada dos altos-fornos, ou volume útil, não interfere nas emissões, sendo o fator decisivo para o resultado final o tipo de sistema de despoeiramento utilizado.

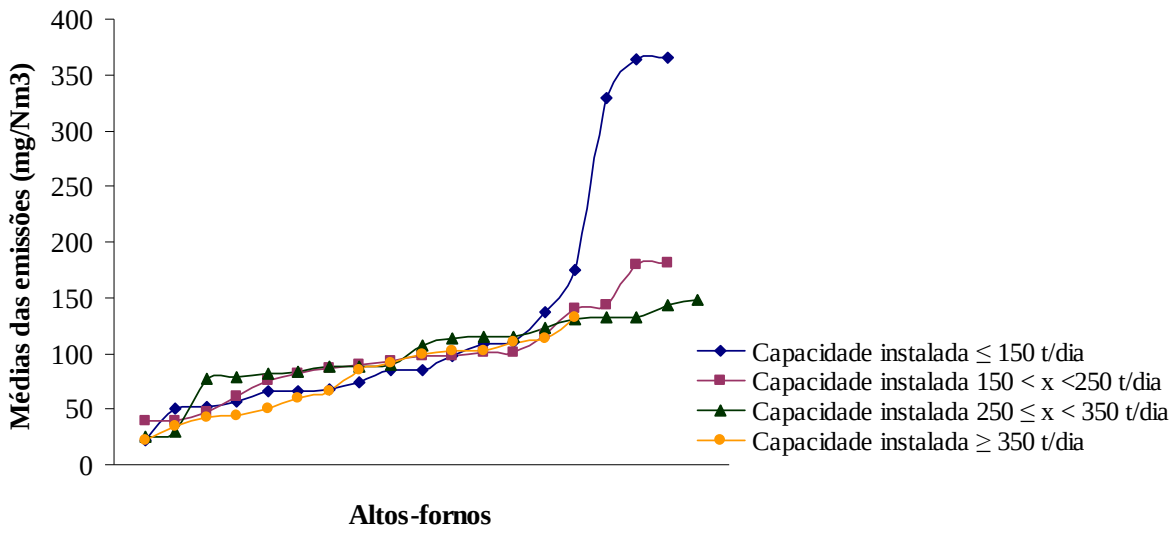


Figura 5.12 – Médias das emissões atmosféricas nos altos-fornos das siderúrgicas não-integradas em 2008 em função da capacidade instalada

Um dos entraves para implantação de lavadores de gases é o arrendamento de altos-fornos. Em Minas Gerais, conforme já citado no trabalho, vinte e dois empreendimentos arrendam o parque industrial, sendo que doze deles operam com sistema de limpeza de gases à seco, ou seja, 54%. Nas plantas industriais pertencentes aos próprios empreendedores, a porcentagem se reduz para 20%.

Dessa forma, empresas que arrendam altos-fornos são mais resistentes à implantação de lavadores de gases, fato facilmente compreendido por se tratar de um alto investimento, que no futuro será usufruído pelo proprietário do parque industrial, a não ser que seja realocado para ser utilizado em outro alto-forno com as mesmas características. Essa abordagem pode ser aplicada para os demais setores do parque industrial. Salvo exceções, as empresas arrendadas possuem menos sistemas de controle ambiental.

A Figura 5.13 apresenta as emissões atmosféricas, em termos de material particulado, nos altos-fornos arrendados e próprios, demonstrando serem pouco maiores na primeira situação, resultado diferente do esperado, assim como o gráfico da Figura 5.11, uma vez que sistemas de despoeiramento mais eficientes como os lavadores de gases (mais presentes nas plantas operadas pelo proprietário) deveriam apresentar resultados de automonitoramento bem menores que sistemas de despoeiramento à seco.

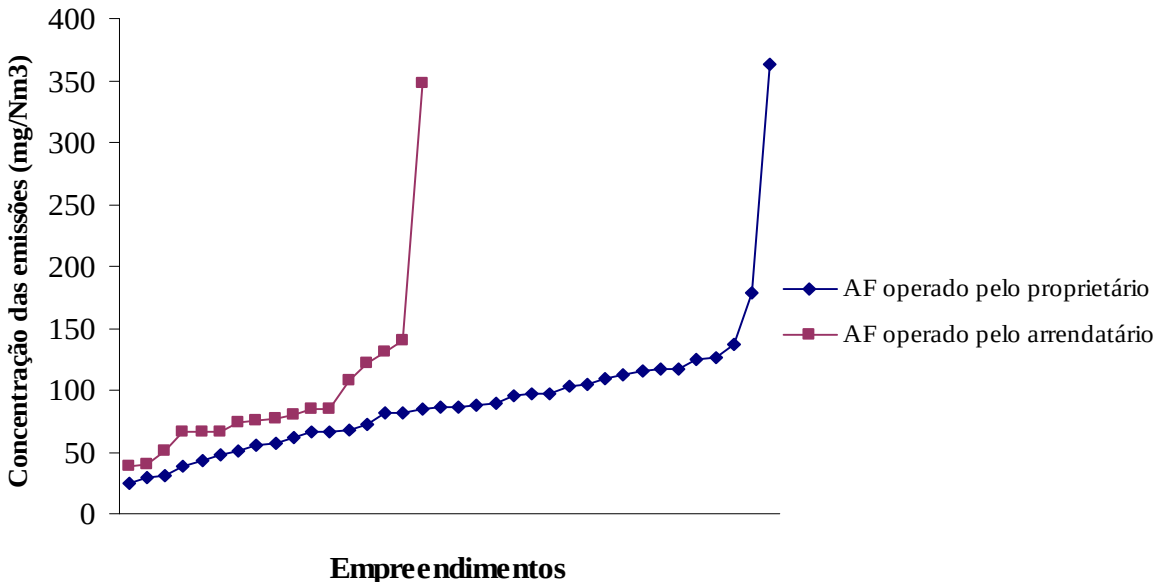


Figura 5.13 – Médias de emissões atmosféricas em altos-fornos operados pelo proprietário e por arrendatários das siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais no ano de 2008

Conforme pode ser visto na Figura 5.11, nove empreendimentos apresentaram médias anuais de emissões atmosféricas no alto-forno abaixo de 50mg/Nm^3, sem terem sido introduzidas modificações em suas casas de máquinas, visando o aumento de pressão de topo do alto-forno. Partindo dessa premissa, todos os altos-fornos seriam capazes de atingir tal padrão. Entretanto, segundo especialistas do setor, para alcançar esse padrão é necessário aumentar a pressão de topo existente nos altos-fornos, alterando a sala de máquinas.

Em altos-fornos contínuos, atingir esse padrão de emissão pode ser mais complicado, uma vez que, ao aumentar a pressão de topo no alto-forno, o nível de ferro gusa no cadinho diminuiria bastante, passando a ocorrer vazamento de escória junto com o gusa, em um forno que foi projetado para ter corrida de ferro gusa e vazamento de escória em canais distintos, ao contrário do que ocorre em fornos intermitentes.

Cabe ressaltar que a Resolução CONAMA nº 382/2006 que "*estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas*", fixou padrão de emissão igual a 50mg/Nm^3 para altos-fornos a carvão vegetal, porém para aqueles equipamentos instalados em siderúrgicas integradas e semi-integradas. Em diversos países, principalmente na Europa, os padrões de emissão para os altos-fornos são ainda mais restritivos.

Quanto à localização de empreendimentos desse setor, o município de Sete Lagoas é o mais prejudicado em termos de emissões atmosféricas. Comparando as emissões provenientes de altos-fornos instalados nos municípios de Sete Lagoas e Divinópolis, principais pólos de produção de ferro gusa do Estado de Minas Gerais, observa-se que o nível das emissões é

mais elevado na cidade de Sete Lagoas. Além disso, são quarenta altos-fornos instalados em Sete Lagoas contra dezoito em Divinópolis. As médias das concentrações de material particulado emitido nos altos-fornos de empreendimentos localizados em Sete Lagoas também são superiores que aquelas observadas nos demais vinte e cinco municípios que abrigam plantas siderúrgicas não-integradas, conforme mostrado na Figura 5.14.

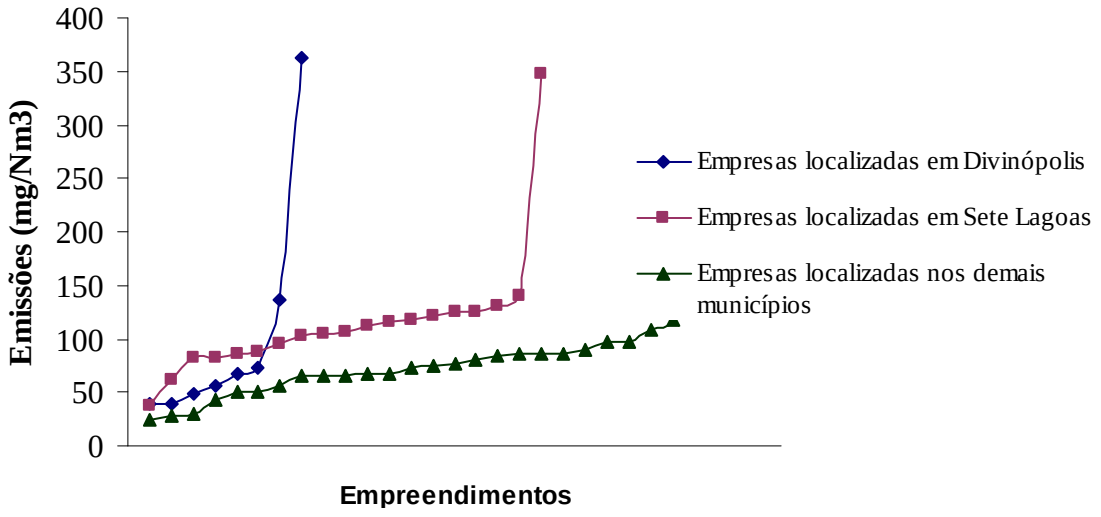


Figura 5.14 – Médias de concentração de emissões atmosféricas nos altos-fornos das siderúrgicas não-integradas, em 2008, de acordo com a localidade

As empresas de Sete Lagoas, em atendimento ao Ministério Público do Estado de Minas Gerais, implantaram, recentemente, uma rede de monitoramento da qualidade do ar, que começou a operar em agosto de 2009, em quatro estações semi-automáticas. Em uma das estações são medidas as concentrações de PTS (partículas totais em suspensão) e PM_{10} (partículas inaláveis menores que 10 mícrons), e nas demais, somente partículas inaláveis (PM_{10})[24]. Cabe salientar que a implantação de uma rede de monitoramento na região foi objeto de discussão desde a publicação da DN COPAM nº 49/2001.

Já as empresas de Divinópolis realizam monitoramento da qualidade do ar por meio de uma rede conjunta composta de treze equipamentos do tipo *hi-vol*. Tal equipamento mede apenas PTS, excluindo análises das concentrações de PM_{10}.

Segundo a Resolução CONAMA nº 03/1990 e a Deliberação Normativa COPAM nº 01/1981, os padrões primários para as concentrações média diária e média geométrica anual para o parâmetro PTS são, respectivamente, 240µg/m³ e 80µg/m³. Para o poluente

[24] As partículas maiores que 10µm, quando respiradas, não atingem os pulmões, ficando retidas nas vias respiratórias superiores e são expelidas sem grandes dificuldades, enquanto as menores que 10µm atingem os pulmões ficando alojadas nos alvéolos.

partículas inaláveis, a média diária é igual 150µg/m³ e a média aritmética anual igual a 50µg/m³. A Tabela 5.3 apresenta o Índice da Qualidade do Ar (IQA) para cada um dos poluentes previstos na Resolução CONAMA nº 03/1990. Deve-se destacar que os índices de qualidade do ar menores que 50 indicam que a qualidade do ar na região monitorada praticamente não oferece riscos à saúde humana (CETESB, 2009).

Tabela 5.3 – Índice da Qualidade do Ar por poluente

PTS (µg/m³)	SO_2 (1) (µg/m³)	PM_{10} (µg/m³)	CO (2) (ppm)	O_2 (3) (µg/m³)	NO_2 (3) (µg/m³)	Índice de Qualidade do Ar	Qualidade do Ar	Cor de Referência
0-80	0-80	0-50	0-4,5	0-80	0-100	0-50	**Boa**	
81-240	81-365	51-150	4,6-9,0	81-160	101-320	51-100	**Regular**	
241-375	366-800	151-250	9,1-15,0	161-200	321-1130	101-199	**Inadequada**	
376-625	801-1600	251-420	15,1-30,0	201-800	1131-2260	200-299	**Má**	
626-875	1601-2100	421-500	30,1-40,0	801-1000	2261-3000	300-399	**Péssima**	
≥ 875	≥ 2100	≥ 500	≥ 40,0	≥ 1000	≥ 3000	≥ 400	**Crítica**	

(1) média de 24 horas
(2) média máxima de 8 horas
(3) valor máximo de 1 hora
Fonte: Adaptada CETESB (2009); FEAM (2009).

A Figura 5.15 apresenta o IQA medido durante todo o ano de 2008, nas treze estações de monitoramento instaladas em Divinópolis. Devido ao grande número de estações, o gráfico ficou saturado, mas é suficiente para mostrar que a qualidade do ar piorou entre os meses de maio e outubro, com predominância da qualidade do ar classificada como *Regular* (entre as linhas vermelha e amarela na Figura 5.15), coincidindo com o *boom* do mercado de ferro gusa, que correspondeu ao período de junho a setembro, até o surgimento da crise econômica global. Nesse período, praticamente todas as siderúrgicas não-integradas operaram com capacidade plena. Além disso, o período coincide com o inverno, quando as condições meteorológicas são desfavoráveis à dispersão dos poluentes atmosféricos, contribuindo para piorar a qualidade do ar, e a época de estiagem na região.

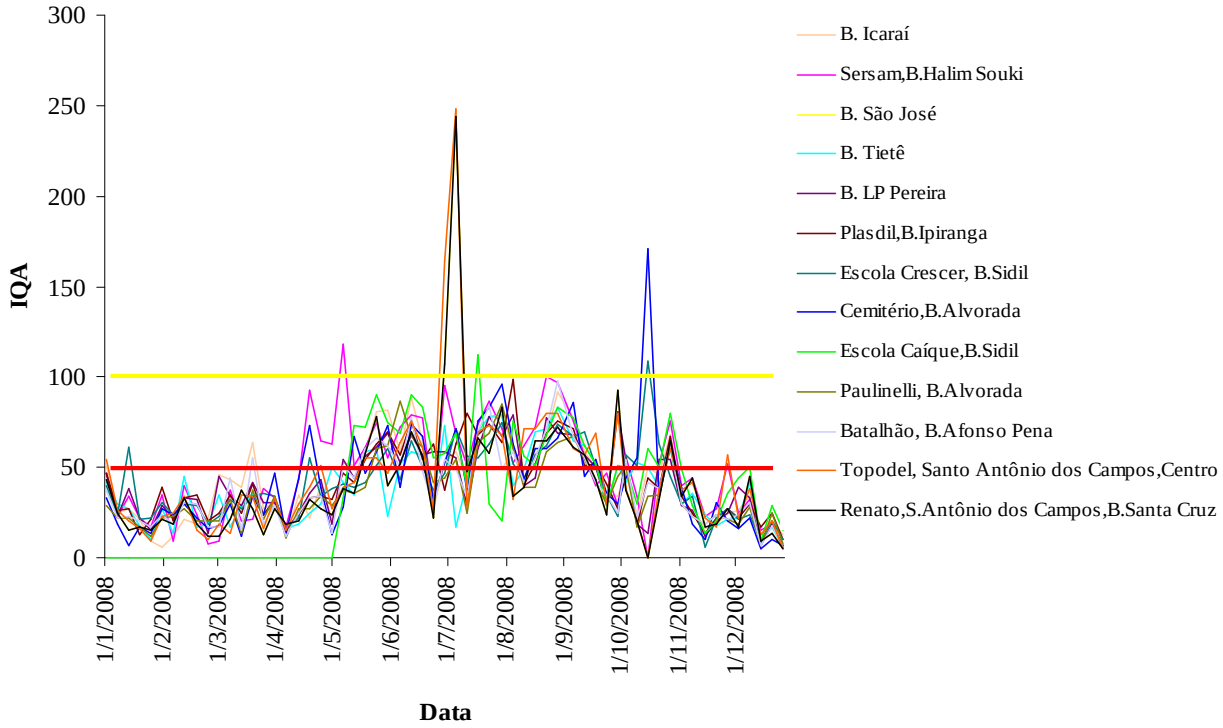


Figura 5.15 – IQA medido nas treze estações de monitoramento da qualidade do ar instaladas no município de Divinópolis

Das treze estações de monitoramento, apenas a instalada na Escola Caíque, localizada no Bairro Sidil, apresentou média geométrica anual para o parâmetro PTS superior a 80µg/m³. À exceção de duas estações que apresentaram médias geométricas anuais mais elevadas, as demais apresentaram concentração média anual entre 52µg/m³ e 62µg/m³. Em relação à média diária, verificou-se que o padrão de 240µg/m³ foi ultrapassado em três estações, duas vezes no ano.

Quando a qualidade do ar torna-se *Regular*, é possível que surjam problemas de saúde em pessoas mais sensíveis, sendo esse efeito maximizado nos meses de estiagem, por a umidade relativa do ar ser reduzida, podendo ocorrer complicações no sistema respiratório e no sistema imunológico, principalmente em crianças e idosos.

Conforme já mencionado no trabalho, segundo a DN COPAM nº 49/2001, o monitoramento da qualidade do ar deve ser realizado para o poluente partículas inaláveis. Entretanto, apenas uma siderúrgica não-integrada em Minas Gerais implantou uma estação para medição de PM_{10}, sendo todas as demais estações para medição de PTS.

Além da rede de monitoramento de Divinópolis, em mais oito municípios do Estado existem estações de monitoramento operadas por siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal. A

Tabela 5.4 apresenta o resumo dos resultados de amostragem das estações referente ao ano de 2008.

Tabela 5.4 – Estações de monitoramento da qualidade do ar das siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais

Empreendimento	Município	Nº estações (equipamento)	Média geométrica ano 2008 ($\mu g/m^3$)	Ultrapassado limite máximo diário mais de uma vez em 2008	Observações
Citygusa	Pedro Leopoldo	1 (hi-vol)	125,6	Sim	-
Siderprata	Lagoa da Prata	1 (hi-vol)	115,2	Sim	-
Pitangui	Pitangui	2 (2 hi-vol)	128,8; 109,6	Sim. Nas 2 estações	Foram encontrados registros no SIAM apenas de monitoramentos dos meses de julho a outubro
Cosimat	Matozinhos	2 (2 hi-vol)	116,9; 100,5	Sim. Nas 2 estações	-
Simar	Maravilhas	2 (2 hi-vol)	41,9; 54,1	Não	-
Alterosa	Pará de Minas	2 (2 hi-vol)	83,9; 72,4	Não	Foram encontrados registros no SIAM apenas de monitoramentos dos meses março, julho e novembro
Metalsider	Betim	4 (3 hi-vol e 1 PM_{10})	69; 94; 94; 59 (PM_{10} - média aritmética)	Sim. Em duas estações	-
Rede composta pelas siderúrgicas Santo Antônio, Minasgusa, Itametal e Ferguminas	Itaúna	6 (6 hi-vol)	24,9; 45,7; 35,5; 56,9	Não	Foram encontrados registros no SIAM apenas de monitoramentos dos meses janeiro e fevereiro e duas estações não foram monitoradas
Rede composta pelas siderúrgicas Valinho, São Luiz, Divigusa, Mat-Prima, Álamo, Fundivale, Unisider, Ferdil, TMG e Ferroeste	Divinópolis	13 (13 hi-vol)	60,5; 70; 54,2; 55,8; 59,3; 62; 60,1; 55,9; 83,8; 52,3; 54,2; 60,4; 54,2	Sim. Em três estações	-

Conforme pode ser observado, das trinta e uma estações de monitoramento da qualidade do ar instaladas pelas usinas siderúrgicas, dezessete apresentaram resultados que atenderam aos padrões de qualidade do ar estabelecidos na legislação, no ano de 2008. Pode-se constatar

também que, em várias delas, o padrão média geométrica anual para PTS foi ultrapassado várias vezes e o padrão média aritmética anual para PM_{10} foi ultrapassado na única estação de monitoramento que analisa concentração desse poluente.

Em geral, as siderúrgicas não-integradas alegam a influência de outros fatores para justificar os resultados, tais como a ocorrência de queimadas na região e o tráfego de veículos em vias públicas não asfaltadas, mas é bem provável que os altos-fornos contribuam com parcela significativa para a piora da qualidade do ar, haja vista o que já foi discutido ao longo do trabalho.

5.3 Consumo de carvão vegetal

O carvão vegetal, principal termo-redutor empregado nas indústrias siderúrgicas não-integradas, é produzido a partir da carbonização da madeira de origem nativa ou de reflorestamento. O consumo de carvão vegetal pode ser realizado de maneira mais sustentável se o insumo é obtido a partir das florestas artificiais de eucalipto. Segundo o SINDIFER (2008), o Brasil tem a maior área de plantio de eucalipto do mundo, totalizando cerca de cinco milhões de hectares, e também lidera o consumo mundial de biomassa lenhosa.

A utilização de carvão vegetal como termo-redutor no processo de redução do minério de ferro, quando realizada de maneira sustentável, tem como conseqüência uma série de vantagens para o Brasil (MORAIS, 2008): (a) é fonte de energia renovável, (b) é um insumo totalmente nacional, que, diferentemente do coque metalúrgico, deve ser fabricado a partir de carvão mineral importado, visto que o carvão brasileiro não é má qualidade, (c) o reflorestamento de eucalipto promove a ocupação de extensas áreas de terra disponíveis e impróprias para outras culturas, além de criar milhares de empregos diretos e indiretos.

A elevada utilização do eucalipto nos reflorestamentos se deve ao seu rápido crescimento – a cada sete anos é realizado o seu corte – e a sua boa adaptação às condições edafo-climáticas encontradas em algumas regiões brasileiras. Além disso, o eucalipto tem maior densidade que a madeira de pinus (BACHA; BARROS, 2004).

No Brasil, as espécies *Eucalyptus grandis, Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla* representam 55%, 17% e 9% de todo o eucalipto plantado (MORAIS, 2008). Dessa forma, os dados utilizados neste trabalho serão baseados na espécie predominante.

Em Minas Gerais, o primeiro plantio comercial de eucalipto foi realizado pela antiga Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, no município de Santa Bárbara, em 1949 (AMS, 2009), entretanto a opção pela produção de carvão vegetal utilizando florestas com espécies exóticas de eucalipto, intensificou-se em meados da década de 1960, devido aos incentivos fiscais do governo federal e à obrigatoriedade legal, estabelecida no Código Florestal (COELHO *et al.*, 2006). Além disso, na década de 1970, houve grande valorização da biomassa como insumo energético devido às conseqüências dos choques do petróleo.

Em 1990, a área de florestas plantadas no Brasil era de, aproximadamente, 6 milhões de hectares, entretanto, no decorrer da década houve uma redução média da área plantada de 1,5% ao ano, passando para 5,1 milhões em 2000, devido, principalmente, à conversão da terra para outros usos, como agricultura e pecuária, com o objetivo de obter maior retorno econômico em curto prazo, apoiado em incentivos do governo federal.

Segundo Relatório Anual da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas - ABRAF, em 2008, a área de florestas plantadas com eucalipto e pinus no Brasil era de 6,1 milhões de hectares, sendo o Estado de Minas Gerais detentor da maior parcela, com 1,4 milhões de hectares, seguido pelos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Bahia (Anexo L). A Figura 5.16 apresenta a distribuição das áreas de florestas plantadas no Brasil em 2008.

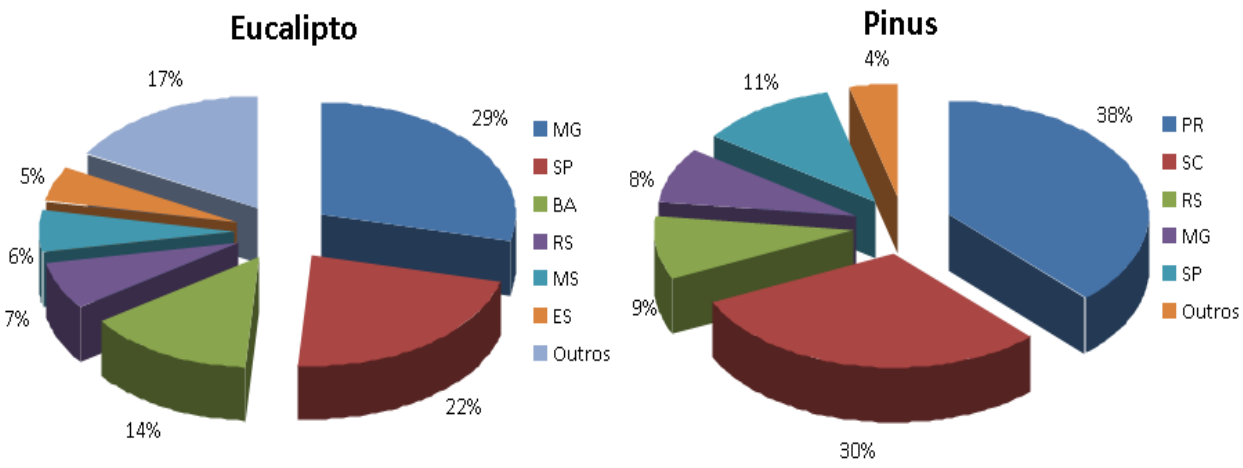


Figura 5.16 – Distribuição das áreas de florestas plantadas com eucalipto e pinus no Brasil por estado, em 2008

Fonte: Adaptado ABRAF, 2009.

Os cincos principais agentes reflorestadores do Brasil são a indústria de celulose e papel, a indústria siderúrgica, a indústria de produtos sólidos da madeira, os governos (fomento por

meio de institutos florestais) e os pequenos produtores. Em Minas Gerais, a maior parte dos plantios destina-se à fabricação de carvão vegetal para fins siderúrgicos (16%) e à produção de celulose (79%), segundo Morais (2008).

Para garantir o suprimento, as empresas vêm estabelecendo reflorestamentos em várias regiões do país. As siderúrgicas, ao contrário das empresas de celulose, ainda dependem de matéria-prima oriunda de florestas plantadas e de florestas nativas, pois seus plantios não são capazes de atender a demanda dos altos-fornos.

Segundo Sablowski (2008), em 2000, o estoque de área plantada das siderúrgicas no país era de cerca de 950 mil hectares, área suficiente para garantir a produção sustentável anual de 23,8 milhões de metros cúbicos de madeira. Dados da ABRAF (2006) indicam que, em 2010, para atender a demanda do setor siderúrgico, serão necessários 53 milhões de metros cúbicos de carvão vegetal, sendo que, em 2006, foram produzidos apenas 18 milhões de mdc[25] (MORAIS, 2008).

5.3.1 Área necessária para suprir demanda de carvão vegetal nas siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais com florestas plantadas

Em Minas Gerais, aproximadamente 230 mil hectares de florestas plantadas destina-se à fabricação de carvão vegetal para as usinas siderúrgicas, ou seja, 16% da área de plantio existente. Destaca-se que várias siderúrgicas possuem fazendas de reflorestamento em outros Estados brasileiros.

Para ampliar a análise sobre o consumo de carvão vegetal pelas usinas siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais, foi calculada a área para plantio de eucalipto necessária para suprir totalmente a demanda de carvão vegetal, tomando como referência a produção de ferro gusa em 2008, conforme detalhado a seguir:

1. Produção de ferro gusa nas siderúrgicas não-integradas em Minas Gerais em 2008: 5.213.303 toneladas;

2. Consumo específico de carvão para produção de ferro gusa: 2,74 mdc de carvão vegetal por tonelada de ferro gusa, correspondente ao valor médio encontrado no estudo de campo;

[25] mdc = metros cúbicos de carvão vegetal ou metros cúbicos de madeira

3. Consumo total de carvão vegetal: 14.284.450mdc de carvão vegetal (2,74mdc por tonelada de ferro gusa x 5.213.303 toneladas de ferro gusa produzidas);

4. Consumo específico de madeira para produção de carvão vegetal: 1,2m^3 de madeira (A média de produtividade na carbonização da madeira é de 1,8 estéreo por 1mdc de carvão vegetal. Como 1,5 estéreo equivale a, aproximadamente, 1m^3 (JASPER, 2009), para produzir 1mdc de carvão vegetal, são necessários 1,2m^3 de madeira). Na Figura 5.17 estão destacadas as medidas cúbicas da madeira;

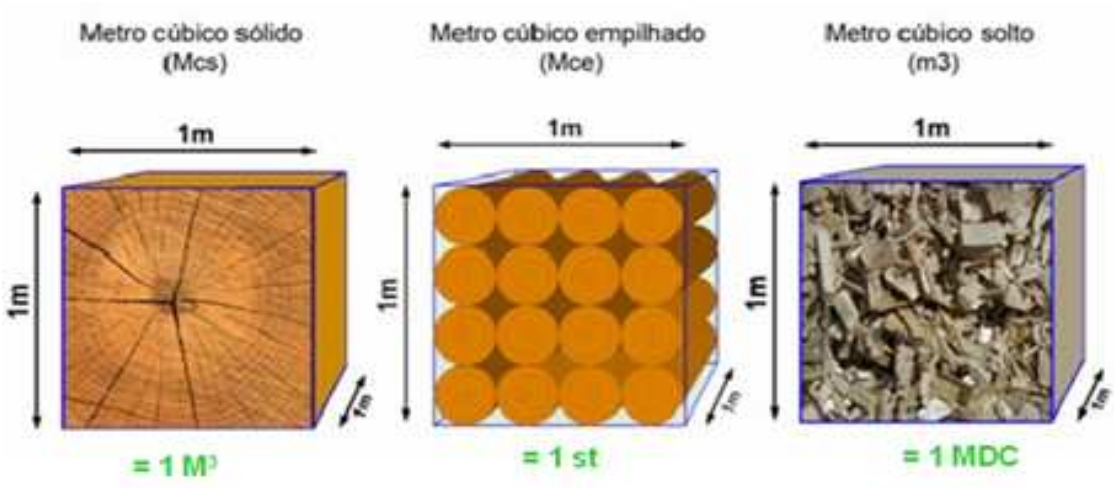


Figura 5.17 – Medidas cúbicas da madeira

Fonte: SESOLUTIONS, 2008.

5. Volume total de madeira para a fabricação de carvão vegetal: 17.141.340m^3 (1,2m^3 de madeira/mdc de carvão vegetal x 14.284.450mdc de carvão vegetal);

6. Produção Florestal específica: 41m³/ha.ano. Segundo a ABRAF (2009), o incremento médio anual (IMA)[26] do eucalipto aumentou 120% desde 1980, saindo de 25m³/ha.ano, com a expectativa de atingir 55m³/ha.ano em 2010. Tal indicador evidencia maior produção de madeira por hectare, reduzindo a necessidade de área plantada. Atualmente o incremento médio anual no Brasil é de 41m³/ha.ano, conforme apresentado na Figura 5.18. Segundo o *Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC (2003), o IMA médio é igual a 32,5m³/ha.ano, mas pode variar de 15m³/ha.ano a 50m³/ha.ano;

[26] IMA – volume produzido em função da idade dividido pela idade da floresta em anos – IMA = V/t

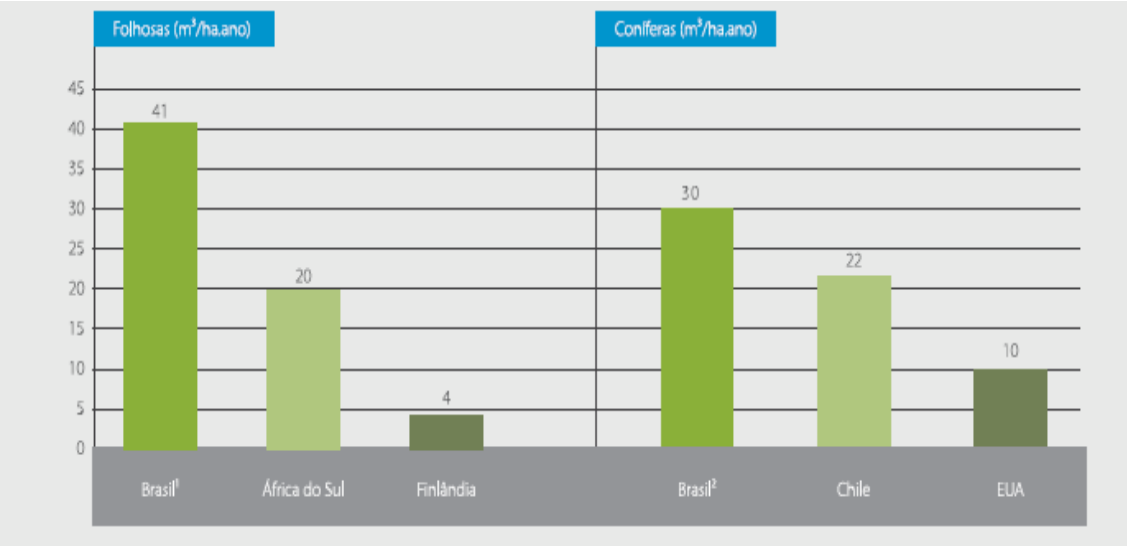


Figura 5.18 – Incremento médio anual de florestas exóticas no Brasil e outros países
Fonte: ABRAF, 2009.

7. Total de produção florestal necessária: 418.081ha/ano plantados (17.141.340m^3 / 41m^3/ha.ano);

8. Área total necessária: 698.195ha (Há necessidade de área adicional entre 43% e 67% destinadas a reserva legal, lagos, matas ciliares, corredores ecológicos, acessos etc. (MORAIS, 2008). O valor estimado é o mais conservador);

9. A área total do território de Minas Gerais é de 59.000.000ha (MORAIS, 2008), portanto a área total necessária para que o setor siderúrgico não-integrado a carvão vegetal seja auto-sustentável equivale a 1,18% do território mineiro.

Cabe ressaltar que os cálculos foram realizados sem considerar a queda de produtividade entre o primeiro, segundo e terceiro cortes da madeira, que é realizado de sete em sete anos. Levando-se em conta esse fator, haverá um aumento da área necessária ao plantio devido a essa perda de produtividade (MORAIS, 2008). Além disso, é bastante comum adotar 3mdc/t para o consumo específico de carvão vegetal e, para o incremento médio anual de área plantada, pode-se utilizar valores mais conservadores, os quais aumentarão a área de plantio necessária ao abastecimento sustentável das usinas a carvão vegetal.

Considerando um alto-forno de tamanho médio, de volume útil de 119m^3, com capacidade instalada de 250 toneladas de ferro gusa por dia, e com base nos resultados apresentados anteriormente, seria necessária uma área de, aproximadamente, 5.854ha para plantar

eucalipto, considerando uma produção anual equivalente a 80% da capacidade instalada. Somando a área adicional (reserva legal e outros fins) totalizariam 9.776ha.

Conforme já discutido, a crise financeira mundial atingiu de forma significativa o setor de siderurgia não-integrada em Minas Gerais a partir de outubro de 2008, portanto a produção do ano foi subestimada em relação aos demais anos. Considerando uma produção anual de 6 milhões de toneladas, seria necessária uma área de 481.171ha, e, considerando a área adicional, o valor sobe para 803.556ha.

A área total necessária para garantir o suprimento de carvão vegetal para as siderúrgicas não-integradas em Minas Gerais também pode ser calculada da seguinte maneira:

1. Produção de ferro gusa nas siderúrgicas não-integradas em Minas Gerais em 2008: 5.213.303 toneladas;

2. Consumo específico de carvão vegetal para produção de ferro gusa: 2,74mdc/t de ferro gusa;

3. Consumo total de carvão vegetal: 14.284.450mdc;

4. Consumo específico de madeira para produção de carvão vegetal: 1,2m^3 madeira /mdc carvão vegetal;

5. Quantidade total necessária de madeira: 17.141.340m^3;

6. Volume de uma árvore de eucalipto no sétimo ano (ano de corte): 0,318 m^3.

$$Vr = \pi \frac{D^2}{4} .H.FF \qquad (5.1)$$

onde:

D = Diâmetro da árvore a altura do peito,
H = altura da árvore,
FF = fator de forma[27]

[27] Fator de forma é o volume real da árvore dividido pelo volume do cilindro, sendo adotado para o caso em questão 0,5

Considerou-se o eucalipto no sétimo ano com diâmetro de 18cm e altura de 25m. Como o volume foi calculado considerando cada árvore como um cilindro, utilizou-se o fator de forma;

7. Árvores necessárias para suprir o consumo de madeira: 53.903.585 árvores (17.141.340m^3 / 0,318m^3);

8. Total de árvores de eucalipto em 1ha de floresta: 1111 árvores (considerando espaçamento de 3 x 3m);

9. Área necessária para auto-suprimento de carvão vegetal no Estado de Minas Gerais: 48.518ha (53.903.585 árvores / 1111 árvores/ha);

10. Considerando 7 anos de crescimento: 339.627ha (7 x 48.518ha);

11. Área total necessária, considerando área adicional de 67%: 567.177ha (1,67 x 339.627ha).

Analisando os resultados encontrados nas duas seqüências de cálculo, conclui-se que, para atender uma produção de ferro gusa equivalente ao ano de 2008, é necessária uma área plantada de, aproximadamente, 400 mil hectares, sem contar a área adicional.

5.3.2 Situação do carvão vegetal em Minas Gerais

Os valores da atual razão entre madeira com origem em floresta plantada ou em floresta nativa são conflitantes. Fontes *et al.* (2005) citam que a maior parcela de carvão vegetal produzida e consumida no país provém de florestas plantadas, 74% contra 26% de florestas nativas. A AMS (2009) indica uma relação de consumo de carvão vegetal da ordem de 52,2% para o carvão com origem de floresta nativa e 47,8% de floresta plantada. Conforme o levantamento realizado neste trabalho, no ano de 2008, 44% do carvão vegetal consumido nas siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais era de origem nativa, enquanto 56% veio de florestas plantadas. Porém, apenas 24% refere-se ao carvão vegetal produzido e consumido pelas próprias siderúrgicas, conforme mostrado na Figura 5.19. Cabe ressaltar que as informações foram fornecidas pelas siderúrgicas[28].

[28] O Anexo F apresenta tabela referente ao consumo de carvão vegetal em cada uma das siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais no ano de 2008.

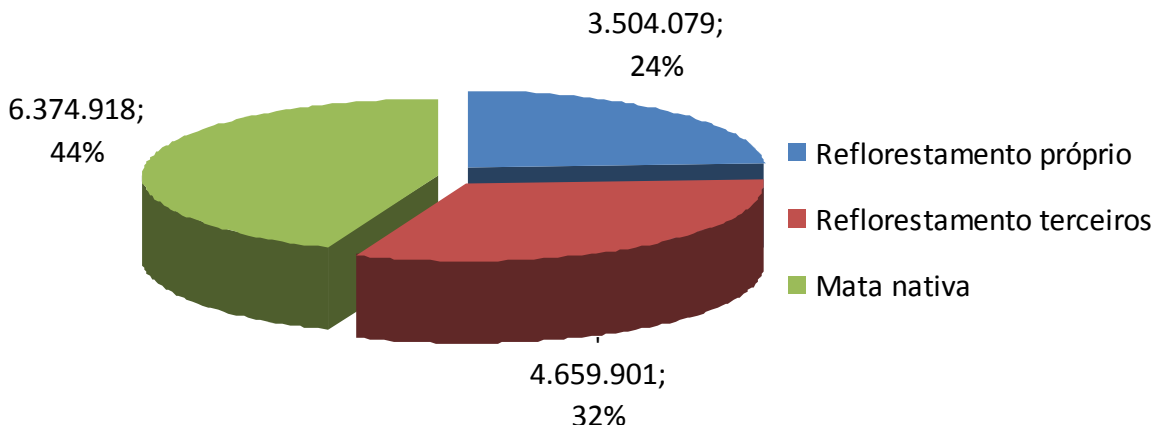


Figura 5.19 - Procedência do carvão vegetal utilizado nas siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais em 2008 (mdc)

Os dados do Governo de Minas Gerais (José Carlos Carvalho, Secretário de Meio Ambiente, citado por CHIARETTI, 2009), indicam que aproximadamente 50% do carvão vegetal produzido no Estado vêm de florestas plantadas, mas segundo o próprio Secretário, suspeita-se que o volume de carvão proveniente de matas nativas esteja subestimado nessa estatística.

O Estado de Minas Gerais destaca-se no cenário nacional como o maior produtor e consumidor de carvão vegetal em razão do seu parque siderúrgico. Segundo Castro (2009), atualmente, 70% do carvão vegetal consumido no Estado abastece as siderúrgicas não-integradas.

O consumo de carvão vegetal, em Minas Gerais ocorre, basicamente, na produção de ferro gusa e de ferro liga, sendo que, segundo a AMS (2009), 93,8% são consumidos nas siderúrgicas. Nessas empresas, o carvão vegetal equivale a 70% do preço da tonelada de gusa (COELHO *et al.*, 2005). Conforme mostrado na Figura 5.20, em 2008, o preço médio do metro cúbico de carvão vegetal de florestas plantadas foi de R$131,00. Como são necessários, em média, 2,74mdc de carvão vegetal para produzir uma tonelada de ferro gusa, são gastos, aproximadamente, R$360,00. Considerando o preço da tonelada do ferro gusa igual a R$500,00[29], o carvão vegetal representaria cerca de 70% do preço do ferro gusa.

[29] Preço mínimo de venda, segundo informado por empresários do setor.

Figura 5.20 - Evolução mensal do preço médio do carvão vegetal de florestas de eucalipto em 2008 (US$ e R$/mdc)

Fonte: ABRAF, 2009.

Como já destacado, a crise financeira mundial atingiu drasticamente o setor de siderurgia não-integrada no quarto trimestre de 2008, tendo repercutido, também, no preço do carvão vegetal, que, com um recorde de US$ 114,50/mdc, em julho de 2008, despencou para US$ 34,17/mdc em dezembro do mesmo ano, decorrente da redução brusca do consumo nas plantas siderúrgicas, conforme ilustrado na Figura 5.20.

Ressalta-se que o preço do carvão vegetal varia em função da localização dos produtores. As diferenças de preços estão principalmente atreladas às distâncias entre a região produtora de carvão vegetal e o parque industrial (COELHO *et al.*, 2005).

Conforme Sablowski (2008), a margem de lucro das siderúrgicas aumenta muito quando elas utilizam carvão de mata nativa. Em novembro de 2007, o preço máximo praticado para esse insumo, segundo um fornecedor de Campo Grande, MS, foi de R$75,00 o metro cúbico, 43% mais barato do que o carvão de eucalipto.

Dessa forma, essa diferença de preço, aliada à insuficiência da oferta de eucalipto, demonstra que as indústrias siderúrgicas representam severa ameaça às matas nativas brasileiras. Por exemplo, tem-se verificado que na região Amazônica, Sul da Bahia, Norte de Minas Gerais, e nos Estados de Goiás e Mato Grosso do Sul, a produção de carvão vegetal tem causado intenso desmatamento, além de problemas sociais, dos quais destaca-se o trabalho escravo.

Na Amazônia, a maior das florestas primárias remanescentes, nos últimos quatro anos, foram desmatados mais de 77 mil km^2, área pouco maior que a soma das áreas dos Estados de Rio Grande do Norte e de Sergipe (MORAIS, 2008). No Pólo de Carajás, devido ao uso de carvão vegetal de origem ilegal, sonegação da origem e não cumprimento da reposição florestal, as siderúrgicas foram multadas pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA – em R$500 milhões, em janeiro de 2006 (SABLOWSKI, 2008). Em Minas Gerais, o maior responsável pelo desmatamento ocorrido no Estado no ano de 2006 foi o setor siderúrgico (AMDA, 2009).

Em junho de 2008, uma operação do IBAMA identificou um consumo de 800 mil metros cúbicos de carvão ilegal por cinqüenta e cinco siderúrgicas de Minas Gerais, quatro de Mato Grosso do Sul e uma do Espírito Santo, somente no ano de 2007. As siderúrgicas foram multadas em R$ 414,7 milhões.

O desmatamento de matas nativas foi tão intenso no passado, que a obtenção de carvão vegetal de madeira de mata nativa está se tornando difícil. A mata nativa está cada vez mais escassa, principalmente em regiões próximas às usinas siderúrgicas, pois grande parte do desenvolvimento agropecuário já se encontra estabelecido nessas áreas. A conseqüência disso é o aumento da distância entre as carvoarias e as siderúrgicas, que muitas vezes são superiores a 1.000km. Tal situação tem levado algumas siderúrgicas a se empenharem no estabelecimento de programas de reflorestamento, sendo que algumas delas já tornaram-se auto-sustentáveis.

Entretanto, a grande maioria do setor de siderurgia não-integrada do Estado de Minas Gerais é dependente do carvão vegetal de origem nativa, amparado muitas vezes pelas legislações ambientais, já que mesmo após quarenta e três anos da instituição do Código Florestal Brasileiro, ainda era possível consumir 100% de carvão de matas nativas.

Em Minas Gerais, somente em 1991 foi aprovada a primeira lei florestal, que estabeleceu prazo de sete anos para o setor siderúrgico tornar-se auto-suficiente na produção de carvão vegetal oriundo de florestas plantadas. Entretanto, em 2002, essa lei foi alterada pela Lei Florestal nº 14.309/2002, que representou uma anistia para as empresas do segmento, permitindo o consumo ilimitado de carvão de florestas nativas, desde que pagassem em dobro a reposição florestal (FIRMINO; MORAIS, 2009).

Em setembro de 2009 foi publicada a Lei nº 18.365/2009, que altera a Lei nº 14.309/2002. A criação de mecanismos para eliminar a supressão de vegetação nativa é um dos destaques da nova Lei, que estabelece a redução gradual do consumo de carvão vegetal proveniente de matas nativas pelas empresas até atingir o máximo de 5% a partir 2018**.** Entre os anos de 2009 e 2013, as siderúrgicas poderão utilizar, no máximo, 15% de seu consumo anual total procedentes de florestas nativas. Entre 2014 e 2017, o percentual máximo será de 10%. Já as novas empresas que se instalarem no Estado já terão de comprovar que seu consumo de carvão vegetal é de 95% proveniente de florestas plantadas. As siderúrgicas que optarem por manter o consumo de matéria-prima florestal nativa, até o limite de 15%, terão de observar novos critérios de reposição. A utilização de 12 a 15% de consumo total proveniente de mata nativa exige a reposição do triplo do consumido, ou seja, plantar três árvores para cada utilizada. Para a faixa entre 5 e 12%, a reposição será mantida com o dobro do consumido. Para o consumo de até 5%, a reposição será simples, de um para um. Visto o histórico, cabe o questionamento se, de fato, o prazo será cumprido pelas siderúrgicas não-integradas do Estado.

Conforme os dados obtidos neste trabalho, somente seis siderúrgicas não-integradas informaram que não utilizam carvão vegetal de mata nativa, e 41% disseram que mais de 50% do carvão consumido por elas é de origem nativa. Além disso, três empresas afirmaram ser auto-suficientes em carvão vegetal produzido a partir da floresta plantada e, em doze empreendimentos, mais de 50% do carvão consumido é proveniente de florestas próprias.

O consumo de carvão vegetal por tonelada de ferro gusa produzido varia nas empresas, dependendo da qualidade do carvão vegetal. Conforme o levantamento realizado, o menor consumo específico encontrado foi de 2,2mdc/t de gusa. Já o maior foi de 3,5mdc/t de gusa, enquanto a média foi de 2,74mdc/t de gusa.

Conforme destacado anteriormente, a injeção de finos de carvão vegetal nas ventaneiras do alto-forno reduz o consumo de carvão vegetal em, aproximadamente, 10%, para taxas de injeção de 60kg/t a 80kg/t. Considerando apenas as empresas que realizam essa operação, o consumo específico médio cai para 2,68mdc/t de gusa, ou seja, apenas 2% menor. Já o menor consumo específico encontrado nesses empreendimentos é de 2,3mdc/t de gusa.

Nos últimos anos houve queda no preço do petróleo e do coque metalúrgico no mercado internacional. Aliado a isso, em determinadas épocas do ano, há grandes problemas de fornecimento do carvão vegetal e grande variação de preço desse insumo energético, fazendo

com que as siderúrgicas não-integradas passassem a investir em estudos para a utilização do coque como substituto do carvão vegetal. Para se utilizar 100% de coque nos altos-fornos seriam necessários investimentos que tornariam a operação inviável. Dessa forma, tentou-se contornar os problemas com a utilização de misturas de coque e carvão vegetal, que chegaram a ter até 30% de coque, sem prejuízo para a produtividade do alto-forno.

Em Minas Gerais, vinte e duas siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal utilizam coque de carvão mineral no alto-forno em porcentagens que variam de 5% a 15%. Considerando apenas as empresas que utilizam coque no alto-forno, o consumo médio de carvão vegetal por tonelada de gusa cai para 2,7mdc, valor um pouco inferior ao valor médio de todas as siderúrgicas.

Sete empreendimentos informaram que o consumo específico de carvão vegetal é inferior a 2,4mdc/t de gusa, sendo que apenas uma delas injeta finos de carvão nas ventaneiras e quatro usam coque metalúrgico. Dessa forma, o consumo específico de carvão vegetal apresentado por algumas siderúrgicas pode não condizer com a realidade.

Caso todas as siderúrgicas tivessem operado com o menor consumo específico de carvão vegetal, ou seja, 2,2mdc/t, em 2008, teriam sido consumidos 11.469.267mdc de carvão, ao invés dos 14.538.897mdc informados pelas siderúrgicas. No pior cenário, que corresponde ao maior consumo específico de carvão vegetal, ou seja, 3,5mdc/t de gusa, teriam sido consumidos 18.246.561mdc de carvão vegetal ou fazendo a conversão, aproximadamente 22 milhões de metros cúbicos de madeira. Com relação ao consumo de carvão de matas nativas, por exemplo, adotando-se o cenário mais favorável, tem-se uma economia de aproximadamente 1 milhão de mdc, quando comparado a situação média.

Tais cenários, sintetizados na Tabela 5.5, demonstram a importância de se promover medidas para redução do consumo de carvão vegetal, de modo, principalmente, a reduzir a pressão sobre as florestas nativas.

Tabela 5.5 – Cenários de consumo específico de carvão vegetal nas siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais, com base no ano de 2008

	Produção 2008 (t)	Consumo específico de carvão vegetal obtido no levantamento (mdc/t)			Consumo específico de carvão vegetal obtido na literatura (mdc/t)		Cenários para dados obtidos no levantamento (mdc)			Cenários para dados obtidos na literatura (mdc)	
		Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Máximo	Melhor situação	Situação média	Pior situação	Melhor situação	Pior situação
Ferro gusa	5213303	2,2	2,74	3,5	2,5	3,4	11469267	14284450	18246561	13033258	17725230
Ferro gusa produzido com carvão vegetal de florestas nativas	2293853						5046477	6285158	8028487	5734633	7799101
Ferro gusa produzido com carvão vegetal de florestas plantadas	2919450						6422789	7999292	10218074	7298624	9926129

Assim como para o minério de ferro, o consumo de carvão vegetal também depende de suas propriedades físico-químicas, sendo a principal o teor de carbono fixo, que pode variar de 65% a 75%. Além desse, depende da granulometria, do teor de umidade, do teor de cinzas, da densidade, da resistência à compressão, da taxa de injeção de finos, do emprego de coque de carvão mineral, entre outros.

5.3.3 Balanço de CO_2 no ciclo de fabricação do ferro gusa à carvão vegetal

O efeito estufa é um processo natural responsável pela manutenção do clima na Terra. Devido a sua existência, a temperatura média do planeta fica em torno de 15ºC. Caso contrário, não haveria vida animal na face da Terra, devido às temperaturas extremamente baixas que prevaleceriam. Os gases responsáveis pela elevação natural da temperatura do ar atmosférico são o CO_2, CH_4, N_2O e CFCs, sendo que as ações antrópicas têm contribuído para o aumento de suas concentrações no ar.

No ciclo de fabricação do ferro gusa são gerados CO_2 e CH_4, sendo as principais fontes a carbonização da madeira e a redução no alto-forno. A opção pela energia renovável da

biomassa para produção do ferro gusa contribui para o balanço de CO_2 na atmosfera, com a realização do processo fotossintético.

Fazendo-se a comparação entre o balanço de CO_2 para a siderurgia a coque, e aquela que utiliza carvão vegetal oriundo de florestas plantadas, verifica-se que o resultado para o carvão vegetal é significativamente melhor em termos de emissões de gases de efeito estufa. Com esse objetivo, apresenta-se, a seguir, o resultado do estudo sobre as emissões de CO_2 em toda a cadeia produtiva de ferro gusa, para cada uma das etapas envolvidas no processo.

Emissões de CO_2 na carbonização da madeira

1. A massa dos gases provenientes da carbonização da madeira representa 25% da massa da madeira seca (FERREIRA, 2000). A porcentagem em volume dos principais gases gerados no processo é:

   CO_2 = 62% Metano = 2,43%

   CO = 34% Etano = 0,13%

   Hidrogênio = 0,63%;

2. Conforme já destacado no trabalho, a média de produtividade na carbonização da madeira é de 1,8st/mdc ou 1,2m^3 madeira/mdc;

3. Para realização dos cálculos, adotou-se a densidade de 440kg/m^3 (SANTOS; SANSÍGOLO, 2007) para o *eucalyptus grandis* e 250kg/m^3 (FERREIRA, 2000) para o carvão vegetal. O consumo específico de carvão vegetal para produção de uma tonelada de ferro gusa adotado é de 2,74mdc, conforme já dito anteriormente;

4. 1,2m^3 madeira é convertida em 1mdc. Portanto, 2,74mdc equivalem a 3,288m^3 madeira;

5. Dessa forma, para produzir uma tonelada de ferro gusa, usa-se 3,288m^3 ou 1,45 tonelada de eucalipto (3,288m^3 x 440kg/m^3 / 1.000);

6. Na prática, 5% da massa da madeira enfornada é queimada para aquecer a carga do forno, sendo que a composição da fumaça que é liberada nessa fase é desconhecida. Considerando a pequena massa queimada, supõe-se a conversão completa do carbono

em CO_2 equivalente (FERREIRA, 2000). Esses 5%, equivalem a 0,073t de madeira (0,05 x 1,45). Considerando teor de carbono igual a 43% (SANQUETTA, 2009), são liberadas 0,031 toneladas de C (0,43 x 0,073), que, convertidas para CO_2 – ou seja, multiplicando por 44/12 (massa do CO_2 é 44 e do carbono 12) –, obtém-se 0,115 toneladas de CO_2;

7. Considerando o enfornamento de 1,45t de madeira, usa-se 1,378t de madeira (0,95 x 1,45t). Como 25% da massa correspondem às frações gasosas, obtém-se 0,345 tonelada de gases (0,25 x 1,378t de madeira). Na Tabela 5.6 estão apresentadas informações sobre as emissões de CO_2 durante o processo de carbonização.

Tabela 5.6 – Emissão de CO_2 na carbonização da madeira

Insumo	Emissão
0,073 t madeira (equivalente a 5% da massa da madeira enfornada)	0,115 t CO_2
1,378 t madeira (equivalente a 95% da massa da madeira enfornada)	0,214 t CO_2
	0,117 t CO
	0,008 t CH_4[30] = 0,168 t $CO_{2\ eq}$
	< 0,001 t C_2H_6

8. Total de CO_2 emitido na carbonização da madeira por tonelada de ferro gusa: 0,497t

Atualmente, algumas empresas vêm queimando os gases provenientes da carbonização, em uma câmara de combustão, sendo a energia resultante utilizada na secagem da madeira. O metano que entra na câmara de combustão é convertido em gás carbônico e água, reduzindo o potencial de efeito estufa, processo este já contemplado em projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

[30] CH_4 tem um potencial de efeito estufa vinte e uma vezes o do CO_2 (IPCC, 2006).

Emissão de CO_2 no alto-forno

1. O gás de alto-forno é composto de, aproximadamente, 20% de CO_2, 20% de CO, 1% de CH_4, 3% de H_2 e o restante de nitrogênio, porcentagens em volume. Segundo Jacomino *et al.* (2002), o gás de alto forno, em um caso específico, apresentou a seguinte constituição: CO (20,31%), CO_2 (21,36%), H_2 (4,37%), CH_4 (1,98%) e N_2 (51,98%).

   De acordo com o levantamento realizado neste trabalho, as taxas de emissão de CO_2 variaram de 15% a 24%, sendo a média igual a 20%. Devido à imprecisão dos dados informados pelas siderúrgicas relacionados às emissões de CO_2, já que a maioria delas jamais realizou medições e seu desconhecimento sobre a concentração dos demais gases, para fins do cálculo das emissões de gases no topo do alto-forno serão considerados os valores citados por Jacomino *et al.* (2002).

2. Segundo Castro e Tavares (2004), a relação CO/CO_2 em um alto-forno varia, sendo igual a 1,8 para a pior situação e 0,9 para a melhor situação (alto-forno bem operado). Para os dados citados, a relação é igual a 0,95, aproximadamente igual ao valor informado pelas siderúrgicas que foi 1,0.

3. Para cada tonelada de ferro gusa produzida, são emitidos cerca de 2.000Nm^3 de gases de alto-forno (JACOMINO *et. al* 2002), entretanto esses gases são queimados nos *glendons* e nas tochas. Dentro desses sistemas, ocorrem reações químicas devido à entrada de ar para o fornecimento de oxigênio, promovendo a combustão.

4. Na vazão do gás de alto-forno (GAF) que entra nos *glendons* e nas tochas, a fração correspondente ao CO_2 não sofre combustão, já que o carbono encontra-se completamente oxidado. Nas reações químicas de combustão, tanto o CO como o CH_4 reagem com o oxigênio e formam, respectivamente CO_2 e CO_2 + H_2O, conforme reações abaixo. Dessa forma, a porcentagem final de CO_2 é o somatório das porcentagens de CO_2, CO e CH_4, ou seja 43,65% (20,31% + 21,36% + 1,98%), considerando a combustão completa nos *glendons* e nas tochas.

$$CO + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO_2 \qquad (5.2)$$

$$CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O \qquad (5.3)$$

$$H_2 + ½ O_2 \rightarrow H_2O \quad (5.4)$$

5. Considerando a vazão do gás de alto-forno igual a 2.000Nm^3/t de gusa, a vazão de CO_2 equivale a 873Nm^3/t de gusa (0,4365 x 2.000Nm^3/t).

6. Aplicando a equação geral dos gases,

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (5.5)$$

onde:

P = pressão,
V = Volume,
T = temperatura.

Considerando $P_1 = P_2$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (5.6)$$

sendo que V_1/T_1 refere-se à condição real, enquanto V_2 /T_2 refere-se a condição normal.

Considerando a temperatura ambiente igual 25ºC,

$$V_1 = 952{,}945m^3\ CO_2 / t \text{ de gusa}$$

7. Nas Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP), 1 mol de gás ideal ocupa 22,4L. Portanto,

$$1 \text{ mol de } CO_2 = 44g, \text{ portanto} = 22{,}4L$$

$$952{,}945m^3 = 952.945L = 1.872kg$$

Portanto, na produção de uma tonelada de ferro gusa são emitidos 1.872kg de CO_2 para atmosfera.

Já o IPCC (2006), utiliza fator de emissão de 1,35t de CO_2 para cada tonelada de ferro gusa produzida.

Fixação de CO_2 nas florestas de eucalipto

1. Volume de uma árvore no sétimo ano de crescimento: 0,318m^3 (como demonstrado);

2. Para produzir uma tonelada de ferro gusa são utilizados 3,288m^3 de madeira (como demonstrado), ou seja, aproximadamente dez árvores (3,288m^3 / 0,318m^3);

3. Para estimar a massa de CO_2 absorvida pela planta, adotou-se a metodologia usada pelo IPCC (2003), que quantifica o *estoque de CO_2* por meio da seguinte equação:

$$CO_2 = (V \times D \times FEB) \times (1+R) \times FC \times (44/12) \qquad (5.7)$$

onde:

V = volume comercial, em m^3;

D = densidade específica da madeira, em toneladas de matéria seca por m^3 de volume comercial;

FEB = fator de expansão da biomassa, para conversão de volume comercial para biomassa acima do solo;

R = razão parte aérea da árvore (peso seco da parte aérea em kg) / parte radical (peso seco das raízes em kg);

FC = fração de carbono.

- Volume comercial de uma árvore: 0,318m^3 (valor já adotado no trabalho)
- Densidade do *eucalyptu grandis*: 0,44g/cm^3 (valor já adotado no trabalho)
- FEB: 1,45 (PLANTAR, 2009)
- R = 0,2 (IPCC, 2003)
- Fração carbono na madeira = 0,43 (SANQUETTA, 2009)

Dessa forma, é possível estimar o *estoque de CO_2* por árvore como sendo:

$$CO_2 = (0,318 \times 0,44 \times 1,45) \times (1+0,2) \times 0,43 \times (44/12)$$

CO_2 = 0,3839t por árvore

Como para fabricar uma tonelada de ferro gusa são necessárias dez árvores, utilizando carvão vegetal oriundo de floresta plantada com *eucalyptus grandis*, para cada tonelada de ferro gusa produzida, são fixadas 3,84 toneladas de CO_2.

Para colher a lenha no sétimo ano, é necessário que a floresta tenha seis anos de franco crescimento e permanente plantio. A lenha do sétimo ano alimenta as necessidades de carbono do ciclo de fabricação de ferro gusa, enquanto os seis anos restantes constituem um estoque permanente.

Para realização destes cálculos foi considerada taxa constante de acumulação do carbono ao longo do crescimento do eucalipto. O valor encontrado é similar ao adotado pela Ecosecurities (2008), maior empresa do mundo em negócios com certificados de carbono.

Balanço de CO_2 no ciclo de fabricação do ferro gusa

Considerando os resultados obtidos para a emissão de CO_2, no ciclo de fabricação do ferro gusa (emissões na carbonização da madeira e alto-forno e fixação nas florestas de eucalipto), tem-se o balanço geral das emissões de gases de efeito estufa na cadeia produtiva relativa ao setor.

A Figura 5.21 apresenta um esquema desse balanço de emissões de CO_2. Conforme pode ser observado, para cada tonelada de ferro gusa produzida são fixadas 1,47t de CO_2. Cabe ressaltar que os valores das emissões variam à medida que se modifica a produtividade da carbonização, inclusive com coleta e transformação dos gases e licores pirolenhosos em produtos fixados (SAMPAIO, 2000).

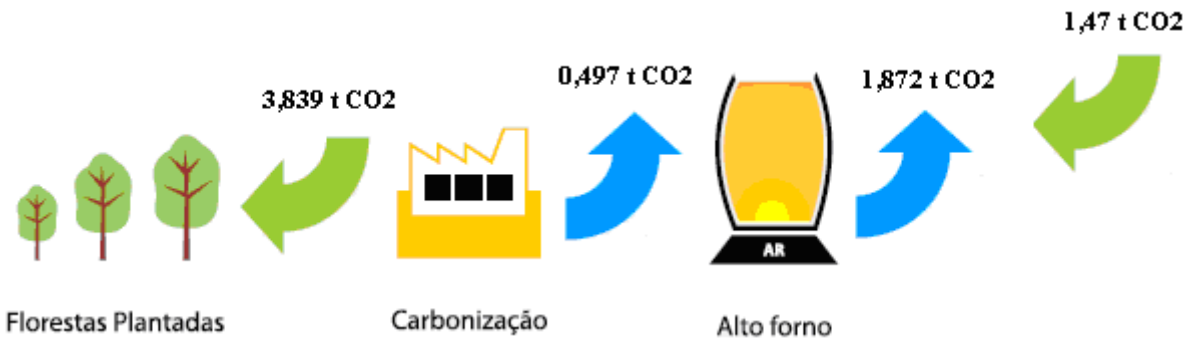


Figura 5.21 – Balanço de CO_2 no ciclo de fabricação do ferro gusa considerando auto-sustentabilidade em carvão vegetal

Já as siderúrgicas que utilizam coque de carvão mineral ao invés de carvão vegetal, emitem, aproximadamente, a mesma quantidade de CO_2, com a diferença de não haver fixação de CO_2 nas florestas plantadas. Dessa forma, pode-se dizer que a opção de produzir ferro gusa a partir do carvão vegetal, quando feito de maneira sustentável, por meio de florestas artificiais, proporciona um ganho ambiental de mais de três toneladas de CO_2 para cada tonelada de ferro produzida.

Além disso, a rota de fabricação de ferro gusa à coque emite grande quantidade de SO_2, que combinada com o vapor d'água contido na atmosfera, forma a chuva ácida que danifica monumentos e construções e causa danos ambientais nos lagos, plantações e florestas (ALTHOFF *et al*., 1999).

Conforme já citado, vinte e duas siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais chegam a utilizar coque em porcentagens que variam de 5% a 15%, em seus altos-fornos, entretanto como o emprego desse insumo não é contínuo, sendo em geral esporádico, não foi considerado nos cálculos aqui apresentados.

Adotando os valores de emissão dos altos-fornos e da carbonização da madeira, no ano de 2008, as siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal de Minas Gerais foram responsáveis pela emissão de 9.759.303 toneladas de CO_2 em seus altos-fornos e 2.591.012 toneladas de CO_2 equivalente na carbonização da madeira, totalizando 12.350.315 toneladas no ciclo completo de fabricação do ferro gusa.

Conforme dados do Inventário de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais (FEAM, 2008), referente ao ano base de 2005, as siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal do Estado emitiram, aproximadamente, 11 milhões de toneladas de CO_2, entretanto, esse valor não foi computado nas emissões totais de CO_2 das atividades desenvolvidas no Estado, pois considerou-se que o CO_2 emitido nos altos-fornos foi equivalente àquele absorvido durante o ciclo de crescimento das plantas. De acordo com o IPCC (2006), a biomassa queimada como fonte de energia deve ser contabilizada e as emissões de CO_2 incluídas no inventário apenas como um item informativo no Setor de Energia, pois se considera que o CO_2 será reabsorvido durante o crescimento da planta.

6 PARÂMETROS E CRITÉRIOS PARA AVALIAR O DESEMPENHO AMBIENTAL DAS USINAS SIDERÚRGICAS NÃO-INTEGRADAS A CARVÃO VEGETAL

O estudo realizado junto ao setor siderúrgico não-integrado de Minas Gerais evidenciou que as plantas industriais operam com diferentes padrões de desempenho ambiental. Desse modo, julgou-se interessante propor *critérios* que pudessem classificá-las, tomando como base os *parâmetros* analisados neste trabalho[31], que, em parte, foram abordados na Deliberação Normativa COPAM nº 49/2001.

Para proposição dos *critérios*, foram utilizados vinte *parâmetros* mais relevantes de controle ambiental do setor. Conforme apresentado e discutido neste estudo, os maiores problemas ambientais do setor siderúrgico não-integrado de Minas Gerais estão relacionados ao "controle de efluentes atmosféricos", ao "gerenciamento de resíduos sólidos industriais" e ao "consumo de carvão vegetal", motivo pelo qual foram considerados como sendo os *parâmetros* mais representativos.

Além desses, também foram consideradas questões referentes à melhoria da qualidade ambiental tais como "certificação ISO", "co-geração de energia elétrica" e "sistema de injeção de finos de carvão vegetal". Por fim, foram contemplados *parâmetros* relacionados ao licenciamento ambiental.

Um dos *parâmetros* considerados − "sistema de drenagem pluvial" −, à primeira vista, refere-se aos efluentes líquidos, entretanto está diretamente relacionado aos efluentes atmosféricos e resíduos sólidos, pois as águas pluviais e de lavagem de vias carreiam material particulado e pó de resíduos do manuseio realizado nos pátios e vias internas. O *parâmetro* "sistema de limpeza das águas de lavagem dos gases" também está diretamente ligado aos efluentes atmosféricos, pois a eficiência da lavagem dos gases relaciona-se com a eficiência do decantador utilizado. Os vinte parâmetros selecionados são apresentados no Quadro 6.1, por grupos.

[31] Parâmetros considerados no *check list* utilizado na investigação, aplicado às sessenta e oito siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais, e informações complementares obtidas junto ao SIAM.

Quadro 6.1 – Parâmetros selecionados no trabalho, divididos por grupos

Item	Grupo	Parâmetro
1	Melhoria da qualidade ambiental	Certificação ISO
2		Termoelétrica
3		Unidade de injeção de finos de carvão vegetal
4	Licenciamento ambiental	Razão Número de Autos de Infração por total de anos de operação (após DN COPAM nº 49/2001)
5		Condicionantes de Licenças de Operação
6	Consumo de carvão vegetal	Consumo de carvão vegetal
7	Gerenciamento de resíduos sólidos	Armazenamento de finos de carvão vegetal
8		Armazenamento de pó de balão e lama de alto-forno
9		Condições do armazenamento do pó de balão e lama do alto-forno
10		Armazenamento primário dos finos de minério de ferro
11		Armazenamento de escória de alto-forno
12	Gerenciamento de resíduos sólidos e controle de efluentes atmosféricos	Controle de poeira no manuseio de moinha
13		Controle de poeira no manuseio de pó de balão
14	Controle de efluentes atmosféricos	Controle da geração de pó no topo do alto-forno
15		Controle das emissões atmosféricas geradas no alto-forno
16		Sistema de limpeza das águas de lavagem dos gases
17		Controle da geração de pó na corrida de ferro gusa / escória
18		Depósitos de descarga de carvão
19		Áreas de preparo de matérias-primas (peneiras e transferência)
20	Gerenciamento de resíduos sólidos e controle de efluentes atmosféricos	Sistema de drenagem pluvial

Alguns parâmetros contemplados no *check list* não foram considerados, por não serem suficientemente representativos, pelos seguintes motivos: (a) falta de informação sobre eles por parte dos empreendedores; (b) análise subjetiva dos parâmetros; (c) insignificância do parâmetro; (d) parâmetros não comuns a todos os empreendimentos.

Os parâmetros “cinturão verde” e “jardins paisagísticos” são dois deles, pois, quando da aplicação do *check list* foram avaliados subjetivamente como satisfatório, razoável e insatisfatório, haja vista a dificuldade de quantificá-los, pois cada empresa tem uma determinada área, espaços vazios distintos, algumas têm rede elétrica baixa dificultando o plantio de eucalipto etc.

Os parâmetros “pátios”, “sistema viário” e “sala de máquinas” também não foram considerados por serem de baixa significância e terem sido avaliados subjetivamente.

Os parâmetros “águas de refrigeração de carcaça e ventaneiras”, “águas de resfriamento de escória” e “águas de granulação de escória” não foram utilizados, tendo em vista serem similares à todos os empreendimentos, portanto não alterariam o resultado final.

Os parâmetros “efluentes de oficina mecânica”, “águas subterrâneas”, “tamboramento de ferro gusa”, “peneiramento de escória”, “sinterização” e “qualidade do ar no entorno do empreendimento” não foram contemplados na avaliação por não serem comuns à todas as empresas, portanto poderiam distorcer o resultado.

Os *critérios* utilizados são quantitativos, de modo a evitar subjetividades. Eles foram aplicados nos grupos “gerenciamento de resíduos sólidos”, “controle de efluentes atmosféricos”, “consumo de carvão vegetal”, “melhoria da qualidade ambiental” e “licenciamento ambiental”. Para cada *parâmetro* analisado foram definidas pontuações, variando de 0 a 3, sendo 0 a pior situação e 3 a melhor.

Além da pontuação dos *parâmetros*, os mesmos tiveram pesos distintos, devido a sua relevância. Foram adotados pesos 1, 1,5 e 2. Para determinação dos pesos foram considerados aspectos relacionados aos custos de implantação, aos impactos ambientais e à DN COPAM nº 49/2001, sendo que, para cada um deles, foi considerada, ainda, níveis de significância baixa, média ou alta.

O Quadro 6.2 apresenta a definição desses pesos, sendo que os aspectos são os custos de implantação, impactos ambientais e DN COPAM nº 49/2001.

Quadro 6.2 – Pesos aplicados aos parâmetros adotados

Peso	Definição
1	parâmetro com dois ou mais aspectos de baixa significância
1,5	parâmetro com dois ou mais aspectos de média significância ou com cada aspecto de significância distinta
2	parâmetro com dois ou mais aspectos de alta significância

Com relação aos custos de implantação foram fixadas as seguintes faixas de significância: baixa, para custo de implantação abaixo de R$20.000,00; média, para custo de implantação entre R$20.000,00 e R$100.000,00; e alta, para custo de implantação acima de R$100.000,00.

Com relação ao impacto ambiental, significância baixa foi aplicada quando, mesmo sem a implantação do sistema, o impacto permanece baixo. Significâncias média e alta foram aplicadas a impactos ambientais médios e altos, respectivamente.

Os *parâmetros* "certificação ISO", "termoelétrica" e "unidade de injeção de finos de carvão vegetal" foram considerados de médio impacto ambiental, pois sua ausência não significa elevado impacto ambiental, mas tais implementações promovem melhorias ambientais. A termoelétrica, por exemplo, aproveita o gás de alto-forno que seria lançado no ambiente para geração de energia elétrica, reduzindo o consumo de energia proveniente da concessionária. A injeção de finos de carvão vegetal reduz o consumo desse combustível, além de reaproveitar um resíduo sólido.

O *parâmetro* "consumo de carvão vegetal" devido ao crescente desmatamento ilegal, tem grande relevância para minimização da pressão sobre as matas nativas, motivo pelo qual foi considerado de alto impacto ambiental.

Os *parâmetros* "razão Número de Autos de Infração por total anos de operação (após implantação da DN COPAM nº 49/2001)" e "condicionantes de Licenças de Operação" foram considerados de alto impacto ambiental, pois referem-se a inconformidades relacionadas diretamente com o desempenho ambiental. Todos os outros *parâmetros* referem-se diretamente ao controle de impactos ambientais, além de terem sido amplamente discutidos ao longo do trabalho, por isso são de compreensão mais fácil.

Em relação a DN COPAM nº 49/2001, a significância foi considerada baixa quando o *parâmetro* não foi citado na referida deliberação normativa, alta quando é explicitamente exigido pela mesma e médio quando é indiretamente citado em seu texto. Um exemplo de citado indiretamente refere-se aos resíduos sólidos, já que no artigo 1º da DN COPAM nº 49/2001 é exigido "armazenamento adequado de resíduos", mas não foi explicitado como é essa adequação. Outro exemplo refere-se ao controle de emissões atmosféricas geradas no alto-forno. A DN COPAM nº 49/2001 não menciona a necessidade de implantação de sistema de despoeiramento, entretanto fixa padrões de lançamento de

material particulado, sendo que na ausência do sistema é impossível atender aos padrões estabelecidos.

O Quadro 6.3 apresenta os *critérios* utilizados para cada um dos *parâmetros* selecionados. No Anexo C, foram inseridas fotografias dos *parâmetros* (com exceção dos *parâmetros* 1, 4 e 5) demonstrando as pontuações máximas e mínimas.

Quadro 6.3 – Parâmetros e critérios utilizados para classificação das siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais

Item	Parâmetro	Critérios					
		Aspecto Significância	Peso	Pontuação			
				0	1	2	3
1	Certificação ISO	CI: A IA: M DN: B	1,5	Não possui	Possui ISO 9001	Possui ISO 14001	Possui ISO 9001 e 14001
2	Termoelétrica	CI: A IA: M DN: B	1,5	Não possui	-	-	Possui
3	Unidade de injeção de finos de carvão vegetal	CI: A IA: M DN: B	1,5	Não possui	-	-	Possui
4	Razão Número de Autos de Infração por total de anos de operação (após DN COPAM nº 49/2001)	CI: B IA: A DN: A	2	$x \geq 1$	$0,25 < x < 1$	$0 < x \leq 0,25$	0
5	Condicionantes de Licenças de Operação	CI: M IA: A DN: A	2	100% descumprimento	Descumprimento $20 < x < 100$	Descumprimento $0 < x \leq 20$	Cumprimento de todas
6	Consumo de carvão vegetal	CI: A IA: A DN: B	2	Mata nativa	Mata nativa + reflorestamento (próprio ou de terceiros)	Reflorestamento de terceiros ou (reflorestamento terceiros + reflorestamento próprio)	Reflorestamento próprio
7	Armazamento de finos de carvão vegetal	CI: B IA: M DN: A	1,5	A céu aberto ou caçamba	Silo fechado, mas com área de descarga totalmente aberta	Silo fechado e área de descarga com pelo menos um lado aberta	Silo + (área de descarga totalmente enclausurada ou transporte pneumático)
8	Armazenamento de pó de balão e lama de alto-forno	CI: B IA: A DN: M	1,5	Diretamente no solo e sem qualquer dispositivo de controle	Terreno impermeabilizado com argila	Depósito concretado ou Depósito impermeabilizado com argila + (Terreno inclinado, escavado ou contemplado com sistema de drenagem pluvial)	Depósito impermeabilizado com concreto e com sistema de drenagem pluvial

Item	Parâmetro	Critérios					
		Aspecto Significância	Peso	Pontuação			
				0	1	2	3
9	Condições do armazenamento do pó de balão e lama do alto-forno	CI: B IA: B DN: B	1	Local não sinalizado, não delimitado e sem sistema de aspersão de água	Local delimitado e /ou sinalizado	Local com sistema de aspersão de água e sinalizado ou delimitado	Local sinalizado, delimitado e com sistema de aspersão de água
10	Armazenamento primário dos finos de minério de ferro	CI: B IA: B DN: A	1	Local aberto quando o minério de ferro é secado	Silo fechado, mas com área de descarga aberta (caso haja) ou local aberto quando o minério não é secado	Silo fechado e área de descarga, caso haja, com pelo menos um lado aberto	Silo e área de descarga, caso haja, totalmente enclausurados
11	Armazenamento de escória de alto-forno	CI: B IA: B DN: M	1	Diretamente no solo, sem qualquer dispositivo de controle	Terreno impermeabilizado com argila	Depósito concretado ou Depósito impermeabilizado com argila + (Terreno inclinado, escavado ou contemplado com sistema de drenagem pluvial)	Depósito impermeabilizado com concreto e contemplado com sistema de drenagem pluvial
12	Controle de poeira no manuseio de moinha	CI: B IA: M DN: B	1	Não possui qualquer dispositivo de controle	-	Possui sistema de despoeiramento (filtro de mangas) que atende as áreas de transferência e transporte do resíduo	Possui sistema de despoeiramento (filtro de mangas) que atende as áreas de transferência, transporte e silo do resíduo
13	Controle de poeira no manuseio de pó de balão	CI: B IA: M DN: B	1	Não possui qualquer dispositivo de controle	Possui sistema de coleta, mas área de manuseio é aberta ou o balão gravitacional não é acoplado ao sistema de coleta	Área de manuseio do resíduo é fechada	Balão gravitacional é acoplado ao sistema de coleta, além de possuir sistema de umidificação
14	Controle da geração de pó no topo do alto-forno	CI: M IA: M DN: B	1,5	Não possui qualquer dispositivo de controle	Topo do alto-forno enclausurado	Topo do alto-forno enclausurado, com sistema de exaustão que destina pó para glendon ou tanques de decantação (ou seja, sem a presença de sistemas de despoeiramento)	Topo do alto-forno enclausurado, com sistema de exaustão com sistema de despoeiramento (filtro de mangas, lavador, ciclone e similares)

Item	Parâmetro	Critérios					
		Aspecto Significância	Peso	Pontuação			
				0	1	2	3
15	Controle das emissões atmosféricas geradas no alto-forno	CI: A IA: A DN: M	2	Possui apenas balão gravitacional	Possui além do balão gravitacional, outro sistema de despoeiramento à seco	Possui lavador de gases, mas sem desumidificador	Possui além do balão gravitacional, pelo menos lavador de gases e desumidificador
16	Sistema de limpeza das águas de lavagem dos gases	CI: A IA: M DN: B	1,5	Possui sistema de limpeza de gases a seco	Possui decantador com retirada da lama manualmente ou por meio de retro-escavadeira	Possui decantador com retirada da lama por tubulação própria	Possui decantador com retirada da lama por tubulação própria e também possui filtro prensa
17	Controle da geração de pó na corrida de ferro gusa / escória	CI: M IA: B DN: B	1	Não possui qualquer dispositivo de controle	-	-	Possui sistema de despoeiramento (filtro de mangas, lavador, ciclone e similares)
18	Depósitos de descarga de carvão (*)	CI: M IA: M DN: B	1,5	Depósito completamente aberto	Depósito com até dois lados abertos	Depósito fechado nas laterais com telhas metálicas, mas com porta de lona	Depósito completamente fechado com portões metálicos
19	Áreas de preparo de matérias-primas (peneiras e transferência) (*)	CI: M IA: M DN: B	1,5	Todas as áreas abertas (**)	Possui 2 ou mais áreas abertas (**)	Possui uma área aberta (**)	Todas as áreas enclausuradas (**)
20	Sistema de drenagem pluvial	CI: M IA: M DN: A	1,5	Não possui qualquer sistema de drenagem pluvial	Possui apenas canaletas de drenagem	Possui canaletas de drenagem e bacia de decantação escavada no próprio terreno	Possui canaletas de drenagem, sistema de tratamento primário concretado com destinação a bacia natural, rede pública, cursos d'água, recirculação etc

CI = custo de implantação; IA = impacto ambiental; DN = Deliberação Normativa COPAM nº 49/2001;

A = alto; M = médio; B = baixo

(*) naquelas empresas que possuírem mais de um depósito de descarga de carvão e áreas de preparo de matérias-primas deverá ser feita uma média aritmética para os *parâmetros*. Além disso, se tais locais não tiverem sistemas de despoeiramento será considerada nota 0; (**) caso em que a empresa não realiza secagem do minério de ferro, as áreas relacionadas a preparação desta matéria-prima não precisam ser enclausuradas e terem sistema de despoeiramento.

Os *critérios* para aplicação das pontuações não possuem subjetividades, entretanto cabe explicá-los para dois *parâmetros*. São eles: "razão Número de Autos de Infração por total de anos de operação (após a publicação da DN COPAM nº 49/2001)" e "condicionantes de Licenças de Operação". Os demais *parâmetros* possuem pontuações facilmente entendidas por referirem a ter ou não determinado sistema de controle ou ter implantado determinada unidade.

A Figura 6.1 apresenta a "razão Número de Autos de Infração[32] por total de anos de operação (após publicação da DN COPAM nº 49/2001)". Primeiramente foi adotada essa razão para nivelar a maioria dos empreendimentos, pois muitos operam há mais de trinta anos, sendo que as autuações tornaram-se mais constantes apenas após a publicação da referida deliberação normativa, ou seja, foi aplicada de modo a evitar que os valores encontrados para as empresas que operam há mais tempo fossem distorcidos.

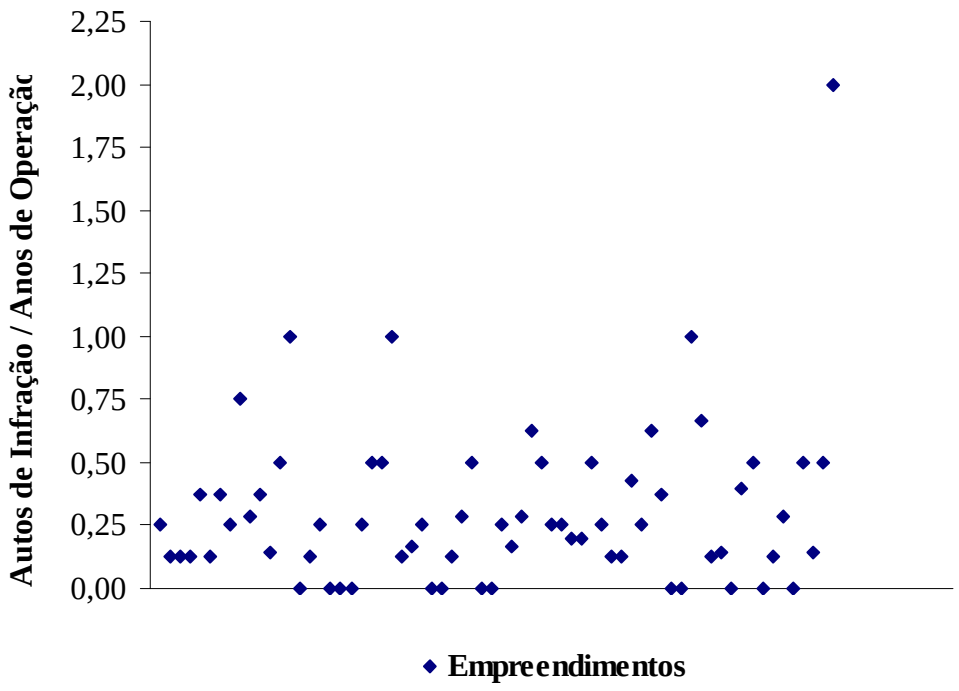


Figura 6.1 – Razão entre autos de infração por total de anos de operação das siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais após a publicação da DN COPAM nº 49/2001

Conforme a Figura 6.1, das sessenta e oito siderúrgicas não-integradas, treze não foram autuadas uma vez sequer após a publicação da DN COPAM nº 49/2001, obtendo nota máxima, enquanto quatro foram autuadas uma ou mais vezes por ano, obtendo nota mínima. Para as notas 1 e 2, definiu-se intervalos a partir das razões obtidas para cada empreendimento, com exceção de 0 e ≥ 1, já aplicadas as notas 0 e 3. Dessa maneira, foi feita

[32] Somente foram consideradas as autuações que tiveram processos encerrados junto ao COPAM, não cabendo inclusive Recurso.

a mediana dos valores, tendo sido encontrado 0,25, valor adotado como limite de corte. Dessa forma, a nota 2 refere-se ao intervalo $0 < x \leq 0{,}25$ e a nota 1 ao intervalo $0{,}25 < x < 1$.

A Figura 6.2 apresenta o gráfico relativo ao *parâmetro* "condicionantes de Licenças de Operação", podendo ser observado que a maioria dos empreendimentos cumpriu integralmente as condicionantes das licenças ambientais, obtendo, nesse caso, nota máxima. As empresas que descumpriram todas as condicionantes obtiveram nota 0. Para as notas 1 e 2, definiram-se intervalos a partir das porcentagens de cada empreendimento, com exceção de 0% e 100%, já aplicadas as notas 0 e 3. Dessa maneira, foi feita a mediana dos valores, tendo sido encontrado valor igual a 19,6, portanto o limite de corte foi arredondado para 20%, considerado um valor relevante.

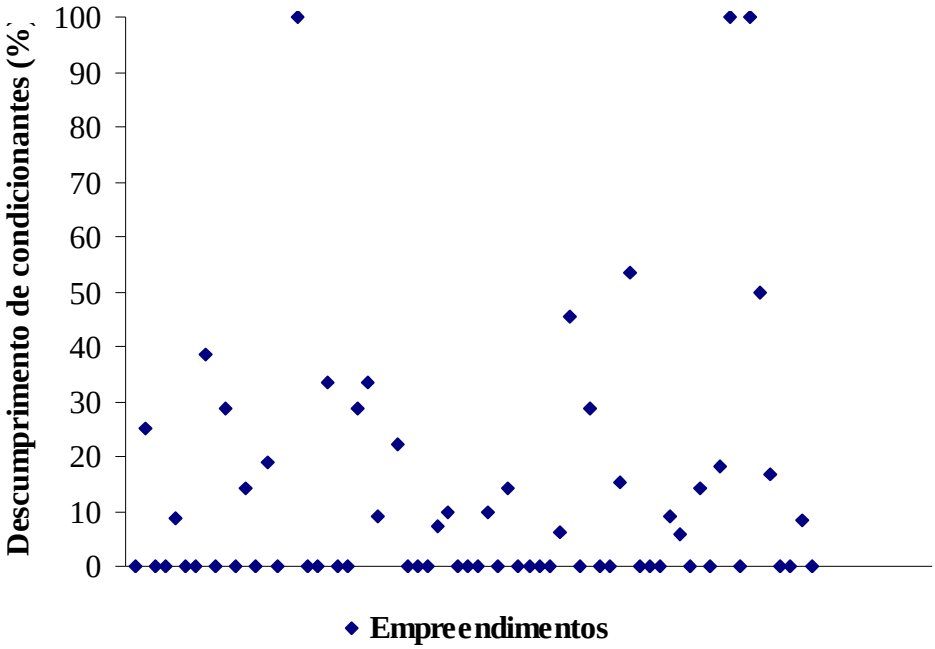


Figura 6.2 – Descumprimento de condicionantes das Licenças de Operação das siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais

6.1 Classificação das usinas siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais

Para a classificação das siderúrgicas foram definidos intervalos de pontuações. Para isso foram realizados testes estatísticos com dados aleatórios. Primeiramente, utilizando a ferramenta do Excel "Geração de números aleatórios", foram gerados números aleatórios para os 20 *parâmetros* selecionados, considerando 68 empreendimentos (número equivalente ao universo real em Minas Gerais). Em seguida, selecionou-se grupos de 100, 200, 500, 800 e 1000 empreendimentos, sendo que, acima de 1000 empreendimentos, não houve diferenças nos resultados obtidos nas interações, motivo pelo qual definiu-se o valor 1000 empreendimentos para definição dos intervalos.

Os números foram gerados a partir de probabilidades iguais para cada pontuação. Dessa forma, para os *parâmetros* com quatro pontuações, ou seja, a maioria deles, a probabilidade de ocorrência é igual a 0,25; para *parâmetros* com três pontuações a probabilidade é 0,333 e para os *parâmetros* com duas pontuações a probabilidade é 0,50. Também foram considerados os pesos de cada *parâmetro*. Dessa forma, obteve-se 1000 notas que variaram de 18,5 a 68,5.

De posse das notas aleatórias, aplicou-se o Método Estatístico de Sturges[33], conforme descrito a seguir:

1. Determinação do número de classes:

$$K = 1 + 3{,}32 \log n \tag{6.1}$$

onde n representa o total de observações, no caso 1.000

$$K = 10{,}96 \approx 11$$

2. Determinação da amplitude total dos dados:

$$R = X_{max} - X_{min} \tag{6.2}$$

$$R = 68{,}5 - 18{,}5 = 50$$

[33] Método estatístico utilizado para determinar o número de classes de uma distribuição de freqüências.

3. Determinação do intervalo, ou amplitude de classe:

$$h = R/K \tag{6.3}$$

$$h = 50 / 11 \approx 5$$

4. Determinação dos limites inferior e superior dos intervalos de classe, sendo que o limite inferior do primeiro intervalo é o menor valor da série e o limite superior do último intervalo é o maior valor da série.

5. Definição dos intervalos de classe, apresentados no histograma da Figura 6.3.

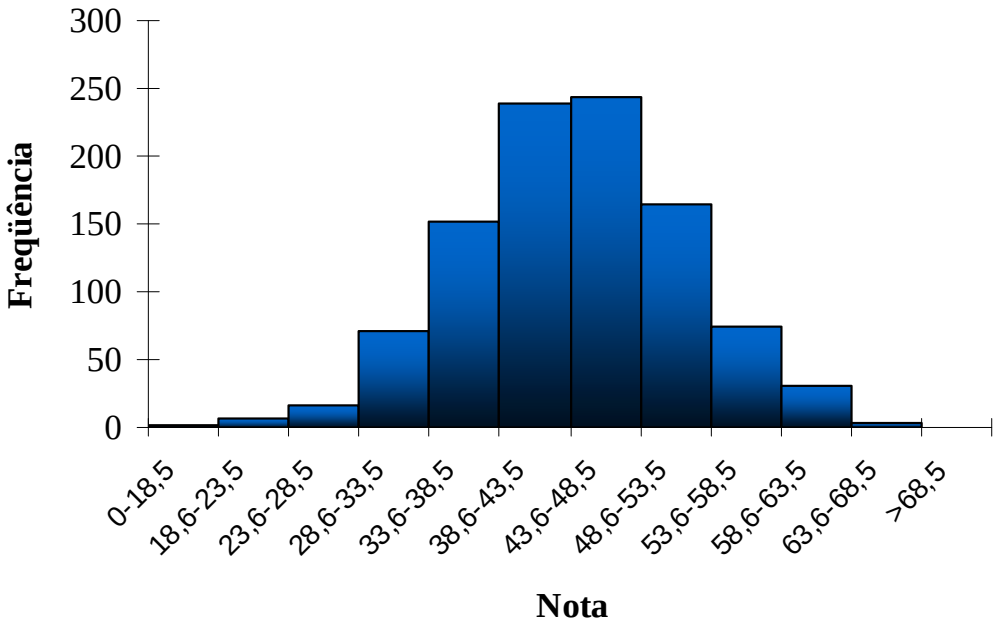


Figura 6.3 – Histograma de notas aleatórias utilizando o método estatístico de Sturges

Tal histograma tem comportamento similar a uma distribuição normal. Dessa forma, para as notas aleatórias geradas se aplica a distribuição normal, método mais teórico, apresentado a seguir.

Para elaboração da distribuição normal, primeiramente foi determinado o desvio padrão dos números aleatórios, usando a média dos 1000 números, ou seja, $\mu = 44$, que mostrou ser praticamente igual à média dos limites máximo e mínimo, ou seja, $\mu = 43{,}5$.

1. Determinação do desvio padrão (σ) estimado por:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x)^2}{N - 1}} \qquad (6.4)$$

onde:

x_i = números observados;
x = média aritmética da distribuição;
N = número de observações.

Portanto,

$$s = 7{,}84$$

2. Determinação dos intervalos, utilizando o desvio padrão, a partir da média teórica, ou seja, μ = 43,5. Na distribuição normal, as ocorrências tendem a concentrar-se em torno de uma média e se tornam mais raras ou menos prováveis à medida que dela se afastam, conforme mostrado na Figura 6.4.

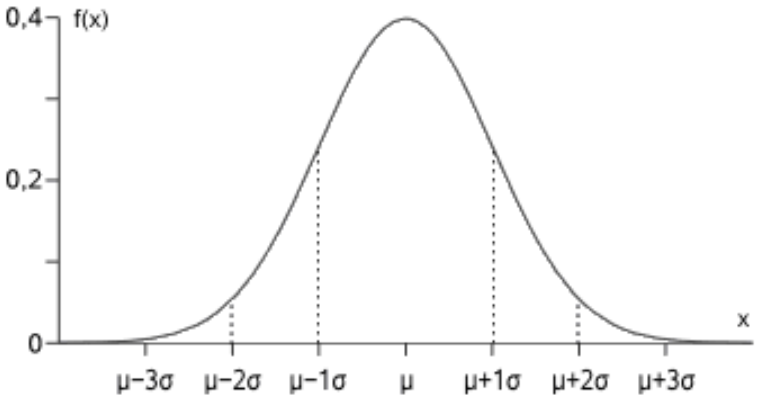


Figura 6.4 – Gráfico de distribuição normal

Fonte: FARIAS, *et al.*, 2002.

A partir da média μ = 43,5, foram definidas as faixas para os desvios padrão, conforme Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Desvios padrão das notas aleatórias

Nº desvio padrão	Valor
-3	20
-2	27,8
-1	35,7
0	43,5
+1	51,3
+2	59,2
+3	67

Na faixa $\mu \pm 3, \sigma$ ocorre na quase totalidade dos valores (99,7%), motivo pelo qual elas foram definidas como faixas limites para determinação dos intervalos.

Dessa forma, a classificação do empreendimento dependerá da sua pontuação total, conforme esses intervalos, como apresentado na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Faixas para classificação do desempenho ambiental das usinas siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal

Classificação do desempenho ambiental	Pontuação
Péssimo	0 a 19,9
Muito ruim	20 a 27,7
Ruim	27,8 a 35,6
Regular	35,7 a 51,2
Bom	51,3 a 59,1
Muito bom	59,2 a 66,9
Ótimo	67 a 87

Como a probabilidade de ocorrer pontuação abaixo de 20 e acima de 67 são extremamente reduzidas, tais faixas foram classificadas como as mais extremas. Além disso, a faixa central foi adotada como Regular por representar a média até um desvio padrão. As demais seguiram a lógica.

A Figura 6.5 apresenta a freqüência para cada intervalo de notas considerado, correspondente ao universo de 1000 empreendimentos.

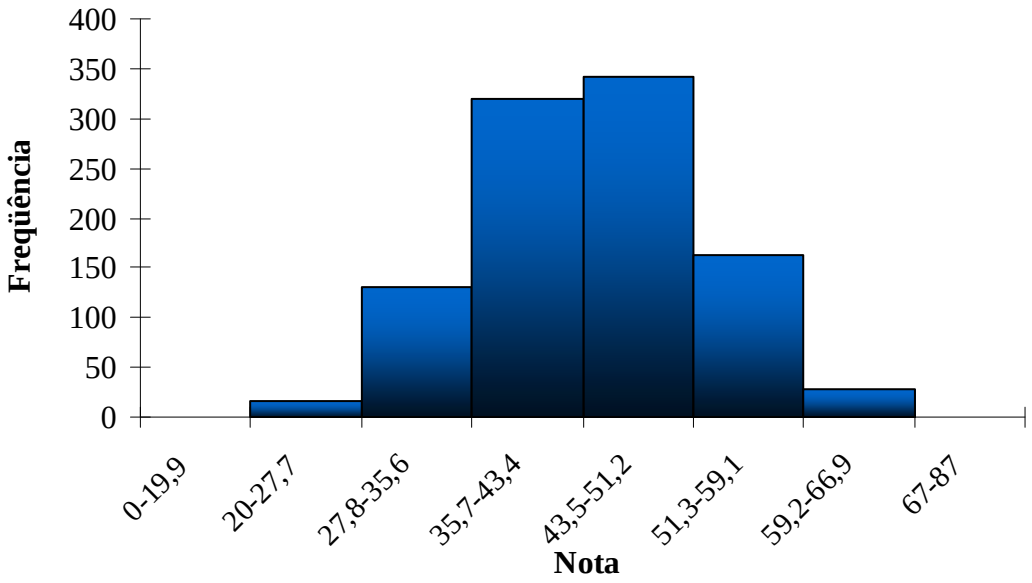


Figura 6.5 – Histograma para as faixas de classificação adotadas

A Tabela 6.3 apresenta a pontuação obtida por cada uma das sessenta e oito siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais[34]. Os nomes das empresas foram substituídos por números, haja vista que o objetivo do trabalho é avaliar o setor como um todo e não cada empreendimento isoladamente.

Tabela 6.3 – Notas obtidas pelas siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais de acordo com os parâmetros e os critérios estabelecidos

Empresa	Nota	Empresa	Nota	Empresa	Nota	Empresa	Nota
1	69	18	48,5	35	44,5	52	38
2	68,5	19	48	36	44,5	53	37,5
3	64,5	20	48	37	44	54	35,5
4	63	21	48	38	43,5	55	34,5
5	59	22	47,5	39	43	56	34
6	57,5	23	47	40	41,5	57	33,5
7	56	24	46,5	41	41	58	33
8	55	25	46,5	42	41	59	30,5
9	55	26	46,5	43	40,5	60	30,5
10	53,5	27	46,5	44	40,5	61	29,5
11	53,5	28	46	45	40,5	62	28
12	53,5	29	45,5	46	40,5	63	27,5
13	51	30	45,5	47	40	64	26
14	50	31	45,5	48	40	65	24,5
15	49,5	32	45	49	39,5	66	24
16	49	33	45	50	39,5	67	18
17	49	34	45	51	39	68	10

[34] O Anexo I apresenta as notas obtidas pelas siderúrgicas para cada um dos 20 *parâmetros*.

De posse da pontuação obtida pelos sessenta e oito empreendimentos, foi elaborado um gráfico (Figura 6.6), conforme o método de Sturges, de maneira a verificar se o modelo usado com os dados aleatórios é válido para o setor.

1. Número de classes: k = 7

2. Amplitude dos dados: R = 59

3. Intervalo: h = 9

O histograma obtido, apresentado na Figura 6.6, apresenta comportamento similar àquele referente ao modelo usando dados aleatórios.

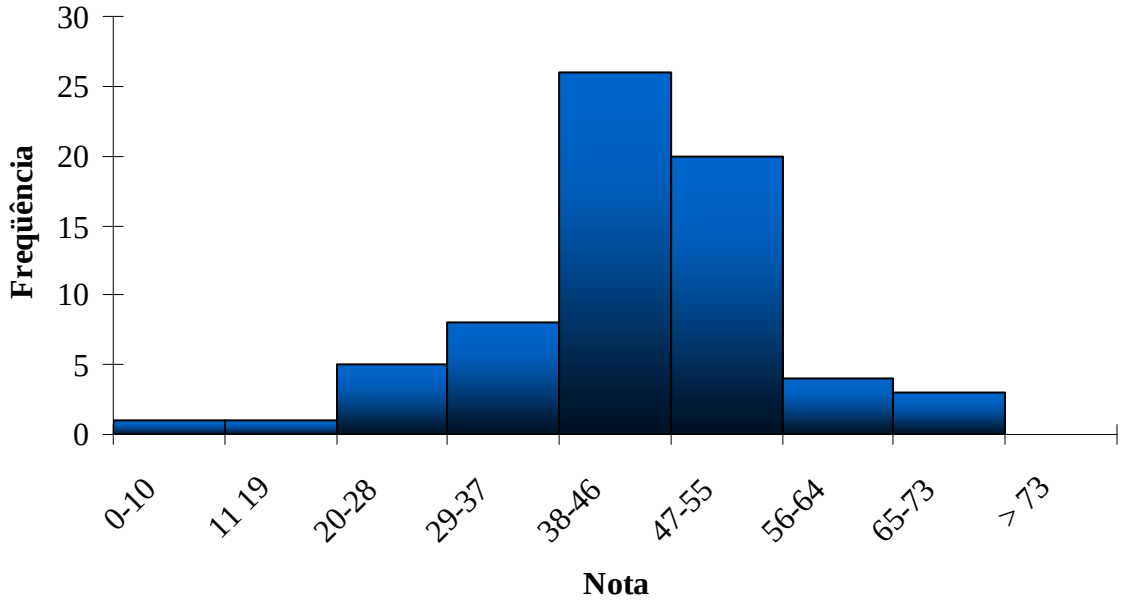


Figura 6.6 – Histograma das notas reais das 68 siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais utilizando o método de Sturges

Aplicando no modelo com dados reais os sete intervalos encontrados no modelo com dados aleatórios, foi construído o gráfico da Figura 6.7, que evidencia que as curvas são análogas. Portanto, o modelo utilizado aplica-se às siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais, e, provavelmente, a plantas industriais instaladas em outros Estados, ressaltando que a curva do modelo de dados reais pode se deslocar para a direita ou esquerda, dependendo do desempenho ambiental das usinas siderúrgicas de determinada região.

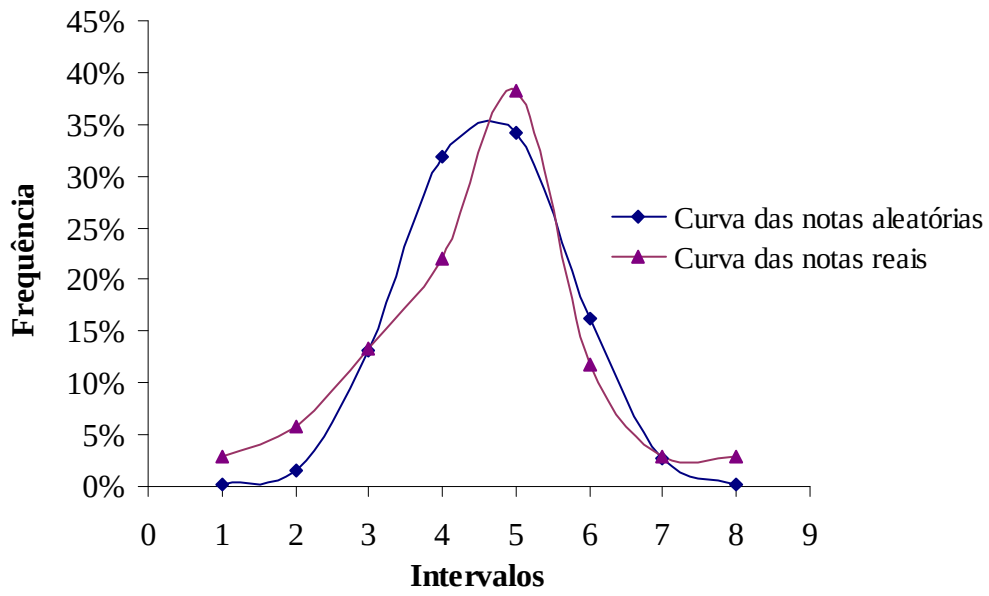


Figura 6.7 – Comparação entre as notas reais e aleatórias usadas para definição dos intervalos de classificação dos empreendimentos

Dessa forma, os intervalos adotados para classificação das siderúrgicas não-integradas aplicam-se ao universo de dados reais.

Conforme compilado na Tabela 6.4, para quarenta e um empreendimentos o desempenho ambiental foi classificado como *Regular*, para nove o desempenho ambiental foi classificado como *Ruim*, para quatro como *Muito ruim* e para dois *Péssimo*. Na faixa superior, oito usinas obtiveram classificação *Boa*, duas *Muito boa* e duas *Ótima*. Cabe ressaltar que mesmo os empreendimentos cujo desempenho ambiental foi classificado como *Ótimo* podem melhorá-lo bastante, haja vista que a nota máxima possível é 87 e a melhor pontuação obtida por eles foi 69.

Tabela 6.4 – Resultado da classificação do desempenho ambiental das 68 siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais

Classificação	Nº Empreendimentos
Péssimo	2
Muito ruim	4
Ruim	9
Regular	41
Bom	8
Muito bom	2
Ótimo	2

Dos vinte *parâmetros* selecionados, em apenas um, “depósitos de descarga de carvão”, quase todos os empreendimentos obtiveram a nota máxima. Neste quesito, 63 siderúrgicas têm tais instalações em condições operacionais satisfatórias. Em seguida, os *parâmetros* “controle no manuseio de moinha” e “armazenamento de finos de carvão vegetal”, obtiveram as maiores freqüências de notas máximas, 50 e 46 respectivamente.

Um resultado preocupante refere-se ao fato de que, em dez *parâmetros*, menos de dez empreendimentos conseguiram nota máxima. Em cinco *parâmetros*, menos de quatro empresas obtiveram nota máxima. São eles: “certificação ISO”, “consumo de carvão vegetal”, “condições do armazenamento do pó de balão e lama de alto-forno”, “controle da geração de pó no topo do alto-forno” e “controle da geração de pó na corrida de ferro gusa / escória”.

Ressalta-se que, com pouco esforço, o setor conseguiria obter notas máximas em vários *parâmetros* como, por exemplo, aqueles referentes aos resíduos sólidos. Em contra partida, para outros *parâmetros* como “certificação ISO”, “termoelétrica”, “unidade de injeção de finos de carvão vegetal” e “consumo de carvão vegetal” será necessário bastante tempo para que a maioria dos empreendimentos obtenha notas máximas.

Como era de se esperar, os *parâmetros* não exigidos pela legislação ambiental e pelo órgão de controle ambiental, por meio de condicionantes de processos de licenciamento, tiveram a menor freqüência de notas máximas, demonstrando que o setor, em geral, se atém a implementar o que é obrigatório.

Esse cenário contempla as avaliações feitas ao longo deste capítulo, demonstrando que o setor tem muito a desenvolver para chegar a um nível ótimo de desempenho ambiental, sendo que grande parte das empresas está muito distante de alcançá-lo.

Nesse contexto, a revisão da DN COPAM nº 49/2001 pode contribuir para a melhoria da classificação obtida pelas usinas siderúrgicas, assim como ocorreu quando da sua publicação.

Ao longo do trabalho, comentou-se sobre a dificuldade de implementação de controles ambientais por parte daqueles empreendimentos operados por arrendatários. Essa hipótese é comprovada por meio da Figura 6.8, que apresenta as notas dos empreendimentos discriminadas por uso do parque industrial. Nota-se que para as treze melhores empresas os operadores são proprietários do parque industrial. Além disso, as três piores pontuações são referentes aos empreendimentos cuja operação é feita por arrendatários.

A partir do gráfico, conclui-se que os empreendimentos com melhor desempenho ambiental são aqueles nos quais os operadores são proprietários do parque industrial, entretanto existem vários empreendimentos nessa condição que são piores do que empreendimentos cujos operadores arrendaram a planta industrial. A pontuação média e mediana para empreendimentos operados por proprietários é de 45,4 e 45,8, respectivamente, e para empreendimentos cujos operadores arrendaram a planta industrial é de 38,9 e 41,3, respectivamente, demonstrando, também, que os primeiros têm, em geral, melhor desempenho ambiental.

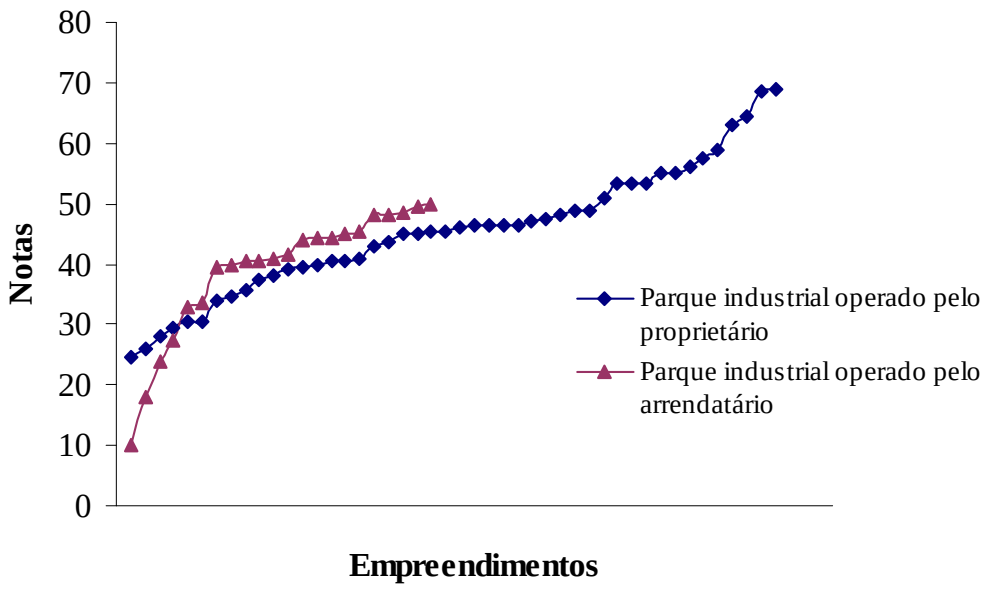


Figura 6.8 – Notas das siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais por uso do parque industrial

Dessa forma, salvo exceções, as empresas arrendatárias apresentam grande resistência para realizar novos investimentos visando melhorias ambientais, demonstrando ser isso um obstáculo para o desenvolvimento e a melhoria da imagem do setor de siderurgia não-integrada.

A Figura 6.9 apresenta as notas obtidas pelas usinas siderúrgicas de acordo com os municípios onde estão instaladas, sendo observado comportamento similar das curvas. Além disso, as médias para as três curvas é igual a 43 e a mediana das curvas referentes à Divinópolis e Outros municípios é igual a 45, enquanto que a de Sete Lagoas é igual a 43, demonstrando, portanto, não haver diferença significativa entre as três curvas.

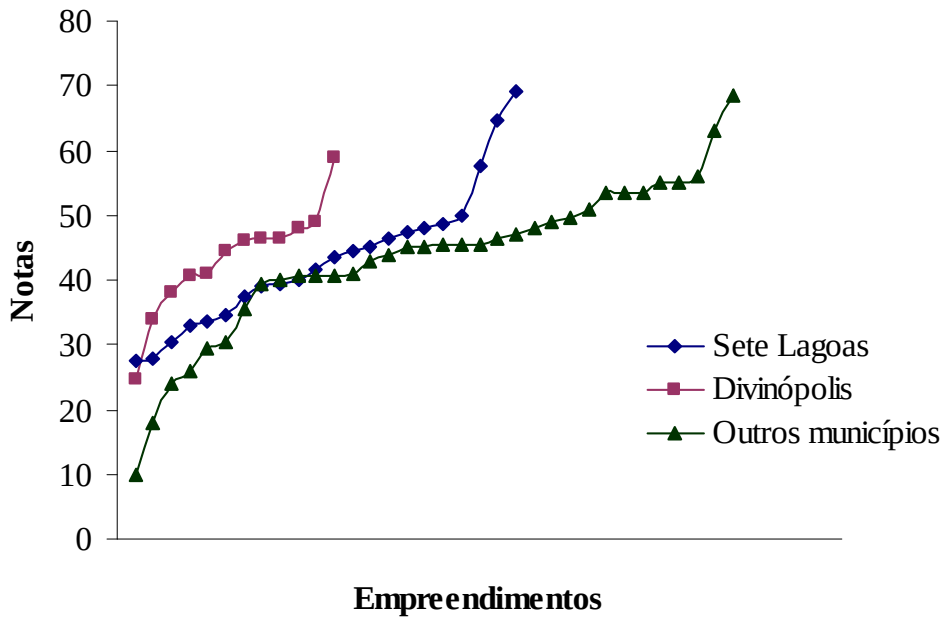


Figura 6.9 – Notas das siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal do Estado de Minas Gerais de acordo com o município

7 A TÍTULO DE CONCLUSÃO E ALGUMAS RECOMENDAÇÕES

Considerando o que foi apresentado e discutido nos capítulos anteriores e com base em todas as avaliações realizadas, a crítica a ser feita à situação atual do setor de siderurgia não-integrada a carvão vegetal, torna evidente a necessidade de se promover melhorias nos sistemas de controle ambiental, principalmente no que diz respeito aos efluentes atmosféricos, bem como o aprimoramento do gerenciamento de resíduos sólidos. Além disso, faz-se necessário estimular o aumento do consumo de carvão vegetal sustentável e revisar a legislação ambiental aplicada ao setor.

Os resíduos sólidos industriais gerados na fabricação do ferro gusa, que no passado recente não eram aproveitados, gerando enormes passivos ambientais, atualmente podem ser utilizados em diversos processos, inclusive na própria siderúrgica, configurando o conceito de produção mais limpa. Entretanto, grande volume de resíduos é comercializado com empresas ou até mesmo com pessoas físicas, inaptas a recebê-los, atitude que não resulta em ganhos ambientais, pois o que ocorre, muitas vezes, é a transferência do problema para outro local. Os resíduos finos de carvão vegetal, escória de alto-forno, finos de minério de ferro, pó de balão e lama de alto-forno não são classificados como resíduos perigosos segundo a norma ABNT NBR 10.004/2004, entretanto, principalmente os dois últimos, que têm características semelhantes, necessitam de controle acurado, tendo em vista a presença dos compostos tóxicos cianetos, fenóis e amônia em sua constituição. Além disso, o pó de balão tem granulometria bastante reduzida, possibilitando emissões atmosféricas em decorrência da ação do vento e de seu manuseio e em determinadas condições pode entrar em combustão.

Durante a pesquisa e desenvolvimento do trabalho, constatou-se que há etapas do gerenciamento de resíduos nas siderúrgicas não-integradas que ainda não são abordadas de forma adequada, destacando-se a redução da geração, o armazenamento temporário e sua destinação. Conforme se pôde perceber, a geração de resíduos varia bastante de uma planta para outra, mas, em geral, os empreendedores não se preocupam em minimizar a geração, concentrando os investimentos realizados quase que, exclusivamente, na produtividade do alto-forno.

Cabe ressaltar também, a falta de controle das quantidades de resíduos geradas, como constatado nas inúmeras visitas técnicas realizadas, uma vez que a quantidade de resíduos estocados informada pela empresa não condizia com aquela encontrada nos pátios. Quanto ao

armazenamento temporário, das sessenta e oito unidades existentes em Minas Gerais, apenas duas armazenam todos os resíduos sólidos industriais de maneira adequada, demonstrando a falta de gerenciamento nessa etapa do processo. Mesmo diante de várias opções para a destinação adequada dos resíduos, muitas empresas optam por meios ilegais, principalmente quando se trata do pó de balão, que tem baixo valor de mercado.

Dessa forma, as ações de gerenciamento de resíduos ainda estão muito aquém do que é desejado na maioria das plantas industriais do setor, com conseqüências danosas para o meio ambiente e para a própria operação do empreendimento, pois se os resíduos são gerenciados corretamente, isso pode implicar em ganhos de produtividade e contribuir para a organização do sistema produtivo, entre outros benefícios.

Internamente a planta industrial de uma siderurgia não-integrada, o maior impacto ambiental enfrentado é a geração de efluentes atmosféricos. Em Minas Gerais, as emissões provenientes das etapas de manuseio e preparo de matérias-primas são bem controladas, pois, à exceção de um empreendimento que possui hidrofiltros, todos os demais possuem filtros de mangas, que têm elevada eficiência de coleta de material particulado.

Ao contrário, as emissões provenientes dos altos-fornos estão longe de serem controladas, pois mesmo naquelas empresas que possuem lavador de gases, as emissões podem ser reduzidas ainda mais, mas, para isso, é necessário aumentar a pressão de topo do alto-forno, permitindo assim, superar a perda de carga requerida pelo sistema e, conseqüentemente, aumentar a eficiência do lavador.

Em 2008, todos os relatórios de automonitoramento encaminhados à FEAM apresentaram resultados em conformidade com os padrões de emissão estabelecidos na legislação ambiental vigente, entretanto, os resultados do monitoramento da qualidade do ar evidenciam concentrações de material particulado acima dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/1990. E mesmo quando das visitas técnicas realizadas, pôde-se constatar, por meio de inspeção visual, que as emissões eram elevadas, pois apresentavam forte coloração. É de conhecimento geral que emissões de poluentes atmosféricos em concentrações abaixo de $100mg/Nm^3$ são incolores, portanto aparentemente diversos resultados de automonitoramento não condizem com a real situação encontrada em vários dos empreendimentos visitados.

Dos sessenta e oito empreendimentos estudados, vinte ainda utilizam sistema de limpeza de gases à seco, constituídos geralmente de ciclones e multiciclones, além do coletor primário,

equipamentos de baixa eficiência de coleta para partículas de pequenos diâmetros. Dessa forma, o equipamento mais indicado é o lavador de gases, entretanto, dependendo da pressão da água e do tipo do lavador, este pode apresentar baixa eficiência para o controle da emissão de material particulado.

As demais fontes de emissão de poluentes atmosféricos encontradas nas áreas industriais das siderúrgicas não-integradas são responsáveis pela emissão de quantidades significativas de material particulado, mas, como constatado, são mais controladas, talvez por que exijam sistemas de controle mais simples.

O emprego de carvão vegetal como termo-redutor é uma opção interessante, por se tratar de fonte de energia da biomassa, substituindo o combustível fóssil, entretanto, devido ao desmatamento ilegal de matas nativas, para sua fabricação, o insumo acaba tornando-se um dos maiores problemas ambientais associados ao setor.

No ano de 2008, 44% do carvão vegetal consumido pelas siderúrgicas não-integradas foram de origem nativa. Um dos grandes responsáveis por esse elevado percentual foi o Poder Público, que permitia o consumo de carvão vegetal de origem nativa, desde que feitas compensações. Esse problema pode ser finalmente equacionado com a Lei nº 18.365/2009, que fixa prazos para redução do consumo de carvão vegetal de origem nativa. Enquanto não exigido o consumo sustentável, somente nos últimos quatro anos, na Amazônia, foi desmatada uma área superior à soma das áreas dos Estados de Rio Grande do Norte e de Sergipe.

Felizmente, parte do setor siderúrgico não-integrado tem se empenhado na compra de áreas para promover o reflorestamento, sendo que alguns empreendimentos já são auto-sustentáveis e outros estão próximos dessa meta. Para se ter uma idéia das vantagens de utilização do carvão vegetal de florestas plantadas, na rota de fabricação de ferro gusa, para cada tonelada produzida são fixadas 1,47t de CO_2. Já as siderúrgicas que utilizam coque ao invés de carvão vegetal, emitem mais de 2,00t CO_2. Portanto, a opção de produzir ferro gusa a partir do carvão vegetal, quando realizada de maneira sustentável, utilizando carvão vegetal oriundo de florestas plantadas, proporciona um ganho ambiental de mais de 3,00 toneladas de CO_2 para cada tonelada de ferro gusa produzida.

A Deliberação Normativa COPAM nº 49/2001, que dispõe sobre o controle ambiental das siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal, não abordou a auto-sustentabilidade em carvão

vegetal, sendo essa uma das suas principais lacunas, já que em toda a história do setor, sempre foi o aspecto mais polêmico e o maior responsável pela imagem negativa dos empreendimentos frente a sociedade.

Além desse aspecto, outros também não foram considerados, como gerenciamento de resíduos sólidos industriais, a regularização de reserva legal para empreendimentos localizados em zona rural, a implantação de sistemas de exaustão no topo do alto-forno e no vazamento e corrida de escória e ferro gusa, e o desenvolvimento de programas de educação ambiental, entre outros.

A adoção do conceito de "*carga limite*" para a compensação das emissões atmosféricas geradas na planta industrial, por meio da *"flexibilização"*, tornou a deliberação mais permissiva em relação as emissões de material particulado no alto-forno. Até hoje, algumas empresas utilizam essa ferramenta, que incentiva os empreendedores a não realizarem melhorias no sistema de limpeza dos gases do alto-forno.

Entretanto, o setor se desenvolveu bastante após a vigência da referida deliberação normativa, e, de forma geral, as maiores conquistas decorrentes desta deliberação, foram a implantação de sistemas de despoeiramento para atender as etapas de recepção, manuseio e peneiramento de matérias-primas, e o licenciamento ambiental de todas as usinas.

De modo geral, a maioria dos itens estabelecidos na deliberação foram cumpridos integralmente pelos empreendimentos, entretanto, vários deles sem a eficácia desejada, como no caso do licenciamento ambiental, onde apenas trinta e oito empresas cumpriram integralmente todas as condicionantes propostas.

Dessa forma, a Deliberação Normativa COPAM nº 49/2001 fez com que diversas empresas implantassem sistemas de controle de emissão de poluentes e promovessem melhorias no seu desempenho ambiental, mas, em inúmeros casos, tais instalações não resolveram o problema, seja por que os sistemas instalados não eram adequados ou porque foram sub-dimensionados, demonstrando, portanto, a eficácia da legislação, mas não sua eficiência.

As avaliações específicas dos itens gerenciamento de resíduos sólidos, efluentes atmosféricos, consumo de carvão vegetal e aplicação da DN COPAM nº 49/2001 serviram de base para a definição dos vinte *parâmetros* escolhidos para avaliação geral do setor. Tais *parâmetros*

foram considerados como os mais representativos e podem ser aplicados a todo o setor. Foram propostos *critérios* para avaliação de cada um dos *parâmetros*, todos eles quantitativos.

Dentre as faixas de classificação adotadas – *Péssimo; Muito Ruim; Ruim; Regular; Bom; Muito Bom e, Ótimo* – a maioria dos empreendimentos, ou seja, 60%, apresentou desempenho ambiental classificado como Regular e apenas 18% teve desempenho ambiental classificado como Bom, Muito bom ou Ótimo, demonstrando que o setor ainda precisa melhorar sua performance ambiental.

A maioria dos *parâmetros* adotados estão bem longe de serem integralmente atendidos pelo setor, principalmente aqueles referentes às melhorias não exigidas pelo órgão ambiental, por meio de condicionantes das Licenças Ambientais ou pela legislação ambiental, demonstrando que, em geral, as siderúrgicas não-integradas se atêm a implementar o que está previsto em lei.

Um dos grandes entraves para o desenvolvimento ambiental do setor, inclusive para melhoria de sua imagem frente à sociedade são os parques industriais operados por arrendatários. Salvo exceções, eles oferecem grande resistência para realizar novos investimentos que resultem em melhor desempenho ambiental.

Apesar do trabalho demonstrar uma certa evolução do setor ao longo dos anos, ao que o quadro atual apresenta, apenas o Poder Público por meio de uma legislação mais abrangente e detalhada pode melhorar a situação ambiental das usinas siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal.

À título de contribuição, registra-se as seguintes recomendações ao órgão ambiental e aos demais setores intervenientes no assunto:

- revisão da Deliberação Normativa COPAM nº 49/2001, contemplando inclusive a questão dos arrendamentos das plantas industriais;

- estudo mais detalhado do balanço de CO_2 na cadeia de fabricação do ferro gusa, contemplando modelo logístico nas florestas plantadas e medição de CO_2 nos altos-fornos e nos fornos de carbonização da madeira;

- desenvolvimento de indicadores ambientais para o setor, a partir dos *critérios* propostos neste trabalho;

- estudo mais detalhado acerca do balanço hídrico no processo de fabricação do ferro gusa, haja vista a divergência de valores encontrados na literatura e na prática;

- estudo sobre a viabilidade dos altos-fornos atenderem ao padrão de emissão de material particulado abaixo de 50mg/Nm^3, sem a necessidade de alteração da sala de máquinas;

- campanhas de medição da concentração de material particulado emitida pelos altos-fornos, para aferição dos resultados de automonitoramento apresentados por determinados empreendimentos;

- estudo sobre a viabilidade operacional e econômica da utilização de finos de minério de ferro e de finos de carvão vegetal como carga aplicada no topo do alto-forno;

- estudo sobre viabilidade da redução do consumo de carvão vegetal e da geração de resíduos sólidos industriais;

- estudo sobre a vulnerabilidade socioambiental dos municípios onde as plantas siderúrgicas estão inseridas, considerando os riscos e as singularidades que caracterizam cada uma das localidades.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; SILVA, M. G.; JOHN, V. M.; OLIVEIRA, C.T.A. *Projeto Cooperativo: Exemplo de Desenvolvimento de Novo Mercado para a Escória.* In: ENCONTRO REGIONAL SOBRE MEIO AMBIENTE NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA, 1995, Vitória, Espírito Santo.

ALCARDE, J.C. *Corretivo de acidez dos solos: características e interpretações técnicas*. São Paulo: ANDA, 2005. 24 p. (ANDA, Boletim Técnico, n. 6).

ALMEIDA, M. L. B. *Alternativas de Uso e Aplicações dos Resíduos Sólidos das Indústrias Independentes de Produção de Ferro-Gusa do Estado de Minas Gerais*. 2001. 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

ALTHOFF P.; SAMPAIO. R.S.; REZENDE M.E.A; FREITAS, G.D.; BRANCO, M.A.C, *Integrating cultivated biomass with charcoal and steel making for CO_2 fixation and O_2 regeneration.*In: FOURTH BIOMASS CONFERENCE OF THE AMERICAS, 1999, Oakland, Califórnia, USA.

ANDRADE, M.L.A. CUNHA, L. M. D. *et al*. *Ferro gusa: metálico alternativo*. Rio de Janeiro: BNDES, 2003. 41 p. (BNDES, Boletim Setorial) Disponível em: http://www.bndes.gov.br/conhecimento/setorial/is_g3_41.pdf. Acesso em: 15 de março. 2009.

ASSIS, C.F.C. *Caracterização de carvão vegetal para a sua injeção em altos-fornos a carvão vegetal de pequeno porte*. 2008. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Escola de Minas. Rede Temática em Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS [ABNT]. NBR-10004; *Classificação de Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro, 2004. 68 p.

_____. NBR-10005; Lixiviação de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro. 2004. 10 p.

_____. NBR-10006; Solubilização de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro. 2004. 2 p.

_____. NBR-10007; Amostragem de Resíduos. Rio de Janeiro. 2004. 25 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS [ABRAF]. *Anuário Estatístico da ABRAF 2009: ano base 2008* – Brasília, 2009.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE, *Lista Suja*, Disponível em: http://www.amda.org.br/base/lista-suja. Acesso em: 15 de jun. 2009.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA [AMS]. Disponível em http://www.silviminas.com.br/. Acesso em: 24 de mar. 2009.

BACHA C.J.C.; BARROS, A.L.M. *Reflorestamento no Brasil: evolução recente e perspectivas para o futuro*. Scientia Forestalis, 2004, v.66, p.191-203.

BATTAGIN, A F. *Panorama do Uso da Escória Granulada de Alto-Forno na Indústria Brasileira de Cimento*. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Rio de Janeiro, 1998.

BENJAMIN J.O. Comentários sobre o levantamento efetuado nas indústrias não-integradas de produção de ferro gusa. Belo Horizonte: FEAM, 2006. 25 p.

BENQUERER, R. A. *Gerenciamento de Resíduos Sólidos em siderúrgicas Integradas a Coque.*2000. 225 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

BOTELHO, H.P. *Noções sobre o tratamento da água*. Belo Horizonte: COTEC, [s.d], 215 p.

CARNEIRO, M.S.; RAMALHO, J.R. *A crise econômica mundial e seu impacto sobre o setor siderúrgico maranhense: relações entre o desempenho recente das empresas guseiras e o desemprego no município de Açailândia.* In: CONFERÊNCIA NACIONAL DOS BISPOS DO BRASIL – REGIONAL NE 5. 2009. São Luiz, Maranhão, 2009.

CASTRO, M**.** *Ameaça de apagão florestal mais perto*. ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA - AMS On-Line 16/09. Disponível em http://www.silviminas.com.br/principal/iConteudo.aspx?cty=44&cnt=81&ano=5&mn=0. Acesso em: 11 de jun. 2009.

CASTRO, L.F.A; TAVARES, R.P. *Balanços de Massa e Térmico Estagiados*. Betim/MG: METALSIDER, 2004. 19 p.

CHIARETTI, D. *Bicombustível Sólido é Alternativa para o Ferro-Gusa.* ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA – AMS On-Line 04/09. Disponível em: http://www.silviminas.com.br/principal/iConteudo.aspx?cty=44&cnt=37&ano=5&mn=0. Acesso em: 19 de maio, 2009.

COELHO JUNIOR, L. M.; CALEGÁRIO, N.; REZENDE, J. L. P.; SÁFADI, T. *Análise temporal do preço do carvão vegetal oriundo de floresta nativa e de floresta plantada*. Scientia Forestalis, 2006. v. 70, p. 39-48, .

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL [CETESB]. *Apostila do curso de seleção de equipamentos de controle da poluição do ar*. São Paulo, 1987. 45p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL [CETESB]. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_indice_padroes.asp. Acesso em: 4 de fev. 2009

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS [CEMIG].*Uso de Energia na Indústria de Ferro-Gusa Não Integrada em Minas Gerais.*Belo Horizonte:CETEC/CEMIG,1988.266 p.

CONSELHO DE POLÍTICA AMBIENTAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS [COPAM]. *Deliberação Normativa COPAM nº 01 de 26 maio. 1981.* Fixa normas e padrões para qualidade do ar, junho 1981.

_____. *Deliberação Normativa COPAM nº 49 de 28 set. 2001.* Dispõe sobre o controle ambiental das indústrias não-integradas de produção de ferro gusa no estado de Minas Gerais, out. 2001.

_____. *Deliberação Normativa COPAM nº 74 de 9 set.. 2004.* Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização e de licenciamento ambiental, e dá outras providências, outubro 2004.

_____. *Deliberação Normativa COPAM nº 115 de 23 abril. 2008.* Dispõe sobre a aplicação agrícola do resíduo siderúrgico, denominado pó de balão, em áreas de plantio de florestas homogêneas de *Eucalyptus* sp., abril 2008.

CONSELHO DE POLÍTICA AMBIENTAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS [COPAM]; CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS [CERH]. *Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01 de 05 maio 2008.* Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE [CONAMA]. *Resolução CONAMA nº 3, de 28 de jun. 1990.* Fixa normas e padrões para qualidade do ar, agosto 1990.

_____. *Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dez. 2006.* Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas, janeiro, 2007.

COUTINHO, J.S. *Ciência de Materiais* 1ª Parte. Faculdade Engenharia. Universidade do Porto, Portugal. *2002*. p. 44-64. Disponível em: http://civil.fe.up.pt/pub/apoio/ano1/CienciaDosMateriais/apontamentos/teorica_20022003/JSC_044a064.pdf. Acesso em: 29 de nov. 2008.

ECOSECURITIES GROUP PLC. Créditos de Carbono – Floresta Plantada e Carbonização. 2008. Disponível em: http://www.inee.org.br/down_loads/biomassa/ Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20Evento%20INEE.pdf. Acesso: 14 de jan. 2009

FARIAS, A.A; SOARES, J.F; CÉSAR, C.C. *Introdução à Estatística.* São Paulo. 2ª Edição. Editora LTC. 2002. 340 p.

FERNANDES, G. *Lixo Entra nos Trilhos*. Jornal Hoje em Dia, Folha Economia, p. 11 Belo Horizonte, 30 nov. 2008.

FERREIRA, O. C. *O futuro do carvão vegetal na siderurgia: Emissões de gases de efeito estufa na produção e consumo do carvão vegetal*. Economia & Energia, 2000, v 21. Disponível em: http://ecen.com/eee21/emiscar2.htm. Acesso em: 29 de nov. 2008.

FIGUEIRA, R. M; FONSECA, M; *Concepção de um Processo de Recirculação de Resíduos Siderúrgicos Através de uma Sinterização de Pequeno Porte*: *O Processo SKP*. In: 51º CONGRESSO ANUAL DA ABM, 1996, São Paulo.

FIRMINO, H. e MORAIS, L., *A cobra vai fumar*. Ecológico, 2009, v. 1, N 6, p. 26-39.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE [FEAM]. Disponível em: http://www.feam.br/component/content/81?task=view. Acesso em: 26 de ago.2009.

_____. *Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais* – Ano base 2005. Belo Horizonte: COPPE/FEAM, 2008. 104 p.

_____. *Inventário de Resíduos Sólidos Industriais de Minas Gerais.* Belo Horizonte: FEAM, 2008. 65 p. (GESOL, Projeto Estruturador /1070).

GEYER, R. M. T.; MASUERO, A.B.; MOLIN, D. C. C.; VILELA, A. C. F. *Escórias Siderúrgicas: Caracterização e Aplicações para a Indústria da Construção Civil.* In: 25º SEMINÁRIO DE REDUÇÃO E MATÉRIAS-PRIMAS SIDERÚRGICAS, 1994, p.363-381 Volta Redonda, Rio de Janeiro.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA [IBS]. Disponível em http://www.ibs.org.br/. Acesso em: 22 de mar. 2009.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE [IPCC]. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry.* Published: IGES. Japan. 2003.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, v. 2 Energy. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories. Programme. Published: IGES, Japan. 2006.

JACOMINO, V.M.F *et al*. *Controle Ambiental das Indústrias de Ferro-Gusa em Altos-Fornos a Carvão Vegetal.* Belo Horizonte: Projeto Minas Ambiente. Segrac Editora e Gráfica Ltda.2002. 302 p.

JACOMINO, V.M.F.; RIBEIRO, E.D.L; CASTRO, L.F.A. *Seleção de padrões de emissão atmosférica. Um estudo de caso para as pequenas e médias empresas produtoras de ferro gusa do estado de Minas Gerais.* Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002, v.7, N.3, p.112-116.

JASPER. A. *Atividades para saídas de campo envolvendo Biologia e Matemática. Um exemplo em uma disciplina de Botânica. Lajeado/RS:* UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI – UNIVATES - Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Exatas. (s.d). 8 p. Disponível em http://www.univates.br/ppgece/docs/PT_Andre1.pdf. Acesso em: 25 de maio. 2009.

LANDGRAF, F.J.G; TSCHIPTSCHIN, A. P.; GOLDENSTEIN, H. Notas sobre a história da metalurgia no Brasil (1500-1850). In: Vargas, M, Org. História da Técnica e da Tecnologia no Brasil. São Paulo: UNESP, 1994. p.107-129.

LIMA, M. S. M. *Avaliação das Características Agronômicas do Pó-de-Balão Gerado no Sistema de Limpeza de Gás do Alto-Forno a Carvão Vegetal*. 2003. 72 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2003.

LISBOA, H.M.; SCHIRMER. W. N. *Controle da Poluição Atmosférica.* Centro Tecnológico. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2008. 91 p

MALARD, A. A. M. *Avaliação do Aproveitamento dos Resíduos Sólidos Gerados nas Indústrias Siderúrgicas Não-Integradas a Carvão Vegetal do Município de Sete Lagoas*. 2008. 70 p. Monografia de Final de Curso (Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MATARELLI, F. A.; LOPES, L. E. F.; CASTRO, L. F. *A. Siderurgia a carvão vegetal*. In: MELLO M. G., Biomassa - Energia nos Trópicos em Minas Gerais: Editora UFMG, 2001. p. 145-161

MINAS GERAIS. *Lei nº 10.100/1990*. Dá nova redação ao artigo 2º da Lei nº 7.302, de 21 de julho de 1978, que dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no Estado de Minas Gerais. Jan. 1990.

_____. *Lei nº 18.031/2009*. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Jan. 2009.

_____. *Lei nº 18.365/2009*. Altera a Lei nº 14.309, de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado, e o art. 7º da Lei Delegada nº 125, de 25 de janeiro de 2007, que dispõe sobre a estrutura orgânica básica da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD, e dá outras providências. Set. 2009.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. Processo COPAM/PA/Nº 1355/2002/002/2002. Interferro Industrial Ltda. Belo Horizonte: FEAM, 2007.

MINITEC MINITECNOLOGIAS, *Perfil de equipamento: Mini alto-forno, 13 p.*. Disponível em: http://www.minitecnologias.com.br/downloads/mbf-pt_16-07-09.pdf. Acesso em: 27 de mar. 2009.

MORAIS, F. F. *Alto-Forno Sustentável – O mercado de carbono no Brasil com ênfase na produção de gusa a partir de carvão vegetal de florestas plantadas de eucalipto*. 2008. 157 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.2008.

NOLDIN JÚNIOR, J.H. *Contribuição ao estudo da cinética de redução de briquetes auto-redutores.* 2002. 130 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2002.

PAIXÃO, J.M. *Processo e Equipamento para Reciclagem de Resíduo da Indústria Metalúrgica.* Belo horizonte, 1997.

PIAU, C. W. *Efeitos de Escória e Siderúrgicas em Atributos Químicos de Solos e na Cultura de Milho.* 1995. 196 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear. São Paulo. 1995.

PLANTAR S.A. *Reflorestamento como Fonte Renovável de Suprimento de Madeira para Uso Industrial no Brasil.* UNFCCC - Documento de Concepção de Projeto para Atividades de Projetos de Florestamento e Reflorestamento - CDM-AR-PDD Versão 04. 2009. 152 p.

ROCHA, S.H.F.S. *Aproveitamento de resíduos gerados na limpeza dos gases de alto-forno através da briquetagem*. 2003. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.2003.

ROCHA, V. C. *Preparação e Caracterização de Vidros à Base de Escoria de Alto-Forno.* 1998. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 1998.

SABLOWSKI, A.R,M. *Balanço de Materiais na Gestão Ambiental da Cadeia Produtiva do Carvão Vegetal para Produção de Ferro Gusa em Minas Gerais*. 2008. 164 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília.2008.

SAMPAIO. R.S. *Produção de metais com biomassa plantada*. In: MELLO. M.G., Biomassa – Energia dos Trópicos em Minas Gerais. Minas Gerais: Editora UFMG, 2000. p. 163-178.

SANQUETTA. C.R. *Elaboração de projetos de MDL e o mercado de carbono*. Apostila do curso oferecido pelo Instituto Eco$_2$clima, Belo Horizonte, 2009.

SANTI, A.M.M. *Co-incineração e co-processamento de resíduos industriais perigosos em fornos de clínquer: Investigação no maior pólo produtor de cimento do País, Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG, sobre os riscos ambientais, e propostas para a Segurança Química.* 2003. 150 p. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas.2003.

SANTOS, L. M. M. *Siderurgia para cursos tecnológicos*. Ouro Preto: ETFOP, 2007. v. 1000. 154 p.

SANTOS, S.R; SANSÍGOLO, C.A. *Influência da densidade básica da madeira de clones de eucalyptus grandis x eucalyptus urophylla na qualidade da polpa branqueada.* Ciência Florestal, 2007. v. 17, N. 1, p. 53-63.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DO FERRO NO ESTADO DE MINAS GERAIS [SINDIFER]. Disponível em: http://www.sindifer.com.br/. Acesso em: 22 de mar. 2009.

SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÃO AMBIENTAL [SIAM]. Consulta interna: http://www.siam.mg.gov.br/siam/analise/. Belo Horizonte, 2008-2009.

SOUZA, C. M. *et al. Uso Agrícola do Pó De Balão e da Lama do Sistema de Limpeza de Gases de Altos-Fornos a Carvão Vegetal*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, agosto, 2006. (UFV, Relatório de Pesquisa).

SUSTAINABLE ENGINEERING SOLUTIONS. Disponível em: www.sesolutions.de. Acesso em: 14 de dez. 2008.

UCHOA, M. P. *A história da Cosipa*.São Paulo. Editora Artes. 1990. 69 p.

WEBER, S.H.J.V. *et al*. *Caracterização de misturas de finos de carvões vegetal e mineral para injeção nas ventaneiras do alto-forno*.1990. 92p. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ANEXOS

ANEXO A

SÍNTESE DOS DADOS

Os principais dados apresentados no decorrer do trabalho estão apresentados abaixo.

Capítulo 2

- **Nº de siderúrgicas não-integradas à carvão vegetal em Minas Gerais**: 68
- **Nº de altos-fornos:** 109
- **Capacidade instalada**: 9.390.355 toneladas/ano
- **Produção em 2008**: 5.213.303 toneladas
- **Variação da capacidade instalada dos altos-fornos**: 30 a 550t/dia
- **Faturamento anual:** R$3,9 bilhões
- **Destino do ferro gusa produzido em 2008**: 44% exportação; 56% mercado interno
- **Consumo do ferro gusa produzido em 2008:** 17% fundições; 83% aciarias
- **Preço médio da tonelada de ferro gusa em 2008**: US$ 445,6
- **Empregos diretos em 2008**: 12.518 pessoas
- **Empregos indiretos**: 51.200 pessoas
- **Localização do parque industrial por município**

Nº Siderúrgicas	Município
22	Sete Lagoas
12	Divinópolis
4	Itaúna
3	Pará de Minas
2	4 municípios
1	19 municípios

- **Localização do parque industrial por zoneamento**

Nº Siderúrgicas	Zoneamento
7	Rural
25	Urbana
36	Mista

- **Classificação segundo a DN COPAM nº 74/2004**

Nº Siderúrgicas	Classificação/potencial poluidor
1	3 / Baixo

52	5 / Médio
15	6 / Alto

- **Certificação ISO**

Nº de siderúrgicas com ISO 9001: 16

Nº de siderúrgicas com ISO 14001: 3

- **Nº de siderúrgicas que possuem termoelétrica:** 9
- **Nº de siderúrgicas que possuem unidade de injeção de finos de carvão vegetal**: 8
- **Operador do parque industrial:**

Proprietário	Arrendatário
46 siderúrgicas	22 siderúrgicas

- **Consumo específico do minério de ferro**: Mínimo = 1.480kg/t; médio = 1.650kg/t; máximo = 1.790kg/t
- **Nº empresas que realizam secagem do minério de ferro**: 50
- **Características do carvão vegetal e do coque**

	Carvão vegetal	Coque
Carbono fixo	65-75%	~88%
Materiais voláteis	25-35%	~1%
Cinza	2-5%	10-12%
Enxofre	0,03-0,10%	0,45-0,70
Resistência à compressão	10-80kg/cm^2	130-160kg/cm^2
Faixa granulométrica	9-100mm	25-75mm
Densidade	180-350kg/cm^3	550kg/cm^3
Reatividade	Maior	Menor

- **Características do alto-forno**

Alto-forno	Carvão vegetal	Coque
Produção	20 a 1.200t/dia	2.000 a 12.000t/dia
Diâmetro cadinho	1,5 a 6m	8 a 14m
Altura	~16m	~32m
Regeneradores	Cowpers e glendons	Cowpers
Produtividade	1,6 a 2t/dm^3	>2 t/dm^3
Gusa	Fósforo alto	Enxofre alto

- **Características dos altos-fornos à carvão vegetal em Minas Gerais**

Tipo de carregamento	skip = 53	correia = 56
Vazamento	intermitente = 65	contínuo = 44
Regenerador	glendons = 108	cowpers = 1

Capítulo 3

- **Efluentes atmosféricos (nº de siderúrgicas)**

Tamboramento de ferro gusa	total = 35	enclausurado = 19
Peneira de escória	total = 25	sistema de aspersão = 8
Peneira carvão vegetal	não enclausurada = 14	
Sistema limpeza de gases AF	úmido = 48	seco = 20
Galpão descarga de carvão	aberto = 4	
Aspersão de vias	fixa = 2	caminhão-pipa = 66
Pavimentação	não possuem pavimento = 18	

- **Efluentes atmosféricos (nº de altos-fornos)**

Sistema limpeza de gases AF	úmido = 84	seco = 25
Topo do AF	enclausurado = 66	sistema de exaustão = 17
Vazamento de escória e gusa	sistema de despoeiramento = 4	

- **Representatividade dos resíduos sólidos industriais**

Escória de alto-forno = 37%; finos de minério de ferro = 32%; finos de carvão vegetal = 21%; pó de balão = 7%; lama de alto-forno = 3%

- **Geração específica de resíduos sólidos industriais (kg/t gusa)**

Resíduo	Mínimo	Médio	Máximo
Escória de alto-forno	40	133	225
Finos de minério ferro	33	115	380
Finos de carvão vegetal	30	76	120
Pó de balão/lama	10	35	80

- **Condições do armazenamento dos resíduos sólidos por siderúrgicas**

Resíduo	Armazenamento adequado (%)
Escória de alto-forno	20
Finos de minério de ferro	50
Finos de carvão vegetal	53
Pó de balão e lama de alto-forno	12

- **Consumo de água por tonelada de gusa**:

Mínimo	Médio	Máximo
0,4	1,33	2,7

Capítulo 4

- **Deliberação Normativa COPAM nº 49/2001**

Item	Nº de Empreendimentos			
	Eficácia			
	Cumpriram integralmente	Tem pendências	Não se aplica	Eficiência
Implantação de sistemas de despoeiramento para áreas referentes à matérias-primas	68	-	-	100% dos empreendimentos atenderam aos padrões estabelecidos na DN no ano de 2008
Padrão de emissão de material particulado				Nas visitas técnicas constatou-se que 30% dos altos-fornos que estavam operando tinham performance visual do equipamento de controle insatisfatória[35]
Freqüência do monitoramento dos sistemas de despoeiramento	46	12	10([36])	Não se aplica
Instalação dos equipamentos integrantes da rede de monitoramento da qualidade do ar	1 ([37])	35	32	Das 31 estações de monitoramento da qualidade do ar, 17 atenderam aos padrões estabelecidos nas legislações no ano de 2008, entretanto apenas uma monitorou PM_{10}, tendo ultrapassado o padrão
Fechamento dos chifres dos altos-fornos	68	-	-	100% dos chifres dos altos-fornos são fechados
Implantação de tochas e queimadores	68	-	-	100% dos altos-fornos possuem ao menos uma tocha
Disposição adequada de resíduos	2	66	-	Não se aplica
Licenciamento ambiental	68	-	-	39 empreendimentos cumpriram todas as condicionantes das Licenças de Operação
Apresentação de protocolo de solicitação de outorga de uso da água	68	-	-	61 empreendimentos possuem outorga com vazão suficiente para atender a demanda
Implantação de sistema de recirculação das águas de refrigeração dos altos-fornos	68	-	-	100% dos empreendimentos recirculam a água de refrigeração, ocorrendo apenas reposição da perda por evaporação
Implantação de sistema de tratamento de esgotos sanitários	68	-	-	26 empreendimentos não atenderam integralmente aos padrões estabelecidos na DN COPAM/CERH nº 1/2008 em 2008
Implantação de sistema de drenagem e tratamento primário das águas pluviais	68	-	-	51 empresas não possuem sistema de drenagem pluvial satisfatório, seja por falta de canaletas de drenagem, por ausência ou subdimensionamento de bacias, ou por ausência de caixas concretadas intermediárias
Implantação de sistema de aspersão nas vias internas	68	-	-	Nas visitas técnicas constatou-se que 10% das vias não estavam sendo umedecidas, apesar dos empreendimentos possuírem caminhão-pipa
Implantação do cinturão verde	68	-	-	29 empreendimentos têm cinturão verde totalmente adensado, sem espaços (corredores) vazios
Implantação de sistema de armazenamento de finos de carvão em silos protegidos e de sistema de estocagem de finos de minérios	58	10	-	50% dos empreendimentos têm problemas no manuseio dos resíduos, pois possuem áreas desprotegidas, apesar de terem silos vedados

[35] O capítulo 4 define o padrão adotado para consideração das performances dos sistemas de controle no alto-forno.
[36] Nº de empresas que não operaram no ano de 2008.
[37] Apenas um empreendimento realiza monitoramento da qualidade do ar para partículas inaláveis (PM_{10}), portanto somente ela cumpriu integralmente o disposto da deliberação normativa.

Capítulo 5

- **Resíduos sólidos**

Destino do resíduo em 2008	Nº de empresas destinatárias dos resíduos			
	Finos de minério de ferro	Finos de carvão vegetal	Escória	Pó de balão/lama de AF
Cimenteira	5	38	22	21
Calcinação	-	6	-	-
Cerâmica	-	-	-	29
Beneficiamento	-	7	25	2
Pavimentação de estradas	-	-	11	-
Conformação de vias/aterramento	28	-	1	-
Reutilização no alto-forno	13	9	-	-
Calderaria	-	5	-	2
Fabricação de briquete	1	1	-	1
Construtora	-	-	4	-
Sinterização	11	-	-	-
Silvicultura	-	-	-	1
Isolante térmico bica do AF	-	-	-	1
Base para tubulação	-	-	1	-
Aterro industrial	-	-		2
Estocagem interna	11	-	1	3
Não informou/não operou	9	5	7	6

- **Efluentes atmosféricos**

Resultados de automonitoramento para fontes fixas no ano de 2008 que atenderam aos padrões definidos na legislação: 100%

Estações de monitoramento da qualidade do ar que não excederam os limites estabelecidos nas legislações em 2008: 55%

- **Consumo de carvão vegetal**

Área de floresta plantada de eucalipto em Minas Gerais em 2008: 1.423.212ha

Consumo de carvão vegetal nas siderúrgicas não-integradas em 2008: 14.538.898mdc

Consumo por tipo de carvão em 2008: Nativo (44%); Exótico (56%)

Consumo específico do carvão vegetal: Mínimo = 2,2mdc/t; médio = 2,74mdc/t; máximo = 3,5mdc/t

Preço médio do mdc de carvão vegetal de florestas plantadas em 2008: R$131,00

Área necessária para suprir demanda de carvão vegetal nas siderúrgicas não-integradas do Estado de Minas Gerais: entre 550 e 700 mil hectares

- **Balanço de CO_2 no ciclo de fabricação do ferro gusa em alto-forno à carvão vegetal, considerando auto-sustentabilidade**

Geração de CO_2 no alto-forno: 1,87t/t de gusa

Geração de CO_2 na carbonização da madeira: 0,5t/t de gusa

Fixação de CO_2 nas florestas plantadas com eucalipto: 3,84t/t de gusa

- **Nº de siderúrgicas que utilizam porcentagens pequenas de coque no alto-forno à carvão vegetal**: 22
- **Emissão de CO_2 na fabricação do ferro gusa em siderúrgicas não-integradas no ano de 2008**: 12.350.315 toneladas

Capítulo 6

- **Classificação das siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais segundo a metodologia desenvolvida no trabalho**

Classificação	Nº Empreendimentos
Péssimo	2
Muito ruim	4
Ruim	9
Regular	41
Bom	8
Muito bom	2
Ótimo	2

ANEXO B

***Check list* aplicado nas visitas técnicas**

	GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS **SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL** **CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTA - COPAM**	***feam*** *FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE*	**CHECK LIST** **N^{O}** / AF

ATIVIDADE: Produção de Ferro Gusa
OBJETIVO: Avaliação do Setor de Ferro Gusa

LEVANTAMENTO REALIZADO EM **ÀS HORAS**

EMPREENDIMENTO:

ENDEREÇO:

MUNICÍPIO:

COORDENADAS GEOGRÁFICAS (UTM): (X): (Y):

LOCALIZAÇÃO: ___Zona Urbana ___Zona Mista ou Margem de Rodovia ___Zona Rural

LOCALIZADO EM ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL? ___Sim ___Não **QUAL?**

BACIA HIDROGRÁFICA: **CURSO D'ÁGUA:**

TERRENO PRÓPRIO OU ARRENDADO:

OPERAÇÃO DESDE:

ÁREA ÚTIL: **ÁREA TOTAL:**

NÚMERO DE EMPREGADOS:

Nº DE ALTOS-FORNOS:

CAPACIDADE TOTAL INSTALADA: **PRODUÇÃO MÉDIA:**

PRODUÇÃO ANUAL DE GUSA:

PORCENTAGEM DE PRODUÇÃO NOS ÚLTIMOS DOIS ANOS:

DESTINO PRODUTO FINAL (%):___Aciaria ( ) ___Fundição ( ) **PORCENTAGEM EXPORTADA:**

CERTIFICADO ISO: ___Sim ( ) ___Não

ÚLTIMA VISTORIA REALIZADA PELO ÓRGÃO AMBIENTAL FISCALIZADOR:

AUTOS DE INFRAÇÃO: ___Sim ___Não **QUANTOS:** **ÚLTIMO:**

OBS.:

TERMO DE AJUSTAMENTO DE CONDUTA MP (TAC): ___Sim ___Não **DATA DA ASSINATURA:**

OBS.:

CLASSIFICAÇÃO DN 74/2004:

REGISTRO IEF: **ÚLTIMA CERTIDÃO DE ADIMPLÊNCIA**:

REFLORESTAMENTO?___Sim ___Não

PORCENTAGEM DE CARVÃO PROVIDO DO REFLORESTAMENTO: **PRÓPRIO:**

PORCENTAGEM DE CARVÃO DE ORIGEM NATIVA:

CONSUMO MÉDIO CARVÃO ANUAL (m^3):

CONSUMO CARVÃO (m^3/t de gusa):

CONSUMO DE ÁGUA MÉDIO: **CAPTAÇÃO:**

OUTORGA: ___Sim ___ Não **VOLUME OUTORGADO:**

LICENÇA DE OPERAÇÃO Nº: **VALIDADE:** **CONDICIONANTES:** ___Sim ( )___ Não

CUMPRIMENTO CONDICIONANTES: ___Total ___Parcial (especificar Obs) ___ Descumprimento total

OBS:

Alto-Forno número: ___Intermitente ___Contínuo

Situação: ___em operação ___parado (Desde:) ___em reforma ___abafado

Capacidade Instalada: **Produção média:** **Volume de ar do soprador:**

Nº de glendons: **Nº de tochas:**

SISTEMAS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

DESCARGA DE CARVÃO DIRETA

Galpão: ___aberto ___fechado ___Semi-aberto ___Ao ar livre
Atende outro AF? ___ Sim ___ Não **Especificar:**
Sistema de Controle:___Sim ___ Não **Especificar:** **Volume de ar do exaustor:**
Performance visual do equipamento de controle: ___ Satisfatória ___ Razoável ____ Insatisfatória
Atende só a descarga direta? ___ Sim ___ Não **Especificar:**
Monitoramento: ___Sim ___Não **Resultados atendem a DN 49/2001:** ___Sim ___Não
Obs:

DESCARGA DE CARVÃO INDIRETA

Galpão: ___aberto ___fechado ___Semi-aberto ___Ao ar livre
Atende outro AF? ___Sim ___Não **Especificar:**
Sistema de Controle:___Sim ___ Não **Especificar:** **Volume de ar do exaustor:**
Performance visual do equipamento de controle:___Satisfatória ___ Razoável ___ Insatisfatória
Atende só a descarga indireta? ___Sim ___Não **Especificar:**
Monitoramento: ___Sim ___Não **Resultados atendem a DN 49/2001:** ___Sim ___Não
Obs:

PREPARAÇÃO DE CARGA (CARVÃO VEGETAL)

Atende outro AF: ___Sim ___Não **Especificar:**
Sistema de Controle: ___Sim ___ Não **Especificar:** **Volume de ar do exaustor:**
Performance visual do equipamento de controle:___Satisfatória ___ Razoável ___Insatisfatória
Atende só a preparação de carga de carvão? ___Sim ___Não **Especificar:**
Áreas de transferência enclausuradas: ___Sim ___Não ___Parcialmente
Área de peneiramento enclausurada: ___Sim ___Não ___Parcialmente
Monitoramento: ___Sim ___Não **Resultados atendem a DN 49/2001:** ___Sim ___Não
Obs:

PREPARAÇÃO DE CARGA (MINÉRIO DE FERRO)

Ocorre secagem de minério: ___Sim ___Não **Sistema de secagem:**
Atende outro AF? ___Sim ___Não **Especificar:**
Sistema de Controle: ___Sim ___Não **Especificar:** **Volume de ar do exaustor:**
Performance visual do equipamento de controle: ___Satisfatória ___ Razoável ___ Insatisfatória
Atende só a preparação de carga de minério? ___Sim ___ Não **Especificar:**
Áreas de transferência enclausuradas: ___Sim ___Não ___Parcialmente
Área de peneiramento enclausurada: ___Sim ___Não ___Parcialmente
Monitoramento: ___Sim ___Não **Resultados atendem a DN 49/2001:** ___Sim ___Não
Obs:

METALURGIA DE PANELA

Ocorre metalurgia de panela: ____ Sim ___Não
Atende outro AF? ___ Sim ___ Não **Especificar:**
Sistema de Controle: ___Sim ___ Não **Especificar:** **Volume de ar do exaustor:**
Performance visual do equipamento de controle: ___ Satisfatória ___ Razoável ___ Insatisfatória
Atende só a metalurgia de panela? ___ Sim ___ Não **Especificar:**
Monitoramento: ___Sim ___Não **Resultados atendem a DN 49/2001:** ___Sim ___Não
Obs:

CARREGAMENTO DO ALTO FORNO

Tipo: ___skip ___correia
Sistema de Controle: ___Sim ___Não **Especificar:** **Volume de ar do exaustor:**
Atende outro ponto? ___ Sim ___ Não **Especificar:**
Topo enclausurado: ___Sim ___Não ___Parcialmente
Performance visual do carregamento: ___ Satisfatória ___Razoável ___ Insatisfatória
Monitoramento: ___Sim ___Não **Resultados atendem a DN 49/2001:** ___Sim ___Não
Obs:

INJEÇÃO DE FINOS
Realiza injeção de finos: ___Sim ___Não
Atende outro AF? ___Sim ___ Não **Especificar:**
Sistema de Controle: ___Sim ___ Não **Especificar:** **Volume de ar do exaustor:**
Performance visual do equipamento de controle: ___ Satisfatória ___ Razoável ___Insatisfatória
Atende só a injeção de finos? ___Sim ___ Não **Especificar:**
Monitoramento: ___Sim ___Não **Resultados atendem a DN 49/2001:** ___Sim ___Não
Obs:

LIMPEZA DO GÁS DE ALTO-FORNO
Sistema de Controle (nº equip.): ___Balão Gravitacional ( ) ___Ciclone ( ) ___Lavador ( ) ___Ciclone desumidificador ( )
Performance visual do equipamento de controle: ___Satisfatória ___ Razoável ____ Insatisfatória
Monitoramento: ___Sim ___Não **Resultados atendem a DN 49/2001:** ___Sim ___Não
Percentual de CO_2 no gás de alto-forno:
Obs:

MANUSEIO DE MOINHA
___Correias transportadoras ___Caçambas/big bag ___Pneumático
Sistema de Controle: ___Sim ___Não **Especificar**: **Volume de ar do exaustor:**
Performance do equipamento de controle: ___Satisfatória ___ Razoável ___Insatisfatória
Atende outro ponto? ___Sim ___ Não **Especificar:**
Obs:

MANUSEIO DO PÓ DE BALÃO
___Caçambas/ big bag ___Pá carregadeira/ caminhão ___Correias transportadoras ___Pneumático
Ligação fechada entre sistema e o balão gravitacional? ___Sim ____Não
Performance: ___ Satisfatória ___Razoável ____ Insatisfatória
Obs:

MANUSEIO DO PÓ DOS FILTROS DE MANGAS
___Caçambas/ big bag ____Pá carregadeira/caminhão ___Correias transportadoras ___Pneumático
Ligação fechada entre o sistema e o filtro? ___Sim ___Não
Performance: ___Satisfatória ___ Razoável ____ Insatisfatória
Obs:

FECHAMENTO DOS CHIFRES
Realizado: ___Sim ____Não
Obs:

CINTURÃO VERDE
Existente: ___Sim ___Não **Qualidade**: ___Satisfatória ___Razoável ___ Insatisfatória
Obs:

JARDINS PAISAGÍSTICOS
Existente: ___Sim ___Não **Qualidade**: ___Satisfatória ___Razoável ___Insatisfatória
Obs:

SISTEMA VIÁRIO
Vias delimitadas: ___Sim ___ Não ___Parcialmente
Vias sinalizadas: ___Sim ___ Não ___Parcialmente
Vias pavimentadas:___Sim ___Não ___Parcialmente **Tem varrição:**___Sim ___Não
Aspersão das vias: ___Sim ___Não **Tipo:** ___pipa ___fixa **Performance**:___Satisfatória ___Razoável ___ Insatisfatória
Acúmulo de pó nas vias:___Sim ___ Não ___Alguns pontos isolados
Obs:

PÁTIOS
Pátios delimitados: ___Sim ___ Não ___Parcialmente
Pátios sinalizados: ___Sim ___ Não ___Parcialmente
Pátios pavimentados:___Sim ___Não ___Parcialmente **Tem varrição:**___Sim ___Não
Aspersão dos pátios: ___Sim ___Não **Tipo:** __pipa ___fixa **Performance**:___Satisfatória ___ Razoável ___ Insatisfatória
Acúmulo de pó nos pátios:___Sim ___ Não ___Alguns pontos isolados
Obs:

TRATAMENTO E RECIRCULAÇÃO DOS EFLUENTES LÍQUIDOS

ÁGUAS DE REFRIGERAÇÃO DE CARCAÇA E VENTANEIRAS:
Tratamento: **Recirculação**: ___Sim ___ Não
Performance: ___Satisfatória ___ Razoável ___Insatisfatória
Obs:

ÁGUAS DE LIMPEZA DE GASES DO ALTO-FORNO:
Tratamento: ___ Sim ___Não **Especificar:** **Recirculação**: ___Sim ___Não
Performance: ___Satisfatória ___ Razoável ___Insatisfatória **Local de lançamento:**
Filtro Prensa: ___Sim ___Não
Obs:

ÁGUAS DE RESFRIAMENTO DE ESCÓRIA:
Existência:___Sim ___Não **Tratamento:** ___Sim ___Não **Especificar:**
Performance: ___Satisfatória ___ Razoável ___Insatisfatória
Recirculação: ___Sim ___Não **Destino Final:**
Obs:

ÁGUAS DE GRANULAÇÃO DE ESCÓRIA:
Existência: ___Sim ___Não **Tratamento:** ___Sim ___Não **Especificar:**
Performance: ___ Satisfatória ___ Razoável ___Insatisfatória
Recirculação:___Sim ___Não **Destino Final:**
Obs:

EFLUENTES SANITÁRIOS:
Instalação: ___Fossa ___Filtro ___ ETE
Destino Final: ___Sumidouro ___Rede Municipal ___Drenagem natural ___Córrego ___Outros
Monitoramento: ___Sim ___Não **Resultados atendem a legislação:**___Sim ___Não
Obs:

ÁGUAS PLUVIAIS:
Instalação:___Canaletas ___Caixas de decantação ( ) ___Bacias de Decantação ( )
Bacias de decantação impermeabilizadas:___Sim ___Não
Destino Final: ___Sumidouro ___Rede municipal ___Córrego ___Drenagem natural ___Outros
Performance visual: ___Satisfatória ___Razoável ___Insatisfatória
Monitoramento: ___Sim ___Não **Resultados atendem a legislação:**___Sim ___Não
Obs:

EFLUENTES DE OFICINA MECÂNICA (LAVAGEM DE PEÇAS OU VEÍCULOS):
Instalação: **Destino Final**: ___Rede Municipal ___Córrego ___Drenagem natural ___Outros
Performance visual: ___Satisfatória ___Razoável ___Insatisfatória
Monitoramento: ___Sim ___Não **Resultados atendem a legislação:** ___Sim ___Não
Obs:

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:
Monitoramento: ___Sim ___Não **Resultados atendem a legislação**: ___Sim ___Não
Obs.:

RESÍDUOS

POSSUI COLETA SELETIVA: ___Sim ___Não
Obs.:

DISPOSIÇÃO DE MOINHA
Sistema de Disposição: ___Sim ___Não **Tipo:** ___Silo ___Galpão ___Caçamba
Capacidade:
Depósito descarga do silo enclausurado:___Sim ___Não ___Parcialmente
Performance: ___Satisfatória ___ Razoável ____Insatisfatória
Encontrado resíduo disposto a céu aberto:___Sim ___Não
Beneficiamento: ___Sim ___Não
Destino Final: ___Venda ___Doação ___Reutilização **Especificar destino:**
Quantidade estocada:
Caracterização do resíduo: ___Sim ___Não **Classificação ABNT-NBR 10.004:**
Quantidade gerada por tonelada de gusa:
Obs:

DISPOSIÇÃO DE PÓ DE BALÃO E LAMA DE ALTO-FORNO
Sistema de Disposição: ___Sim ___Não **Tipo:** ___Silo ___Aterro ___Depósito ___Outros
Capacidade:
Aterro (Depósito): ___Impermeabilizado ___Canaletas drenagem ___Caixa retenção percolado
____Aspersão de água ___Sinalizado ___Delimitado ___Escavado ___Inclinado (água fica retida no depósito)
Performance: ___Satisfatória ___ Razoável ___Insatisfatória
Beneficiamento: ___Sim ___Não
Destino Final: ___Venda ___Doação ___Reutilização **Especificar destino:**
Quantidade estocada:
Caracterização do resíduo: ___Sim ___Não **Classificação ABNT-NBR 10.004:**
Quantidade gerada por tonelada de gusa:
Obs:

DISPOSIÇÃO DE FINOS DE MINÉRIO
Sistema de Disposição Primário: ___Sim ___ Não **Tipo:** ___Silo ___Depósito ___Aterro ___Outros
Capacidade:
Depósito descarga do silo enclausurado:___Sim ___Não ___Parcialmente
Performance:___Satisfatória ____Razoável ____Insatisfatória
Sistema de Disposição Secundário: ___Céu aberto ___Aterro
Beneficiamento: ___Sim ___Não
Destino Final: ___Venda ___Doação ___Reutilização **Especificar destino:**
Quantidade estocada:
Caracterização do resíduo: ___Sim ___Não **Classificação ABNT-NBR 10.004:**
Quantidade gerada por tonelada de gusa:
Obs:

DISPOSIÇÃO DE ESCÓRIA
Sistema de Disposição: ___Sim ___ Não **Tipo:** ___Aterro ___Depósito ___Outros
Capacidade:
Aterro (Depósito): ___Impermeabilizado ___Canaletas drenagem ___Caixa retenção percolado ___Inclinado (água fica retida no depósito)
Performance: ___Satisfatória ___Razoável ____Insatisfatória
Beneficiamento: ___Sim ___Não
Destino Final: ___Venda ___Doação ___Reutilização **Especificar destino:**
Quantidade estocada:
Caracterização do resíduo: ___Sim ___Não **Classificação ABNT-NBR 10.004:**
Quantidade gerada por tonelada de gusa:
Obs:

TERMOELÉTRICA
Possui Gerador: ___Sim ___Não **Nº de Geradores:** **Capacidade de cada gerador:**
Está licenciada: ___Sim ___Não
Monitoramento: ___Sim ___Não **Resultados atendem a DN 49/2001:** ___Sim ___Não
Obs:

TAMBORAMENTO DE FERRO GUSA
Sistema de Controle: ___Sim ___Não **Especificar:** **Volume de ar do exaustor:**
Performance do equipamento de controle: ___ Satisfatória ___ Razoável ____ Insatisfatória
Enclausurado? ___Sim ___ Não ___Parcialmente
Obs:

PENEIRAMENTO DE ESCÓRIA
Sistema de aspersão de água:___Sim ___Não
Performance do sistema:___Satisfatória ___Razoável ___Insatisfatória
Obs:

SINTERIZAÇÃO
Sistema de controle: ___Sim ___Não **Especificar:** **Volume de ar do exaustor:**
Performance do equipamento de controle: ___ Satisfatória ___ Razoável ___ __ Insatisfatória
Monitoramento: ___Sim ___Não **Resultados atendem a DN 49/2001:** ___Sim ___Não
Obs:

PORCENTAGEM UTILIZAÇÃO DE COQUE NO ALTO-FORNO:
Depósito de finos de coque: ___Sim ___Não **Enclausurado:** ___Sim ___Não ___Parcialmente
Obs.:

SALA DE MÁQUINAS
Enclausurada: ___Sim ___Não ___Parcialmente
Obs.:

QUALIDADE DO AR NO ENTORNO DO EMPREENDIMENTO
Existe Rede individual de Avaliação:___Sim ___Não **Quantidade de Aparelhos**:
Participação em Rede: ___Sim ___ Não **Especificar:** **Quantidade de Aparelhos:**
Obs:

OBSERVAÇÕES GERAIS

ADEQUAÇÕES SOLICITADAS NA VISTORIA – Auto de Fiscalização nº /2009 (PRAZO: meses)

Nome do representante de empresa - cargo	**Nome do Técnico** **Antônio Augusto Melo Malard**

Obs:

- **Todos os espaços devem ser preenchidos com as informações pertinentes e esclarecedoras.**
- **Fazer uma check-list para cada forno existente no empreendimento.**
- **Itens comuns aos vários fornos, desde que não sejam esclarecedores, são dispensados de preenchimento.**

ANEXO C

Relatório fotográfico dos parâmetros utilizados para classificação dos empreendimentos

As fotografias[38] localizadas no canto esquerdo referem-se a melhor condição, enquanto as situadas no canto direito referem-se a pior condição

- **Termoelétrica**

Unidade de co-geração de energia por meio dos gases do alto-forno: Termoelétrica

- **Unidade de injeção de finos de carvão vegetal**

Unidade de injeção de finos de carvão vegetal

[38] A documentação fotográfica, referente aos anos de 2008 e 2009, contida nesse Anexo pertence ao acervo particular do autor.

- **Consumo de carvão vegetal**

Floresta plantada de eucalipto.

- **Armazenamento de finos de carvão vegetal**

Silo de finos de carvão vegetal e área de descarga enclausurados (à esq.) e finos de carvão vegetal dispostos sem controle a céu aberto (à dir.).

- **Armazenamento de pó de balão e lama de alto-forno**

Depósito de pó de balão e lama de AF delimitado, concretado, com canaletas de drenagem e caixa de retenção de percolado (à esq.) e resíduos dispostos sem controle, diretamente no solo (à dir.).

- **Armazenamento primário de finos de minério de ferro**

Silo de finos de minério de ferro enclausurado (à esq.) e finos de minério de ferro dispostos sem nenhum controle (à dir.).

- **Armazenamento de escória de alto-forno**

Depósito de escória de alto-forno delimitado, concretado, com canaletas de drenagem e caixa de retenção de percolado (à esq.) e resíduo disposto sem nenhum controle (à dir.).

- **Controle de poeira no manuseio de moinha**

Silo de moinha com sistema de despoeiramento (à esq.) e silo de moinha sem sistema de despoeiramento (à dir.).

- **Controle de poeira no manuseio de pó de balão**

Caçamba de manuseio do pó de balão enclausurada e acoplada ao sistema, que possui aspersão de água (à esq.) e manuseio do resíduo sem nenhum controle (à dir.).

- **Controle da geração de pó no topo do alto-forno**

Topo de AF enclausurado e contemplado com sistema de exaustão (à esq.) e topo de AF sem nenhum controle (à dir.).

- **Controle das emissões atmosféricas geradas no alto-forno**

Sistema de despoeiramento composto de balão gravitacional, ciclone, lavador de gases tipo Venturi e desumidificador (à esq.) e sistema composto apenas de balão gravitacional (à dir.).

- **Sistema de limpeza das águas de lavagem dos gases**

Tanques espessadores e filtro prensa (à esq.) e sistema composto de tanques retangulares em péssimas condições (à dir.).

- **Controle da geração de pó na corrida de ferro gusa / escória**

Sistema de exaustão na bica do AF (à esq.) e corrida de ferro gusa sem nenhum controle (à dir.).

- **Depósitos de descarga de carvão**

Depósito de descarga de carvão vegetal totalmente enclausurado (à esq.) e outro em estado precário (à dir.).

- **Áreas de preparo de matérias-primas (peneiras e transferências)**

Peneira de carvão vegetal totalmente enclausurada com sistema de exaustão eficiente (à esq.) e outra com aberturas e sistema de exaustão ineficiente, propiciando fuga de material particulado (à dir.).

Peneiras de minério de ferro e fundentes enclausuradas, com sistema de despoeiramento (à esq.) e peneira de minério de ferro aberta, com grande geração de poeira (à dir.).

- **Sistema de drenagem pluvial**

Canaletas de drenagem destinando água para caixa concretada e em seguida bacia de decantação (à esq.) e área sem sistema de drenagem, com focos de erosão (à dir.).

ANEXO D

Siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal do Brasil

Empresa	Município/Estado	Altos-fornos	Capacidade instalada (t/dia)
AVG Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas/MG	2	1000
Brasil Verde Agroindústrias Ltda.	Conceição do Pará/MG	1	220
Carmense Comercial Ltda.	Carmo da Mata/MG	1	56
CBF - Indústria de Gusa Ltda.	João Neiva/ES	4	1260
Cia. Siderúrgica Pitangui	Pitangui/MG	3	930
Cia. Siderúrgica Santa Barbara Ltda.	Vila Velha/ES	1	260
Cia. Siderúrgica Vale do Pindaré (Grupo Queiroz Galvão)	Açailândia/MA	3	1100
Cisam Siderurgia Ltda.	Pará de Minas/MG	1	400
Citygusa Siderurgia Ltda.	Pedro Leopoldo/MG	1	250
Cosima - Cia. Siderúrgica do Maranhão	Santa Inês/MA	2	730
Cosimat - Siderúrgica Matozinhos Ltda.	Matozinhos/MG	2	700
Cosipar - Cia. Siderúrgica do Pará	Marabá/PA	4	1400
Cossisa - Cia. Setelagoana de Siderurgia	Sete Lagoas/MG	3	730
Da Terra Siderúrgica Ltda.	Marabá/PA	2	500
Divigusa Indústria e Comércio Ltda.	Divinópolis/MG	3	360
Ferdil Produtos Metalúrgicos Ltda.	Divinópolis/MG	1	120
Ferdil Produtos Metalúrgicos Ltda.	São Gonçalo do Pará/MG	1	120
Fergubel - Ferro Gusa Bela Vista Ltda.	Matozinhos/MG	1	220
Fergubrás Ferro Gusa do Brasil Ltda.	Sete Lagoas/MG	2	550
Fergumar - Ferro Gusa do Maranhão Ltda.	Açailândia/MA	2	600
Ferguminas Siderurgia Ltda.	Itaúna/MG	2	1000
Ferro Gusa Carajás S.A.	Marabá/PA	2	1000
Ferroeste Industrial Ltda.	Divinópolis/MG	1	200
Fundivale	Divinópolis/MG	1	220
Gerdau Aços Longos S.A	Contagem/MG	2	700
Gerdau Aços Longos S.A.	Sete Lagoas/MG	2	610
Gusa Nordeste S.A.	Açailândia/MA	3	1150
Hubner Siderurgia Unidade Minas Gerais Ltda.	São Gonçalo do Pará/MG	1	120
Insivi - Indústria Siderúrgica Viana Ltda.	Sete Lagoas/MG	4	1120
Ironbrás Indústria e Comércio S.A. - Usina I	Sete Lagoas/MG	1	400
Ironbrás Indústria e Comércio S.A. - Usina II	Sete Lagoas/MG	1	340
Itametal Siderurgia Ltda.	Itaúna/MG	1	170
Itasider - Usina Siderúrgica Itaminas S.A.	Sete Lagoas/MG	2	800

Empresa	Município/Estado	Altos-fornos	Capacidade instalada (t/dia)
Itasider - Usina Siderúrgica Itaminas S.A.	Nova Serrana/MG	2	600
Maragusa - Marabá Gusa Siderúrgica Ltda.	Marabá/PA	1	500
Margusa - Maranhão Gusa S.A.	Rosário/MA	2	500
Mat-Prima Comércio de Metais Ltda.	Divinópolis/MG	2	230
Metalsete Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas/MG	1	150
Metalsider Ltda.	Betim/MG	7	1260
MGS - Minas Gerais Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas/MG	1	400
Minas Gusa Siderurgia Ltda.	Itaúna/MG	1	115
Nether Iron Siderurgia do Brasil S.A.	Bom Despacho/MG	1	120
Plantar Siderúrgica S.A.	Sete Lagoas/MG	2	680
Sama - Santa Marta Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas/MG	1	200
Sicafe Produtos Siderúrgicos Ltda.	Sete Lagoas/MG	3	610
Sidenorte Siderúrgica	Marabá/PA	1	500
Sidepar - Siderúrgica do Pará S.A.	Marabá/PA	2	1000
Siderbrás - Siderúrgica Brasileira Ltda.	Sete Lagoas/MG	2	300
Siderlagos Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas/MG	1	270
Sidermin - Siderúrgica Mineira Ltda.	Sete Lagoas/MG	2	520
Siderpa - Siderúrgica Paulino Ltda.	Sete Lagoas/MG	2	610
Siderprata - Cia. Siderúrgica Lagoa da Prata	Lagoa da Prata/MG	1	200
Siderúrgica Álamo Ltda.	Divinópolis/MG	1	136
Siderúrgica Alterosa Ltda. - Unidade I	Pará de Minas/MG	2	500
Siderúrgica Alterosa Ltda. - Unidade II	Pará de Minas/MG	1	230
Siderúrgica Bandeirante Ltda.	Sete Lagoas/MG	2	300
Siderúrgica Barão de Mauá Ltda.	Sete Lagoas/MG	1	30
Siderúrgica Gafanhoto Ltda.	Nova Serrana/MG	1	200
Siderúrgica Gagé Ltda.	Conselheiro Lafaiete/MG	1	250
Siderúrgica Ibérica do Pará S.A.	Marabá/PA	3	1100
Siderúrgica Ibiraçu Ltda.	Ibiraçu/ES	1	260
Siderúrgica Noroeste Ltda.	Sete Lagoas/MG	1	250
Siderúrgica Oriente Ltda.	Fundão/ES	2	430
Siderúrgica Piratininga Ltda.	Itaguara/MG	1	150
Siderúrgica Santo Antônio Ltda.	Itaúna/MG	1	450
Siderúrgica São Luiz Ltda.	Divinópolis/MG	2	350
Siderúrgica São Sebastião do Itatiaiuçu S.A.	Itatiaiuçu/MG	1	250
Siderúrgica Trevo Ltda.	Alfredo Vasconcelos/MG	2	400
Siderúrgica Trevo Ltda.	Curvelo/MG	2	400
Siderúrgica União Bondespachense Ltda.	Bom Despacho/MG	2	480
Siderúrgica Valinho S.A.	Divinópolis/MG	2	330

Empresa	Município/Estado	Altos-fornos	Capacidade instalada (t/dia)
Simar - Siderúrgica Maravilhas Ltda.	Maravilhas/MG	1	130
Simasa - Siderúrgica Maranhão S.A. (Grupo Queiroz Galvão)	Açailandia/MA	2	600
Simasul Siderurgia Ltda.	Aquidauana/MS	1	150
Sinobrás - Siderúrgica Norte Brasil S.A.	Marabá/PA	2	730
Socoimex Siderurgia Ltda.	Itabira/MG	1	300
Susa - Siderúrgica União Ltda.	Divinópolis/MG	1	350
TCF - Triunfo Comércio de Ferro Ltda.	Divinópolis/MG	2	320
Tecnosider Siderurgia Ltda.	Prudente de Morais/MG	2	450
Terra Norte Metais Ltda.	Marabá/PA	2	500
TMG Siderurgia Ltda.	Divinópolis/MG	1	140
Transtril Comércio e Exportação Ltda.	Carmo do Cajuru/MG	1	50
Transtril Comércio e Exportação Ltda.	Mateus Leme/MG	1	60
Unisider - União Siderúrgica Ltda.	Divinópolis/MG	1	190
Usimar - Usina Siderúrgica Marabá S.A.	Marabá/PA	3	1000
Usipar - Usina Siderúrgica do Pará	Barcarena/PA	2	1400
Usisete - Usina Siderúrgica de Sete Lagoas	Sete Lagoas/MG	2	500
Usival - Usina Siderúrgica Valadares Ltda.	Governador Valadares/MG	1	150
VDL Siderurgia Ltda.	Itabirito/MG	1	280
Veredas Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas/MG	2	500
Vetorial Siderurgia Ltda.	CorumbáMS	2	1000
Vetorial Siderurgia Ltda.	Campo Grande/MS	1	270
Vetorial Siderurgia Ltda.	Ribas do Rio Prado/MS	2	660
Viena Siderúrgica do Maranhão Ltda.	Açailândia/MA	5	1720

ANEXO E

Produção e destino do ferro gusa nas siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais no ano de 2008

Empresa	Município	Produção de ferro gusa em 2008 (t)	Ferro gusa exportado (%)	Ferro gusa destinado à aciaria (%)	Ferro gusa destinado à fundição (%)
AVG Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas	218679,64	30	30	70
Brasil Verde Agroindústrias Ltda.	Conceição do Pará	67428,02	0	0	100
Carmense Comercial Ltda.	Carmo da Mata	24.000	30	40	60
Cia. Setelagoana de Siderurgia - Cossisa	Sete Lagoas	109.466,85	95	98	2
Cia. Siderúrgica Lagoa da Prata - Siderprata	Lagoa da Prata	64.196,45	20	100	0
Cia. Siderúrgica Pitangui	Pitangui	94.209,78	60	60	40
Cisam Siderurgia Ltda.	Pará de Minas	124.433,26	0	100	0
Citygusa Siderurgia Ltda.	Pedro Leopoldo	85.267,62	80	100	0
Cosimat - Siderúrgica Matozinhos Ltda.	Matozinhos	122417,57	80	100	0
Divigusa Indústria e Comércio Ltda.	Divinópolis	64.389	60	100	0
Ferdil Produtos Metalúrgicos Ltda.	Divinópolis	48.099,15	30	100	0
Ferdil Produtos Metalúrgicos Ltda.	São Gonçalo do Pará	42.269,86	20	100	0
Fergubel - Ferro Gusa Bela Vista Ltda.	Matozinhos	76.059	50	100	0
Fergubrás Ferro Gusa do Brasil Ltda.	Sete Lagoas	62.731	60	100	0
Ferguminas Siderurgia Ltda.	Itaúna	194.962,19	50	100	0
Ferroeste Industrial Ltda.	Divinópolis	49.352	80	100	0
Fundivale	Divinópolis	35.000	Não informou		
Gerdau Aços Longos S.A	Contagem	167.432	0	100	0
Gerdau Aços Longos S.A	Sete Lagoas	77.405	60	100	0
Hubner Siderurgia Unidade Minas Gerais Ltda.	São Gonçalo do Pará	34.202	35	70	30
Insivi - Indústria Siderúrgica Viana Ltda.	Sete Lagoas	199.203,15	65	60	40
Ironbrás Indústria e Comércio S.A. - Usina I	Sete Lagoas	0	-	-	-
Ironbrás Indústria e Comércio S.A. - Usina II	Sete Lagoas	0	-	-	-
Itametal Siderurgia Ltda.	Itaúna	36.711,92	30	100	0
Itasider - Usina Siderúrgica Itaminas S.A.	Sete Lagoas	161.900	50	100	0
Itasider - Usina Siderúrgica Itaminas S.A.	Nova Serrana	0	-	-	-
Mat-Prima Comércio de Metais Ltda.	Divinópolis	51.285	40	80	20
Metalsete Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas	9.000	40	80	20
Metalsider Ltda.	Betim	298.000	22	25	75
MGS - Minas Gerais Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas	116.600	10	100	0
Minas Gusa Siderurgia Ltda.	Itaúna	36.243,24	64	20	80
Nether Iron Siderurgia do Brasil S.A.	Bom Despacho	46.330,65	100	100	0
Plantar Siderúrgica S.A.	Sete Lagoas	249.000	50	100	0
Sama - Santa Marta Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas	46.729,58	60	10	90
Sicafe Produtos Siderúrgicos Ltda.	Sete Lagoas	87.596,40	50	50	50
Siderbrás - Siderúrgica Brasileira Ltda.	Sete Lagoas	68.287,59	5	100	0

Empresa	Município	Produção de ferro gusa em 2008 (t)	Ferro gusa exportado (%)	Ferro gusa destinado à aciaria (%)	Ferro gusa destinado à fundição (%)
Siderlagos Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas	69.557,65	45	100	0
Siderúrgica Álamo Ltda.	Divinópolis	44.267,56	90	80	20
Siderúrgica Alterosa Ltda. - Unidade I	Pará de Minas	100198,64	25	35	65
Siderúrgica Alterosa Ltda. - Unidade II	Pará de Minas	0	-	-	-
Siderúrgica Bandeirante Ltda.	Sete Lagoas	83.092,00	50	100	0
Siderúrgica Barão de Mauá Ltda.	Sete Lagoas	9.300	0	100	0
Siderúrgica Gafanhoto Ltda.	Nova Serrana	71.603,49	50	100	0
Siderúrgica Gagé Ltda.	Conselheiro Lafaiete	1814	Não informou		
Sidermin - Siderúrgica Mineira Ltda.	Sete Lagoas	158912,57	0	100	0
Siderúrgica Noroeste Ltda.	Sete Lagoas	88.713,93	80	100	0
Siderpa - Siderúrgica Paulino Ltda.	Sete Lagoas	152.747	50	100	0
Siderúrgica Piratininga Ltda.	Itaguara	53.400	0	100	0
Siderúrgica Santo Antônio Ltda.	Itaúna	88.357,81	100	100	0
Siderúrgica São Luiz Ltda.	Divinópolis	71.014,73	32,9	95	5
Siderúrgica São Sebastião do Itatiaiuçu S.A.	Itatiaiuçu	92.266,70	0	100	0
Siderúrgica Trevo Ltda.	Alfredo Vasconcelos	20.075,80	50	100	0
Siderúrgica Trevo Ltda.	Curvelo	0	-	-	-
Siderúrgica União Bondespachense Ltda.	Bom Despacho	14.764,37	100	100	0
Siderúrgica União Ltda. - Susa	Divinópolis	146.978,22	100	100	0
Siderúrgica Valinho S.A.	Divinópolis	91.000	40	10	90
Simar - Siderúrgica Maravilhas Ltda.	Maravilhas	53.000	60	95	5
Socoimex Siderurgia Ltda.	Itabira	80.000	55	100	0
TCF - Triunfo Comércio de Ferro Ltda.	Divinópolis	12.000	50	100	0
Tecnosider Siderurgia Ltda.	Prudente de Morais	91.451,36	40	100	0
TMG Siderurgia Ltda.	Divinópolis	35.505,81	10	100	0
Transtril Comércio e Exportação Ltda.	Carmo do Cajuru	8500	50	100	0
Transtril Comércio e Exportação Ltda.	Mateus Leme	10600	50	Não informou	
Unisider - União Siderúrgica Ltda.	Divinópolis	42.781,35	40	100	0
Usisete - Usina Siderúrgica de Sete Lagoas	Sete Lagoas	108.720,28	0	100	0
Usival - Usina Siderúrgica Valadares Ltda.	Governador Valadares	44.385,11	30	100	0
VDL Siderurgia Ltda	Itabirito	57.630,64	100	100	0
Veredas Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas	141.777	60	100	0
Total		5213303,42			

ANEXO F

Consumo de carvão vegetal em 2008 nas siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais

Empresa	Município	Consumo carvão 2008 (m^3)	Consumo carvão (m^3/t gusa)	Consumo carvão florestas próprias (%)	Consumo carvão florestas de terceiros (%)	Consumo carvão nativo (%)
AVG Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas	583.875	2,67	20	40	40
Brasil Verde Agroindústrias Ltda.	Conceição do Pará	178.000	2,60	5	0	95
Carmense Comercial Ltda.	Carmo da Mata	68.400	2,85	75	20	5
Cia. Setelagoana de Siderurgia - Cossisa	Sete Lagoas	310.006	3,00	60	0	40
Cia. Siderúrgica Lagoa da Prata - Siderprata	Lagoa da Prata	183.830	2,86	10	75	15
Cia. Siderúrgica Pitangui	Pitangui	294.936	3,13	60	30	10
Cisam Siderurgia Ltda.	Pará de Minas	343.435	2,76	1	30	70
Citygusa Siderurgia Ltda.	Pedro Leopoldo	202.497	2,37	0	60	40
Cosimat - Siderúrgica Matozinhos Ltda.	Matozinhos	284.676	2,33	30	10	60
Divigusa Ind. e Com. Ltda.	Divinópolis	221.402	3,50	33	17	50
Ferdil Produtos Metalúrgicos Ltda.	Divinópolis	114.174	2,37	0	100	0
Ferdil Produtos Metalúrgicos Ltda.	São Gonçalo do Pará	104.846	2,48	0	32	68
Fergubel - Ferro Gusa Bela Vista Ltda.	Matozinhos	172.446	2,27	0	80	20
Fergubrás Ferro Gusa do Brasil Ltda.	Sete Lagoas	271.600	2,80	0	40	60
Ferguminas Siderurgia Ltda.	Itaúna	612.637	3,14	0	30	70
Ferroeste Industrial Ltda.	Divinópolis	128.315	2,60	60	0	40
Fundivale	Divinópolis	105.000	3,00	Não informou		
Gerdau Aços Longos S.A	Contagem	469.255	2,97	90	5	5
Gerdau Aços Longos S.A.	Sete Lagoas	234.910	3,00	80	0	20
Hubner Siderurgia Unidade Minas Gerais Ltda.	São Gonçalo do Pará	84.849	2,60	0	30	70
Insivi - Indústria Siderúrgica Viana Ltda.	Sete Lagoas	479.326	2,47	Não informou		
Ironbrás Indústria e Comércio S.A. - Usina I	Sete Lagoas	0	3,00	-	-	-
Ironbrás Indústria e Comércio S.A. - Usina II	Sete Lagoas	0	3,00	-	-	-
Itametal Siderurgia Ltda.	Itaúna	98.232	2,70	0	90	10
Itasider - Usina Siderúrgica Itaminas S.A.	Sete Lagoas	485.700	3,00	8	52	40
Itasider - Usina Siderúrgica Itaminas S.A.	Nova Serrana	0	2,80	-	-	-
Mat-Prima Comércio de Metais Ltda.	Divinópolis	174.636	3,00	10	0	90
Metalsete Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas	27.000	3,00	0	55	45
Metalsider Ltda.	Betim	888.000	2,98	12	28	60
MGS - Minas Gerais Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas	349.800	3,00	8	52	40
Minas Gusa Siderurgia Ltda.	Itaúna	117.812	3,25	0	10	90
Nether Iron Siderurgia do Brasil S.A.	Bom Despacho	130.936	2,22	0	20	80

Empresa	Município	Consumo carvão 2008 (m^3)	Consumo carvão específico (m^3/t gusa)	Consumo carvão florestas próprias (%)	Consumo carvão florestas de terceiros (%)	Consumo carvão nativo (%)
Plantar Siderúrgica S.A.	Sete Lagoas	628.890	2,52	100	0	0
SAMA - Santa Marta Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas	127.691	2,73	Não informou		
Sicafe Produtos Siderúrgicos Ltda.	Sete Lagoas	235.714	2,70	16	34	50
Siderbrás - Siderúrgica Brasileira Ltda.	Sete Lagoas	195.119	2,86	0	10	90
Siderlagos Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas	189.268	2,72	0	83	17
Siderúrgica Álamo Ltda.	Divinópolis	148.404	3,12	0	25	75
Siderúrgica Alterosa Ltda. - Unidade I	Pará de Minas	306.867	3,06	100	0	0
Siderúrgica Alterosa Ltda. - Unidade II	Pará de Minas			100	0	0
Siderúrgica Bandeirante Ltda.	Sete Lagoas	208.404	2,99	15	0	85
Siderúrgica Barão de Mauá Ltda.	Sete Lagoas	26.210	2,80	0	30	70
Siderúrgica Gafanhoto Ltda.	Nova Serrana	185.255	2,65	0	10	90
Siderúrgica Gagé Ltda.	Cons. Lafaiete	6.069	3,00	Não informou		
Siderúrgica Mineira Ltda. - Sidermin	Sete Lagoas	470.234	2,96	Não informou		
Siderúrgica Noroeste Ltda.	Sete Lagoas	220.092	2,48	0	80	20
Siderúrgica Paulino Ltda - Siderpa	Sete Lagoas	449.070	2,94	55	0	45
Siderúrgica Piratininga Ltda.	Itaguara	160.200	3,00	30	26	44
Siderúrgica Santo Antônio Ltda.	Itaúna	203.452	2,30	60	40	0
Siderúrgica São Luiz Ltda.	Divinópolis	179.552	2,53	10	80	10
Siderúrgica São Sebastião do Itatiaiuçu S.A.	Itatiaiuçu	276.800	3,00	20	35	45
Siderúrgica Trevo Ltda.	Alfredo Vasconcelos	62.609	3,10	60	30	10
Siderúrgica Trevo Ltda.	Curvelo	0	-	-	-	-
Siderúrgica União Bondespachense Ltda.	Bom Despacho	45.062	2,56	0	20	80
Siderúrgica União Ltda. - Susa	Divinópolis	390.457	2,66	2	2	96
Siderúrgica Valinho S.A.	Divinópolis	287.000	3,15	40	10	50
Simar - Siderúrgica Maravilhas Ltda.	Maravilhas	148.700	2,85	10	40	50
Socoimex Siderurgia Ltda.	Itabira	230.000	2,62	0	92	8
TCF - Triunfo Comércio de Ferro Ltda.	Divinópolis	34.200	2,85	30	30	40
Tecnosider Siderurgia Ltda.	Prudente de Morais	226.687	2,50	0	90	10
TMG Siderurgia Ltda.	Divinópolis	72.429	2,20	0	95	5
Transtril Com. e Exp. Ltda.	Carmo do Cajuru	23.847	2,80	Não informou		
Transtril Com. e Exp. Ltda.	Mateus Leme	29.808	2,80	Não informou		
Unisider - União Siderúrgica Ltda.	Divinópolis	109.530	2,56	0	40	60
Usisete - Usina Siderúrgica de Sete Lagoas	Sete Lagoas	315.289	2,90	0	0	100
Usival - Usina Siderúrgica Valadares Ltda.	Governador Valadares	110.115	2,60	0	90	10
VDL Siderurgia Ltda.	Itabirito	176.238	3,00	0	100	0
Veredas Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas	339.109	2,50	35	30	35
Total		14.538.898	Média consumo carvão específico = 2,74			

ANEXO G

Efeitos da crise financeira mundial nas siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais em fevereiro de 2009

Empresa	Município	Nº Empregados	Nº Empregados pós crise (fev.2009)	Nº Altos-fornos	Nº altos-fornos parados (fev.2009)
AVG Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas	273	173	2	2
Brasil Verde Agroindústrias Ltda.	Conceição do Pará	440	401	1	0
Carmense Comercial Ltda.	Carmo da Mata	55	55	1	1
Cia. Setelagoana de Siderurgia - Cossisa	Sete Lagoas	244	128	3	3
Cia. Siderúrgica Lagoa da Prata - Siderprata	Lagoa da Prata	118	118	1	0
Cia. Siderúrgica Pitangui	Pitangui	350	20	3	3
Cisam Siderurgia Ltda.	Pará de Minas	360	360	1	0
Citygusa Siderurgia Ltda.	Pedro Leopoldo	98	33	1	1
Cosimat - Siderúrgica Matozinhos Ltda.	Matozinhos	329	190	2	1
Divigusa Indústria e Comércio Ltda.	Divinópolis	241	193	3	2
Ferdil Produtos Metalúrgicos Ltda.	Divinópolis	102	102	1	1
Ferdil Produtos Metalúrgicos Ltda.	São Gonçalo do Pará	62	62	1	1
Fergubel - Ferro Gusa Bela Vista Ltda.	Matozinhos	98	98	1	0
Fergubrás Ferro Gusa do Brasil Ltda.	Sete Lagoas	180	100	2	2
Ferguminas Siderurgia Ltda.	Itaúna	399	74	2	2
Ferroeste Industrial Ltda.	Divinópolis	106	106	1	0
Fundivale	Divinópolis	80	3	1	1
Gerdau Aços Longos S.A	Contagem	180	165	2	1
Gerdau Aços Longos S.A.	Sete Lagoas	147	147	2	2
Hubner Siderurgia Unidade Minas Gerais Ltda.	São Gonçalo do Pará	72	66	1	1
Insivi - Indústria Siderúrgica Viana Ltda.	Sete Lagoas	360	170	4	3
Ironbrás Indústria e Comércio S.A. - Usina I	Sete Lagoas	Não informou		1	1
Ironbrás Indústria e Comércio S.A. - Usina II	Sete Lagoas	Não informou		1	1
Itametal Siderurgia Ltda.	Itaúna	76	12	1	1
Itasider - Usina Siderúrgica Itaminas S.A.	Sete Lagoas	332	53	2	2
Itasider - Usina Siderúrgica Itaminas S.A.	Nova Serrana	6	6	2	2
Mat-Prima Comércio de Metais Ltda.	Divinópolis	279	215	2	1
Metalsete Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas	110	10	1	1
Metalsider Ltda.	Betim	800	600	7	5
MGS - Minas Gerais Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas	169	167	1	1
Minas Gusa Siderurgia Ltda.	Itaúna	93	93	1	0
Nether Iron Siderurgia do Brasil S.A.	Bom Despacho	97	18	1	1
Plantar Siderúrgica S.A.	Sete Lagoas	364	364	2	1
SAMA - Santa Marta Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas	146	145	1	1
Sicafe Produtos Siderúrgicos Ltda.	Sete Lagoas	240	4	3	3
Siderbrás - Siderúrgica Brasileira Ltda.	Sete Lagoas	184	39	2	2
Siderlagos Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas	151	139	1	1

Empresa	Município	Nº Empregados	Nº Empregados pós crise (fev.2009)	Nº Altos-fornos	Nº altos-fornos parados (fev.2009)
Siderúrgica Álamo Ltda.	Divinópolis	227	193	1	0
Siderúrgica Alterosa Ltda. - Unidade I	Pará de Minas	424	394	3	3
Siderúrgica Alterosa Ltda. - Unidade II	Pará de Minas				
Siderúrgica Bandeirante Ltda.	Sete Lagoas	210	65	2	2
Siderúrgica Barão de Mauá Ltda.	Sete Lagoas	150	99	1	1
Siderúrgica Gafanhoto Ltda.	Nova Serrana	90	79	1	1
Siderúrgica Gagé Ltda.	Conselheiro Lafaiete	90	13	1	1
Siderúrgica Mineira Ltda. - Sidermin	Sete Lagoas	261	199	2	1
Siderúrgica Noroeste Ltda.	Sete Lagoas	157	157	1	1
Siderúrgica Paulino Ltda - Siderpa	Sete Lagoas	476	358	2	1
Siderúrgica Piratininga Ltda.	Itaguara	83	12	1	1
Siderúrgica Santo Antônio Ltda.	Itaúna	192	192	1	1
Siderúrgica São Luiz Ltda.	Divinópolis	140	38	2	2
Siderúrgica São Sebastião do Itatiaiuçu S.A.	Itatiaiuçu	145	128	1	1
Siderúrgica Trevo Ltda.	Alfredo Vasconcelos	73	4	2	2
Siderúrgica Trevo Ltda.	Curvelo	9	0	2	2
Siderúrgica União Bondespachense Ltda.	Bom Despacho	100	14	2	1
Siderúrgica União Ltda. - Susa	Divinópolis	120	120	1	0
Siderúrgica Valinho S.A.	Divinópolis	200	100	2	2
Simar - Siderúrgica Maravilhas Ltda.	Maravilhas	129	129	1	0
Socoimex Siderurgia Ltda.	Itabira	115	1	1	1
TCF - Triunfo Comércio de Ferro Ltda.	Divinópolis	80	80	2	2
Tecnosider Siderurgia Ltda.	Prudente de Morais	200	106	2	1
TMG Siderurgia Ltda.	Divinópolis	85	30	1	1
Transtril Comércio e Exportação Ltda.	Carmo do Cajuru	50	1	1	1
Transtril Comércio e Exportação Ltda.	Mateus Leme	46	3	1	1
Unisider - União Siderúrgica Ltda.	Divinópolis	97	16	1	1
Usisete - Usina Siderúrgica de Sete Lagoas	Sete Lagoas	304	244	2	1
Usival - Usina Siderúrgica Valadares Ltda.	Governador Valadares	94	0	1	1
VDL Siderurgia Ltda.	Itabirito	518	314	1	1
Veredas Siderurgia Ltda.	Sete Lagoas	312	312	2	1
Total	-	12518	8030	109	86

ANEXO H

Siderúrgicas não-integradas a carvão vegetal de Minas Gerais existentes em 1965

Empresa	Município	Ano de Fundação	Nº AF	Capacidade Diária (t)
Siderúrgica Itacolomi Ltda	Betim	1960	1	20
Siderúrgica Amaral S/A	Betim	1960	2	50
Minas Siderúrgia	Betim	-	2	50
Siderúrgica Fernão Dias	Betim	-	2	60
Siderúrgica Tapajós Ltda	Betim	-	1	25
Siderúrgica Bom Despacho	Bom Despacho	1960	1	20
Siderúrgica Senhora de Fátima	Bom Despacho	1962	1	40
Siderúrgica União de Bom Despacho	Bom Despacho	1961	1	30
Sociedade Siderúrgica Bonsucesso	Bonsucesso	-	1	12
Siderúrgica Sudoeste de Minas	Bonsucesso	1960	1	30
Siderúrgica Brumadinho S/A	Brumadinho	1959	1	35
Siderúrgica Cajurense	Carmo do Cajuru	1960	1	20
Siderúrica São Paulo	Cláudio	1961	1	25
Companhia Siderúrgica Claudiense	Cláudio	1953	1	30
Siderúrgica Pinheiros	Cláudio	1957	2	45
Usina Soledade S/A	Congonhas	1961	1	25
Siderúrgica São Cordisburgo	Cordisburgo	1961	1	60
Companhia Mineira de Siderúrgia	Divinópolis	1942	2	80
Siderúrgica Industrial Mineira	Divinópolis	1959	2	60
Companhia Siderúrgica São Marcos	Divinópolis	1958	2	50
Compananhia Melhoramentos Divinópolis	Divinópolis	1956	1	25
Companhia Siderúrgica São João Ltda	Divinópolis	1959	1	50
Siderúrgica Orion Ltda	Divinópolis	1959	2	50
Siderúrgica Bandeirante Ltda	Divinópolis	1959	2	50
Siderúrgica Divinópolis	Divinópolis	1958	1	20
Siderúrgica Santo Antônio	Divinópolis	1959	1	20
Siderúrgica São Cristovão	Divinópolis	1959	1	20
Siderúrgica Brasília Ltda	Divinópolis	1959	1	20
Siderúrgica Progresso	Divinópolis	1955	1	20
Siderúrgica Tietê Ltda	Divinópolis	1959	1	25
Siderúrgica Ganhafoto	Divinópolis	1959	1	20
Ferroeste Industrial	Divinópolis	1959	1	20
J. Rabelo S/A	Divinópolis	-	1	25

Empresa	Município	Ano de Fundação	Nº AF	Capacidade Diária (t)
Siderúrgica Ipiranga	Divinópolis	-	2	50
Sociedade Industrial Governador Valadares	Governador Valadares	1961	1	30
Companhia Siderúrgica Governador Valadares	Governador Valadares	1963	1	60
Usina Siderúrgica Nossa Senhora da Penha	Governador Valadares	1961	1	40
Siderúrgica Mário Pires	Itabira	-	1	25
Siderúrgica Seb. Itatiaiuçu	Itatiaiuçu	1958	1	20
Companhia Ouro Negro de Siderúrgia	Itaúna	1959	1	65
Siderúrgica Itaunense S/A	Itaúna	1951	2	65
Fergas Comércio e Indústria S/A	Itaúna	1957	1	15
Siderúrgica Oeste de Minas S/A	Itaúna	-	2	50
Siderúrgica Itatiaia S/A	Itaúna	1951	1	60
Siderúrgica Frei Leopoldo	Itaúna	1959	2	70
Siderúrgica Itaminas Ltda	Itaúna	1961	1	60
Siderúrgica Pedra Negra	Itaúna	1961	1	50
Empresa Manufatura de Aços	Itaúna	1959	1	25
Companhia Siderúrgica Lagoa da Prata	Lagoa da Prata	1960	1	20
Companhia Brasileira de Siderúrgia	Mateus Leme	-	1	30
Siderúrgica Matozinhos	Matozinhos	1960	1	20
Indústria Brasileira de Siderúrgia	Matozinhos	1960	2	60
Companhia Siderúrgica Maravilhas	Matozinhos	-	1	20
Parque Metalúrgica Augusto Barbosa	Ouro Preto	1963	1	12
Siderúrgia Alterosa S/A	Pará de Minas	1960	2	40
Usina Siderúrgica Paraense S/A	Pará de Minas	1961	1	45
Companhia Siderúrgica Pitangui	Pitangui	1955	1	60
Metalúrgia Santo Antônio S/A	Rio Acima	1959	1	20
Siderúrgica São Gonçalo	São Gonçalo do Pará	-	1	20
Siderúrgica Santa Maria	São Gonçalo do Pará	1956	1	20
Siderúrgica Sete Lagoas	Sete Lagoas	1960	1	25
Siderúrgica Noroeste	Sete Lagoas	1960	1	20
Siderúrgica D'Olímpia S/A	Stº Antônio do Monte	1959	2	40

Fonte: CEMIG, 1988

ANEXO I – Pontuações das siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais para cada um dos 20 parâmetros

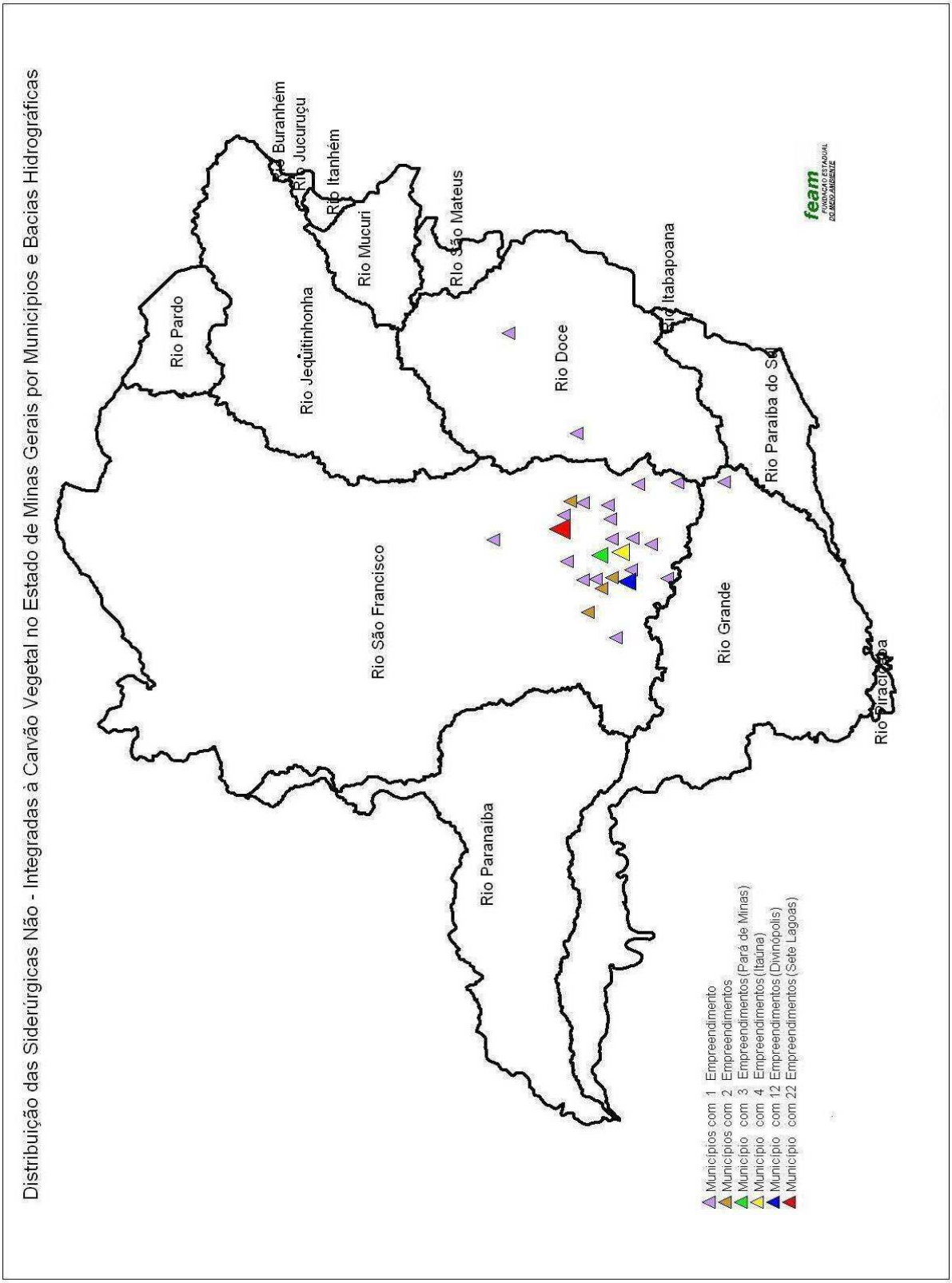
Item	Parâmetro	Empreendimento																						
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**
1	Certificação ISO	1,5	1,5	1,5	0	0	0	1,5	1,5	0	0	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0	1,5	1,5	0	0
2	Termoelétrica	0	4,5	0	0	4,5	0	0	4,5	0	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0
3	Unidade de injeção de finos de carvão vegetal	0	4,5	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0
4	Razão Autos de Infração / Anos de Operação (após DN COPAM nº 49/2001)	4	4	4	4	2	4	2	4	2	2	2	4	2	0	6	4	4	6	6	6	4	2	2
5	Condicionantes de Licenças de Operação	6	2	6	6	4	6	6	2	6	2	6	4	6	4	6	6	0	6	6	2	6	2	2
6	Consumo de carvão vegetal	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2
7	Armazamento de finos de carvão vegetal	4,5	4,5	4,5	1,5	3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	3	3	3	3
8	Armazenamento de pó de balão e lama de alto-forno	4,5	0	1,5	3	3	4,5	3	4,5	3	4,5	4,5	4,5	4,5	0	3	0	3	0	0	3	3	3	3
9	Condições do armazenamento do pó de balão e lama do alto-forno	1	0	0	1	1	0	2	1	0	2	1	1	2	0	1	0	1	0	0	2	0	1	1
10	Armazenamento primário dos finos de minério de ferro	3	1	1	3	1	2	3	3	3	3	0	1	2	1	3	3	3	1	3	3	1	1	1
11	Armazenamento de escória de alto-forno	3	1	3	2	2	3	1	2	2	1	2	2	2	0	2	0	0	3	2	0	2	1	1
12	Controle de poeira no manuseio de moinha	3	3	0	3	3	3	2	3	3	2	0	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3
13	Controle de poeira no manuseio de pó de balão	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
14	Controle da geração de pó no topo do alto-forno	0	0	0	0	3	1,5	0	0	1,5	1,5	1,5	0	1,5	0	0	4,5	1,5	0	0	1,5	1,5	1,5	0
15	Controle das emissões atmosféricas geradas no alto-forno	6	6	2	6	6	2	2	6	6	2	2	2	6	4	6	2	2	6	6	4	6	6	6
16	Sistema de limpeza das águas de lavagem dos gases	4,5	1,5	0	3	3	0	0	3	1,5	0	0	0	1,5	3	3	0	0	4,5	4,5	3	1,5	3	1,5
17	Controle da geração de pó na corrida de ferro gusa / escória	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Depósitos de descarga de carvão	4,5	3	4,5	4,5	3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	3
19	Áreas de preparo de matérias-primas (peneiras e transferência)	4,5	3	1,5	4,5	1,5	4,5	3	4,5	1,5	4,5	1,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	0	4,5	4,5	4,5	0	1,5	1,5
20	Sistema de drenagem pluvial	4,5	3	3	4,5	4,5	3	3	3	3	4,5	4,5	4,5	3	3	3	4,5	3	4,5	3	3	3	3	3
Total		**58**	**46**	**36**	**50**	**56**	**47**	**41**	**55**	**46**	**47**	**41**	**44**	**51**	**35**	**54**	**45**	**25**	**54**	**39**	**48**	**31**	**34**	**28**

Item	Parâmetro	Empreendimento																						
		24	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**
1	Certificação ISO	0	0	0	0	0	4,5	0	0	0	4,5	1,5	0	0	0	0	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0
2	Termoelétrica	0	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0	0
3	Unidade de injeção de finos de carvão vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0	0	4,5	4,5	0	0	0	0	0	0
4	Razão Autos de Infração / Anos de Operação (após DN COPAM nº 49/2001)	0	4	4	4	6	6	4	2	2	6	6	4	4	2	2	2	4	4	4	4	2	4	4
5	Condicionantes de Licenças de Operação	2	4	6	2	6	6	6	4	4	6	6	6	4	6	4	6	6	6	6	4	2	6	2
6	Consumo de carvão vegetal	2	2	2	2	2	4	2	2	2	6	2	2	2	2	2	6	6	2	2	2	2	2	2
7	Armazamento de finos de carvão vegetal	4,5	1,5	4,5	4,5	1,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	3	3	3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	1,5	3	4,5
8	Armazenamento de pó de balão e lama de alto-forno	3	3	3	1,5	1,5	4,5	4,5	0	4,5	3	1,5	0	3	3	4,5	3	3	4,5	3	1,5	3	3	3
9	Condições do armazenamento do pó de balão e lama do alto-forno	1	1	1	0	0	3	1	0	0	1	0	0	1	0	2	2	1	2	1	0	1	0	1
10	Armazenamento primário dos finos de minério de ferro	1	3	1	1	1	1	1	3	3	3	3	2	1	2	3	3	1	1	3	3	1	2	1
11	Armazenamento de escória de alto-forno	2	0	2	1	1	1	2	0	2	2	2	0	0	1	0	2	2	2	1	1	0	2	3
12	Controle de poeira no manuseio de moinha	0	0	0	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3
13	Controle de poeira no manuseio de pó de balão	2	1	2	2	1	2	2	3	2	2	1	2	1	2	2	3	1	2	2	2	2	1	2
14	Controle da geração de pó no topo do alto-forno	1,5	0	1,5	1,5	0	3	1,5	3	1,5	4,5	1,5	1,5	0	0	1,5	1,5	0	1,5	0	1,5	1,5	1,5	1,5
15	Controle das emissões atmosféricas geradas no alto-forno	6	0	4	2	6	4	4	6	6	4	6	6	2	6	2	4	4	2	4	2	4	4	6
16	Sistema de limpeza das águas de lavagem dos gases	1,5	0	1,5	0	1,5	3	1,5	1,5	1,5	3	1,5	1,5	0	1,5	0	4,5	1,5	0	1,5	0	1,5	1,5	1,5
17	Controle da geração de pó na corrida de ferro gusa / escória	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Depósitos de descarga de carvão	4,5	0	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
19	Áreas de preparo de matérias-primas (peneiras e transferência)	4,5	0	1,5	4,5	1,5	4,5	3	4,5	1,5	3	4,5	4,5	1,5	4,5	3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	3	4,5
20	Sistema de drenagem pluvial	4,5	4,5	3	3	3	4,5	3	3	3	4,5	4,5	4,5	3	4,5	3	4,5	3	3	4,5	3	3	3	4,5
Total		**40**	**24**	**42**	**41**	**28**	**63**	**48**	**41**	**45**	**69**	**38**	**45**	**33**	**45**	**38**	**69**	**55**	**47**	**49**	**41**	**31**	**44**	**48**

Item	Parâmetro	Empreendimento																					
		47	**48**	**49**	**50**	**51**	**52**	**53**	**54**	**55**	**56**	**57**	**58**	**59**	**60**	**61**	**62**	**63**	**64**	**65**	**66**	**67**	**68**
1	Certificação ISO	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Termoelétrica	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Unidade de injeção de finos de carvão vegetal	0	0	4,5	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Razão Autos de Infração / Anos de Operação (após DN COPAM nº 49/2001)	4	2	4	2	2	6	6	0	2	4	4	6	2	2	6	4	2	6	2	4	2	0
5	Condicionantes de Licenças de Operação	6	6	4	2	6	6	6	4	4	6	4	6	4	0	6	0	2	4	6	6	4	6
6	Consumo de carvão vegetal	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	4	2
7	Armazamento de finos de carvão vegetal	4,5	4,5	4,5	1,5	3	3	3	4,5	1,5	4,5	4,5	4,5	4,5	1,5	4,5	4,5	1,5	4,5	4,5	3	3	4,5
8	Armazenamento de pó de balão e lama de alto-forno	4,5	4,5	4,5	3	3	4,5	4,5	3	3	4,5	3	1,5	3	4,5	3	0	0	3	1,5	3	3	1,5
9	Condições do armazenamento do pó de balão e lama do alto-forno	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
10	Armazenamento primário dos finos de minério de ferro	1	1	0	3	1	3	3	1	3	3	0	3	1	0	1	0	0	1	1	1	2	3
11	Armazenamento de escória de alto-forno	3	2	3	0	2	1	2	2	2	2	0	0	2	0	1	0	0	0	2	0	0	1
12	Controle de poeira no manuseio de moinha	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0	0	3	0	0	3	3	0	3	0
13	Controle de poeira no manuseio de pó de balão	3	1	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2
14	Controle da geração de pó no topo do alto-forno	1,5	1,5	0	3	1,5	0	0	1,5	4,5	0	3	1,5	1,5	0	3	1,5	1,5	0	1,5	0	1,5	1,5
15	Controle das emissões atmosféricas geradas no alto-forno	4	4	6	6	4	6	6	4	6	4	6	4	2	4	2	2	0	6	6	0	4	6
16	Sistema de limpeza das águas de lavagem dos gases	4,5	1,5	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	4,5	1,5	4,5	0	4,5	0	0	0	3	1,5	0	4,5	1,5
17	Controle da geração de pó na corrida de ferro gusa / escória	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Depósitos de descarga de carvão	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	1,5	4,5	4,5
19	Áreas de preparo de matérias-primas (peneiras e transferência)	4,5	4,5	1,5	4,5	3	1,5	1,5	4,5	4,5	3	3	1,5	1,5	1,5	4,5	1,5	0	4,5	1,5	1,5	1,5	1,5
20	Sistema de drenagem pluvial	4,5	3	4,5	4,5	4,5	4,5	3	3	3	3	3	3	3	3	4,5	3	1,5	3	3	3	1,5	4,5
Total		**65**	**45**	**54**	**48**	**46**	**50**	**49**	**43**	**49**	**59**	**40**	**47**	**34**	**30**	**46**	**18**	**10**	**47**	**40**	**26**	**41**	**40**

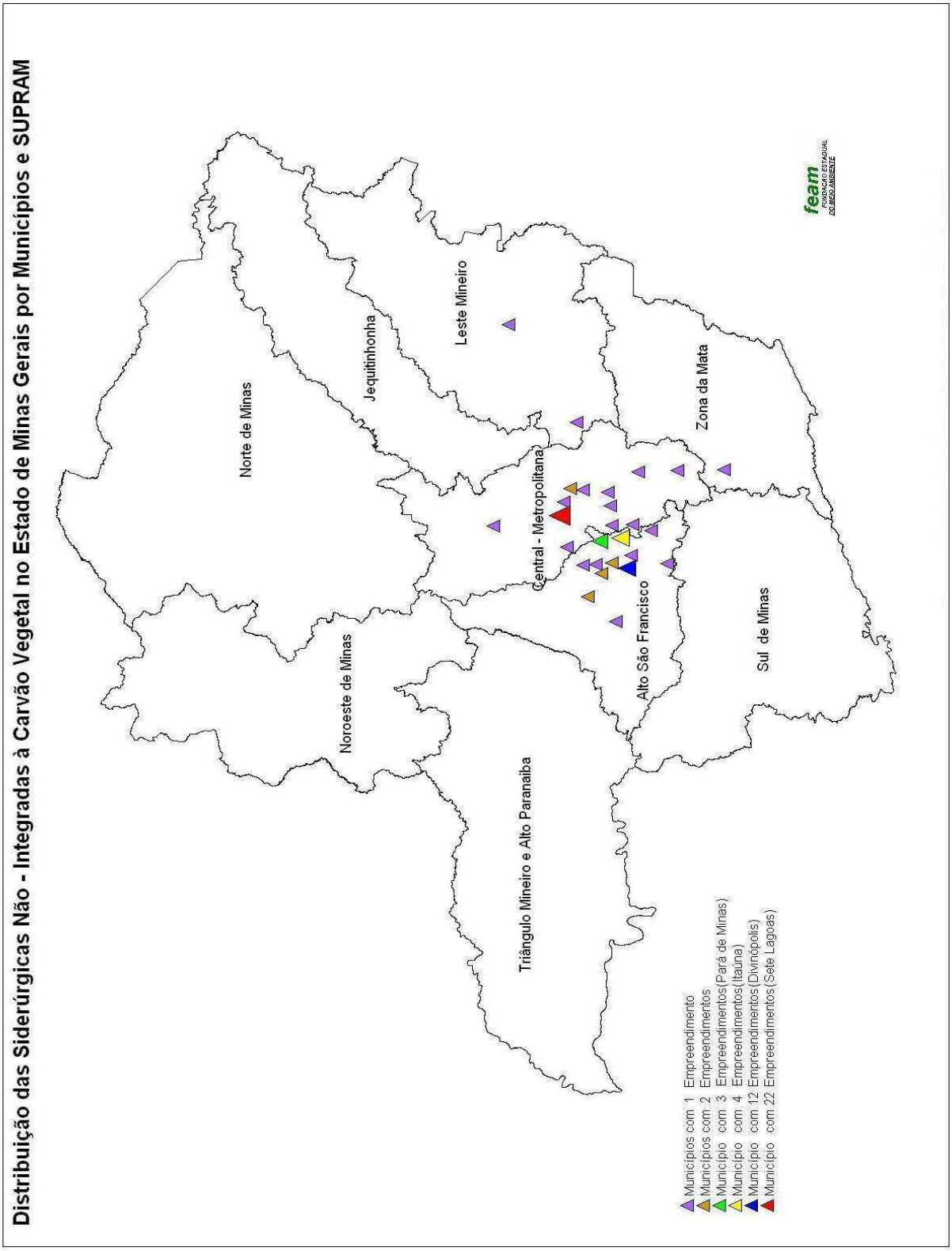
ANEXO J

Localização das siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais por bacia hidrográfica



ANEXO K

Localização das siderúrgicas não-integradas de Minas Gerais por SUPRAM's



ANEXO L

Plantação de pinus e eucalipto no Brasil de 2004 a 2008

Estado	EUCALIPTO (ha)					PINUS (ha)					TOTAL (ha)				
	2004	2005	2006	2007	2008	2004	2005	2006	2007	2008	2004	2005	2006	2007[3]	2008
MG[1]	1.040.048	1.119.129	1.181.429	1.218.212	1.278.212	150.000	149.915	146.000	143.395	145.000	1.190.048	1.269.174	1.327.429	1.361.607	1.423.212
SP[2]	747.347	798.522	915.841	911.908	934.360	140.655	148.020	214.491	209.621	207.840	888.002	946.542	1.130.332	1.121.529	1.142.199
PR	111.966	114.996	121.908	123.070	142.434	662.552	677.772	686.453	701.578	714.893	774.518	792.768	808.361	824.648	857.328
SC	60.000	61.166	70.341	74.008	77.436	513.398	527.079	530.992	548.037	551.219	573.398	588.245	601.333	622.045	628.655
BA	481.543	527.386	540.172	550.127	587.606	52.122	54.746	54.820	41.221	35.090	533.665	582.132	594.992	591.348	622.696
RS	152.689	179.690	184.245	222.245	277.316	169.766	185.080	181.378	182.378	173.163	322.455	364.770	365.623	404.623	450.480
MS	98.846	113.432	119.319	207.687	265.254	27.871	38.909	28.500	20.697	18.797	126.717	152.341	147.819	228.384	284.051
ES	179.213	204.035	207.800	208.819	210.409	4.554	4.898	4.408	4.093	3.991	183.767	208.993	212.208	212.912	214.399
PA	100.793	106.033	115.806	126.286	136.294	0	149	149	101	11	100.793	106.182	115.955	126.387	136.305
MA	57.852	60.745	93.285	106.802	111.117	0	0	0	0	0	57.852	60.745	93.285	106.802	111.117
AP	57.226	60.087	58.473	58.874	63.309	26.516	27.841	20.490	9.000	1.620	83.742	87.928	78.963	67.874	64.929
GO	44.114	47.542	49.637	51.279	56.881	12.692	13.330	14.409	13.828	15.198	56.806	60.872	64.046	65.107	72.079
MT	42.417	42.417	46.146	57.151	58.580	42	43	7	7	7	42.459	42.460	46.153	57.158	58.587
Outros	25.762	27.409	41.392	53.244	59.496	3.527	3.703	4.189	700	850	29.289	31.112	45.581	46.186	60.346
TOTAL	3.199.816	3.462.719	3.745.794	3.969.711	4.258.704	1.763.695	1.831.485	1.886.286	1.874.656	1.867.680	4.963.511	5.294.204	5.632.080	5.836.610	6.126.384

Fonte: ABRAF, 2009.