



ANÁLISE DOS IMPACTOS DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS LOCAIS  
DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA: UM ESTUDO DE CASO NO RIO DE JANEIRO

Rodrigo Chauvet de Souza

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Planejamento Energético.

Orientadora: Alessandra Magrini

Rio de Janeiro

Abril de 2013

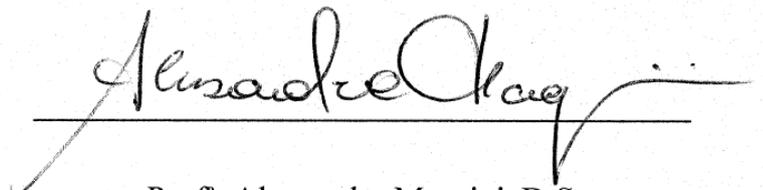


ANÁLISE DOS IMPACTOS DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS LOCAIS  
DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA: UM ESTUDO DE CASO NO RIO DE JANEIRO

Rodrigo Chauvet de Souza

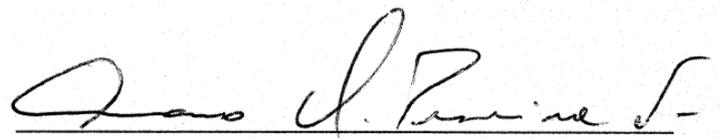
DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Examinada por:



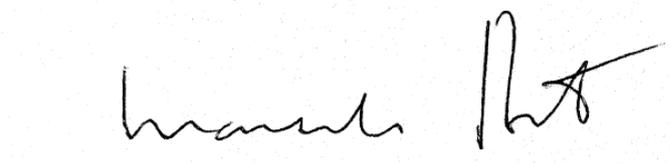
---

Prof.<sup>a</sup> Alessandra Magrini, D.Sc.



---

Prof. Amaro Olimpio Pereira Júnior, D.Sc.



---

Dr. Marcelo Firpo de Souza Porto, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 2013



Souza, Rodrigo Chauvet de

Análise dos impactos de emissões atmosféricas locais da indústria siderúrgica: um estudo de caso no Rio de Janeiro/ Rodrigo Chauvet de Souza. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2013.

XII, 154 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadora: Alessandra Magrini

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 150-154.

1. Poluição atmosférica local. 2. Indústria Siderúrgica. 3. Legislação ambiental. I. Magrini, Alessandra II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Planejamento Energético. III Título.



## Agradecimentos

Agradeço à minha querida companheira Mara, pela paciência, carinho e apoio em todos os momentos difíceis e durante todo o tempo em que me ausentei.

À professora Alessandra por ter aceitado me orientar neste trabalho, tendo me dado a liberdade de escolha do tema.

Ao Marcelo Firpo, com quem aprendi ver o trabalho técnico com outros olhos, me trazendo motivação e novas perspectivas.

Ao professor Amaro, por ter aceitado a contribuir para o meu trabalho, participando da minha banca examinadora.

À Paulina Porto, que me ajudou bastante no entendimento de questões pertinentes ao presente trabalho.

Aos funcionários da central de atendimento do INEA, pela paciência durante as longas consultas dos processos.

Aos amigos que me apoiaram ao longo do curso, de várias formas, questionando, incentivando ou sugerindo sobre o desenvolvimento deste trabalho. Em particular, gostaria de fazer uma menção a Jefferson Borghetti e Barbara Franz, que em vários momentos do curso me ouviram e deram sugestões, a Alvaro Reis, que me auxiliou na organização da documentação dos processos administrativos, e a Andreas Ellmauthaler, pelo apoio e disposição como ouvinte.

Aos funcionários PPE, sempre pacientes e solícitos às minhas necessidades e dúvidas.

Aos professores da UFRJ, cada um com alguma contribuição para a minha formação.

Ao Povo Brasileiro, que financiou a estrutura desta Universidade na qual tenho tido o privilégio de ter anos de formação e aprendizado.



Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

ANÁLISE DOS IMPACTOS DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS LOCAIS  
DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA: UM ESTUDO DE CASO NO RIO DE JANEIRO

Rodrigo Chauvet de Souza

Abril/2013

Orientadora: Alessandra Magrini

Programa: Planejamento Energético

Este trabalho analisa e discute aspectos da legislação ambiental brasileira nas esferas governamentais competentes, no que tange a gestão de emissões atmosféricas na indústria siderúrgica. Para tal é feito um estudo de caso do processo de implantação de uma usina siderúrgica no município do Rio de Janeiro. A discussão foca no quanto os atuais instrumentos de gestão ambiental no país e no estado são suficientes para mitigar as emissões de poluentes, bem como no quanto o setor siderúrgico dispõe de capacitação tecnológica e gerencial para enfrentar a questão. Observa-se que, na prática, há lacunas importantes no licenciamento, monitoramento e fiscalização durante a implantação e operação de empreendimentos. A complexidade do processo pode crescer bastante, no caso de empreendimentos de grande porte e considerável potencial poluidor. A consideração dos riscos ainda é um assunto que recebe relativamente pouca atenção, aumentando as incertezas inerentes aos impactos da atividade. Além disto, a questão pode estar sujeita a fatores inerentes, como questões políticas e econômicas, acentuando os cenários de conflitos entre diferentes atores impactados positiva ou negativamente. Somente um abrangente processo de licenciamento, que contemple todos os impactos reais e potenciais da atividade, pode reduzir os problemas e as consequentes e onerosas correções posteriores, quando da implantação e operação. Desta forma, conclui-se que ainda há um longo caminho para minimizar os conflitos e os riscos à saúde da população e ao meio ambiente associados às atividades industriais.



Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

ATMOSPHERIC LOCAL EMISSIONS IMPACT ANALYSIS FROM  
THE IRON AND STEEL INDUSTRY: A CASE STUDY IN RIO DE JANEIRO

Rodrigo Chauvet de Souza

April/2013

Advisor: Alessandra Magrini

Department: Energy Planning

This work analyses and discuss aspects of the environmental Brazilian legislation through the qualified government levels in relation to atmospheric emissions management in the iron and steel industry. For that, it is developed a case study of the implantation process of an iron and steel plant at the city of Rio de Janeiro. The discussion focuses at how the current environmental management apparatus are sufficient to mitigate pollutant emissions, as well as how the iron and steel sector is provided of technological and management capacitation to face the issue. It is observed that, actually, there are important gaps at licensing, monitoring and supervising during implantation and operation process. The process complexity may increase significantly, at the case of large scale enterprises and with considerable pollution potential. Risk consideration is still an issue of relatively less attention, rising the uncertainties related to the activity impacts. Besides that, the issue may be subordinate to intrinsic factors, like political and economic ones, increasing conflict scenarios between different impacted actors, positively or negatively. Only an embracing licensing process, which comprises all the real impacts and activity potentials, may reduce the problems and the consequential and onerous corrections, at implantation and operation. Therefore it can be concluded that there is still a long way to minimize conflicts and risks to population health and environment related to industry activities.



## Sumário

1	Introdução	1
1.1	Objetivos	5
1.2	Metodologia	6
2	O setor siderúrgico	8
2.1	Caracterização e Perspectivas do setor	8
2.2	A cadeia produtiva e as rotas tecnológicas	14
3	A poluição atmosférica associada ao setor	25
3.1	Tipos de Poluentes Atmosféricos	27
3.2	Caracterização das emissões atmosféricas locais	29
3.2.1	Tipos de emissão e suas características	30
3.2.2	Impactos associados às emissões atmosféricas	34
3.2.3	Medidas de mitigação	37
4	Principais instrumentos de gestão ambiental associados ao setor	44
4.1	O Licenciamento Ambiental e a Avaliação de Impacto Ambiental	48
4.1.1	A Esfera Federal	49
4.1.2	A Esfera Estadual	53
4.2	Padrões de Emissão e de Qualidade do Ar	57
4.3	Avaliação de riscos de falhas e acidentes	66
4.3.1	Caracterização de falhas e acidentes em indústrias	67
4.3.2	Investigação e Análise de falhas e acidentes	72
5	Estudo de caso - o caso CSA	76
5.1	Contexto pré-emprego: Caracterização da região e Qualidade do Ar	76
5.1.1	Histórico de empreendimentos e ocupação da área	78
5.1.2	Qualidade do ar na região	80
5.2	O Processo de Implantação da usina	85
5.2.1	O processo de licenciamento	86
5.2.2	Escolhas tecnológicas	90
5.2.3	Efeitos estimados do Empreendimento – Aspectos Ambientais	99
5.3	A Operação da usina	102
5.3.1	Problemas de poluição: eventos e suas causas	102
5.3.1.1	Primeiro Alto-Forno – Julho / 2010 a Outubro / 2010	103
5.3.1.2	Segundo Alto Forno - Novembro / 2010 a Janeiro / 2011	113



5.3.2	Tentativas de Ajustes	131
5.3.3	Efeitos na qualidade do ar da região	134
5.3.4	Análise crítica e propostas de melhorias no processo de licenciamento e gestão no que concerne à poluição atmosférica	138
6	Conclusões	147
7	Referências bibliográficas	150



## Lista de figuras

Figura 1 - Esquema simplificado de um sistema produtivo .....	2
Figura 2 - Produção mundial de aço bruto entre 1962 e 2012.....	9
Figura 3 - Produção de aço bruto no Brasil entre 1962 e 2012 .....	10
Figura 4 – Variação no ranking de produtores de aço de países desenvolvidos e emergentes.....	11
Figura 5 - Consumo de aço per capita versus PIB per capita.....	12
Figura 6 – Esquema da Rota Integrada de Produção de Aço .....	15
Figura 7 - Esquema da Rota Semi-Integrada de Produção de Aço.....	16
Figura 8 – Diagrama de possibilidades de mitigação na fonte de poluição .....	37
Figura 9 - Ciclo da poluição atmosférica .....	58
Figura 10 - Hierarquia das origens de causas de falhas em sistemas .....	73
Figura 11 – Medições de PM <sub>10</sub> na região residencial de Santa Cruz no ano 2005.....	81
Figura 12 - Medições de PM <sub>10</sub> na região industrial de Santa Cruz no ano 2005 .....	82
Figura 13 - Localização do empreendimento .....	86
Figura 14 - Rota tecnológica escolhida para a usina.....	91
Figura 15 - Balanço de Massa da usina.....	93
Figura 16 – Estrutura de uma Coqueria do tipo Heat Recovery.....	95
Figura 17 – Diagrama do Sistema de Geração de Vapor .....	96
Figura 18 – Resultado modelagem de emissões.....	100
Figura 19 - Dependência de energia entre as unidades da usina .....	104
Figura 20 - Rotas de encaminhamento do ferro-gusa oriundo dos Altos-Fornos.....	105
Figura 21 – Uso na prática das rotas de ferro-gusa oriundo dos Altos-Fornos .....	108
Figura 22 – Despejos de ferro-gusa não planejados – agosto a outubro de 2010.....	110
Figura 23 - Qualidade do ar no período de início da operação do Alto-Forno 1.....	111
Figura 24 – Despejos de ferro-gusa não planejados - novembro e dezembro de 2010	129
Figura 25 - Árvore de falhas dos problemas ocorridos.....	131
Figura 26 - Valores de média 24h para PM <sub>10</sub> entre 2009 e 2011 .....	137
Figura 27 - Média anual da concentração de PM <sub>10</sub> entre 2009 e 2011 .....	138



## Lista de tabelas

Tabela 1 - Insumos, subprodutos e rejeitos da cadeia de produção de aço .....	23
Tabela 2 - Fontes e características de poluentes selecionados .....	35
Tabela 3 - Qualidade do ar e efeitos à saúde .....	36
Tabela 4 - Comparação qualitativa de separadores de particulados .....	41
Tabela 5 - Classificação de empreendimentos e atividades no SLAM .....	56
Tabela 6 - Limites de emissão para poluentes atmosféricos gerados na siderurgia.....	60
Tabela 7 - Padrões de Qualidade do Ar - Resolução CONAMA 03/1990 .....	62
Tabela 8 - Diretrizes de qualidade do ar – OMS .....	63
Tabela 9 - Percentual de superação para concentração de metais .....	83
Tabela 10 - Máximos estimados das concentrações de PTS e PI .....	101
Tabela 11 - Capacidade de produção das principais unidades da Usina. ....	114



Glossário:

AIA – Avaliação de Impactos Ambientais

BTX – Benzeno, Tolueno e Xileno

CECA – Comissão Estadual de Controle Ambiental

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente

CONDIR – Conselho de Diretores

CRA – Conestoga Rovers e Associados

CSA – Companhia Siderúrgica do Atlântico

DILAM – Diretoria de Licenciamento Ambiental

DRI – Direct Reduced Iron

EAF – Electric Arc Furnace

EAR – Estudo de Análise de Risco

EEA – European Environment Agency

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

ESP – Electrostatic precipitator

FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente

GELIN – Gerência de Licenciamento de Indústrias

IABr - Instituto Aço Brasil

INEA – Instituto Estadual do Ambiente

LI – Licença de Instalação

LO – Licença de Operação

LP – Licença Prévia

OMS – Organização Mundial da Saúde

PI – Partículas Inaláveis

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

PTS – Partículas Totais em Suspensão

RAA – Relatório de Auditoria Ambiental

RIMA – Relatório de Impacto ao Meio Ambiente

SEA – Secretaria de Estado do Ambiente

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SLAM - Sistema de Licenciamento Ambiental



SLAP – Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras

TAC – Termo de Ajuste de Conduta

TCA – Termo de Compromisso Ambiental

TR – Termo de Referência

USEPA – United States Environment Protection Agency



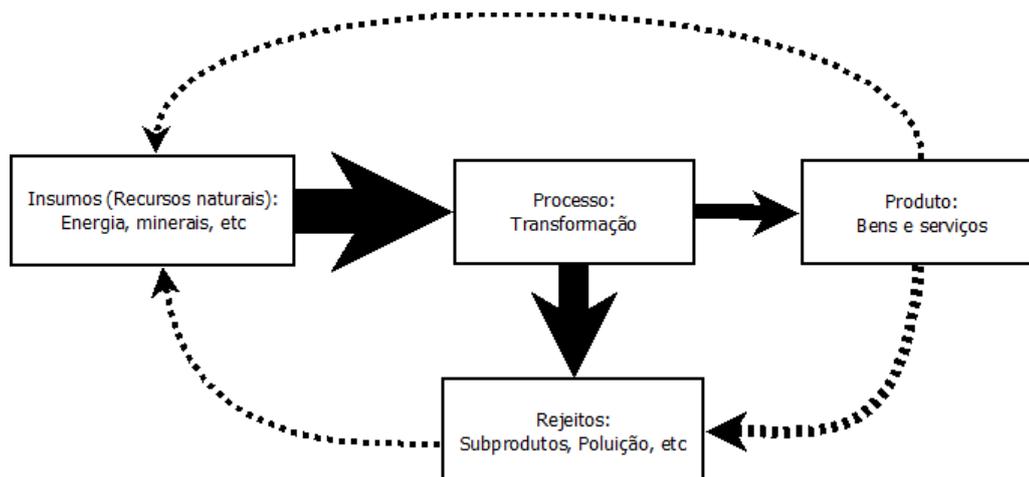
## 1 Introdução

Desde o início da sua história, o homem vem modificando o seu modo de viver, de se organizar, de utilizar o espaço e se relacionar com a natureza. Este fenômeno se intensificou com o advento da Revolução Industrial, que substituiu boa parte do trabalho humano e animal por máquinas movidas a outras fontes de energia. Um dos grandes elementos transformadores que permitem tais modificações é a tecnologia, que pode ser entendida como a aplicação do conhecimento técnico e científico para se atingir determinado objetivo.

Pode-se inferir então que a tecnologia traz grandes benefícios ao ser humano, porém esta também pode trazer grandes problemas. As indústrias, grandes referenciais de tecnologia, são conhecidas pela quantidade de recursos consumidos – os insumos, bem como a quantidade de rejeitos, geralmente tratados como poluição. A Figura 1 exibe um esquema simplificado de um sistema produtivo. O processo de transformação se utiliza de insumos como entrada em seus sistemas para chegar ao objetivo, a entrega de bens ou serviços. Como parte inerente do processo, ocorrem as perdas e geração de produtos não desejados, comumente denominados rejeitos. Eventualmente, parte destes rejeitos pode ser reaproveitada no mesmo ou em outros processos. Da mesma forma, os bens e serviços produzidos têm sua utilidade limitada no tempo, e em algum momento se tornarão rejeitos ou, em alguns casos, poderão ser reaproveitados em algum processo produtivo.

Tais questões poderiam, em teoria, não ser consideradas enorme problema, não fosse o comportamento histórico quase que monotonicamente crescente da produção industrial. Esta produção frequentemente gera uma sensação de maior bem estar geral de uma população e tem influência direta no Produto Interno Bruto - PIB das nações,

utilizado largamente hoje como medida de bem-estar de uma população. O PIB, a grosso modo, pode ser descrito como a contabilização de toda a produção de uma população, delimitada territorialmente. A ideia seria que, quanto maior a produção, maior a renda e, conseqüentemente maior o acesso a utilidades, bens e serviços. Este maior acesso traria a noção, comparativamente, de maior bem-estar populacional.



*Figura 1 - Esquema simplificado de um sistema produtivo*

*Fonte: Elaboração própria*

Apesar de na prática o PIB conter diversas falhas e descon siderações no sentido de medir o bem-estar de uma população, não há um consenso de que outra forma poderia ser utilizada em larga escala. Portanto, o fomento ao crescimento industrial torna-se mandatório dentro deste modelo de desenvolvimento, o que torna essencial a preocupação com as questões de poluição e uso dos recursos naturais (Jackson, 2009).

Alguns fatores podem aparentar uma possível mudança na tendência crescente destes problemas, como a desmaterialização de determinadas economias, com o crescimento do setor terciário, o deslocamento de indústrias energo-intensivas para nações ditas em desenvolvimento, a substituição de insumos, ou até progresso técnico e medidas de eficiência (Cima, 2006). Porém, alguns destes fatores são pontuais, outros simplesmente transferem o problema para outra região ou trazem uma aparente solução,

pois não chegam a inverter a curva crescente de consumo e geração de poluentes (Jackson, 2009).

Um exemplo destas atividades industriais com grandes problemas é a siderurgia. A indústria siderúrgica é considerada extremamente poluente e intensiva em consumo de recursos naturais, como minério de ferro, carvão<sup>1</sup> e energia, que também têm grandes problemas ambientais associados.

A obtenção do minério de ferro e do carvão mineral se dá através da mineração, atividade também listada entre as grandes poluentes. Entre seus principais efeitos estão a contaminação do solo e de lençóis freáticos e lançamento de poluentes atmosféricos. O carvão vegetal está associado a desmatamento ilegal de mata nativa e condições de trabalho deploráveis. Vem se tornando frequente a produção de carvão vegetal a partir da monocultura de eucalipto. Locais com esta finalidade são comumente denominados “desertos verdes”, devido à redução da biodiversidade e o uso intensivo de fertilizantes e agrotóxicos (Faveri, 2007). O carvão vegetal serve como insumo para as chamadas guseiras, estufas a altas temperaturas em que o minério de ferro reage com o carvão e tem como resultado o ferro-gusa. Em sua cadeia produtiva, as guseiras historicamente são conhecidas pela contaminação da água e do ar (Almeida & Melo, 2001).

As usinas produtoras de aço, por sua vez, são grandes consumidoras de água e energia, e têm como efeitos a poluição de corpos d’água e emissão de gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos locais, como benzeno, material particulado, óxido de enxofre e outros, que podem causar diversos problemas à saúde humana, como câncer, problemas respiratórios, oftalmológicos e dermatológicos.

Pensando-se a produção de ferro e aço em uma perspectiva global, observa-se

---

<sup>1</sup> O carvão utilizado na siderurgia pode ser tanto de origem mineral quanto vegetal, os detalhes de cada uso são explicados ao longo do texto. A não ser que seja explicitado o tipo, o termo “carvão” utilizado no texto abrange os dois tipos do insumo.

um deslocamento destas atividades de países ditos desenvolvidos para economias chamadas emergentes, como o Brasil, onde a busca pelo crescimento econômico não é acompanhada pelas devidas políticas de monitoramento e controle destas atividades na esfera social e ambiental. Isto leva a grandes distorções, devido à diferença entre os grupos envolvidos nas decisões e os impactados pelos efeitos das decisões tomadas. O Brasil, que vem se tornando um grande produtor de commodities metálicas, especialmente minério de ferro e aço semi-acabado, além de estar sujeito aos problemas socioambientais, acaba por depender das variações de preço internacional destes produtos, que é ditada pela demanda, devido a suas características de pouco beneficiamento, produção em larga escala e homogeneidade, independentemente da origem. Em contrapartida, os países chamados desenvolvidos, antes grandes produtores de aço, hoje têm sua produção voltada para aços especiais, com maior valor agregado e menos impactos ao meio ambiente e populações, tendo como insumos os produtos semi-acabados provenientes dos países denominados emergentes (Porto, et al., 2011).

Segundo a EPE, de acordo com a instalação de projetos mapeados, a capacidade instalada deve aumentar nos próximos dez anos a uma taxa de 3,9% ao ano e as exportações de aço a um ritmo de 3.1% ao ano (EPE, 2012). Há, portanto, um potencial de aumento dos problemas socioambientais já mencionados. Desta forma, é essencial que haja um acompanhamento próximo dos novos empreendimentos, a fim de se minimizar os problemas associados à atividade.

## 1.1 Objetivos

Em função do contexto mencionado, este estudo tem como objetivo analisar o problema ambiental de emissões atmosféricas no âmbito da siderurgia e indicar melhorias com base em alguns mecanismos de proteção. Para tal, cabe discutir aspectos da legislação ambiental nas esferas governamentais competentes no que tange a gestão de emissões atmosféricas e seu grau de exigência e aplicabilidade. Além disto, pretende-se avaliar a eficácia do monitoramento e fiscalização por parte dos órgãos ambientais quanto ao cumprimento desta legislação.

Assim, pode-se sugerir como perguntas para este trabalho as seguintes questões:

- Os atuais instrumentos de gestão ambiental existentes no país e no estado, bem como sua aplicabilidade, são suficientes para evitar grandes problemas de poluição atmosférica industrial?

- O setor siderúrgico dispõe de capacitação tecnológica e gerencial para enfrentar esta questão?

O trabalho conta também com um objetivo específico sobre o estudo de caso, quanto aos problemas ocorridos durante a implantação e início de operação da usina. O interesse é descobrir quais foram os fatores geradores dos problemas de poluição, e o que, quando houver, poderia ser feito para evitar tal poluição.

## 1.2 Metodologia

Para se atingir os objetivos mencionados, requer-se um entendimento das tecnologias que envolvem a produção de aço, os padrões de qualidade do ar existentes e o status da gestão ambiental vigente no país.

Os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento desta dissertação envolvem pesquisa bibliográfica no que concerne às rotas tecnológicas para a produção de aço comercialmente disponíveis, à poluição e qualidade do ar, bem como às práticas de gestão e legislação ambiental. A pesquisa bibliográfica se dá a partir de material científico disponível, sendo em sua grande maioria livros e artigos.

Então, as hipóteses mencionadas são colocadas à luz deste estudo de caso, analisando-se o que está previsto pelos instrumentos de gestão e como sua aplicação se dá na prática.

Assim, metodologia utilizada inclui também pesquisa qualitativa, através da análise de documentos pertinentes ao empreendimento, que servem de base para o estudo de caso. Estes documentos incluem os Estudos de Impacto Ambiental e de Análise de risco, relatórios e documentos elaborados por instituições interessadas, como a Fiocruz e o Ministério Público, bem como os processos administrativos de requerimento de licença abertos para as licenças Prévia, de Instalação e de Operação (LP, LI e LO, respectivamente). Estes processos administrativos, abertos pelo órgão ambiental licenciador, contemplam quase todo o histórico de informações trocadas entre o empreendedor e o órgão ambiental para a análise e concessão de cada licença. Estas informações incluem planejamentos de execução de procedimentos, dados de produção, emissão de poluentes e qualidade ambiental, relatórios de vistoria e discussões sobre decisões quando do surgimento de adversidades e dificuldades técnicas. Esta análise documental serviu de base para a investigação de fatos e acontecimentos que possam, de

alguma forma, ser relacionados aos episódios de poluição atmosférica ocorridos na região em questão. Foram também contatados técnicos do órgão ambiental com o intuito de complementar o levantamento das informações e verificar sua consistência. O caso estudado pode ser considerado emblemático, dada sua magnitude e as diversas polêmicas envolvidas no desenvolvimento do projeto.

Por fim é feita uma análise do estudo de caso à luz da revisão bibliográfica efetuada, apontando e discutindo as principais questões que possibilitaram os eventos de poluição do ar e indicando algumas sugestões para o processo como um todo.

Desta forma, a presente dissertação é composta por sete capítulos. Este primeiro capítulo aborda os objetivos e a metodologia empregada no presente estudo. O segundo capítulo apresenta um quadro geral sobre o setor de siderurgia, suas tecnologias e características. O terceiro capítulo aborda a questão da poluição atmosférica, dando ênfase na escala local, trazendo as principais definições, consequências e possibilidades de minimização. O quarto capítulo trata dos instrumentos de gestão ambiental e da legislação mais diretamente relacionados ao tema tratado vigentes no Brasil. O quinto capítulo insere o contexto dos capítulos anteriores no estudo de caso sobre uma usina siderúrgica instalada recentemente na região de Santa Cruz, Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro. São aqui analisadas as tecnologias utilizadas na siderurgia, a caracterização das emissões atmosféricas associadas, os impactos observados e o papel da legislação vigente e das instituições responsáveis. O sexto capítulo conclui o trabalho apontando os fatos mais relevantes observados no caso da região de Santa Cruz e faz sugestões para trabalhos futuros. Por fim são apresentadas as referências bibliográficas

## **2 O setor siderúrgico**

O setor de siderurgia é um dos principais produtores de bens intermediários para grande parte dos setores da economia, principalmente as indústrias. Setores, como a construção civil, automotiva, de bens de consumo como a linha branca<sup>2</sup> e de bens de capital são grandes consumidores dos produtos siderúrgicos, representando este um dos segmentos estruturantes da economia (Crossetti & Fernandes, 2005).

No Brasil, o desempenho do setor de siderurgia é um fator crítico para atender à expectativa de ampliação da construção residencial, da exploração do petróleo na camada do pré-sal, dos projetos ligados aos eventos esportivos e do aumento do consumo de bens duráveis. Problemas de oferta no setor tendem a se propagar pelo restante da cadeia industrial e, conseqüentemente, para o nível de preços da economia, gerando forte entrave ao crescimento do PIB (Puga, et al., 2010).

### **2.1 Caracterização e Perspectivas do setor**

Conforme mencionado, a produção industrial mundial tem crescido quase que monotonicamente nas últimas décadas, tendo algumas exceções, geralmente pontuais. Desta forma, observa-se historicamente um crescimento da produção de aço com uma trajetória análoga à da economia como um todo. A Figura 2 exibe a produção anual de aço bruto no mundo entre os anos de 1962 e 2012. Embora a série histórica tenha sido obtida através de mais de uma fonte de dados, é indiscutível a tendência de crescimento, com pequenas variações decrescentes, que são devidas a fatos como os choques do

---

<sup>2</sup> Podem-se denominar bens de linha branca os bens utilizados comumente em domicílios, também chamados eletrodomésticos, como refrigeradores, fogões e máquinas de lavar roupa.

petróleo e a crise financeira de 2008. No período a produção mundial de aço cresceu mais de quatro vezes.

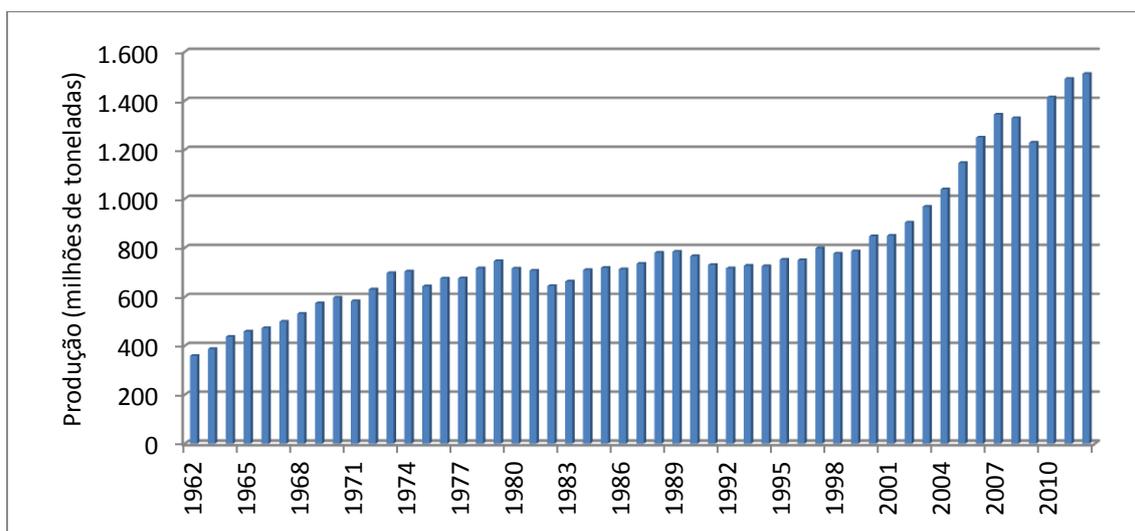


Figura 2 - Produção mundial de aço bruto entre 1962 e 2012

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados de Quaresma (2009)

O Brasil, neste mesmo intervalo de 50 anos teve um crescimento mais acelerado, tendo aumentado sua produção em mais de 13 vezes. A Figura 3 exibe a produção histórica de aço bruto do país no período.

Desta forma, o Brasil foi o nono maior produtor de aço no mundo em 2010, com possibilidades de subir posições nos próximos anos, principalmente pelo fato de ser um dos maiores produtores de minério de ferro do mundo.

O setor mineral no Brasil tem sido marcado pela progressiva verticalização e agregação de valor, incluindo maior participação de bens semi-acabados e acabados na produção dirigida ao mercado interno e à exportação, beneficiado pela redução de gargalos em infraestrutura, elevação da oferta e demanda por bens e produtos de base mineral, e influenciado por uma estratégia governamental voltada a interesses a princípio nacionais (MME, 2011).

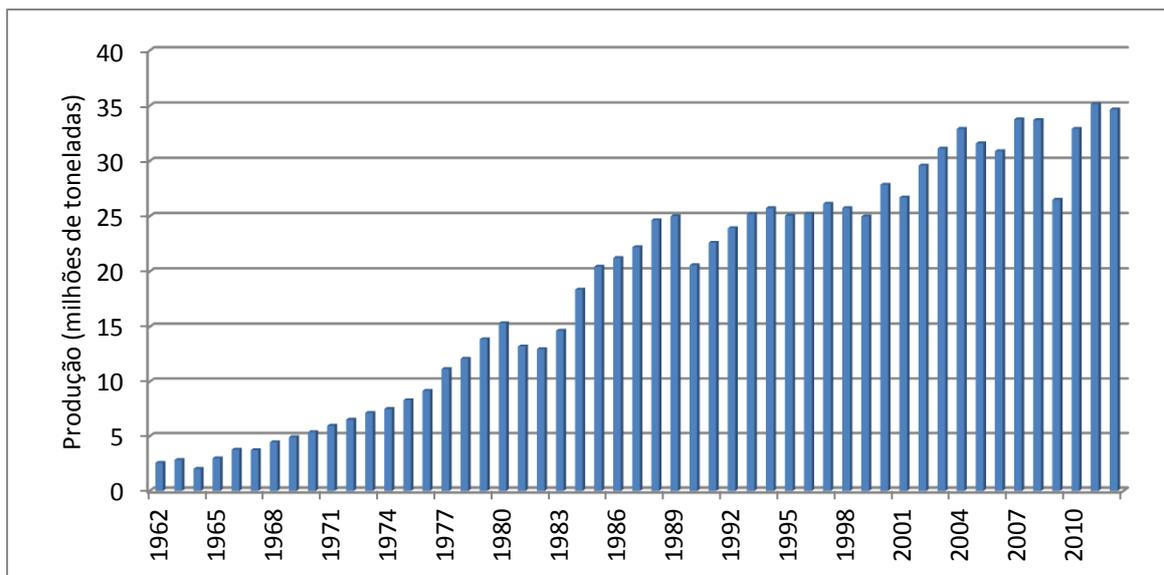


Figura 3 - Produção de aço bruto no Brasil entre 1962 e 2012

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados de: Quaresma (2009)

Este novo crescimento do setor siderúrgico faz parte de uma nova divisão internacional do trabalho, com a chamada “fase quente” da siderurgia sendo transferida dos países mais ricos para os países emergentes, como o Brasil, Coréia do Sul, Índia e China, os quais possuem um crescente papel na exportação mundial do aço enquanto “commodity” metálica. A denominada fase quente é a fase em que ocorrem os principais processos termodinâmicos de transformação do minério de ferro - e posteriormente ferro-gusa - para a obtenção do aço semi-acabado, e engloba as unidades mais energo-intensivas, poluentes e perigosas da siderurgia (Porto, et al., 2011). É possível notar esta tendência de migração a partir da Figura 4, a qual exhibe a variação da posição de alguns países no *ranking* de produtores de aço ao longo das últimas três décadas. Os países foram divididos em dois grupos: países denominados desenvolvidos e emergentes. Através dos gráficos é possível observar a perda geral de posições do primeiro grupo e o ganho do segundo desde 1980 até 2010.

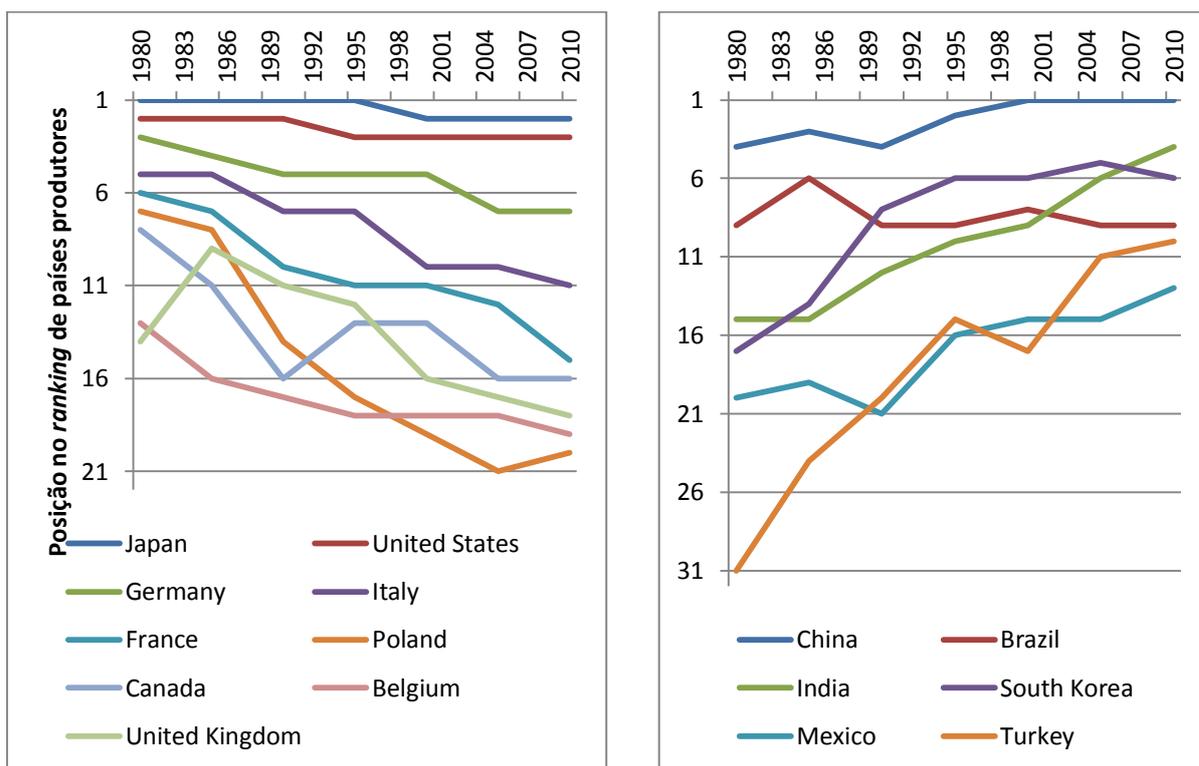
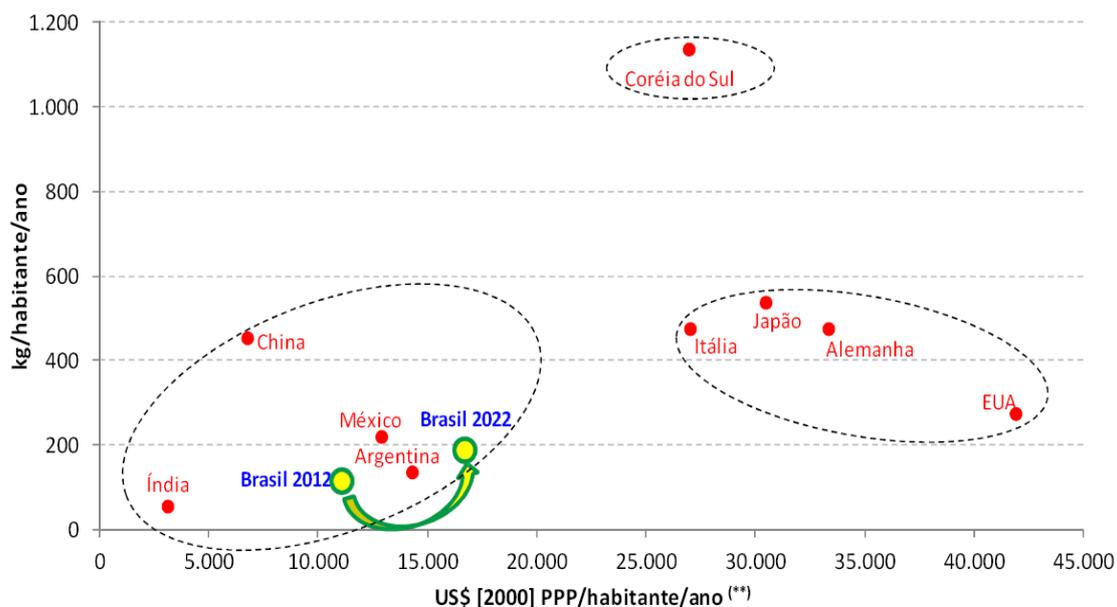


Figura 4 – Variação no ranking de produtores de aço de países desenvolvidos e emergentes

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados de World Steel Association

Segundo a EPE, de acordo com a instalação de projetos mapeados, a expectativa é um aumento da capacidade instalada de 3,9% ao ano, e um crescimento das exportações a uma taxa de 3,1% ao ano. Estima-se para 2022 uma capacidade instalada de 70 milhões de toneladas e uma produção de 65 milhões de toneladas de aço (EPE, 2012).

Ainda segundo as estimativas da EPE, o consumo de aço per capita deve subir de 113 kg/habitante anuais (2012) para 188 kg/habitante anuais, passando de um patamar semelhante ao da Argentina para um próximo ao do México, ainda bem abaixo dos países denominados desenvolvidos. Conforme se pode notar na Figura 5, mesmo com esta mudança, o Brasil pode ser agrupado com países denominados emergentes e exportadores de commodities e produtos semi-acabados.



(\*) PIB per capita referenciado a US\$ [2000] PPP. Os dados são relativos ao ano de 2010 para todos os países com exceção do Brasil.

*Figura 5 - Consumo de aço per capita versus PIB per capita*

*Fonte: EPE (2012)*

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES aponta que para o aumento da produção de aço previsto, apesar de haver uma perspectiva de aumento do NUCI – Nível de Utilização da Capacidade Instalada, a maior contribuição ao aumento da produção previsto provém do aumento da capacidade instalada (Puga, et al., 2010).

O banco aponta ainda que estudos feitos pelo Instituto Aço Brasil (IABr) afirmam que, entre 2010 e 2016, o pré-sal deve consumir cerca de 2 milhões de toneladas adicionais de aço. A Copa do Mundo de 2014 deve demandar mais 4,5 milhões de toneladas, enquanto que os Jogos Olímpicos de 2016 devem consumir 1,3 milhão de toneladas. Estes três fatores - pré-sal, Copa do Mundo de 2014 e Olimpíadas 2016 – são responsáveis por uma demanda adicional de 7,8 milhões de toneladas de aço, o que representa um crescimento médio anual de 1,1 milhão de toneladas de aço bruto até 2016 (Puga, et al., 2010).

Além do aumento da demanda interna, há uma expectativa, no longo prazo, de aumento das exportações. Segundo as estimativas da Empresa de Pesquisa Energética - EPE, as exportações de aço oscilam entre 40% e 48% da produção ao longo da próxima década, chegando a 26 milhões de toneladas em 2022 (EPE, 2012).

Portanto, conforme a estimativas apontadas, a produção doméstica de aço deve crescer de forma a atender ao aumento da demanda interna e às necessidades adicionais por conta da exploração de petróleo no pré-sal e dos eventos esportivos, além de expandir o volume para exportação. Este cenário se reflete nos projetos siderúrgicos, bem como portuários, ferroviários e atrelados a atividades correlacionadas, planejados nos últimos anos. Desta forma, é fundamental o entendimento dos problemas existentes hoje nas várias esferas envolvidas nestas atividades, no que concernem questões socioambientais, para que lições aprendidas possam ser incorporadas nos projetos e planejamentos futuros.

## 2.2 A cadeia produtiva e as rotas tecnológicas

A siderurgia tem como principal produto o aço, que pode ter diversas características e especificações. Este é constituído basicamente de uma liga de ferro e carbono, tendo como matérias primas o minério de ferro, encontrado em geral em forma de óxidos de ferro, e o carvão mineral ou vegetal. O aço pode ser classificado quanto à sua dureza, suas aplicações, normas técnicas ou outras especificidades. Seu processo produtivo pode ser dividido em cinco fases: Preparação de materiais, Redução, Refino, Lingotamento e Laminação (EPE, 2009). Cada uma destas fases é detalhada adiante.

### Rotas de produção

Pode-se dividir as usinas siderúrgicas em operação nas últimas décadas em dois grandes grupos, denominados comumente usinas integradas e semi-integradas ou aciarias elétricas.

A maior parte da produção de aço no mundo provém de usinas integradas, sendo o restante proveniente de sucata (Costa, 2002). As usinas integradas se utilizam de Altos-fornos e conversores a oxigênio na Aciaria, tendo como insumo principal o ferro-gusa. A Figura 6 exibe um esquema simplificado da rota integrada de produção de aço a partir das matérias primas minério de ferro, carvão mineral e cal. O carvão vegetal é mais comumente empregado na rota semi-integrada devido às menores escalas de produção de ferro-gusa que se consegue atingir.

A usina integrada pode ser subdividida entre algumas etapas. Inicialmente tem-se a produção de coque, a partir do carvão mineral, na Coqueria. Paralelamente, o minério de ferro passa pelos processos de pelletização e sinterização. Passa-se então para o Alto-Forno, onde o minério de ferro, em conjunto com o coque de carvão e com adição de calcário, formam o ferro-gusa, através de uma reação de redução do minério de ferro. O ferro-gusa segue então para aciaria, onde os conversores a oxigênio o

refinam, transformando-o em aço. Outras unidades de processamento secundário também são utilizadas a fim de melhorar determinadas características do aço, como o grau de pureza (Santos, 2010).

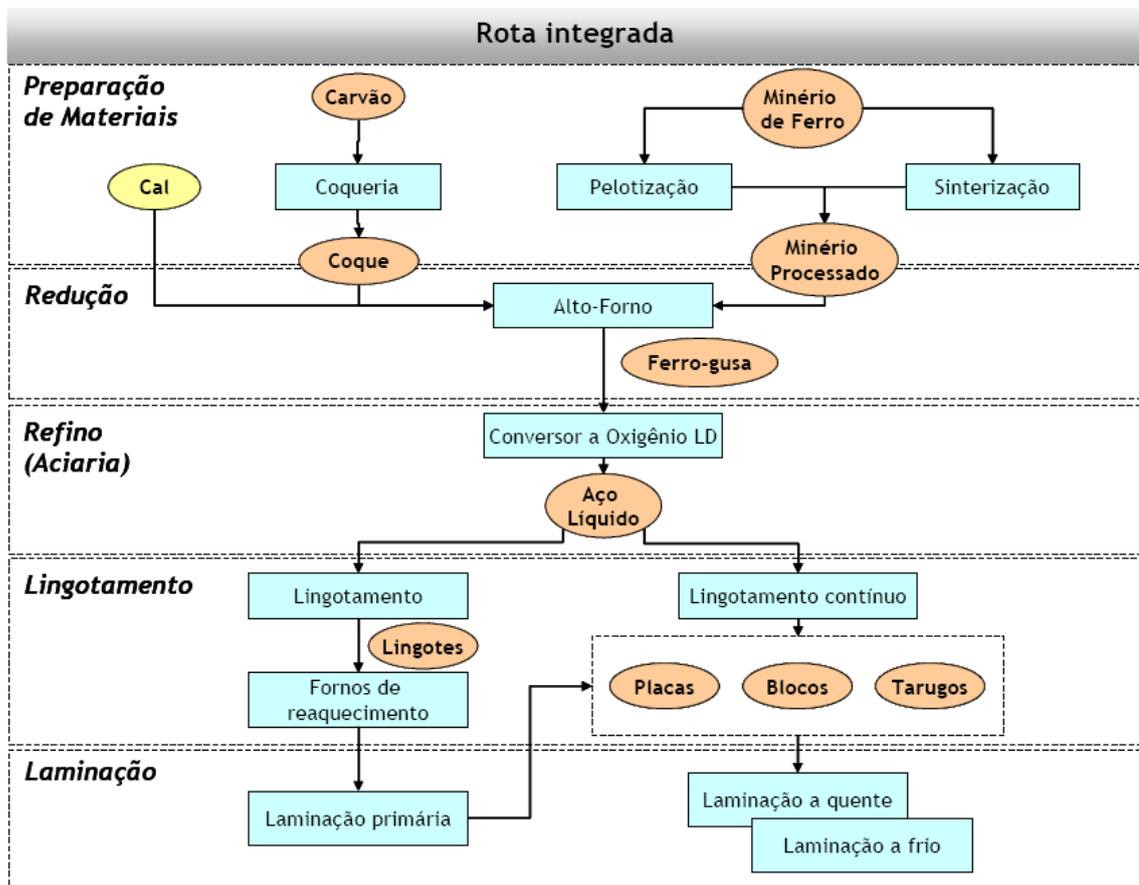


Figura 6 – Esquema da Rota Integrada de Produção de Aço

Fonte: EPE (2009)

A Figura 7 exibe um esquema simplificado da rota semi-integrada de produção de aço a partir de sucata, ferro-esponja e ferro-gusa. A produção de aço através de aciarias elétricas tem como insumo principal a sucata. Estas aciarias têm como vantagem uma maior modularização e possibilidade de operar em escalas reduzidas, abaixo de 500.000 toneladas por ano. Também contam a seu favor os menores custos de investimento e maior capacidade de variar as características do aço a ser entregue, tendo assim maior flexibilidade produtiva. (UNEP e IISI, 1997; Andrade et al., 2000a;

Energetics, 2000) (Costa, 2002).

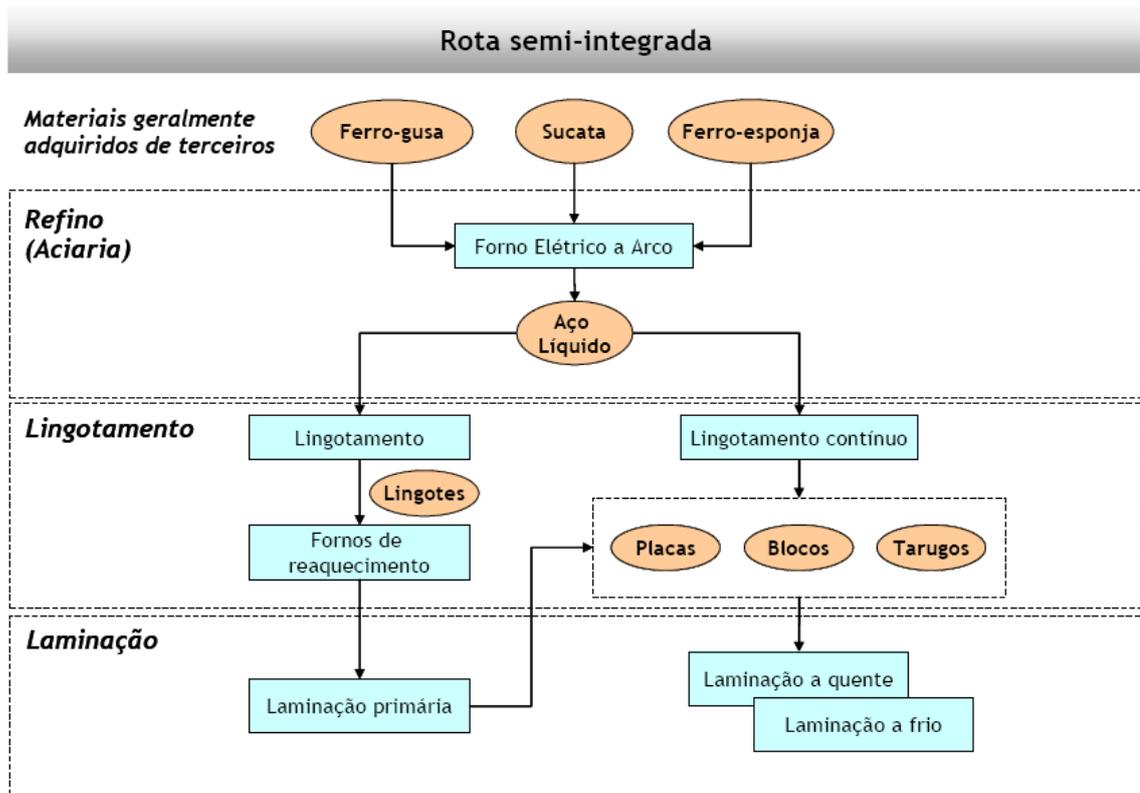


Figura 7 - Esquema da Rota Semi-Integrada de Produção de Aço

Fonte: EPE (2009)

## 1 - Preparação de Materiais

A preparação dos materiais consiste basicamente na aglomeração do minério de ferro, através da pelletização e da sinterização, e na coqueificação (transformação em coque) do carvão. Conforme é possível observar nas rotas mencionadas, esta fase somente ocorre na rota integrada de produção, uma vez que a semi-integrada obtém seus insumos feitos por outras empresas, como as guseiras ou que produzam ferro-esponja, ou obtém material reutilizado.

O minério de ferro precisa inicialmente passar pelo processo de moagem, pelletização e peneiragem para poder atender às especificações de entrada no Alto-Forno. A pelletização é um processo de aglomeração dos finos de minério de ferro em

pedaços maiores e de tamanho bem definido, denominados pelotas, com a finalidade de dar uma conformação adequada à carga metálica que alimenta os altos-fornos, a fim de obter um melhor rendimento. O minério não deve se apresentar nem em pedaços muito grandes nem muito pequenos, de forma que a penetração de gases do Alto-Forno no minério seja a de mais eficiência para a produção do ferro-gusa (Machado, 2006).

A sinterização consiste também na aglomeração do minério de ferro, porém com a adição de outros materiais, como fundentes e finos de coque. O objetivo é preparar o minério de ferro, deixando-o com as características necessárias para a entrada no Alto-Forno quanto a resistência mecânica, porosidade, granulometria, composição química e redutibilidade. Esta carga é submetida a uma operação redutora-oxidante a temperaturas na faixa de 1200° a 1400° C, utilizando-se para isto o coque como combustível principal e gases como combustíveis auxiliares e de ignição (Costa, 2002).

O coque metalúrgico, o outro principal insumo para os altos-fornos, atua como combustível, redutor, fonte de carbono ao gusa e permeabilizador da carga. Nesta unidade, uma mistura de tipos de carvão mineral é aquecida em câmaras sem a circulação de ar, a temperaturas de aproximadamente 1100°C. Este processo de destilação tem o objetivo de remover as matérias voláteis do carvão. O resultado é, além dos gases liberados, o coque: um resíduo sólido, poroso, infusível, basicamente constituído de carbono. Os gases liberados neste processo têm poder calorífico considerável e são considerados um sub-produto de valor comercial, podendo ser aproveitado em determinadas unidades da usina ou vendido para outras indústrias. O ciclo operacional da coqueria pode ser subdividido em: Preparação da mistura de carvões, Enfornamento e Aquecimento, Desenfornamento e Apagamento, Preparação do coque e Tratamento das matérias voláteis (Machado, 2006).

Outra forma de obtenção do ferro-gusa é através do uso do carvão vegetal.

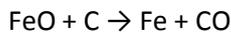
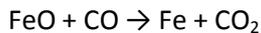
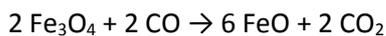
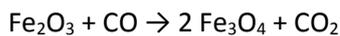
Conforme mencionado, o carvão vegetal costuma ser empregado na produção independente de ferro-gusa. A destilação seca da madeira em atmosfera controlada e à temperatura adequada (ou pirólise) conduz à produção do carvão vegetal e material volátil. Há uma preferência pelo emprego do eucalipto para o carvão vegetal, em função da maior densidade se comparado a outras madeiras. A madeira é submetida a temperaturas iniciais de 110° C e finais acima de 300° C, passando por vários estágios, onde ocorre a secagem, destilação e carbonização da madeira. Este processo se dá em fornos de carbonização, que são em geral construções de alvenaria com orifícios de entrada de ar (Santos Junior, 2011). Mais recentemente tem sido empregada uma tecnologia denominada DPC (*Drying Pyrolysis Cooling*), que produz carvão vegetal através de reatores que carbonizam a madeira usando os próprios gases do processo como fonte de energia, o que evita a queima parcial da madeira enfiada (Quaresma, 2009).

## 2 - Redução

A fase de redução tem como finalidade a separação do ferro do minério. Há três principais métodos de se obter esta separação: alto-forno, redução direta e fusão redutora, sendo que o primeiro método costuma ser responsável por mais de noventa por cento da produção total. A fusão redutora utiliza como insumos o próprio minério de ferro e o carvão mineral, não precisando passar pela fase anterior. Cada um destes métodos é detalhado a seguir.

No Alto-Forno ocorre a transformação do minério de ferro em ferro-gusa, através de uma reação química de redução. Para tal é fornecida uma mistura de coque (ou carvão vegetal) e sinter. O Alto-Forno é o equipamento de maior gasto energético na siderurgia. Em seu interior, através da introdução de ar pré-aquecido, o coque (ou

carvão vegetal) é gaseificado, liberando monóxido de carbono e outros gases, atuando como agente redutor e também como combustível. Ao sair do Alto-Forno, estes gases são conduzidos a sistemas de despoeiramento e lavagem. Parte deles é levada aos regeneradores para pré-aquecimento de ar e o restante segue como combustível para outras etapas. Finalizado o processo, após algumas horas, o ferro-gusa no estado líquido é retirado pela parte inferior do Alto-Forno e encaminhado para um carro-torpedo ou uma panela. Também é retirada na parte inferior a escória, ou seja, as impurezas restantes do coque e do minério, que é escoada também em estado líquido acima do metal líquido. As reações químicas que ocorrem dentro do alto-forno são listadas a seguir:



A injeção de finos de carvão (PCI<sup>3</sup> em inglês) nos altos-fornos é uma tecnologia cada vez mais difundida, e permite a redução do consumo de coque, ou seja, o consumo de energia e as emissões na coqueria podem ser reduzidos (Costa, 2002).

A redução direta é uma tecnologia alternativa aos altos-fornos e consiste na produção do ferro-esponja, que serve como insumo para o Forno Elétrico a Arco, que é detalhado adiante. Esta tecnologia é utilizada na rota semi-integrada, apesar de não estar mencionada em uma fase propriamente no fluxograma desta rota. O ferro esponja é um produto metálico com 85 a 95% de ferro e de 0,1 a 1,0% de carbono. Tem aspecto esponjoso e é obtido no estado sólido à temperatura em torno de 1100° C, a preços

---

<sup>3</sup> Pulverized Coal Injection

relativamente reduzidos se comparado a grandes siderúrgicas. Em geral, o ferro esponja é utilizado em fornos elétricos a arco em substituição à sucata para obtenção do aço, onde a sua característica vantajosa é a sua superioridade em relação à sucata em termos de pureza, pois elementos de liga contidos na sucata podem dificultar o atendimento à especificação do aço a ser produzido. Processos de redução direta são aqueles nos quais a redução do minério de ferro a ferro metálico é efetuada sem que ocorra, em nenhuma etapa do processo, a fusão da carga no reator (Machado, 2006). A produção se dá a partir, como o próprio nome sugere, da redução do minério de ferro a partir de um agente redutor. Os agentes mais comuns utilizados neste processo são o gás natural ( $\text{CH}_4$ ) ou gases redutores como monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) e hidrogênio ( $\text{H}_2$ ). O processo de redução direta é um processo altamente viável em países pouco industrializados, com minérios de alta qualidade, com escassez de sucata e com gás natural em abundância, reduzindo conseqüentemente o emprego do coque que é necessário nos altos fornos, pois este redutor necessita de carvão mineral coqueificável e cujas reservas estão cada vez mais escassas (Machado, 2006).

A fusão redutora, outra alternativa de redução, possibilita a redução do minério de ferro sem precisar passar pela coqueificação. A redução do óxido de ferro é feita a partir de carbono ou monóxido de carbono, estando o ferro no estado líquido, diferentemente do que ocorre nos Altos-Fornos (estado sólido). O processo mais utilizado é o chamado Corex, que consiste em um reator e uma cuba. O minério de ferro é reduzido na cuba pelo gás produzido no reator ( $\text{CO}$  e  $\text{H}_2$ ), a partir da combustão de carvão com oxigênio. O metal líquido obtido tem características semelhantes ao ferro-gusa. O processo garante a eliminação no reator de componentes indesejáveis como alcatrão e fenóis. Este processo possibilita o emprego de diversos tipos de carvão não metalúrgicos, o que lhe confere uma vantagem comparativa à rota de produção

integrada (Costa, 2002).

### 3 - Refino

A fase de refino ocorre na aciaria, onde o aço é propriamente produzido através de uma reação de oxidação do ferro. A Aciaria é a unidade de uma usina siderúrgica onde é produzido de fato o aço, a partir do ferro-gusa, ou do ferro-esponja e sucata. Os insumos passam por um processo de oxidação, a fim de se reduzir os teores de carbono, silício, fósforo, enxofre e nitrogênio, aumentando o grau de pureza e lhe conferindo propriedades específicas. Pode-se dividir as aciarias em dois grupos principais: O Conversor LD e o Forno Elétrico a Arco.

O Conversor LD, também conhecido como BOF – *Basic Oxygen Furnace*, é geralmente empregado na rota integrada de produção de aço e se utiliza de ferro-gusa como insumo. É utilizada uma lança (ou sopro) de oxigênio para que este aja como agente oxidante. O oxigênio combina-se com o ferro, formando o FeO que, por sua vez, se combina com o silício, o manganês e o carbono, eliminando estes elementos, considerados impurezas. Esta eliminação ocorre na forma de escória, por exemplo SiO<sub>2</sub> e MnO, ou de gás, como o CO. As emissões de particulados nesta etapa contêm principalmente óxidos de ferro, e em menor quantidade metais pesados e fluoretos (Costa, 2002).

O Forno a Arco Elétrico tem como objetivo oxidar o ferro-gusa, transformando-o em aço líquido. Os insumos utilizados são ferro-gusa, ferro-esponja e sucata. Os metais são carregados no forno e os eletrodos são ajustados para permitir a formação do arco elétrico e dar início à fusão. A energia elétrica pode ser suplementada com gás natural, óleo, carvão ou injeção de oxigênio. Após a fusão ser completada, a carga é

oxidada para redução do teor de carbono e eliminação de impurezas. Quando é completada a oxidação, o aço líquido é vazado (Costa, 2002).

#### 4 - Lingotamento

O lingotamento consiste basicamente no despejo do aço líquido em moldes, de forma que ao ser resfriado este ganhe uma forma específica, geralmente denominados lingotes. Este processo de solidificação do aço é determinante para a sua qualidade. Diversas características como estrutura cristalográfica, distribuição de inclusões não metálicas, micro e macro segregações e as propriedades mecânicas dependem de como se dá a transferência de calor durante este processo (Machado, 2006). Posteriormente os lingotes são levados para a etapa de laminação. Hoje em dia é muito empregado o chamado lingotamento contínuo, que consiste em enviar diretamente o tarugo saído do lingotamento para a laminação, eliminando-se a necessidade de reaquecimento do aço, aumentando o rendimento total em produtos de aço.

#### 5 - Laminação

A laminação é o processo em que ocorre a conformação mecânica do aço, e consiste em diversas etapas de aquecimento e outros processos de deformação em série, que dão forma diferenciada aos produtos, sejam chapas, bobinas, barras, fios, ou outros. Na maioria dos casos, o material passa por dois cilindros girando de modo a deformar o aço durante a sua passagem. A laminação pode ser feita a quente ou a frio, e deve atender a especificações referentes a formas, dimensões, propriedades mecânicas e outras normas (Machado, 2006).

Conforme mencionado, a indústria siderúrgica é conhecida por ser extremamente

poluente e intensiva em consumo de recursos naturais. A

Tabela 1 exibe os principais insumos, subprodutos e rejeitos da cadeia de produção de aço.

*Tabela 1 - Insumos, subprodutos e rejeitos da cadeia de produção de aço*

Insumos		Produtos			
Energéticos	Materiais	Energéticos	Emissões atmosféricas	Efluentes líquidos	Resíduos sólidos
Carvão	Carvão	GAF	SO <sub>2</sub>	SS	Escórias
Óleo Combustível	Minério de Ferro	GCO	NO <sub>2</sub>	Óleos e graxas	Pós
Eletricidade	Ferro-ligas	GAC	CO	Amônia	Lamas
Vapor	Calcário	Eletricidade	CO <sub>2</sub>	Fenóis	Carepas
Gás natural	Calcário	Vapor	VOCs	Cianetos	Refratários
Oxigênio	Sucata	Alcatrão	Material particulado	Metais	Óleos
	Água		H <sub>2</sub> S		
			HCl/HF		
			Metals		
			Organoclorados		

GAF - Gás de Alto-Forno; GCO - Gás de Coqueria; GAC - Gás de Aciaria; VOCs - Compostos Orgânicos Voláteis (Volatile Organic Compounds); SS - Sólidos em Suspensão

Fonte: Costa (2002)

Como é possível notar, muitos dos materiais utilizados como insumos são oriundos da mineração. Os insumos energéticos são, em grande parte, utilizados para processos de geração de calor, que é fundamental em várias unidades de uma usina. Para esta mesma finalidade são também utilizados gases oriundos de alguns processos da própria usina, como a coqueificação, a redução e o refino. Da lista dos subprodutos, alguma parte pode ser aproveitada em outras indústrias, porém para os outros,

considerados rejeitos, é necessário o emprego de filtros, lavadores e outras medidas para minimizar o impacto ao meio ambiente e às populações na região de influência da usina.

### 3 A poluição atmosférica associada ao setor

Este capítulo trata da poluição atmosférica associada ao setor siderúrgico. A ideia de poluição, amplamente discutida, inclui o conceito de degradação ao meio ambiente, através de mudanças nas características do ar, água ou solo, que afetam negativamente as atividades, a saúde ou mesmo a sobrevivência de seres humanos ou outros seres vivos (Lora, 2002).

A indústria siderúrgica é conhecida por ser uma das mais energo-intensivas e também poluentes, principalmente no que se refere à poluição atmosférica. O conceito de poluição do ar está relacionado à deterioração da qualidade original da atmosfera, envolvendo atividades humanas e/ou atividades naturais. As origens naturais incluem pó levantado pela ação do vento, incêndios, erupções vulcânicas e substâncias orgânicas voláteis liberadas por parte da flora (Miller Jr, 2007). As origens antropogênicas são as atividades que envolvem combustão em geral, indústrias e substâncias químicas, entre outras. Dentre várias sugestões de definição de poluição atmosférica, inclui-se a ideia de mudanças nas propriedades físicas, químicas ou biológicas da atmosfera, a partir de substâncias ou quantidades de energia que possam vir a ocasionar danos reais ou potenciais à saúde humana, aos ecossistemas em geral, ou perturbar outros usos do meio ambiente (Cavalcanti, 2010).

A Resolução Conama 003/90 aponta a seguinte definição para poluente atmosférico:

*“Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:*

*I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;*

*II - inconveniente ao bem-estar público;*

*III - danoso aos materiais, à fauna e flora.*

*IV - prejudicial à segurança. ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.”*

Conforme sugerido, a poluição deve ser caracterizada quando ultrapassar um limite tal em que o ecossistema tenha sua capacidade de suporte levada à exaustão, gerando alguma forma de desequilíbrio, temporário ou não. No caso da atmosfera terrestre, uma de suas principais características é ser um ambiente oxidante, devido à alta concentração de oxigênio (O<sub>2</sub>). Praticamente todas as formas gasosas que permeiem a atmosfera, independente de sua natureza, sofrem oxidação e acabam se tornando substâncias que têm como destino a superfície do planeta, ocasionalmente denominado sumidouro, por aparentar absorver tais poluentes. Assim, esta característica é fundamental para a restauração do equilíbrio na atmosfera quando da presença de poluentes. A medida utilizada para identificar o tempo de residência de um poluente é a meia-vida, que revela o tempo necessário para que a metade da quantidade do poluente em questão seja aparentemente absorvido – ou seja, passe por reações e migre de ambiente. Em geral, os poluentes têm uma meia-vida relativamente curta, da ordem de alguns dias (Cavalcanti, 2010).

Convém explicar que, para os estudos de poluição atmosférica neste trabalho, o interesse está na troposfera. A troposfera é definida como a camada da atmosférica localizada na parte mais próxima à superfície do planeta, estando as outras camadas acima desta. Ela contém perto de 80% da massa de ar da Terra, e tem uma extensão de aproximadamente 17 quilômetros acima do nível do mar no equador e oito quilômetros nos polos. É onde ocorrem ciclagens químicas de nutrientes e turbulentas correntes de ventos, sendo a responsável pelas condições do tempo, a curto prazo, e pelo clima, no longo prazo (Miller Jr, 2007).

### 3.1 Tipos de Poluentes Atmosféricos

Pode-se classificar os poluentes atmosféricos em função de diversas variáveis, como o seu estado físico, a sua fonte de origem, a sua classificação química, os tipos de efeitos e incômodos gerados ou a sua toxicidade. Algumas classificações podem servir para a subdivisão de outras, conforme o objetivo do estudo.

Uma classificação bastante comum distingue os poluentes do ar em duas categorias: primários e secundários. Os poluentes primários são emitidos para a troposfera já em uma forma nociva ao meio ambiente ou à saúde humana, como por exemplo fuligem e monóxido de carbono (CO). Os poluentes secundários são formados a partir da reação entre poluentes primários e outros poluentes ou com componentes básicos do ar. São exemplos de poluentes secundários o ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) e o ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (Miller Jr, 2007).

Analisando-se por estado físico, pode-se dividir os poluentes do ar em um grupo de material particulado e outro de gases e vapores. O material particulado consiste em partículas sólidas ou líquidas emitidas por fontes de poluição do ar ou formadas na atmosfera, como as partículas de sulfatos. O material particulado pode ser classificado, segundo método de formação, em poeiras, fumos, fumaças e névoas (partículas líquidas). Os gases e vapores se encontram na forma molecular, seja em formas de gases permanentes, como o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), ozônio (O<sub>3</sub>) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), ou sejam em forma temporária de vapor, como os vapores orgânicos em geral (Cavalcanti, 2010). Dentre os causadores de incômodos, destacam-se o gás sulfídrico, as mercaptanas, os solventes orgânicos. Outros grupos relevantes são os altamente tóxicos, com as dioxinas e os furanos; os orgânicos aromáticos, com o benzeno e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos – HPA em inglês; e metais pesados, com o cádmio, mercúrio, cromo e níquel (Lora, 2002).

Os poluentes mencionados até então podem também ser todos classificados como poluentes locais e alguns como regionais. Porém há também um grupo de poluentes globais, que têm potencial para afetar o clima do planeta como um todo. A partir da década de 80 começaram a surgir mais preocupações quanto aos efeitos dos gases emitidos por atividades humanas, que em escala global vêm crescendo de forma acelerada nas últimas décadas.

Estas emissões antropogênicas teriam, no longo prazo, a capacidade de modificar substancialmente o clima da terra em função do aumento do efeito estufa. Desde os primeiros alardes para isto, centenas de modelos climáticos computacionais têm sido desenvolvidos, em sua grande parte apontando para um aquecimento médio do planeta em alguns graus Celsius nas próximas décadas (Miller Jr, 2007).

Em função disto, tem havido grandes esforços para minimizar tais emissões, através de novas tecnologias, mais eficientes, menos emissoras ou capazes de realizar a captação ou absorção de alguns destes gases, com o objetivo de diminuir a concentração destes na atmosfera e assim as chances ocorrência e intensidade do efeito estufa. Porém, todas estas ações têm muito pouco efeito ao considerar a escala do crescimento das atividades humanas que têm como efeito emissões de gases de efeito estufa e também outros tipos de poluição. Por mais eficientes que os processos se tornem, a escala de crescimento das atividades tem superado de longe tais esforços, de modo que as emissões globais em valor absoluto têm crescido aceleradamente (IPCC, 2007).

À parte destas classificações, há um grupo de poluentes que universalmente constituem os parâmetros mais significativos para a determinação da qualidade do ar em termos locais. A convenção adotada é função da probabilidade de ocorrência e os efeitos ao meio ambiente e à saúde humana. São eles: dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), partículas total em suspensão (PTS), partículas inaláveis (PI), monóxido de carbono (CO), ozônio (O<sub>3</sub>),

hidrocarbonetos totais (HC) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) (NACAA, 2013). Alguns destes poluentes, os mais comuns na indústria siderúrgica, são detalhados no item 3.2.1. Dado o enfoque deste trabalho, a seguir são discutidos detalhes das emissões atmosféricas no âmbito local.

### **3.2 Caracterização das emissões atmosféricas locais**

A fim de se obter informações precisas e padronizadas referentes às emissões de poluentes faz-se necessário estabelecer uma metodologia para a contabilização e caracterização destes. A Agência de Ambiental Europeia, por exemplo, fornece um guia para o inventário de emissões de poluentes locais. Este tipo de inventário, apesar de ter semelhanças com trabalhos do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, difere relativamente de inventários de gases de efeito estufa. O maior motivo é o fato de os poluentes locais não poderem ser comparados uns com os outros em uma só métrica, como é feito com o poder de aquecimento global, pois, conforme mencionado anteriormente, cada poluente tem um determinado tipo de efeito sobre o meio ambiente e a saúde humana.

É bastante desejável que o inventário seja transparente, consistente, comparável, completo e preciso (EEA, 2009). O inventário demanda o levantamento e a coleta de informações detalhadas de cada fonte. Para a realização do inventário faz-se necessário seguir uma série de etapas, como busca e compilação de dados, vistorias em plantas industriais, uso de questionários e a realização de cálculos. Uma vez realizado, o inventário pode servir de instrumento de apoio para programas de gerenciamento de qualidade do ar, assim como a avaliação da eficácia de programas de controle de poluição atmosférica. Pode-se traçar planos de ação e controle, traçar diretrizes para novas regulamentações, servir de dados para modelos preditivos de níveis de poluição e

para estudos de avaliação de riscos à saúde humana, e orientar novos processos de licenciamento ambiental (Cavalcanti, 2010).

### 3.2.1 Tipos de emissão e suas características

Conforme mencionado, há um consenso de que alguns poluentes constituem os parâmetros mais significativos para a determinação da qualidade do ar. A estes é dada maior atenção quando da realização de inventários, monitoramento, mitigação e planos gerenciamento da qualidade do ar. São eles:

#### Material Particulado:

Esta denominação engloba uma variedade de partículas e gotas (aerossóis) pequenas e leves o suficiente para permanecerem suspensas na atmosfera substâncias constituídas de poeiras, fumaças ou qualquer outro material nos estados sólido e líquido que se mantenham suspensos no ar, em função do seu tamanho. Suas fontes podem ser variadas, porém usualmente estão associados à combustão incompleta em diversos processos em indústrias, máquinas, veículos, florestas e na agricultura – via queima dos campos. Também podem ser gerados em grande quantidade devido a resíduos de processos industriais, ou qualquer evento que demande movimentações de material granulado, terra ou areia, como estradas não pavimentadas ou construções (Miller Jr, 2007; CETESB, 2003). Contido no material particulado podem estar outras substâncias nocivas, como metais, policlorobifenilos (PCBs) e dioxinas (Miller Jr, 2007).

Uma classificação bastante utilizada para o material particulado se dá segundo seu tamanho, criando três parâmetros largamente utilizados. São eles:

- PTS: Partículas totais em suspensão – considera-se para sua contabilização todas as partículas com até 100µm de diâmetro;

- PM<sub>10</sub>: Partículas com até 10 µm de diâmetro. Este grupo é também chamado de Partículas Inaláveis (PI). Dentre os particulados inaláveis, os classificados como maiores – com diâmetro maior que 2,5µm – ficam retidos na parte superior do sistema respiratório (Miller Jr, 2007);

- PM<sub>2,5</sub>: Partículas com até 2,5 µm de diâmetro. São constituídas principalmente por aerossóis secundários como nitrato, sulfato e amônio, metais, como zinco, cobre e chumbo, e compostos orgânicos com origens notadamente antropogênicas. Estas partículas podem atingir os alvéolos pulmonares, que constituem a região mais profunda do sistema respiratório. O tempo de residência destas partículas na atmosfera é da ordem de dias (Colbeck & Lazaridis, 2010 apud Mateus, 2012; Miller Jr, 2007).

Pode-se associar a presença de material particulado a sintomas dos mais diversos. Quando da ocorrência de concentrações relativamente baixas, observa-se tosse seca e cansaço, bem como ardor nos olhos, nariz e garganta. Em níveis mais altos de concentração, ocorre o agravamento de sintomas respiratórios e cardiovasculares, diminuindo a expectativa de vida, além de risco de agravos à gestação (CETESB, 2010). A exposição a partículas tóxicas, como chumbo, cádmio, PCBs e dioxinas podem causar mutações, problemas reprodutivos e câncer (Miller Jr, 2007). Estudos mostram que quando o teor de material particulado no ar sobe de 70 µg/Nm<sup>3</sup> em média para 170 µg/Nm<sup>3</sup> as internações devido a problemas respiratórios aumentam entre 20% e 25%, e as mortes por insuficiência respiratória sobem em torno de 10% (Lora, 2002).

### Dióxido de Enxofre

O dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) é um gás incolor e com odor azedo. A maior parte da sua formação se dá em processos industriais, a partir da queima de combustíveis fósseis que contenham enxofre, como o carvão e o petróleo, oxidação de minerais sulfurosos ou

refino de petróleo, através da reação:  $S + O_2 \rightarrow SO_2$ . Estima-se que hoje metade do dióxido de enxofre atmosférico tem como origem atividades humanas (Lora, 2002). Ao atingir a troposfera, o  $SO_2$  pode passar pelo processo de oxidação, sendo convertido em ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), que é um importante componente da deposição ácida, através da famosa chuva ácida. A chuva ácida pode ocorrer em locais distantes de centenas de quilômetros de suas fontes originárias, e tem entre os principais problemas a lixívia em metais tóxicos de canos de água para consumo, a acidificação de sistemas aquáticos e florestas, causando a morte da fauna e flora locais, prejudicando inclusive atividades humanas, como a agricultura e a pesca. Os problemas de saúde diretamente associados são a ocorrência de problemas respiratórios em pessoas saudáveis e a intensificação para pessoas com bronquite e asma (Lora, 2002; Miller Jr, 2007). O dióxido de enxofre é altamente solúvel, não sendo absorvido no sistema respiratório superior. Concentrações de 1 ppm provocam constrictões nos brônquios de pessoas consideradas saudáveis e asmáticos apresentam estes sintomas já em concentrações de  $SO_2$  a partir de 0,25 ppm (Lora, 2002).

#### Hidrocarbonetos (HC)

Os HCs são liberados por diversos processos industriais, como da destilação do petróleo e a coqueificação do carvão, além de processos onde a combustão não é completa. Na atmosfera adquirem as formas gasosa, líquida e sólida, e podem servir como reagentes para a formação de outras substâncias. (Santos, 2004 apud Cavalcanti, 2010).

Compostos como o benzeno e o benzopireno não possuem níveis de exposição considerados sem impacto à saúde, dado que afetam o material genético das células (DNA), sendo assim considerados cancerígenos genotóxicos (Lora, 2002).

## Óxidos de Nitrogênio - NO<sub>x</sub>

Os NO<sub>x</sub> têm esta denominação por englobarem o monóxido e dióxido de nitrogênio (NO e NO<sub>2</sub>, respectivamente). Estes gases estão presentes após qualquer processo de combustão, independentemente do tipo de material queimado, devido à abundância de nitrogênio no ar. Sua produção é intensificada em processos de combustão a temperaturas mais elevadas, o que permite a implementação de medidas de mitigação diretamente na fonte (Rocha, et al., 2009). As maiores fontes de NO<sub>x</sub> são os automóveis, os processos industriais e a geração termoeletrica. Os NO<sub>x</sub> são responsáveis pela formação de novos compostos na atmosfera, como o ozônio, aldeídos e compostos orgânicos nitrogenados. A combinação com a chuva leva à produção de ácido nítrico, e na presença de luz e oxigênio gera o *smog*<sup>4</sup> fotoquímico, que é o surgimento de uma forte neblina durante o horário de maior insolação (Rocha, et al., 2009). Para o ser humano, o NO<sub>2</sub> é bastante nocivo, podendo penetrar na parte mais baixa do sistema respiratório levando a irritações. Há também associações deste composto com alguns tipos de câncer.

## Monóxido de carbono (CO)

O monóxido de carbono (CO) é formado em processos onde há combustão incompleta, e se trata de um gás incolor, inodoro, tóxico e menos denso que o ar. Sua maior fonte se dá nos centros urbanos, através dos veículos automotores. O monóxido de carbono tem grande potencial de danos à saúde humana, uma vez que ao entrar no sistema respiratório, reage com a hemoglobina, formando a carboxihemoglobina, diminuindo a capacidade de o corpo transportar oxigênio pelo sangue (Almeida, 2004

---

<sup>4</sup> Esta palavra vem da combinação de *smoke* (fumaça) e *fog* (neblina).

apud Cavalcanti, 2010). Estudos mostram que baixos níveis de carboxihemoglobina já podem causar problemas à saúde e na execução de atividades cotidianas, devido à diminuição na capacidade de estimar intervalos de tempo, diminuição de reflexos e da capacidade visual do indivíduo. Os principais sintomas de exposição são desconforto físico, náuseas, dor de cabeça, tontura e perda de concentração. Em casos de exposição intensa, pode levar à morte em questão de horas (CETESB, 2002 apud Cavalcanti, 2010).

### **3.2.2 Impactos associados às emissões atmosféricas**

Conforme mencionado para alguns poluentes, as emissões atmosféricas podem ser bastante nocivas à saúde humana e ao meio ambiente. Pode-se caracterizá-los através do surgimento de novos efeitos ou mesmo do aumento de problemas já existentes. Em escala global, conforme mencionado, muitos poluentes têm como efeito o aumento do efeito estufa, contribuindo para o processo de aquecimento global, que pode levar a várias mudanças, como alterações nos oceanos, nos ciclos de chuvas, etc. Regionalmente observa-se efeitos como a chuva ácida, que pode ter sua fonte geradora a centenas de quilômetros do local onde ocorre. Localmente, os efeitos mais comuns são danos à fauna e flora, contaminação do solo e perda de visibilidade. Os efeitos aos seres humanos, em sua maior parte no sistema respiratório, podem ser classificados como agudos, ou crônicos. A Tabela 2 sintetiza os efeitos gerais ao meio ambiente e a Tabela 3 os efeitos de curto e médio prazo à saúde humana.

Tabela 2 - Fontes e características de poluentes selecionados

Poluente	Características	Fontes Principais	Efeitos Gerais ao Meio Ambiente
Partículas Inaláveis (MP <sub>10</sub> ) e Fumaça	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 10 micra.	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera).	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 100 micra.	Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol marinho e solo.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	Gás incolor, com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforos. Pode ser transformado a SO <sub>3</sub> , que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis.	Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel, produção de polpa e papel, fertilizantes.	Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação: folhas e colheitas.
Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar à formação de ácido nítrico, nitratos (o qual contribui para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás, incinerações.	Pode levar à formação de chuva ácida, danos à vegetação e à colheita.

Fonte: CETESB (2010)

Quanto aos efeitos à saúde humana, além dos poluentes mencionados na Tabela 3, há também a preocupação com outros poluentes, como MP<sub>2,5</sub>. A preocupação com este poluente é devido a sua capacidade de penetrar mais profundamente no trato respiratório, causando maiores danos à saúde. A legislação Brasileira não contempla este parâmetro, apesar de este já ser considerado importante por instituições como a OMS, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, em inglês) e a União Europeia (CETESB, 2010). Também cabe mencionar os efeitos de longo prazo da exposição a determinados poluentes, como metais e hidrocarbonetos, comumente

associados a diversos tipos de câncer.

Tabela 3 - Qualidade do ar e efeitos à saúde

Qualidade	Índice	MP <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	CO (ppm)	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
<b>Boa</b>	0-50	0-50 Efeitos desprezíveis	0-80 Efeitos desprezíveis	0-4,5 Efeitos desprezíveis	0-100 Efeitos desprezíveis	0-80 Efeitos desprezíveis
<b>Regular</b>	51-100	>50 - 150	>80 - 160	>4,5 - 9	>100 - 320	>80 - 365
		Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço	Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço	Pessoas com doenças cardíacas podem apresentar sintomas como cansaço e dor no peito	Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço	Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço
<b>Inadequada</b>	101-150	>150 e ≤200	>160 e ≤180	>9 e ≤12	>320 e ≤720	>365 e ≤576
		Pessoas com doenças respiratórias ou cardíacas, idosos e crianças têm os sintomas agravados. População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço	Pessoas com doenças respiratórias, como asma, e crianças têm os sintomas agravados. População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço	População em geral pode apresentar sintomas como cansaço. Pessoas com doenças cardíacas têm os sintomas como cansaço e dor no peito agravados	População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço. Pessoas com doenças respiratórias e crianças têm os sintomas agravados	População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço. Pessoas com doenças respiratórias ou cardíacas, idosos e crianças têm os sintomas agravados
	151-199	>200 e <250	>180 e <200	>12 e <15	>720 e <1130	>576 e <800
		Aumento dos sintomas em crianças e pessoas com doenças pulmonares e cardiovasculares. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral	Aumento dos sintomas respiratórios em crianças e pessoas com doenças pulmonares, como asma. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral	Aumento de sintomas em pessoas cardíacas. Aumento de sintomas cardiovasculares na população em geral	Aumento dos sintomas respiratórios em crianças e pessoas com doenças pulmonares, como asma. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral	Aumento dos sintomas em crianças e pessoas com doenças pulmonares e cardiovasculares. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral
<b>Má</b>	200-250	≥250 e <350	≥200 e <400	≥15 e <22	≥1130 e <1690	≥800 e <1200
		Agravamento dos sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e cardiovasculares, como infarto do miocárdio	Agravamento de sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e doença pulmonar obstrutiva crônica	Agravamento das doenças cardiovasculares, como infarto do miocárdio e insuficiência cardíaca congestiva	Agravamento de sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e doença pulmonar obstrutiva crônica	Agravamento dos sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e cardiovasculares, como infarto do miocárdio
	251-299	>350 e <420	>400 e <800	>22 e <30	>1690 e <2260	>1200 e <1600
		Agravamento significativo dos sintomas cardiovasculares e respiratórios, como tosse, cansaço, falta de ar e respiração ofegante na população em geral. Risco de mortes prematuras de pessoas com doenças respiratórias e cardiovasculares. Risco de agravos à gestação	Agravamento significativo dos sintomas respiratórios e dificuldade de respirar na população em geral. Risco de mortes prematuras de pessoas com doenças respiratórias	Agravamento significativo dos sintomas cardiovasculares, como dores no peito, na população em geral. Risco de mortes prematuras de pessoas com doenças cardiovasculares.	Agravamento significativo dos sintomas respiratórios e dificuldade de respirar na população em geral. Risco de mortes prematuras de pessoas com doenças respiratórias	Agravamento significativo dos sintomas respiratórios e cardiovasculares, como tosse, cansaço, falta de ar e respiração ofegante na população em geral. Risco de mortes prematuras de pessoas com doenças respiratórias e cardiovasculares
<b>Péssima</b>	≥300	≥420	≥800	≥30	≥2260	≥1600
		Sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas com doenças cardiovasculares e respiratórias	Sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias. Aumento de mortes prematuras de pessoas com doenças respiratórias	Sérios riscos de manifestações de doenças cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras de pessoas com doenças cardiovasculares	Sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias. Aumento de mortes prematuras de pessoas com doenças respiratórias	Sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras de pessoas com doenças cardiovasculares e respiratórias

Fonte: CETESB (2010)

### 3.2.3 Medidas de mitigação

Para a prevenção de emissões, pode-se considerar uma série de ações a serem tomadas, como: modificações tecnológicas; mudança ou redução de insumos utilizados, como aumento de eficiência; manutenção preventiva; e reciclagem interna. A Figura 8 exibe um diagrama com exemplos destes procedimentos. Muitos dos procedimentos mencionados podem ser incentivados por outras questões, como economias de escala, redução de custos ou aumento da qualidade do produto. Assim, em muitos casos pode-se considerar estas medidas como benéficas não somente no que concerne questões ambientais, mas também econômicas e de qualidade.



Figura 8 – Diagrama de possibilidades de mitigação na fonte de poluição

Fonte: Costa (2002)

A grande maioria destas medidas minimiza a poluição gerada a uma fração das emissões sem estas, mas dificilmente a eliminam completamente. Dentre as medidas utilizadas especificamente para a mitigação de emissões atmosféricas locais, pode-se dividi-las entre procedimentos para prevenção das emissões e para controle das

emissões. O primeiro caso trata de métodos com a finalidade de evitar ou minimizar a geração de emissões, seja através de modificações no processo de geração ou de qualquer reutilização interna. Neste caso a poluição, ou parte dela, ficaria contida dentro dos limites considerados do sistema em questão. A seguir são abordados os métodos mais utilizados para os poluentes mencionados.

#### Prevenção de emissões

Controle de óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ): Para os  $\text{NO}_x$ , ao contrário dos óxidos de enxofre, há a possibilidade de minimizar a emissão dos gases quando da sua formação, através de medidas que alterem seus fatores de formação, como a temperatura máxima ou a concentração de oxigênio no ambiente em questão. Tais medidas são denominadas métodos pré-combustão e podem ser utilizadas em conjunto a fim de obter maior eficiência. As principais medidas estão detalhadas a seguir (Lora, 2002):

- Recirculação dos produtos da combustão: este é um dos métodos mais difundidos e estudados, e consiste em introduzir parte dos gases da saída da caldeira junto com o ar de combustão e o combustível em sua entrada, diminuindo a temperatura máxima na fornalha e também a concentração de oxigênio no núcleo da chama. Estima-se uma perda de eficiência da caldeira entre 0,01% e 0,03% para cada 1% de gases recirculados.

- Combustão por etapas: considerado um dos métodos mais efetivos para minimizar as emissões de  $\text{NO}_x$ , consiste na introdução de uma quantidade de ar menor do que a tecnicamente necessária. O ar restante é injetado por bocais localizados acima dos queimadores, formando uma zona de combustão secundária. Assim, observa-se a diminuição da temperatura máxima no núcleo da chama, bem como a concentração de

oxigênio nesta região. A complementação da combustão na segunda etapa garante que não haja combustão incompleta no sistema, e ocorre a uma temperatura menor do que na primeira, não havendo praticamente formação de  $\text{NO}_x$ .

Controle de emissões:

- Métodos de Dessulfurização ( $\text{SO}_2$ )

Há uma grande quantidade de métodos de dessulfurização de produtos da combustão, sendo os mais comuns os seguintes (Lora, 2002):

- Dessulfurização por calcário ou cal hidratada;
- Dessulfurização com óxidos de magnésio;
- Dessulfurização com sulfeto de sódio (método alcalino de ciclo duplo);
- Dessulfurização com bissulfeto de amônia (método amoniacal).

A dessulfurização por calcário é a mais comum atualmente, devido a sua alta eficiência e economicidade. As principais reações químicas durante a dessulfurização com calcário são listadas a seguir (Lora, 2002):

- 1)  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$  (absorção)
- 2)  $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_3 \leftrightarrow \text{CaSO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (neutralização)
- 3)  $\text{CaSO}_3 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4$  (oxidação)
- 4)  $\text{CaSO}_3 + \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_3 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$  (cristalização)
- 5)  $\text{CaSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  (cristalização)
- 6)  $\text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$  (Controle de pH)

Alguns comentários sobre as reações mencionadas: A reação 1 é comum a todos os processos de dessulfurização úmida. A reação 3 somente ocorre quando da injeção de oxigênio na zona de reação do absorvedor, caso contrário

somente a reação 4 ocorre. As reações 4 e 5 correspondem à precipitação do sulfeto e sulfato de cálcio por baixa solubilidade. Por fim, a reação 6 é caracterizada pela formação bissulfeto de cálcio para a redução do pH do meio.

- Controle de Particulados:

Para o controle de particulados, os equipamentos mais utilizados são câmaras de sedimentação, separadores ciclônicos, separadores úmidos (lavadores de gás ou *scrubbers*), filtros eletrostáticos e filtros de manga. Para definir o tipo de equipamento a ser utilizado é fundamental ter ciência das dimensões, densidade e concentração das partículas de interesse. A

faz uma comparação entre os principais separadores de partículas utilizados.

Os separadores ciclônicos têm como princípio de operação a ação da força centrífuga sobre os particulados sólidos em movimento, em um fluxo rotativo. Existem vários tipos de separadores ciclônicos, como os com entrada tangencial ou entrada axial, e os com fluxo em retorno ou fluxo axial. Pode-se fazer também separadores com múltiplos ciclones em paralelo, a fim de obter maior eficiência.

O lavador de gás, ou *scrubber*, é um dispositivo onde é feita a separação de partículas ou de um poluente gasoso através da lavagem deste com água. Esta água é geralmente nebulizada para formar gotículas e tem a função de carregar consigo as partículas. Há uma grande diversidade deste tipo de filtro, podendo variar em função do tipo de fluxo do gás, tipo de spray a ser utilizado, entre outros fatores.

Tabela 4 - Comparação qualitativa de separadores de particulados

Separador	Separador ciclônico	Filtro eletrostático	Filtro de Mangas	Lavador de gás (scrubber)
Forças de Separação	Centrífuga	Eletrostática	Interceptação direta	Inercial Difusional Interceptação direta
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo custo de capital</li> <li>- Operação a altas temperaturas</li> <li>- Baixo custo de manutenção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta eficiência</li> <li>- Trata grandes volumes com pouca queda de pressão</li> <li>- Separação seca e úmida</li> <li>- Ampla faixa de temperatura</li> <li>- Baixo custo de operação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta eficiência</li> <li>- Separa grande variedade de particulados</li> <li>- Projeto modular</li> <li>- Baixa queda de pressão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trata particulados inflamáveis e explosivos</li> <li>- Absorção e remoção de particulados no mesmo equipamento</li> <li>- Variada eficiência</li> <li>- Neutralização de gases e particulados corrosivos</li> <li>- Resfriamento dos gases</li> </ul>

Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixa eficiência</li> <li>- Alto custo de operação</li> <li>(queda de pressão)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto custo de investimento</li> <li>- Não controla emissões gasosas</li> <li>- Pouco flexível</li> <li>- Ocupa muito espaço</li> <li>- Depende da resistividade das cinzas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ocupa muito espaço</li> <li>- Sensível à gases corrosivos e a altas temperaturas</li> <li>- Não opera em condições úmidas</li> <li>- Risco de fogo ou explosão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corrosão</li> <li>- Poluição secundária (efluente líquido)</li> <li>- Contaminação das partículas (não recicláveis)</li> </ul>
--------------	--	--	--	---

Fonte: Lora (2002)

O filtro de manga, também conhecido como *fabric filter*, é um equipamento no qual o gás em questão é induzido a passar por mangas. Estas mangas retêm boa parte das partículas em seu tecido, funcionando como filtro. A capacidade de filtragem é bastante variada, e depende de fatores como o tipo de tecido utilizado, as características do gás a ser filtrado, como corrosividade e temperatura, e as características dos particulados, como granulometria e capacidade de aglomeração.

O precipitador eletrostático é um equipamento que usa forças elétricas para direcionar as partículas do fluxo gasoso para os eletrodos coletores. É dada uma carga elétrica às partículas através da passagem por uma corona – uma região de ionização do gás, e então estes passam pelos eletrodos para serem atraídos para um determinado local. Uma vez depositadas as partículas nos eletrodos, estas são removidas através de movimentação mecânica ou lavagem com água. Este separador tem como vantagem a atuação somente sobre as partículas, o que lhe confere uma pequena queda de pressão em comparação aos outros métodos utilizados.

Conforme é possível notar, a escolha do equipamento a ser utilizado deve passar por uma análise do material a ser filtrado e algumas características do gás quando de sua

chegada ao filtro, como temperatura, pressão e umidade. Os ciclones, por exemplo, funcionam melhor para particulados de maior tamanho. Os filtros eletrostáticos são considerados bastante eficientes, porém não se adequam para materiais pouco condutores. Lavadores Úmidos também são considerados bastante eficientes, porém necessitam de um sistema posterior em conjunto para tratar o fluido utilizado para a lavagem. E filtros têm limitações quanto à umidade e temperatura dos gases.

#### **4 Principais instrumentos de gestão ambiental associados ao setor**

Dentre os diversos conceitos de gestão ambiental pública presentes na literatura, ganha mais destaque a ideia de mobilização, por parte do Estado ou outras entidades da sociedade, no sentido de se definir e controlar os processos que utilizam e geram impactos sobre os recursos naturais, o meio ambiente e a saúde humana. Estas ações se dão através de determinados instrumentos, que incluem medidas econômicas, regulamentos e normalização, investimentos públicos e financiamento, requisitos interinstitucionais e judiciais (Selden, 1973 apud Verocai, 1990). Para outros autores, gestão ambiental seria a tentativa de avaliar valores limites das perturbações e alterações que, se excedidos, resultam em lenta recuperação do meio ambiente, e também a tentativa de manter os ecossistemas dentro de suas zonas de resiliência, de modo a maximizar a recuperação dos recursos do ecossistema natural para o homem, assegurando sua produtividade prolongada e de longo prazo (Interim Mekong Committee, 1982 apud Verocai, 1990). Deve-se incluir também o fato de, uma vez excedidos determinados limites, haver uma série de impactos à saúde humana, sendo alguns destes já mapeados e conhecidos relativamente bem pela área da saúde.

Alguns autores ressaltam que as interpretações sobre este tema vão sofrendo modificações de acordo com os avanços da sociedade, pois à medida que é ampliado o conhecimento em relação às questões ambientais mudam as percepções, conseqüentemente, outros conceitos são gerados.

Para Santos (1998) apud Cavalcanti (2010), a gestão ambiental deve integrar a informação ecológica ou ambiental à tomada de decisões técnicas, econômicas e políticas. O que requer entendimento dos conceitos de conservação, recursos naturais, impactos, conflitos e das leis da termodinâmica. O mesmo autor aponta ainda que a gestão ambiental envolve diagnóstico, planejamento e gerenciamento. O diagnóstico

representa a identificação das potencialidades e problemas que ocorrem em determinado sistema. O planejamento ambiental é um processo que busca identificar e hierarquizar alternativas de uso dos recursos naturais, privilegiando o potencial em detrimento da demanda, a qualidade de vida do ser humano, sob o enfoque da felicidade, a participação da comunidade e a premissa de desenvolvimento sustentável (Cavalcanti, 2010).

Pode-se dizer que, internacionalmente, a trajetória da política ambiental teve seus elementos precursores nas décadas de 60 e 70, popularizando a preocupação ambiental no que concerne à escassez de recursos e geração de rejeitos (Magrini & Santos, 2001). Do ponto de vista histórico, pode-se identificar no contexto internacional alguns eventos que marcaram a trajetória da política ambiental no mundo. Pode-se destacar: a promulgação da Política Ambiental Estadunidense, em 1969 (NEPA), a realização da Conferência das Nações Unidas em Estocolmo, em 1972, o trabalho realizado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento que resultou na publicação do relatório “Nosso Futuro Comum” em 1987, a realização das Conferências das Nações Unidas no Rio de Janeiro, em 1992 e 2012 (Magrini, et al., 2005).

A gestão ambiental nas décadas de 70 e 80 foi essencialmente movida e praticada pelo Estado, através da aplicação dos "instrumentos de comando e controle", definidos como dispositivos e exigências legais e mecanismos para garantir o cumprimento desses dispositivos e exigências. Pode-se destacar como características marcantes dessa época uma política e gestão ambiental centralizada e marcada por fortes conflitos, entre interesses públicos e privados, entre empresas, Estado e sociedade civil, e mesmo sobre competências dentro do próprio Estado. (Magrini & Santos, 2001).

Na década de 90 começa a constituir-se uma nova vertente de gestão, a Gestão

Ambiental Privada. Pode-se destacar a elaboração e adoção das normas ISO 14.000, que contemplam o Sistema de Gestão Ambiental, a Auditoria Ambiental, a Avaliação de Desempenho Ambiental para organizações e o Ciclo de Vida, a Rotulagem e Aspectos Ambientais em Padrões, no que tange a gestão ambiental de produtos. Este foi um marco por constituir uma iniciativa voluntária das empresas, muito embora se discuta até hoje a real eficácia destes mecanismos do ponto de vista estritamente ambiental, dado que as motivações para esta mudança de postura vieram essencialmente do mercado. Por outro lado destaca-se a influência os próprios rumos da política ambiental, com contribuições para o conceito de gestão ambiental no setor público. Nesta época as políticas públicas de meio ambiente passaram a ter um tratamento mais gerencial, em detrimento da ideia anterior de simplesmente manejo, onde se inclui a busca por novos instrumentos, como econômicos e de comando e controle menos punitivos. Há uma busca também por uma efetiva conciliação entre partes conflitantes. Mais recentemente, as políticas ambientais têm se direcionado para um enfoque integrador: integração do desenvolvimento com a proteção ambiental, integração de instrumentos de comando e controle com econômicos, integração de agentes públicos e privados na gestão ambiental e integração questões locais e globais (Magrini, et al., 2005).

Ao olhar para a evolução da política e gestão ambiental no Brasil, nota-se que esta teve suas principais bases definidas nas décadas de 70 e 80, acompanhando com certa proximidade a evolução na esfera internacional. Esta época marcou a fase de estruturação da área, notadamente do ponto de vista institucional, quando foram criados órgãos como a Secretaria de Meio Ambiente - SEMA a nível federal e a Fundação Estadual de Engenharia e Meio Ambiente – FEEMA, a nível estadual.

Em 1981, a Lei nº 6.938 instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA e o Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, constituído pelos órgãos

responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental. Esta lei também estabeleceu instrumentos utilizados até hoje, como padrões de qualidade ambiental, o zoneamento ambiental, a avaliação de impactos ambientais - AIA, o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, o Sistema Nacional de Informações Ambientais e o Sistema de Unidades de Conservação. Ainda, esta lei instituiu o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, órgão legislador situado acima do SISNAMA, responsável por traçar as diretrizes federais básicas (Magrini, et al., 2005).

Em 1997 a Resolução CONAMA 237 foi estabelecida com o objetivo de especificar determinadas questões sobre o licenciamento ambiental de empreendimentos, como etapas e características do processo de licenciamento. Por exemplo, atribui competência aos municípios, e determina que a área de impactos – e não a localização - deve ser utilizada como critério para se definir o órgão competente ao licenciamento. Porém, por não definir claramente as atribuições entre as esferas governamentais, deu margem para grandes discussões e conflitos, chegando a ser taxada de inconstitucional (Magrini, et al., 2005).

Mais recentemente, pode-se mencionar a Portaria Interministerial 419/2011 e a Lei Complementar número 140, de dezembro de 2011, que têm o objetivo de resolver alguns conflitos. Pode-se citar o estabelecimento de uma série de critérios objetivos de forma a dinamizar os processos de licenciamento, onde se inclui a determinação de prazos máximos para que órgãos interessados se manifestem sobre o EIA de atividades em licenciamento. Também foi mais bem definida a repartição da competência entre os entes da federação, minimizando a burocracia e os entraves causados pelas atribuições em comum. Nota-se assim uma tendência de descentralização e desburocratização do processo de gestão ambiental, considerado um entrave a diversas atividades

econômicas.

A seguir são detalhados alguns instrumentos de gestão ambiental com relevância para este trabalho.

#### **4.1 O Licenciamento Ambiental e a Avaliação de Impacto Ambiental**

O licenciamento ambiental consiste num processo de acompanhamento sistemático das consequências ambientais de uma atividade econômica que se pretenda desenvolver, desde as etapas iniciais de seu planejamento, pela emissão de licenças e pela verificação do cumprimento das restrições determinadas em cada uma delas, que condicionam sua execução às medidas de controle ambiental e às regras de operação (Cavalcanti, 2010).

De acordo com a Resolução CONAMA 237/97, art. 1º, inciso I:

*“O licenciamento ambiental é o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso”.*

O licenciamento pode ser atribuído a cada ente da federação em função de um conjunto de regras que vêm sendo debatidas nas últimas décadas, cuja tendência observada é a de uma descentralização, atribuindo competências aos estados e municípios. A seguir são apresentadas as principais regras pertinentes a este processo.

#### 4.1.1 A Esfera Federal

##### Licenciamento Ambiental

Conforme mencionado, o CONAMA é o órgão legislador responsável por traçar as diretrizes federais básicas no que concernem as questões ambientais, através de resoluções. O CONAMA atribui a competência para administrar o sistema de licenciamento ambiental às entidades da federação.

Entre estas atribuições estão incluídas a emissão das licenças ambientais obrigatórias e a fiscalização do cumprimento de suas restrições e condições de validade. O processo de licenciamento ambiental é compreendido de três fases que correspondem, respectivamente, a três licenças ambientais. A seguir as licenças são detalhadas (CONAMA), (INEA, 2010).

- Licença Prévia (LP): concedida na fase de estudos do planejamento do empreendimento ou atividade, esta licença aprova a sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação. É nesta fase que ocorre a exigência da realização do EIA / RIMA, caso necessário. Quando da solicitação da licença, cabe ao órgão ambiental competente realizar vistoria no local onde se planeja implantar o empreendimento, e caso identifique a necessidade da realização de estudos ambientais complementares, deve elaborar o termo de referência – TR, que define as diretrizes para a elaboração do EIA. O empreendedor deve então contratar uma equipe para desenvolver o EIA, que será responsável pelos resultados. As despesas referentes à realização do estudo são custeadas pelo proponente do projeto. Durante a análise do EIA pelo órgão ambiental, pode ser realizada, quando for o caso, audiência pública, onde os interessados tomam conhecimento do conteúdo do EIA e do RIMA. A audiência

pública é realizada quando: o órgão ambiental competente julgar necessário, ou quando for solicitado por entidade civil, pelo Ministério Público, ou por cinquenta ou mais cidadãos. A concessão da LP, porém, não autoriza o início de quaisquer obras ou atividades destinadas à implantação do empreendimento. Seu prazo de validade máximo é de cinco anos.

- Licença de Instalação (LI): esta licença permite a instalação do empreendimento desde que atenda às especificações nos estudos e projetos apresentados, onde se incluem, entre outros condicionantes, medidas de controle ambiental. A concessão da LI estipula as condições com as quais o projeto final deve se manter compatível, sendo necessário que todas as exigências da LP também sejam atendidas. Nesta licença podem ser estipulados prazos para realizar os testes e comissionamentos necessários para averiguar o correto funcionamento das unidades, bem como a eficácia de suas medidas de controle de poluição. Este período é comumente denominado “pré-operação”, e geralmente dura poucos meses. O prazo máximo de validade desta licença é de seis anos.

- Licença de Operação (LO): é concedida uma vez que tenha sido concluída a instalação do empreendimento e tenham sido realizados os testes necessários para comprovar a eficiência dos sistemas de controle e mitigação de poluição. A partir de então o empreendimento está autorizado a operar a atividade, com o compromisso que a atividade irá manter o pleno funcionamento dos controles de poluição estipulados nas licenças anteriores. Esta licença tem como prazo máximo dez anos, podendo ser renovada.

#### Avaliação de Impacto Ambiental – AIA

A AIA, um dos principais instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente,

foi tratada na Resolução CONAMA número 001 de 1986, que definiu critérios básicos e diretrizes gerais para a sua realização. Esta resolução apresenta a seguinte definição de impacto ambiental:

*“Considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:*

*I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;*

*II - as atividades sociais e econômicas;*

*III - a biota;*

*IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;*

*V - a qualidade dos recursos ambientais.”*

Esta resolução exige a elaboração do EIA/RIMA e apresenta uma listagem de atividades que, no entanto, não deixa claro se apenas estas estão sujeitas a tal exigência ou se a listagem é uma mera exemplificação. Este aspecto permanece pouco claro até hoje, tendo sido objeto de diferentes interpretações. A resolução estabelece diretrizes para a implementação dos estudos, listadas a seguir:

- Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;
- Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade;
- Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;
- Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade.

É estabelecido ainda que o órgão ambiental competente por determinar a

execução do estudo deve fixar, quando julgar necessário, diretrizes adicionais.

A Resolução 001/86 ainda estabelece como atividades principais do EIA:

- Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto, com a descrição e análise dos recursos ambientais, de modo a traçar a situação ambiental na área, antes da implantação do empreendimento, e deve considerar os seguintes meios:

- meio físico: subsolo, águas, ar e clima, com destaque para: recursos minerais, topografia, tipos e aptidões do solo, corpos d'água, regime hidrológico e correntes marinhas e atmosféricas;

- biológico e ecossistemas naturais: fauna e flora, com destaque para as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;

- sócio-econômico: uso e ocupação do solo, usos da água e a sócio-economia, com destaque para os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e o potencial uso futuro de tais recursos.

- Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, identificando, estimando a magnitude e interpretando a importância dos prováveis impactos. Estes impactos devem ser classificados em: positivos ou negativos, diretos ou indiretos, de curto, médio ou longo prazos, temporários ou permanentes, grau de reversibilidade, propriedades cumulativas e sinérgicas e a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

- Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, incluindo os equipamentos e sistemas de controle de poluição e tratamento de rejeitos, considerando a eficiência de cada um.

- Elaboração de programa de monitoramento e acompanhamento dos impactos

positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados.

Cabe também citar outro instrumento de gestão ambiental, que no entanto não está regulamentado no Brasil, a Avaliação Ambiental Estratégica – AAE. Este instrumento em princípio constitui o processo formalizado, sistemático e abrangente de avaliação dos efeitos potenciais de uma política, plano ou programa, e de suas alternativas, nos componentes físicos, biológicos e socioeconômicos do meio ambiente, e em suas interações. A implementação da AIA e do EIA no âmbito dos processos de licenciamento ambiental é essencial, porém possui determinadas limitações. O EIA, em geral, abrange somente o empreendimento em si, não havendo na prática uma análise consistente dos impactos cumulativos e sinérgicos gerados pelo conjunto de empreendimentos em uma dada região. Além disto, a avaliação feita através do EIA ocorre normalmente quando o projeto já está definido, o que na prática impede a opção por alternativas que, de fato, minimizem os efeitos ambientais adversos (Magrini, et al., 2005). Desta forma, a AAE é também uma tentativa de se trazer esta análise de questões ambientais para etapas anteriores no processo, porém ainda se encontra em fase embrionária no país.

#### **4.1.2 A Esfera Estadual**

O Estado do Rio de Janeiro foi um dos primeiros a instituir órgãos e sistemas específicos voltados para a esfera ambiental. O sistema institucional de meio ambiente do Estado do Rio de Janeiro foi pioneiro no país e foi utilizado como modelo para outros estados brasileiros e até para a esfera federal. Até o fim dos anos 70 foi criada a Comissão Estadual de Controle Ambiental - CECA, órgão normativo e decisório (comando), bem como a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente -

FEEMA, entidade técnica responsável pela execução da política estadual de meio ambiente (controle). Também nesta época foi instituído o Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras - SLAP, com o objetivo de disciplinar a implantação e o funcionamento de qualquer atividade efetiva ou potencialmente poluidora, assim como qualquer medida de combate a poluição. Foram definidos ainda como instrumentos de controle do SLAP a licença prévia (LP), a licença de instalação (LI) e a licença de operação (LO) (Magrini, et al., 2005).

Posteriormente a FEEMA foi integrada a outras instituições, que formaram o Instituto Estadual do Ambiente - INEA. Ao INEA compete, entre outras atividades, a implementação das políticas de controle ambiental do estado, tendo sido atribuída a competência para expedir normas técnicas e licenciar atividades modificadoras do meio ambiente. Também lhe é atribuído o exercício do poder de polícia em questões ambientais, o que implica a aplicação sanções e medidas acauteladoras aos casos de infração da legislação ambiental (Cavalcanti, 2010). Pode-se citar como exemplos de infração mudanças no projeto sem a autorização do órgão fiscalizador, causar poluição e incômodo a terceiros ou a não comunicação de acidentes ambientais.

Na década de 80, o decreto nº 9.991 instituiu o Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONEMA, órgão deliberativo e normativo encarregado de estabelecer as diretrizes da Política Estadual de Controle Ambiental e de orientar o Governo do Estado na defesa do meio ambiente, na preservação dos bens naturais e na formulação de providências para melhoria da qualidade de vida da população.

No que tange ao licenciamento de atividades, cabe mencionar a criação de uma diretriz<sup>5</sup> para a realização de EIA, com o objetivo de determinar a abrangência, os procedimentos e os critérios para a elaboração de EIA. O documento estabelece que o

---

<sup>5</sup> DZ-041-R-13, de 29/08/1997.

EIA seja elaborado conforme as Instruções Técnicas de acordo com esta Diretriz, a atividade e as condições ambientais do local de sua instalação, tendo como base de referência os itens estipulados nesta mesma Diretriz. Uma observação sobre esta diretriz é que ela cita, listada entre os tópicos da análise de impacto ambiental, o estudo de análise de riscos associados à atividade, porém sem especificar detalhes.

Em 2000 foi editada a lei número 3.467 que dispõe sobre as sanções administrativas oriundas de condutas lesivas ao meio ambiente. Toda ação ou omissão, dolosa ou culposa, que viole regras jurídicas de uso, gozo, proteção e recuperação do meio ambiente é considerada infração administrativa, podendo o infrator ser punido com diversas sanções, entre elas receber multa diária ou ter a sua atividade suspensa.

Durante o processo de licenciamento, o órgão ambiental pode fazer vistorias para verificar o cumprimento das exigências. Em qualquer etapa, novas exigências podem ser colocadas como condição para o prosseguimento do licenciamento. As vistorias servem como base para se decidir o que ainda precisa ser ajustado e se a exigência de métodos de controle mais eficazes se faz necessária. Para o caso de ocorrer o indeferimento do pedido de licença, pode-se levar um recurso administrativo ao Secretário de Estado de Meio Ambiente (decreto número 1.633/77).

Mais recentemente, pode-se destacar medidas no sentido de diminuir entraves e aumentar a eficiência dos processos de licenciamento. O decreto número 42.159/09 regulamentou o novo sistema de licenciamento, instituindo o Sistema de Licenciamento Ambiental - SLAM, que substitui o SLAP.

Diferentemente do SLAP, que era voltado para atividades industriais, o SLAM tem o intuito de dar mais agilidade ao licenciamento de diversos tipos de atividade, previstas no decreto. O decreto prevê que a lista de atividades ou empreendimentos pode ser complementado pelo CONEMA ou pelo INEA.

A partir deste decreto, as atividades e empreendimentos sujeitos ao licenciamento são enquadrados em classes, em função do seu porte e potencial poluidor. As combinações que remetem às classes definidas no decreto são exibidas na Tabela 5.

*Tabela 5 - Classificação de empreendimentos e atividades no SLAM*

Porte	Potencial Poluidor			
	Insignificante	Baixo	Médio	Alto
Mínimo	Classe 1	Classe 2	Classe 2	Classe 3
Pequeno	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Médio	Classe 2	Classe 2	Classe 4	Classe 5
Grande	Classe 2	Classe 3	Classe 5	Classe 6
Excepcional	Classe 3	Classe 4	Classe 6	Classe 6

Fonte: Decreto Estadual número 42.159 / 2009

Ao mesmo tempo, são instituídas outras licenças, além das anteriormente existentes, como:

- Licença Ambiental Simplificada (LAS): atesta a viabilidade ambiental, aprova a localização e autoriza a implantação e/ou a operação de empreendimentos ou atividades enquadrados na Classe 2.

- Licença Prévia e de Instalação (LPI): atesta a viabilidade ambiental e aprova a implantação de empreendimentos ou atividades.

- Licença de Instalação e de Operação (LIO): aprova, concomitantemente, a instalação e a operação de atividade ou empreendimento.

- Licença Ambiental de Recuperação (LAR): aprova a remediação, recuperação, descontaminação ou eliminação de passivo ambiental existente.

- Licença de Operação e Recuperação (LOR): autoriza a operação da atividade ou empreendimento concomitante à recuperação ambiental de passivo existente em sua área.

A classificação de cada empreendimento ou atividade é feita pelo INEA a partir

do Manual MN-050.R-5 – Classificação de Atividades Poluidoras. Assim, cada empreendimento ou atividade pode receber um tipo de licença em função da sua classificação, permitindo que o processo tenha menos etapas em casos em que se considere haver pouco impacto ambiental. Além disto, os empreendimentos enquadrados na Classe 1 estão isentos de licenciamento ambiental, sendo necessário apenas um cadastro para receber um atestado de inexigibilidade.

Ainda, o decreto institui os seguintes termos:

- Termo de Encerramento (TE): atesta a inexistência de passivo ambiental que represente risco ao ambiente ou à saúde da população, quando do encerramento de determinada atividade ou após a conclusão do procedimento de recuperação.

- Termo de Responsabilidade Técnica pela Gestão Ambiental (TRGA): declaração apresentada pelo profissional que assumirá a responsabilidade pela gestão ambiental da atividade ou empreendimento de médio ou grande porte, garantindo o cumprimento das exigências feitas pelo órgão ambiental.

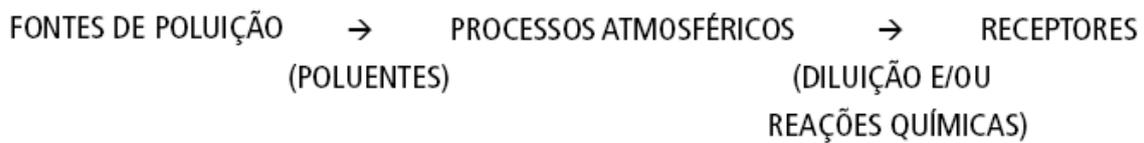
Cabe ainda mencionar o decreto número 42.050 / 2009 – e sua atualização pelo decreto número 42.440 / 2010, que disciplinam o procedimento de descentralização do licenciamento ambiental, através de convênios com os municípios do estado.

#### **4.2 Padrões de Emissão e de Qualidade do Ar**

Conforme mencionado, a ocorrência de poluição do ar está ligada à alteração da composição da atmosfera. Desse modo, são estabelecidos níveis de referência para diferenciar o ar caracterizado como poluído, daquele dito não poluído, sendo o nível de poluição medido pela quantificação de um conjunto de substâncias poluentes presentes no ar. Segundo a CETESB :

*“Quando se determina a concentração de um poluente na atmosfera, mede-se o grau de exposição dos receptores (seres humanos, outros animais, plantas, materiais) como resultado final do processo de lançamento deste poluente na atmosfera, do ponto de vista físico (diluição) e químico (reações químicas)” (CETESB, 2010)*

A Figura 9 exhibe de forma simplificada o ciclo da poluição atmosférica:



*Figura 9 - Ciclo da poluição atmosférica*

*Fonte: CETESB (2010)*

Deve-se considerar que a concentração de um poluente é variante no tempo e no espaço, devido a diversos fatores aos quais este está sujeito. Nisto se incluem reações químicas, que podem transformar o poluente em outras substâncias (poluentes ou não) e fenômenos de transporte, como condições meteorológicas e a topografia local. Para se fazer estimativas sobre a qualidade do ar em determinado local é bastante comum o uso de modelos receptores. Estes modelos têm a intenção de descrever física e quimicamente o transporte entre fonte e receptor através de uma modelagem matemática (Lisboa, 2007).

Assim, a interação entre os poluentes emitidos e a atmosfera é que vai definir a qualidade do ar em uma dada localidade. Este patamar de qualidade do ar determina, por sua vez, o surgimento de efeitos adversos da poluição sobre os receptores (CETESB, 2010).

Na prática, os níveis de referência estabelecidos para as emissões servem como base para se tentar determinar as relações entre as emissões dos poluentes e os efeitos sobre o meio ambiente e a saúde da população.

Desta forma, procura-se controlar o aumento de poluentes lançados na atmosfera através de limites máximos de emissão para cada tipo de fonte. A legislação brasileira, através da Resolução CONAMA número 008/90, estabeleceu limites de emissão para processos de combustão externa em fontes novas fixas de poluição. Posteriormente, o CONAMA publicou a Resolução 382/06, estabelece limites de emissão para diversas atividades com fontes fixas, como a própria fabricação de aço, a geração de eletricidade, o refino de petróleo e outras. A

Tabela 6 exhibe os limites estabelecidos para indústrias siderúrgicas.

Cabe aqui um comentário sobre a esta tabela. Os limites de emissão são estipulados, conforme a observação da tabela, em termos relativos, ou seja, quantidade de poluente por volume gasoso emitido. Desta forma, é necessário estimar e monitorar a quantidade gasosa emitida pela siderúrgica para se ter uma ideia da real quantidade de poluentes emitidos. Isto também permite que determinadas manobras camuflem o problema, como a injeção de gás externo na saída da unidade para assim diluir a concentração e atender ao limite estabelecido. Seria possível estabelecer o limite de emissão de outras formas, como a quantidade de poluentes por unidade de produção, ou quantidade de poluentes por unidade de tempo.

Conforme mencionado, outros fatores são determinantes para a qualidade do ar, notadamente as condições meteorológicas e a topografia. Assim, os estudos de impacto da poluição no ar precisam incluir estes fatores além dos poluentes emitidos, tentando-se estabelecer assim os limites máximos de emissão aceitáveis por uma ou um conjunto de atividades. É importante ressaltar que para um mesmo patamar de emissões atmosféricas, a qualidade do ar pode variar, dependendo da contribuição das condições meteorológicas para a dispersão das substâncias no ar (Lisboa, 2007).

Tabela 6 - Limites de emissão para poluentes atmosféricos gerados na siderurgia

Unidade de produção	Fontes de emissão pontual	MP <sup>(1)</sup>	SO <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>	NO <sub>x</sub> <sup>(1)</sup>	%O <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>
Coqueria	Sistema de despoeiramento do desenformamento	40	NA	NA	NA
	Câmara de Combustão dos Fornos de Coque	50	800	700	7%
Sinterização	Sistema Primário de Despoeiramento	70	600	700	NA
	Sistema Secundário de Despoeiramento	70	NA	NA	
Alto-Forno a Coque	Sistema de Depoeiramento da Casa de Estocagem	40	NA	NA	
	Sistema de Despoeiramento da Casa ou Ala de Corrida	40	NA	NA	
Alto-Forno a Carvão Vegetal	Sistema de Depoeiramento da Casa de Estocagem	50	NA	NA	
	Sistema de Despoeiramento da Casa ou Ala de Corrida	50	NA	NA	
Aciaria LD	Sistema Primário de Despoeiramento	80	NA	NA	
	Sistema Secundário de Despoeiramento	40	NA	NA	
	Sistema de Despoeiramento da Dessulfurização de Gusa	40	NA	NA	
	Sistema de Despoeiramento dos Fornos de Cal	100	NA	470	
Aciaria Elétrica	Sistema Primário e Secundário de Despoeiramento	< 50 t/c: 50	NA	NA	NA
		> 50 t/c: 40			
Laminação	Fornos de Reaquecimento de Placas com Queima de Gases Siderúrgicos	60	1000	700	7%
Pelotização	Sistema de Exaustão do Forno de Pelotização	70	700	700	NA
Central Termoelétrica	Caldeira com Queima de Gases Siderúrgicos	60	600	350	5%

<sup>(1)</sup> Os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm<sub>3</sub>, em base seca e no teor de O<sub>2</sub> explicitado. <sup>(2)</sup> t/c = toneladas de aço/corrida. NA = Não Aplicável.

Fonte: CONAMA (2006)

Portanto, é possível concluir que o controle das emissões é uma ferramenta importante para danos ao meio ambiente e à saúde da população, porém, insuficiente. Dado que não é possível o controle sobre as condições meteorológicas ou sobre a topografia, cabe tentar observar o estágio seguinte do ciclo, ou seja, o patamar de qualidade do ar.

Assim, tenta-se estabelecer padrões de qualidade do ar através da determinação de substâncias como parâmetros mais significativos. Para cada um destes parâmetros é estipulado um valor de concentração considerado adequado, que define legalmente o limite máximo para a concentração do parâmetro que garanta a proteção da saúde e do meio ambiente. Estes valores são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos pelos poluentes ou seus derivados e são fixados em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada (CETESB, 2013). Eventualmente pode-se estabelecer vários patamares, com o intuito de se traçar metas a serem atingidas progressivamente, auxiliando planos gerenciamento da qualidade do ar.

Os parâmetros e limites vigentes no Brasil para definir a qualidade do ar foram estabelecidos pela Resolução Conama 003/90, e são exibidos na Tabela 7. Esta resolução estabeleceu dois tipos de padrão para a maioria dos parâmetros, denominados primário e secundário. Estes são assim definidos:

- Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

- Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Tabela 7 - Padrões de Qualidade do Ar - Resolução CONAMA 03/1990

Poluente	Unidade	Padrão Primário		Padrão Secundário		Método de Medição
		Valor	Referência temporal	Valor	Referência temporal	
PTS	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	80	MGA	60	MGA	Amostrador de grandes volumes
		240	Média 24h*	150	Média 24h*	
Fumaça	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	60	MAA	40	MAA	Refletância
		150	Média 24h*	100	Média 24h*	
PI	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	50	MAA	50	MAA	Separação inercial/filtração
		150	Média 24h*	150	Média 24h*	
SO <sub>2</sub>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	80	MAA	40	MAA	Pararosanilina
		365	Média 24h*	100	Média 24h*	
CO	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	10000 (9 ppm)	Média 8h*	10000 (9 ppm)	Média 8h*	Infravermelho não dispersivo
		40000 (35 ppm)	Média 1h*	40000 (35 ppm)	Média 1h*	
O <sub>3</sub>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	160	Média 1h*	160	Média 1h*	Quimiluminescência
NO <sub>2</sub>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	MAA	100	MAA	Quimiluminescência
		320	Média 1h	190	Média 1h	

MGA - Média geométrica anual; MAA - Média aritmética anual; \* não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

Fonte: CONAMA (2012); CETESB (2013)

Este padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 003/90 tem sido dito como ultrapassado. Este foi baseado nas primeiras versões de outras instituições, como a Organização Mundial de Saúde - OMS e a agência de proteção ambiental do Estados Unidos<sup>6</sup>, na década de 1980 (Mateus, 2012). Após esta definição do padrão pelo CONAMA, a OMS fez duas revisões sobre a qualidade do ar, tendo estabelecido valores mais restritivos para alguns parâmetros. A Tabela 8 exibe as diretrizes estabelecidas pela

<sup>6</sup> Environment Protection Agency - EPA

OMS em 2005, ano da última revisão.

Tabela 8 - Diretrizes de qualidade do ar – OMS

Poluente	AQG <sup>7</sup>	
	Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Referência temporal
PM <sub>10</sub>	50	Média 24h
	20	Média anual
PM <sub>2,5</sub>	25	Média 24h
	10	Média anual
O <sub>3</sub>	100	8h em um dia
NO <sub>2</sub>	200	Máxima 1h
	40	Média anual
SO <sub>2</sub>	500	10 min
	20	Média 24h

Fonte: OMS (2006)

Pode-se notar, por exemplo, que o valor estipulado para PM<sub>10</sub> pela Resolução CONAMA 003/90 como limite para a média anual é o mesmo valor considerado atualmente como o estabelecido para as médias diárias pela OMS. Além disto, há um artigo na Constituição Estadual do Rio de Janeiro de 1989 – número 281, que afirma:

*“Nenhum padrão ambiental do Estado poderá ser menos restritivo do que os padrões fixados pela Organização Mundial de Saúde.” (AMPERJ, 1989)*

Cabe ressaltar que estes valores estipulados pela OMS não são propriamente padrões, mas sim referências para a implementação de políticas de gestão da qualidade

---

<sup>7</sup> Air Quality Guideline

do ar. Há atualmente um questionamento<sup>8</sup> pelo Ministério Público Estadual sobre a interpretação destes termos, dado que o assunto é de impacto à saúde da população.

O Ministério Público, em seu questionamento, coloca entre outros, o seguinte argumento:

*“A rigor, a OMS não estipula padrões - referência de cunho normativo - até porque não legisla com força cogente imediata face os Estados membros signatários. O que realmente define são diretrizes que orientam os padrões a serem adotados por cada país ou grupo de países.”*

Sobre a interpretação do art. 281 da Constituição do Estado do Rio de Janeiro, que se refere a "padrões" da OMS, o Ministério Público aponta:

*“É premissa inquestionável da hermenêutica jurídica que não pode haver dispositivo normativo que seja destituído de sentido e aplicação. Por isso, a interpretação da menção no art. 281 da CERJ a padrões da OMS diz respeito as diretrizes estipuladas para cada poluente, pela Organização. Ou seja, o Constituinte do Estado do Rio de Janeiro estipulou que toda diretriz de qualidade ambiental definida pela OMS valerá no Estado como padrão de qualidade ambiental, com força normativa.”*

Então, recentemente, foi publicado o decreto número 44.072 / 2013<sup>9</sup>, que regulamenta os padrões de qualidade do ar no estado tendo por base padrões nacionais e as diretrizes e recomendações da OMS.

O decreto indica que a própria OMS enfatiza que cada país deve estabelecer seus próprios padrões de qualidade do ar, em função de suas especificidades, onde os governos, ao formular políticas públicas, devem considerar suas próprias circunstâncias,

---

<sup>8</sup> Inquérito Civil número 550/2012, documento MP 2012.01502362.

<sup>9</sup> Publicado em 18/02/2013.

ao invés de empregar diretamente os valores guias como padrões, porquanto variações podem ocorrer em função do nível de desenvolvimento do país, dos riscos existentes à saúde, da viabilidade tecnológica, das considerações econômicas e de outros fatores sociais e políticos.

A publicação decreta que a administração da qualidade do ar no estado deve ser realizada pelo INEA mediante aplicação de Padrões de Qualidade do Ar, compreendidos por Metas Intermediárias e Padrões Finais. Fica estabelecido que os valores das Metas Intermediárias e Padrões Finais serão fixados por Decreto, após proposta do CONEMA, no período máximo de 1 (um) ano, a contar da data de publicação deste Decreto, tendo por base Minuta elaborada pelo INEA, no qual obrigatoriamente:

- Serão revisados os Padrões de Qualidade do Ar, previstos pela Resolução CONAMA 03/90, para poluentes como Monóxido de Carbono (CO), Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (PI), Ozônio (O<sub>3</sub>), Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>);
- Serão incorporados Padrões de Qualidade do Ar para os poluentes Benzeno e Material Particulado 2,5 (MP<sub>2,5</sub>);
- Poderão ser estabelecidos parâmetros auxiliares, a qualquer tempo, para poluentes tais como Fumaça, Chumbo (Pb) em material particulado e outros;

Ainda, segundo o decreto, a determinação dos Padrões Primários da Qualidade do Ar deve ser estabelecida através de Metas Intermediárias e Padrões Finais, devendo ser considerados o nível de desenvolvimento industrial do Estado, os riscos existentes à saúde, a viabilidade tecnológica e os aspectos econômicos, sociais e políticos. As Metas Intermediárias, que assumem a condição de padrão temporário, deverão ser cumpridas

em 3 (três) etapas assim determinadas:

I. Etapa 1 - valores de concentração para os 4 (quatro) primeiros anos, a contar da fixação dos valores previstos no parágrafo único do artigo 2º deste Decreto;

II. Etapa 2 - valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados nos anos subsequentes à Etapa 1, cujo prazo deve ser progressivamente fixado com base nas avaliações periodicamente realizadas;

III. Etapa 3 - valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados nos anos subsequentes à Etapa 2, cujo prazo deve ser progressivamente fixado pelo CONEMA com base nas avaliações periodicamente realizadas.

Por fim, o decreto é encerrado estabelecendo que os valores de concentração de poluentes para os Padrões de Qualidade do Ar - Metas Intermediárias e Padrões Finais – não deverão ser menos restritivos aos estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/90 e pelas diretrizes da OMS, respectivamente.

#### **4.3 Avaliação de riscos de falhas e acidentes**

Para uma ampla compreensão das diversas esferas que englobam os problemas ambientais de grandes empreendimentos, faz-se necessária uma contextualização sobre os aspectos e inter-relações de ações e decisões que permeiam falhas e acidentes industriais. A legislação brasileira, tanto na esfera federal quanto na estadual apresenta lacunas em relação a estes importantes aspectos. Conforme mencionado anteriormente, este tipo de procedimento não é formalmente coberto, mas sim mencionado entre os tópicos na diretriz<sup>10</sup> que serve como base de referência para as Instruções Técnicas dos EIAs no Estado do Rio de Janeiro.

---

<sup>10</sup> DZ-041.R-13, aprovada pela Deliberação CECA/CN n° 3.663, de 28 de agosto de 1997.

Cabe, porém, abordar o tema, a fim de servir como base para o estudo de caso que se segue. Esta seção trata da abordagem e investigação de falhas e acidentes industriais.

#### **4.3.1 Caracterização de falhas e acidentes em indústrias**

Dentre muitas definições atribuídas a acidentes, é bastante comum encontrar-se a ideia de evento não planejado ou indesejado associado a perdas ou danos humanos, ambientais ou materiais. Um acidente pode ser dito um acontecimento complexo que, mesmo aparentando eventual simplicidade, inclui uma série de diversos fatores interdependentes, sendo apreendido como um evento final de um conjunto de eventos e condições ocorridas em uma determinada atividade (Reason, 1997).

A investigação e análise de acidentes em indústrias são tarefas de grande complexidade e há hoje inúmeras formas de abordar o tema. Existem diversos métodos e ferramentas que buscam contemplar a análise de acidentes. Porém, concomitantemente ao uso das técnicas e ferramentas conhecidas, é necessário levar em conta fatores aparentemente mais distantes ou indiretos, geralmente menos técnicos e associados a questões gerenciais, econômicas ou políticas.

Antigamente era bastante comum a associação de acidentes industriais a fatalidades, que está associada à ideia de acaso. Porém, conforme Ruelle (1993) apud Pandaggis (2003), a interpretação do acaso remete ao uso de probabilidades, e os acidentes, ao contrário, não têm como característica uma dada distribuição no tempo nem no espaço, mas sim têm como determinantes, entre outros aspectos, os econômicos, políticos e sociais, que são de difícil quantização. Desta forma, considera-se superada a

ideia de que acidentes industriais se tratam de fenômenos imprevisíveis e incontroláveis, e mesmo a ideia de fatalidade.

Assim, falhas e acidentes devem ser analisados como o resultado de um amplo processo de interações sucessivas que ocorrem desde o momento da concepção do projeto industrial, passando pelas estratégias de gerenciamento adotadas. A partir de uma cadeia de eventos específicos que se inter-relacionam, propiciam que determinadas “situações de risco” se tornem “eventos de risco”, isto é, situações potenciais que venham a gerar um acidente de fato (Perrow, 1994; Paté-Cornell, 1993; Wisner, 1994; Porto & Freitas, 1997 apud Machado, et al., 2000).

Falhas e acidentes são comumente caracterizados por seus efeitos, e eventualmente também por suas causas, apesar de isto ser geralmente mais complicado de se determinar. Segundo Binder, Monteau & Almeida (1995) apud Pandaggis (2003), o acidente é uma manifestação capaz de revelar o caráter patológico do funcionamento de um empreendimento. Isto corrobora com a ideia de condições latentes, decisões ou características de uma atividade não tão diretamente identificáveis de imediato, que podem permanecer esquecidas ou não observadas até que algo chame a atenção para uma investigação que aponte sua existência.

A classificação das causas de acidentes em atos inseguros e condições inseguras levam à análise superficial da situação, restringindo o campo da investigação ao local físico onde tal evento se deu. Estas causas diretas são denominadas como falha ativa por (Reason, 1997), que também apresenta a ideia de erros latentes, cometidos em níveis de concepção e de gerenciamento, diferentemente das causas diretas.

Segundo (Reason, 1997), os chamados atos inseguros podem ser vistos mais como consequências do que as causas principais de uma falha ou acidente. Hoje se nota que erros ocorrem por razões que vão além do escopo individual, razões estas

denominadas condições latentes.

Pode-se fazer uma analogia onde condições latentes estão para uma organização tecnológica assim como condições para a origem de patologias para o corpo humano. Da mesma forma como condições patogênicas, condições latentes - projetos mal-feitos, lacunas na supervisão, defeitos de fabricação não detectados ou falta de manutenção, procedimentos inexequíveis, automações mal projetadas, falta de treinamento, equipamentos inadequados - podem estar presentes por vários anos até que uma concomitância com circunstâncias locais possa desencadear um acidente. Estas condições advém de decisões de alta hierarquia, feitas por governos, reguladores, fabricantes, projetistas e gerentes de organizações. Os impactos destas decisões se espalham pela organização, formando uma cultura corporativa e criando fatores produtores de falhas em locais específicos. Ainda, uma grande característica de condições latentes é a possibilidade de haver uma grande distância física e temporal de quando e onde o problema ocorre fisicamente, de forma que mesmo com sua existência, pode levar bastante tempo até que seus efeitos sejam percebidos ou ações tomadas em locais bem remotos podem ter repercussão em determinada unidade de produção (Reason, 1997).

Portanto faz-se necessária uma investigação que incorpore a busca por estas condições latentes, a fim de identificar as reais causas que possam levar a novos problemas. Ainda, a investigação aprofundada e consistente de um acidente pode encontrar barreiras, como por exemplo a omissão de informações, devido a possíveis sanções e aspectos legais, o que gera mais uma dificuldade para a determinação precisa de suas causas. Surge assim um cenário de conflito entre a possibilidade da investigação para a prevenção de acidentes, poluição e conflitos, e a caracterização de culpa ou infração por parte de gestores ou outros responsáveis, que pode gerar grandes

dificuldades para a análise em questão.

Além disto, após a análise são necessárias ações e medidas no sentido de corrigir os problemas e distorção que levaram ao problema inicial. Neste sentido, a diferença de interpretação dada aos problemas ocorridos e ações tomadas por diferentes instituições quando de sua ocorrência demonstra a importância dada ao tema e aos grupos impactados por tal evento ou problema. Por isto pode-se dizer que a utilização de uma abordagem mais abrangente para analisar acidentes é uma questão não somente técnica, mas também social e política.

Apesar dos avanços na concepção da análise de falhas e acidentes, as avaliações de acidentes feitas no Brasil ainda tendem a apontar que suas raízes são associadas a ato e condições inseguras, geralmente deixando-se de lado a avaliação de causas subjacentes de natureza organizacional e gerencial (Porto, 1994; Machado, 1996; Freitas, 1996 apud Machado, et al., 2000), o que impede que parte considerável de erros seja computada e desta forma estudada e evitada.

Neste sentido, contrapondo-se à ideia de mera causalidade direta, Machado (1991) apud Machado, et al. (2000) denomina o conceito de gerenciamento artificial de risco, onde o foco em determinados parâmetros constrói uma imagem de que há um efetivo controle e prevenção de acidentes, bem como se consegue uma redução das estatísticas oficiais de ocorrência e gravidade de problemas, e apesar de cumprir a legislação vigente pode deixar falhas na cobertura dos riscos existentes de uma atividade. Nestes casos as normas e padrões seriam em teoria seguidos corretamente, porém eventualmente decisões e ações tomadas em outras esferas, não necessariamente ligadas diretamente à operação da produção, podem repercutir mudanças no risco de eventos indesejados e não estarem explícitas ao público. Incluem-se nos exemplos de gerenciamento artificial de risco, além do destaque à responsabilização individual dos

funcionários, a terceirização de atividades perigosas, a alta rotatividade, o baixo nível de treinamento, análises simplificadas de acidentes e restritas às causas imediatas, removendo-os do contexto de origem, assim como até a omissão da notificação de eventos disparadores.

O gerenciamento artificial de riscos se insere em um contexto de conflitos, pressões políticas, institucionais e econômicas, onde a manutenção da imagem e o desvio de responsabilidades são o objetivo principal das ações tomadas, a fim de atender superficialmente às exigências legais e à opinião pública. Os problemas de poluição, das relações sociais de produção e dos riscos são mantidos e as atividades do dia-a-dia permanecem com os mesmos perigos, porém menos aparentes.

Assim, faz-se necessária a incorporação desta condição, que pode ser investigada através de aspectos sociais e gerenciais / organizacionais da atividade, através de abordagens que integrem a dimensão social à dimensão técnica dos sistemas geradores de riscos, comumente denominadas abordagens “sociotécnicas” (Freitas & Porto, 1997; Freitas & Machado, 1998 apud Machado, et al., 2000). Pode-se assim compreender de forma mais ampla as dinâmicas que proporcionam um acidente, por unirem a análise de sequência de fatores causais dentro de seu contexto de aspectos gerenciais e organizacionais.

Segundo Reason (1997), a maior limitação do tratamento superficial de um acidente, ao considerar somente as falhas mais evidentes ou ativas, através dos denominados atos inseguros, é não chegar às causas raízes ou às condições latentes geradoras. Eventualmente aquela falha especificamente não se repetirá, porém situações análogas, oriundas da mesma cultura organizacional e gerencial podem emergir, não tendo sido o problema resolvido de fato.

Analisando-se tecnicamente, os acidentes industriais demonstram a existência de

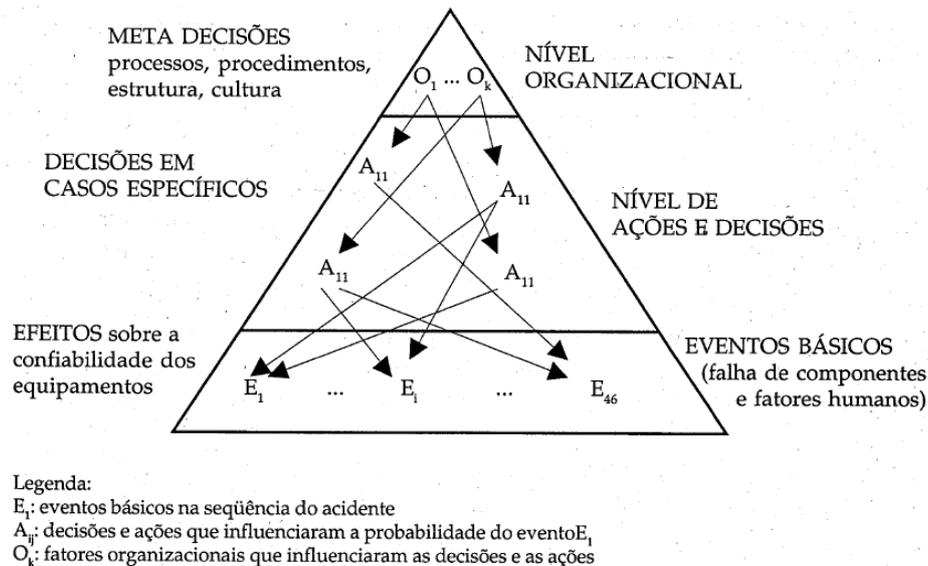
riscos – expressos via situações de risco, e o descontrole de tais riscos – via eventos de risco, expondo os limites dos modelos preventivos existentes. Perante isto, Machado, et al. (2000) inserem uma perspectiva interdisciplinar e participativa na análise de acidentes industriais, buscando uma análise mais ampla dos acidentes, que incorpora diversas áreas do conhecimento na análise de falhas e acidentes para auxiliar na investigação e entendimento do problema, e inclui diversos atores e grupos impactados pela atividade em questão.

Ainda, é também necessária a caracterização do processo de produção e as situações de risco críticas na análise de acidentes em indústrias, bem como o aprofundamento do estudo de situações e eventos de risco nas diferentes fases do processo de produção. Para isto pode-se utilizar abordagens de qualificação e quantificação da exposição a situações de risco, que classificam os acidentes segundo causas relacionadas a características tecnológicas e organizacionais (Machado, et al., 2000). Estas abordagens permitem esclarecer as situações de risco e classifica-las de forma a identificar fatores e situações de risco distantes das causas imediatas ao evento.

#### **4.3.2 Investigação e Análise de falhas e acidentes**

Sobre a análise de acidentes, Paté-Cornell (1993) faz uma estrutura considerando a sequencia de eventos que levam a um acidente. Cada evento destes é considerado como não isolado, mas sim determinado por diversas ações e decisões. Estas ações e decisões poderiam a princípio ser consideradas aceitáveis em determinados contextos, porém perigosas quando tomadas e executadas em conjunto com outros eventos ou ações. Finalmente, as ações e decisões podem ser associadas a uma série de fatores

organizacionais e gerenciais básicos, que podem ter origem em diversas características, como estrutura da corporação, procedimentos e objetivos do empreendimento, especificidades do setor industrial ou mesmo questões governamentais. A Figura 10 exibe a estrutura de análise proposta.



*Figura 10 - Hierarquia das origens de causas de falhas em sistemas  
Decisões gerenciais, erros humanos e falhas de componentes  
Fonte: Machado, et al ( 2000) adaptado de Paté-Cornell (1993)*

Deste modo, a análise de todo o conjunto de decisões e possibilidades pode fornecer uma noção mais ampla das possibilidades e riscos de uma atividade industrial.

Portanto, se os aspectos organizacionais e gerenciais forem incorporados na análise, a proposição de medidas de redução de riscos de acidentes deve incluir melhorias em tais aspectos, não se limitando somente às questões técnicas (Machado, et al., 2000).

Dentre os fatores organizacionais e gerenciais que podem surgir da análise de acidentes considerando-se os aspectos acima mencionados (Machado, et al., 2000) destacam-se:

- Falhas na Filosofia do Projeto: Ao realizar o projeto de um determinado sistema ou parte dele, a equipe responsável presume seu funcionamento padrão, bem como seus possíveis efeitos e desdobramentos. Porém isto pode ser influenciado por uma série de fatores, como questões políticas, contratos comerciais, estratégias industriais ou problemas tecnológicos, que podem acarretar em: subestimação das disfunções e dos incidentes no sistema, considerando por exemplo somente experiências de incidentes passados em indústrias análogas; ausência ou minimização de redundâncias, sendo geralmente limitada pela legislação vigente; uso de improvisos em detrimento de procedimentos de manutenção e segurança, eventualmente associados a dependência tecnológica externa. Este último efeito, o uso do improviso e a minimização da manutenção, é indicado como um dos geradores de um padrão baixo de segurança denominado “modo degradado de produção”.

- Gerenciamento da Produção *versus* Gerenciamento da Segurança: Geralmente os custos sociais e econômicos relativamente baixos, em comparação a outros países, ocasionados aos empreendimentos contribuem para que as questões associadas a risco e segurança sejam postergadas. Isto é evidenciado pelas seguintes características: aumento da produção sem o conhecimento dos eventuais riscos associados, sob motivações econômicas do próprio empreendimento ou até mesmo do Estado (o que pode gerar contradições, dado que este é o próprio fiscalizador), dado que estas operações impactam diretamente nos resultados econômicos dos atores interessados. Desta forma a produção é priorizada sem a devida atenção às questões de segurança.

- Problemas de gerenciamento de pessoal: Podem ser apontados fatores como minimização de treinamento, alta rotatividade (o que pode gerar perda de conhecimento técnico) e não incorporação de funcionários na avaliação de incidentes ou acidentes passados.

- Insuficiente atenção à formalização de procedimentos, manutenção e inspeção: Incluem-se neste tópico a transformação de anormalidades em normalidades, ou seja, procedimentos que inicialmente emergem como exceção acabam por se tornar regra no cotidiano das atividades.

Em resumo, tem-se tornado cada vez mais clara a relação entre acidentes e condicionantes associados a componentes tecnológicos e sociais distantes de fatores causais imediatos. A compatibilização conceitual em grupos de causas dos acidentes possibilita a compreensão do acidente como socialmente produzido, buscando integrar níveis locais e globais, sistemas técnicos e sociais, permitindo compreender o fenômeno acidente em suas várias dimensões. Uma abordagem que incorpore estes fatores em sua análise auxilia a contextualizar os eventos como incidentes ou acidentes ocorridos em indústrias.

Esta abordagem pode ser de grande utilidade quando da análise de problemas socioambientais, em que interesses e pressões econômicas engendrem o modo degradado de produção e situações anormais se tornem rotineiras, porém acobertadas por estratégias de marketing e um gerenciamento artificial de riscos que direcionem os conflitos para a ideia de incômodos, ou situações geradas ao acaso.

## **5 Estudo de caso - o caso CSA**

Este capítulo aborda o estudo de caso feito sobre uma usina siderúrgica instalada recentemente na região de Santa Cruz, Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro. São aqui analisadas as tecnologias utilizadas na usina, a caracterização das emissões atmosféricas associadas, os impactos observados e o papel da legislação vigente e das instituições responsáveis. As fontes de dados para o estudo consistem de documentos do órgão ambiental responsável pelo licenciamento – INEA, documentos da própria empresa e estudos acadêmicos e pesquisas realizados por instituições interessadas.

### **5.1 Contexto pré-emprego: Caracterização da região e Qualidade do Ar**

A Baía de Sepetiba engloba além da zona oeste do município do Rio de Janeiro, os municípios de Itaguaí e Mangaratiba. Esta região é considerada bastante diversificada quanto a características socioeconômicas e ambientais. Devido a vantagens logísticas, a área vem recebendo atenção para planos de portos, ferrovias e usinas siderúrgicas.

Do ponto de vista ambiental, em seu entorno existem importantes ecossistemas ainda preservados de florestas, restingas - como a da Marambaia e manguezais. Podem ser encontradas áreas remanescentes da Mata Atlântica, principalmente na Serra do Mar, considerada atualmente uma das 25 áreas mais importantes para a conservação da biodiversidade em todo o mundo. A baía desempenha também um importante papel no abrigo de espécies nativas, endêmicas e ameaçadas de extinção de aves; no refúgio de aves costeiras. Os estuários, por sua vez, formam área biológica típica de ambientes de transição – locais onde a água doce dos rios e o mar se encontram (PACS, 2009).

A baía é rica em manguezais, o que a torna um criadouro natural para moluscos,

peixes e crustáceos, característica que estimulou o desenvolvimento da pesca artesanal e da maricultura (Soares & Tolentino, 2004; TCE, 2004 apud Zborowski, 2008). Porém, mesmo com condições favoráveis ao desenvolvimento pesqueiro ou ao turismo, o incentivo dado à região foi para a construção do Porto de Sepetiba, em Itaguaí, em 1982. O cordão arenoso da restinga da Marambaia possibilita águas calmas e profundas e proteção contra o vento, o que torna o local bastante favorável para que navios de grande porte possam atracar. Outro incentivo ao desenvolvimento portuário na região é a posição estratégica, próxima dos maiores eixos econômicos do país (Zborowski, 2008).

A construção do Porto de Sepetiba desencadeou a chegada de diversas outras atividades, notadamente industriais, devido às facilidades logísticas que o porto oferece. Hoje o porto possui terminais específicos, como de carvão, minérios e de alumínio. A região contou também com vários incentivos governamentais para a atração de indústrias, como a Lei Estadual 466/1981, que dispõe sobre o Zoneamento Industrial da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, a Portaria 176/1983, que cria as Zonas de Uso Predominantemente Industrial (ZUPI) e Zonas de Uso Estritamente Industrial (ZEI) na região, a Lei 3055/1998, que cria o Sistema de Apoio Industrial ao Porto de Sepetiba, e a Lei 4185/2003, que institui o Programa de Fomento à Atividade Econômica na Região do Porto de Sepetiba (Zborowski, 2008).

Assim, ao longo das últimas décadas a região recebeu diversos empreendimentos industriais, entre estas usinas siderúrgicas, termelétricas, indústrias químicas, de metais e farmacêuticas, tornando o Distrito Industrial de Santa Cruz um dos que possuem maior área territorial e taxa de ocupação de empreendimentos potencialmente poluidores (Zborowski, 2008).

### 5.1.1 Histórico de empreendimentos e ocupação da área

A atividade industrial na região teve início nos anos 1960 e, a partir da década de 1970, com a implantação da rodovia BR-101 e do Porto de Itaguaí. Na década 1980, a região apresentou taxas de crescimento demográfico elevadas, resultado de dois fatores: as atividades relacionadas ao porto da região e o crescimento da atividade de turismo, tendo fortes impactos sobre o meio ambiente. Ainda hoje, a área industrial de Santa Cruz apresenta dois importantes polos industriais, o de Paciência e o de Palmares, onde se encontram companhias como Casa da Moeda, FCC S.A. – Fábrica Carioca de Catalisadores, COSIGUA – Companhia Siderúrgica da Guanabara e VALESUL Alumínio S.A..

A baía de Sepetiba tem um considerável passivo ambiental devido ao acidente com a Companhia Ingá Mercantil. A empresa iniciou suas atividades na Ilha da Madeira na década de 1960 e, em 1996, em decorrência de fortes chuvas, um acidente fez com que o dique de contenção da Ingá se rompesse deixando vazar um grande volume de dejetos tóxicos com elevado teor de metais pesados, atingindo os manguezais e a vegetação da baía. Detritos são encontrados até os dias de hoje. Calcula-se que o pescado na época tenha decrescido em 60%, tendo havido também contaminação da maricultura. Na ocasião, a Baía de Sepetiba ainda era o principal abastecedor de peixes do estado (PACS, 2009).

Está previsto em conjunto a este empreendimento a realização de outros projetos para a região, como a instalação de outras usinas siderúrgicas, da Companhia Siderúrgica Nacional e da Gerdau, a construção de um estaleiro da Marinha e novos portos para a exportação principalmente de minério de ferro e aço (PACS, 2009).

Assim, a não consideração dos efeitos de outros empreendimentos que existem no entorno e os ainda em fase de planejamento ou implantação leva a uma subestimação dos riscos potenciais da implantação de novos projetos industriais na região sobre o meio ambiente e sobre a saúde da população.

### 5.1.2 Qualidade do ar na região

Ao se planejar e estudar a viabilidade de um novo empreendimento em determinada região, faz-se fundamental levar em conta o passivo ambiental que potencializa os impactos de qualquer atividade de construção ou operação de uma indústria. Os efeitos sinérgicos entre novos empreendimentos, assim como possíveis elevações no nível de produção de indústrias já existentes, também precisam ser contabilizados e incluídos nas modelagens e estimativas de efeitos ao meio ambiente.

Na época dos estudos de impacto ambiental, devido ao fato de não haver um histórico de monitoramento da qualidade do ar na região de Santa Cruz, foi realizada pelo empreendimento uma campanha de monitoramento em duas localizações próximas à área prevista para a instalação da usina, consideradas áreas de influência direta da siderúrgica (ERM BRASIL, 2005). Foi feito então diagnóstico da qualidade do ar com base nas análises das séries temporais obtidas nas duas estações de coleta, denominadas Santa Cruz<sup>11</sup> e Distrito Industrial<sup>12</sup>, consideradas áreas residencial e industrial, respectivamente, no período de medição de 20/07/2005 a 20/09/2005.

A Figura 11 exhibe o resultado das medições na região residencial para, e a Figura 12 exhibe o resultado na região industrial, ambas para  $PM_{10}$ .

As concentrações dos poluentes são exibidas graficamente com a leitura direta das medições para o caso de padrões com referência temporal de 1h, ou com a leitura da média móvel de intervalo compatível, no caso de referências temporais maiores que 1h.

---

<sup>11</sup> Instalada no Posto de Saúde Dr. Ernani Braga, Av. João XXIII, Santa Cruz, Rio de Janeiro – operada pela empresa EcoSoft.

<sup>12</sup> Instalada na área da Fábrica Carioca de Catalisadores - FCC, Distrito Industrial de Santa Cruz, Rio de Janeiro – operada pela ERM.

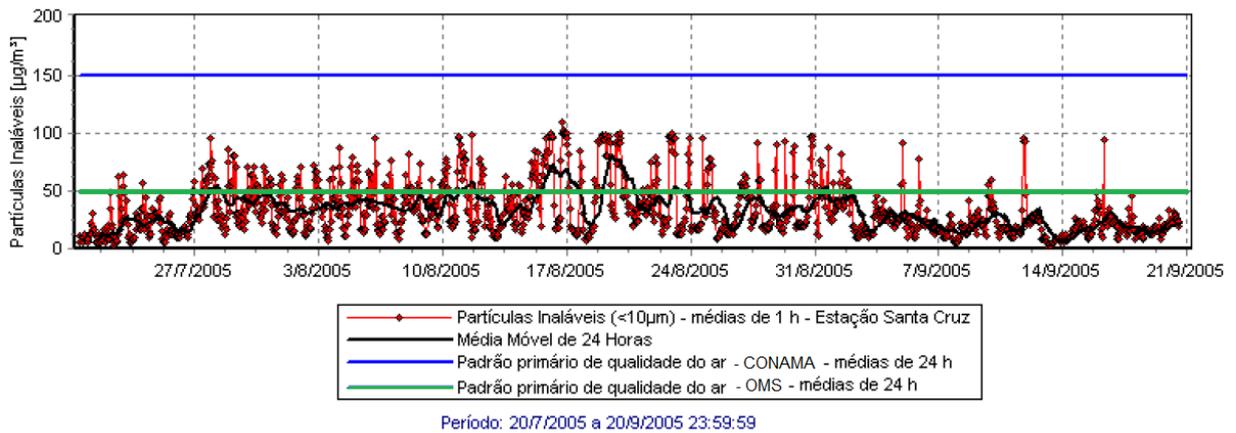


Figura 11 – Medições de  $PM_{10}$  na região residencial de Santa Cruz no ano 2005

Fonte: Adaptação de ERM BRASIL (2005)

Estes valores são comparados com o padrão primário de qualidade do ar estabelecido pela Resolução CONAMA 03/1990, bem como o valor estabelecido pela OMS.

Pode-se notar que para as duas medições, durante o período de dois meses monitorado, não houve violações do padrão primário para  $PM_{10}$  da Resolução Conama 003/90. Porém, se for feita a comparação com o valor estabelecido pela OMS, é possível notar a ocorrência de diversas violações.

Há também para esta região um outro estudo, datado de alguns anos antes da campanha de monitoramento efetuada para o EIA. Entre março de 2001 e fevereiro de 2002 foi feito um estudo no distrito industrial de Santa Cruz para avaliar a concentração de PTS e sua composição química (Quiterio, et al., 2004). Os resultados apontaram uma média geométrica anual de  $87 \pm 40 \mu g/m^3$ , valor acima do estipulado pela Resolução CONAMA número 03/90. Deve-se ressaltar que o estudo fez amostragens de quatro horas, sempre durante o dia, o que pode não representar fielmente as concentrações diárias, mas sim um pico ou um vale da curva de concentração de particulados.

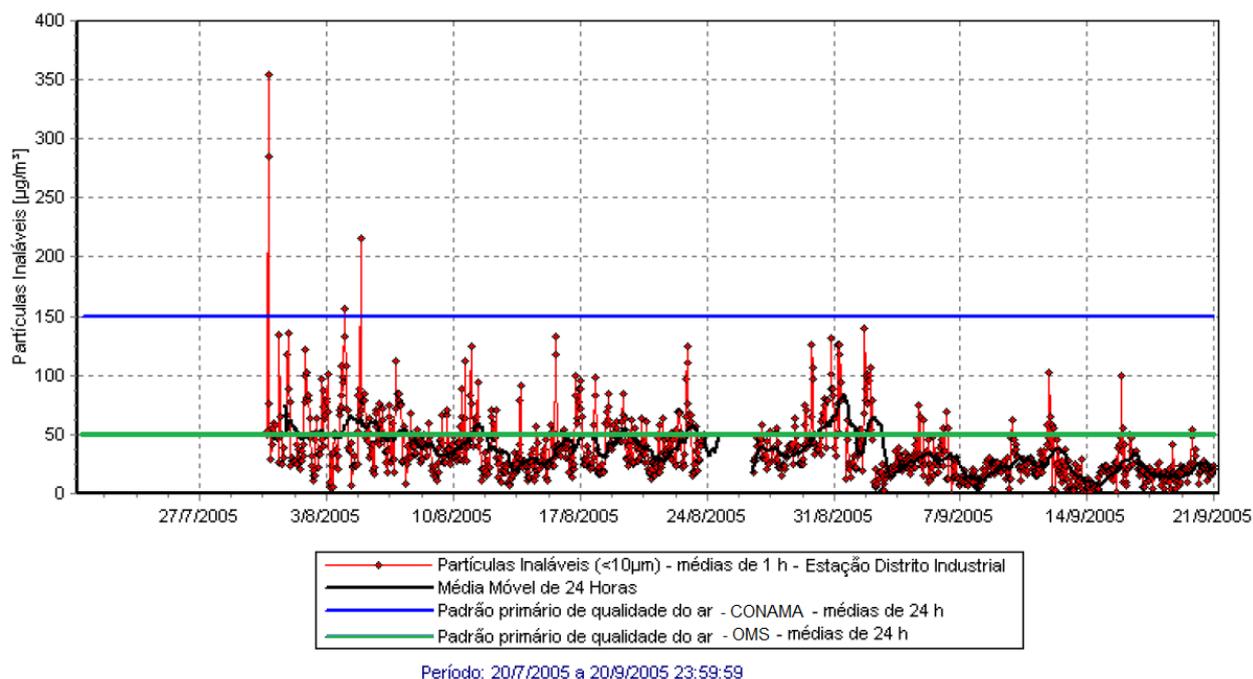


Figura 12 - Medições de  $PM_{10}$  na região industrial de Santa Cruz no ano 2005

Fonte: Adaptação de ERM BRASIL (2005)

Segundo os pesquisadores não foram feitas coletas de amostras à noite e de 24 horas de duração por questões de segurança. Deste modo, as amostras não são estritamente comparáveis ao padrão brasileiro vigente, que preconiza o cálculo da média geométrica anual baseado em amostras de 24 horas de duração. Ainda assim, pode-se ter uma ideia da qualidade do ar na região, que ao menos em determinados horários durante o dia esteve acima do estipulado pela legislação brasileira para a proteção da saúde humana.

A concentração de metais na composição dos particulados foi comparada com valores da literatura para outras regiões do mundo e com padrões de qualidade de algumas agências reguladoras. Em resumo, os resultados obtidos para os níveis de Mn, Fe, Zn, Cu, Cr e Al foram maiores do que os apresentados em outras áreas urbanas e industriais, e os resultados para a concentração de Mn, Cr e Ni superaram os padrões estabelecidos pela EPA (Quiterio, et al., 2004). A Tabela 9 exhibe um resumo dos

resultados.

*Tabela 9 - Percentual de superação para concentração de metais  
A comparação é feita com outras áreas urbanas e industriais*

Metal	Percentual superado	Padrão comparado
Cd	60%	Valor recomendado pela Comunidade Europeia
Mn	140%	Padrão EPA
Fe	3200%	Valor medido em Chicago, Estados Unidos
	70%	Valor medido em Pequim, China
Zn	3200%	Área industrial de Chicago, Estados Unidos
	7400%	Área industrial de Tito Scalo, Itália
Cu	maior que	Área industrial de Chicago, Estados Unidos
	maior que	Área industrial de Tito Scalo, Itália
Cr	320%	Padrão EPA
Ni	110%	Padrão EPA
Al	57900%	Valor típico de áreas urbanas
Ca	maior que	Valor medido em La Plata, Argentina
Mg	maior que	Valor medido em La Plata, Argentina

Fonte: Quiterio, et al. (2004)

O estudo ainda aponta a superação da concentração de Ni e Cd acima de níveis que, se superados, são considerados com o risco de câncer aumentado.

Ainda neste estudo, foram aplicados métodos de análise multi-variável<sup>13</sup>, a fim de se obter uma ideia das fontes dos metais através das principais correlações obtidas.

Os resultados obtidos sugerem contribuição antrópica e natural para Mn e Ni, e considerável contribuição industrial para os elementos Ca, Mg, Mo, Fe, Zn, Cu, Cr, Al, Cd e Pb. Para os elementos Zn, Cu, Cd e Pb, concluiu-se que as fontes antrópicas prevalecem sobre contribuições naturais.

O estudo em questão considera altamente recomendável o desenvolvimento de estudos no distrito industrial de Santa Cruz com informações detalhadas sobre a distribuição de tamanho para material particulado e concentrações de metais para PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>. Conclui explicitando as concentrações muito altas de metais em comparação a

<sup>13</sup> Principal Component Analysis (PCA) e Cluster Analysis (CA).

outras regiões urbanas e industriais, representando um potencial agressor à população local.

Mostra-se assim necessária a execução de longos e aprofundados estudos sobre a qualidade do ar na região, bem como sobre a saúde da população na região antes da implementação de novos empreendimentos com grande potencial poluidor.

Para o caso do empreendimento em questão, pode-se considerar a região como bastante problemática em termos ambientais antes mesmo da implantação da usina, o que indica a necessidade de maiores restrições quanto a novos licenciamentos.

## 5.2 O Processo de Implantação da usina

A Companhia Siderúrgica do Atlântico é uma joint venture entre a companhia alemã ThyssenKrupp Steel, respondendo por 73% do capital aportado, e a companhia Vale, que detêm os outros 27% da companhia. A usina é uma das maiores siderúrgicas da América Latina, com capacidade de produção projetada de aproximadamente 5 milhões de toneladas de placas de aço semi-acabadas, para ser exportada e atender ao mercado estadunidense e europeu (INEA, 2009), (PACS, 2009).

A localização da usina é a região de Santa Cruz, no município do Rio de Janeiro, e às margens da Baía de Sepetiba, por onde chegam insumos e é escoada a produção das placas de aço. A Figura 13 permite uma visualização da região e o local de instalação da usina.

O empreendimento ocupa área de aproximadamente 767 hectares, localizada junto à baía de Sepetiba e às margens dos canais de São Francisco e Guandu, no Distrito Industrial do bairro Santa Cruz. Fica localizado a 4 km do município de Itaguaí, sendo que no quadrante NE encontram-se, a aproximadamente 2 km da divisa da Usina, as comunidades de Alvorada, Novo Mundo e São Fernando, a leste o bairro de Santa Cruz e a sudeste a base aérea de Santa Cruz (ERM BRASIL, 2005).

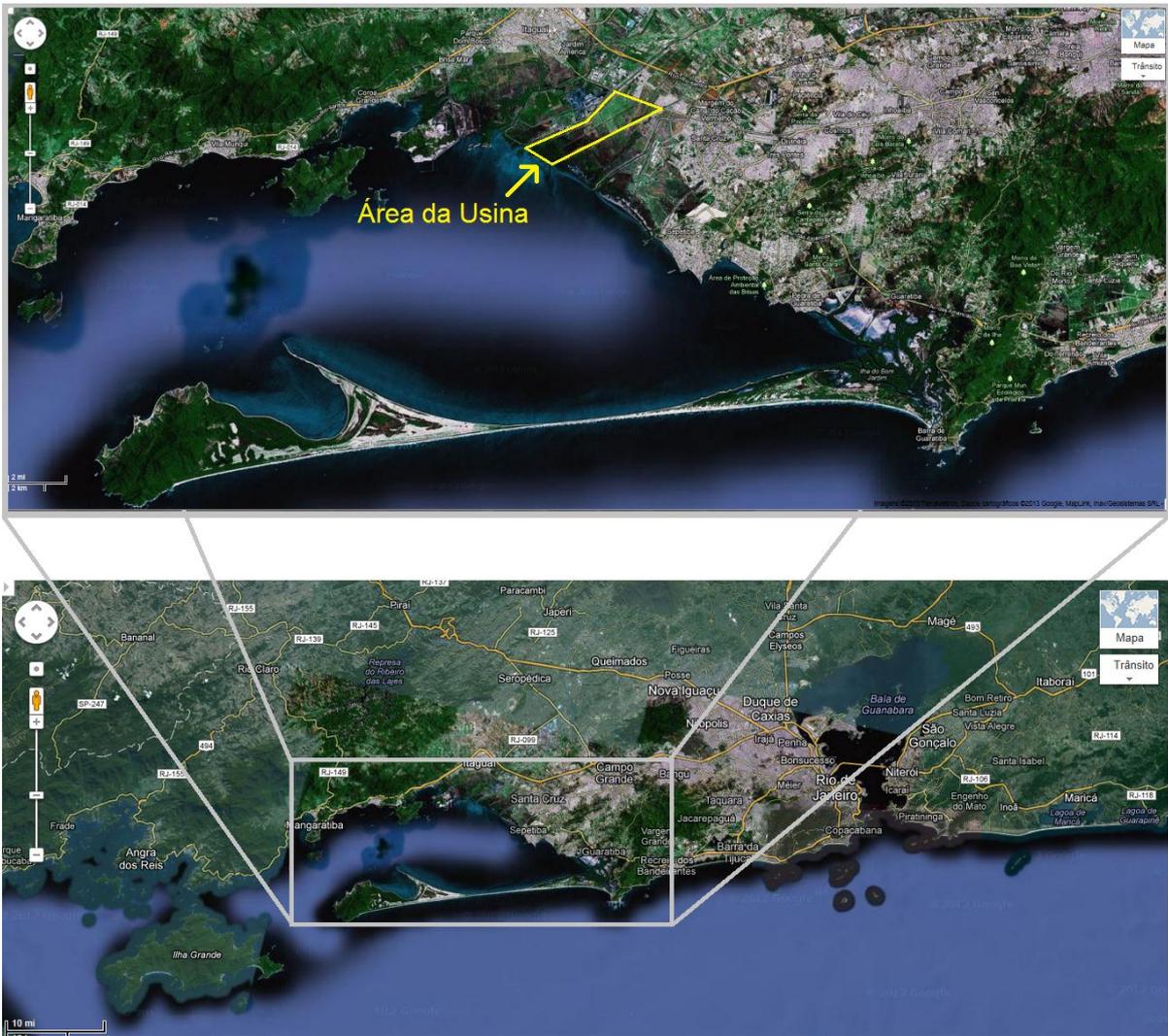


Figura 13 - Localização do empreendimento

Fonte: Elaboração própria, a partir de imagem da ferramenta “Google Maps”

### 5.2.1 O processo de licenciamento

O licenciamento da usina foi feito pelo INEA, no modelo antigo (sem classificação dos empreendimentos), e teve início no ano 2005, tendo sido emitida a LP<sup>14</sup> em meados de 2006 e, cerca de dois meses e meio mais tarde, a LI<sup>15</sup>. Teve então

<sup>14</sup> Licença Prévia: FE 011378 de 13/07/2006.

<sup>15</sup> Licença de Instalação: FE 011733 de 28/09/2006

início a construção da usina, que acabou sofrendo diversos atrasos devido a problemas técnicos, greves e outras questões, concluindo suas principais unidades somente em 2010.

Durante o processo administrativo de requerimento da LP, o INEA preparou uma instrução técnica<sup>16</sup>, para a elaboração do EIA e seu respectivo RIMA. O documento estabelece entre as exigências a inclusão de alternativas tecnológicas e de localização, a pesquisa de impactos sobre a área de influência nas fases de planejamento, implantação, operação e, quando for o caso, de desativação. Inclui também os sistemas de controle de poluição e eficiências esperadas. Cabe destacar um item de análise de risco, com o objetivo de identificar os eventos iniciadores dos possíveis cenários acidentais e respectivos desdobramentos, avaliando-se as consequências sobre os funcionários e público externo, concluindo pelo julgamento de quais alternativas de locação são aceitáveis, justificando as escolhas com base na tolerabilidade dos riscos.

A seguir são detalhadas algumas questões pertinentes a estes estudos.

## EIA

Conforme mencionado, cabe ao EIA apresentar alternativas locais e tecnológicas, os impactos para cada uma das alternativas, classificados em positivos e negativos, diretos e indiretos, imediatos ou de longo prazo, temporários ou permanentes e outros parâmetros. No EIA propriamente não constam alternativas tecnológicas ou locais, porém a empresa, ao ser solicitada, apresentou alternativas locais em outros países e outros estados e do Brasil. Considerando-se que o licenciamento deste empreendimento é feito na esfera estadual, estas alternativas perdem seu sentido, dada a preferência por parte do estado em manter o

---

<sup>16</sup> Instrução técnica número 05/05, baseada na diretriz DZ-041-R.13.

empreendimento em sua região. Apresentou também rotas tecnológicas existentes, e concluiu que a rota escolhida foi a que atende às necessidades básicas e aos objetivos fundamentais dos empreendedores. O EIA não faz menção a desativação da usina.

No que tange à qualidade do ar, pode-se destacar sobre o EIA algumas questões referentes a atividades e operações previstas que possibilitam a ocorrência de emissões de poluentes atmosféricos. Especificamente sobre as atividades entre os Altos-Fornos e a Aciaria, em caso de haver excesso de ferro-gusa líquido, foi previsto um poço de vazamento de gusa para o seu descarregamento a partir da panela de gusa, para evitar uma parada dos Altos-Fornos. Da mesma forma, conforme o planejamento descrito no EIA, o ferro-gusa líquido é recebido na ala de carga da Aciaria onde há uma ponte rolante que descarrega as panelas a partir dos vagões. No caso de interrupção da operação da Aciaria, o ferro-gusa líquido deve ser vazado em pátio. Deste modo, o uso dos poços para o ferro-gusa líquido não tem uma previsão ou estimativa quantitativa, não ficando clara a frequência de uso nem a quantidade a ser depositada. Também, o fato de não haver sistema de captação nos poços demonstra que não se estima a quantidade de poluentes atmosféricos passíveis de emissão a cada operação de despejo. A princípio, tais situações seriam consideradas remotas exceções, porém seria extremamente recomendado se considerar as possibilidades de imprevistos frequentes, que mudem as rotas operacionais e podem tornar estas situações rotineiras, dado que não há qualquer limite estipulado.

## EAR

O Estudo de Análise de Riscos – EAR, por sua vez, tem a finalidade de levantar e analisar os diversos tipos de riscos associados à atividade em questão. Nisto estão incluídas as substâncias tóxicas ou inflamáveis, bem como a identificação de todos os

cenários acidentais possíveis de ocorrer, independentemente da frequência esperada para cada cenário. O estudo contempla uma análise de propriedades físico-químicas e toxicológicas agudas dos produtos químicos inflamáveis, tóxicos ou explosivos envolvidos nos processos do empreendimento, com o objetivo de fornecer as informações para a simulação de cenários de acidentes associados às instalações da usina.

Posteriormente é feita a identificação de perigos e consolidação de hipóteses acidentais. Esta identificação é feita através da aplicação de técnicas estruturadas de possíveis sequências acidentais, para as quais são levantados os perigos pertinentes aos sistemas, suas causas e consequências. As técnicas mais conhecidas são a Análise Preliminar de Perigos - APP e a Análise de Perigos e Operabilidade (Hazard and Operability Analysis - HAZOP). Para a aplicação destas técnicas se faz necessário o conhecimento do processo em questão, através de fluxogramas de processos com as características operacionais detalhadas, bem como a participação de profissionais com experiência em segurança das instalações e outros com conhecimento do processo e das operações envolvidas.

Para o caso do empreendimento em questão, os produtos estudados foram: gás natural, gás de aciaria, gás de alto-forno e oxigênio líquido. Não foram considerados alguns produtos e processos potencialmente geradores de poluição atmosférica, como benzeno, material particulado, metais e outros. Quanto à identificação de perigos e consolidação de hipóteses acidentais, para o EAR mencionado, a empresa responsável por elaborar o estudo não teve acesso aos fluxogramas de processo, e tampouco a uma equipe mínima de profissionais do empreendimento com o conhecimento necessário dos processos (ERM Brasil, 2005). Também não foram considerados eventos associados a emissões atmosféricas, como os que ocorreram na prática, conforme relatado adiante.

Pode-se considerar esta uma lacuna importante no processo de avaliação dos impactos da usina, dados os problemas ocorridos quando da sua operação.

### 5.2.2 Escolhas tecnológicas

Atualmente as possíveis rotas tecnológicas para a produção de aço a partir de minério e ferro são a via Alto-Forno e a via Arco Elétrico, conforme descrito no item 2.2. A rota escolhida para o empreendimento foi a de uso de Alto-Forno.

O empreendimento define esta rota como redução dos minérios oxidados em Altos-Fornos, com obtenção em fase líquida do material metálico (ferro-gusa) e, posteriormente, refino do banho metálico para aço via processo pneumático, pela passagem do agente oxidante – neste caso corrente de oxigênio, soprado através do banho metálico, contido em vaso de reação. A Figura 14 exibe um esquema simplificado das etapas de produção da usina

O minério de ferro chega através de ferrovia, sendo transferido para o Pátio de Estocagem de Matéria-Prima e de Materiais. Os tipos de carvão metalúrgico utilizados chegam através de navios indo também para o Pátio de Estocagem de Materiais. O minério de ferro é encaminhado para a Sinterização, para a obtenção do chamado *sinter*, que serve de insumo ao Alto-Forno, em etapa posterior à Sinterização.

O coque metalúrgico é produzido em grandes grupos, utilizando-se baterias de fornos, a partir da destilação do coqueificável do tipo metalúrgico. O Alto-Forno produz um gás combustível, que é liberado do carvão em função das reações químicas que se dão no processo da redução, que possui poder calorífico considerável e pode ser utilizado em diversos processos de aquecimento que são necessários ao funcionamento de uma usina, bem como pode ser direcionado para uma unidade de co-geração de

eletricidade, a chamada termoelétrica.

O coque metalúrgico reage com o sinter de minério de forma a reduzir o minério, obtendo-se assim o chamado ferro gusa. Adiciona-se calcário para aumentar a fluidez dos elementos no processo.

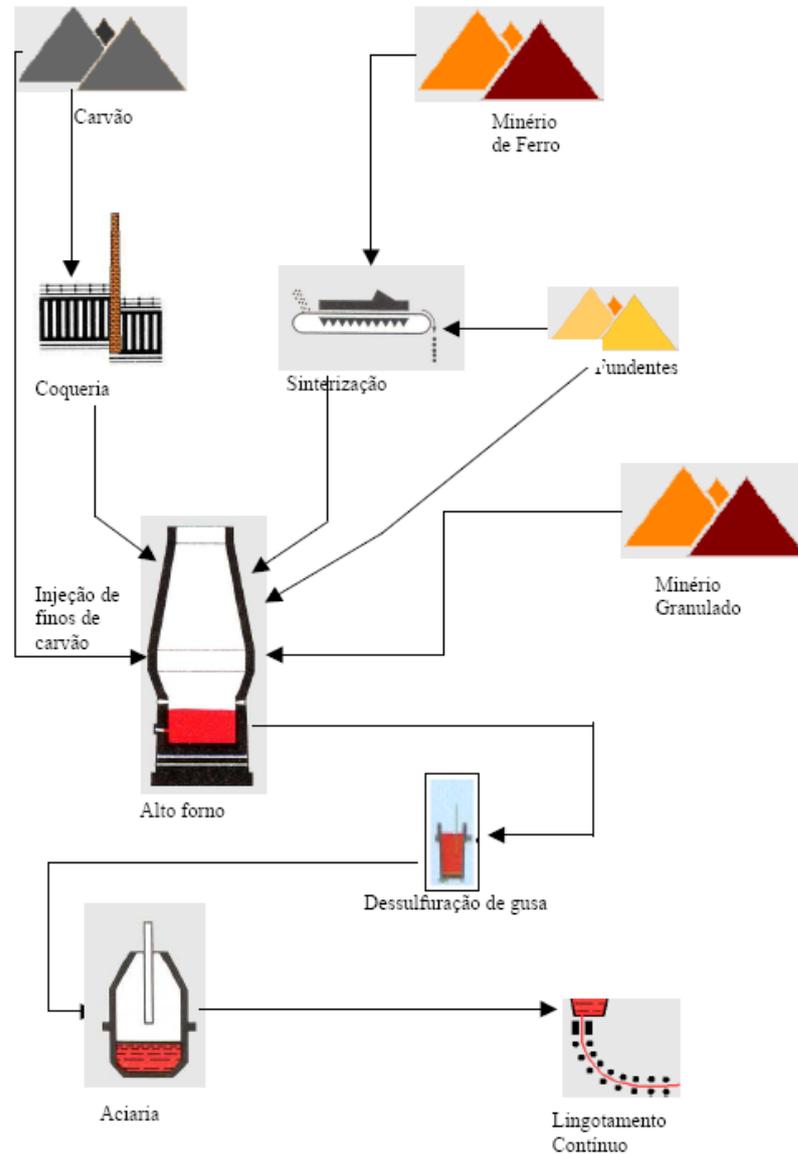


Figura 14 - Rota tecnológica escolhida para a usina

Fonte: ERM BRASIL (2005)

O ferro gusa é então encaminhado para a Aciaria, onde é produzido o aço. O processo de conversão se dá através da redução do teor do carbono contido no ferro

gusa, via uma nova reação de oxidação, em função de uma corrente de oxigênio “soprado” no banho metálico, através de uma lança no interior de um vaso denominado conversor. Os gases gerados no conversor, da mesma forma que o gás de alto-forno, podem ser utilizados como gás combustível em outros processos, incluindo-se a cogeração de eletricidade.

Então, aço vazado a partir do conversor é novamente processado, no chamado refino secundário, objetivando a complementação da remoção de eventuais impurezas ainda contidas no produto, para a obtenção do grau de qualidade especificado para o aço. O aço é finalmente direcionado à máquina de lingotamento, para a produção das placas de aço.

Estas placas ainda precisam passar pelo processo de laminação porém este não está no escopo da usina em questão. As placas precisam, portanto, ser encaminhadas para uma laminadora antes de atingirem seu destino industrial final.

O EIA do empreendimento explica que a escolha se fundamenta na ótica econômica, dado que este tipo de tecnologia possibilita o atendimento a uma demanda de volumes de produção superiores a 2,5 milhões de toneladas anuais, para produtos em geral padronizados e com uma variação de especificação de qualidade estreita. O produto final objetivado do empreendimento são placas de aço sem passarem pela etapa de laminação, onde pode-se definir mais as especificações do produto final. A Figura 15 exibe o fluxo de materiais durante a produção entre as principais unidades da usina.

A outra alternativa se adequa melhor a usinas com uma menor capacidade produtiva e visa atender a mercados regionais cuja demanda caracteriza ampla faixa de especificações dos aços e curto prazo de entrega, com oferta de lotes pequenos e de produtos especializados. A seguir são analisadas as principais unidades do empreendimento, com o intuito de entender melhor o funcionamento da usina.

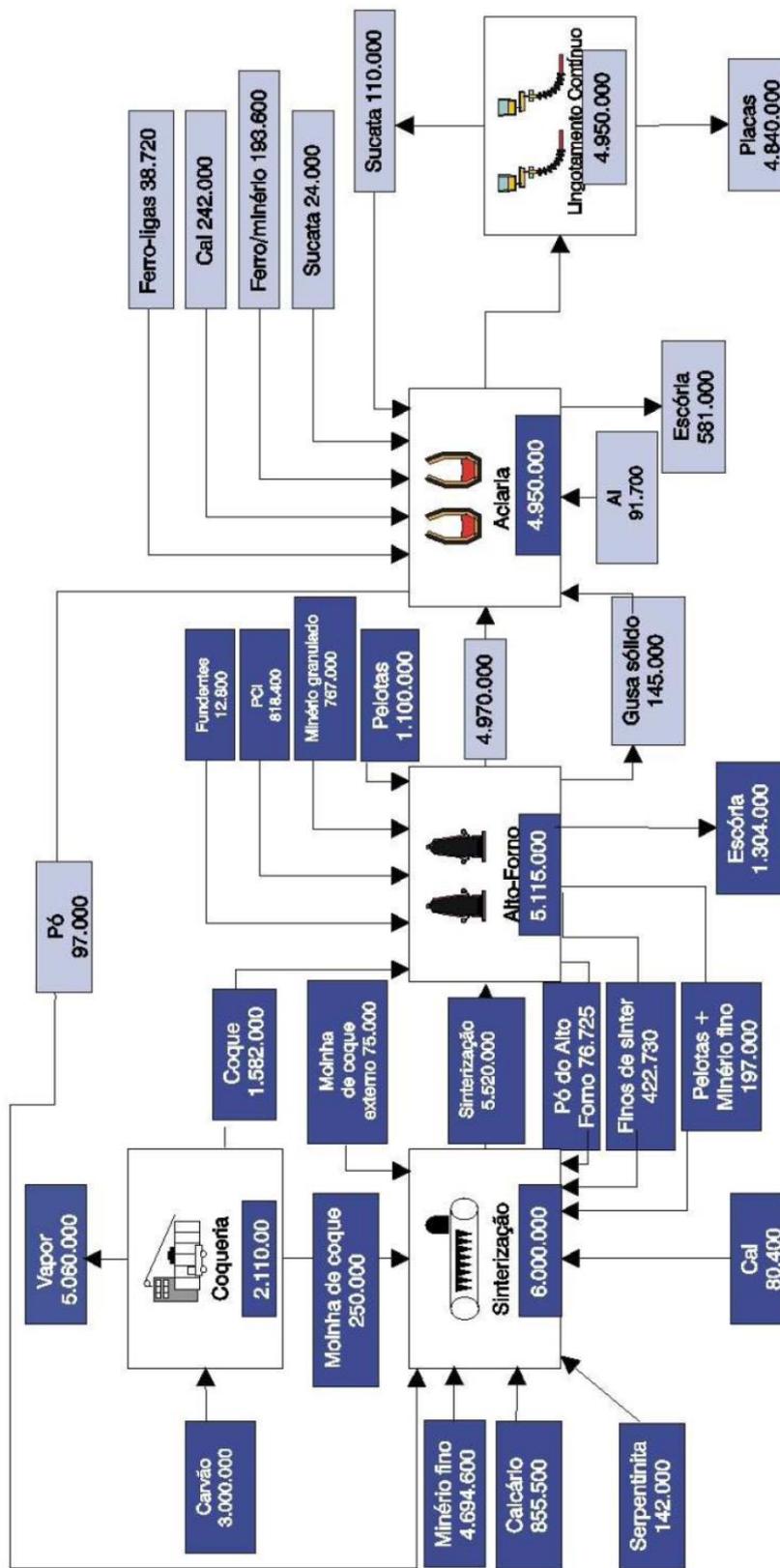


Figura 15 - Balanço de Massa da usina

Fonte: ERM BRASIL (2005)

## Coqueria

A coqueria selecionada para a usina utiliza um processo chamado *Heat Recovery* (recuperação de calor). Esta concepção tecnológica corresponde àquela com menores emissões atmosféricas fugitivas a partir das estruturas das células de coqueificação e portas dos fornos. Se comparada à tecnologia convencional, denominada *By Product* (com recuperação dos sub-produtos contidos nos gases efluentes), esta concepção adotada apresenta em teoria vantagens ambientais.

Os fornos deste tipo de coqueria utilizam-se do próprio gás oriundo do processo de coqueificação como uma das fontes de combustível para seu próprio aquecimento. Estes gases produzidos durante a coqueificação entram em um fluxo, onde sofrem combustão incompleta ainda dentro do vão principal da coqueria, onde se encontra o carvão em processo de coqueificação, e são dirigidos para os canais descendentes (chamados *downcomers*), construídos nas paredes laterais dos fornos. A Figura 16 exhibe a estrutura de uma coqueria deste tipo.

Posteriormente os gases são queimados em câmaras abaixo do vão principal, transferindo assim mais calor ao carvão a partir do fundo do forno. Desta forma a coqueificação ocorre a partir do topo e do fundo do forno.

A diferença entre os dois tipos de coqueria, a *Heat Recovery* e a *By Product*, é que a primeira não captura os gases provenientes do carvão, e em vez disto os queima, com a finalidade de obter mais calor para o seu processo. Também faz-se importante mencionar que os fornos da primeira opção são mantidos sob pressão negativa, enquanto os da *By Product* são mantidos sob pressão positiva. Isto faz com que as coqueria *com Heat Recovery* sejam, em teoria, isentas de emissões gasosas oriundas do processo de coqueificação, efluentes dos fornos.

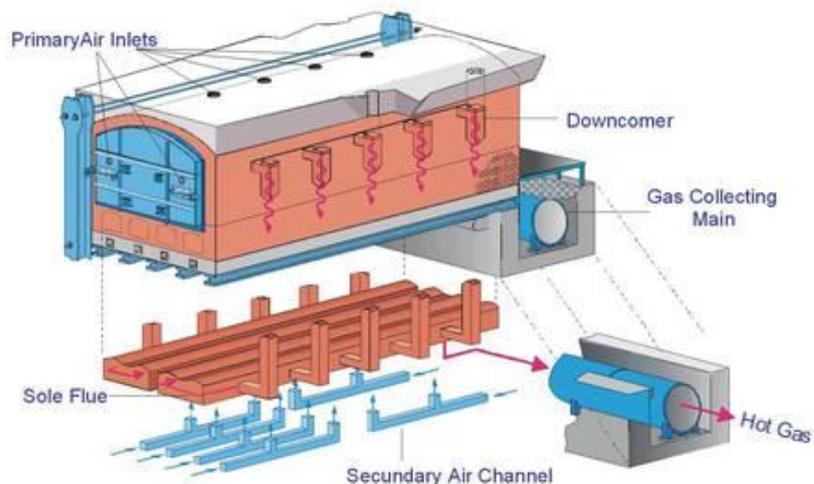


Figura 16 – Estrutura de uma Coqueria do tipo Heat Recovery  
 Fonte: Institute for Energy Process Engineering and Fuel Technology

Desta forma, torna-se possível o uso de uma vedação mais simples para a coqueria com *Heat Recovery* do que o exigido na coqueria convencional, atendendo aos requisitos de controle de poluição do ar.

Os gases efluentes dos fornos saem a uma temperatura de mais de 1.000 °C, sendo gerados a uma vazão de cerca de 1.500.000 m<sup>3</sup>/h. O projeto da usina prevê o aproveitamento do calor contido nestes gases para a geração de eletricidade, chamada de cogeração. Para isto é necessário o uso de uma caldeira. A Figura 17 exhibe o diagrama esquemático do sistema.

A caldeira utiliza então o calor dos gases para produzir vapor (317 t/h, 520 °C 105 bar), que serve de fonte de energia à usina termoeletrica e propicia uma cogeração de energia elétrica da ordem de 165 MW.

Portanto, o consumo dos gases gerados na coqueificação do carvão (orgânicos voláteis) em seu próprio processo apresenta-se como uma vantagem, eliminando a necessidade da existência de unidade de tratamento de gases Carboquímicos (e consequentemente a eliminação de risco na emissão de gases voláteis, elimina a

necessidade de uma Estação de Tratamento Biológico para águas do processo, elimina a geração e manuseio de subprodutos carboquímicos como por exemplo, o BTX<sup>17</sup>).

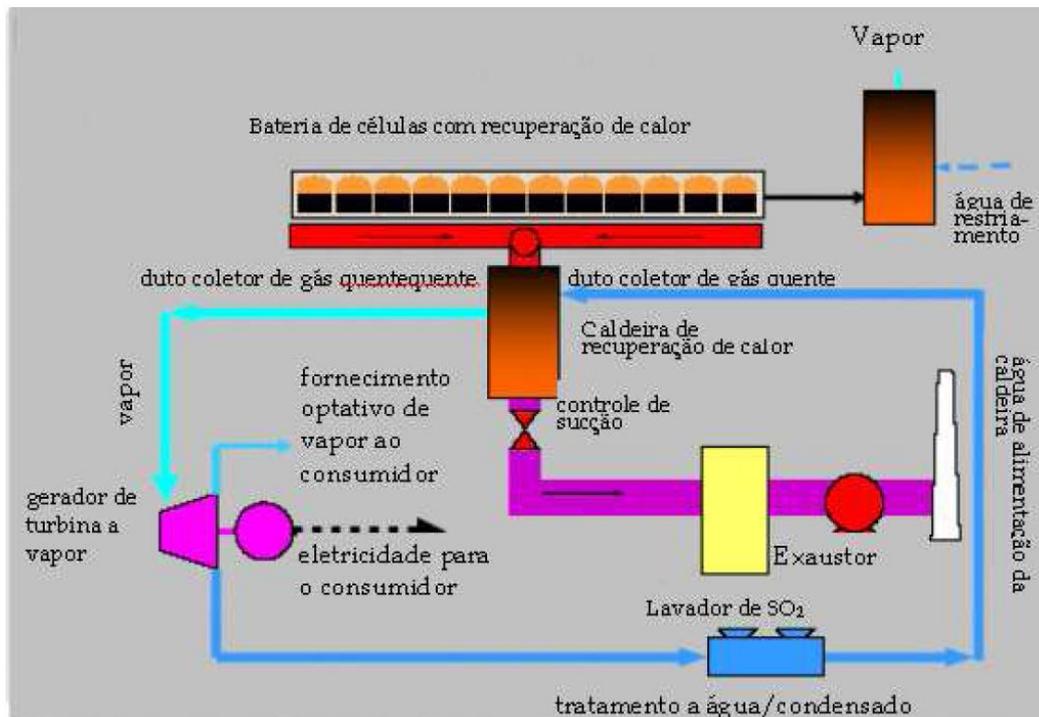


Figura 17 – Diagrama do Sistema de Geração de Vapor

Fonte: ERM BRASIL (2005)

O sistema também apresenta como vantagens: geração de energia para consumo próprio e distribuição de energia excedente; eliminação de riscos de vazamentos de gases do processo, uma vez que trabalha com pressão negativa; redução da emissão de SOx uma vez que trata os gases gerados em um processo de lavagem de gases a seco (FGD) (Usiminas, 2011).

É importante ressaltar que este tipo de coqueria geralmente faz sentido economicamente no caso de uma usina siderúrgica de aço semi-acabado, que não contempla a etapa de Laminação. Isto porque o gás de coqueria é um importante insumo utilizado na Laminação. Sua função nesta etapa seria elevar a temperatura dos produtos

<sup>17</sup> Benzeno, Tolueno e Xileno

semi-acabados, até que o material esteja suficientemente plástico para permitir a redução mecânica à secção desejada (Machado, 2006). Desta forma, o aproveitamento do gás para a geração e venda de eletricidade se torna um atrativo econômico dada a disponibilidade do gás em questão, em comparação ao emprego de uma coqueria convencional.

Com o intuito de minimizar as emissões atmosféricas, a coqueria faz uso, além da recuperação de calor, de filtros de mangas para as etapas de preparação de carvão e também na saída dos gases de combustão (ERM BRASIL, 2005).

Alto-Forno:

Sobre o Alto-Forno pode-se destacar a casa de corrida, que é a saída do Alto-Forno, tanto para o ferro-gusa quanto para a escória. A casa de corrida de cada Alto-Forno contém uma máquina de perfuratriz para a abertura e um canhão de lama para o fechamento do furo de corrida. Este processo é feito a cada ciclo de produção de ferro-gusa.

Ao sair do Alto-Forno através do furo de corrida, o ferro-gusa e a escória, que estão ambos em fase líquida, fluem pelo canal de corrida, onde são separados fisicamente.

A escória segue para o granulador ou para poços de escória, enquanto que o ferro-gusa é direcionado para uma panela própria para o ferro-gusa via os canais de ferro-gusa e a bica de ferro-gusa. O canal de corrida, os canais de ferro-gusa e a bica de ferro-gusa são cobertos e conectados a um sistema de sucção, de forma a evitar emissões atmosféricas.

São utilizadas para o transporte do ferro-gusa dos Altos-Fornos para a Aciaria, painéis de ferro-gusa, do tipo abertas, com uma capacidade estimada em 300 a 350

toneladas cada.

O projeto prevê que, para o caso de haver excesso de ferro-gusa, deve-se utilizar os poços de emergência para despejar o ferro-gusa contido nas panelas, com o objetivo de evitar uma parada dos Altos-Fornos.

Após a solidificação e o resfriamento do ferro-gusa, conforme necessidade, este é quebrado em frações e removido de três maneiras distintas: retirada com escavadeira, Boleamento ou Oxicorte no local. Este ferro-gusa é utilizado posteriormente no conversor da aciaria, como carga sólida.

As medidas de controle de emissões atmosféricas são: despoeiramento via filtro de manga, lavador de gases e uso e tamponamento nas casas de corrida (Usiminas, 2011).

Aciaria:

A Aciaria foi prevista para uma capacidade de produção de 4.950.000 de toneladas de aço por ano, sendo previstos dois conversores, cada um de 300 toneladas de aço líquido vazado. Os conversores utilizam sopro de oxigênio pelo topo do banho, através de uma lança e a injeção de gases inertes pelo fundo. O aço ainda passa por um segundo refino na aciaria, a fim de diminuir seu grau de impurezas, através de processos com objetivos específicos, denominados em conjunto de “refino secundário”.

O ferro gusa chega através das panelas à ala de carga da Aciaria, onde uma ponte rolante descarrega as panelas. O projeto prevê que em caso de interrupção da operação da Aciaria o ferro-gusa das panelas deve ser despejado nos poços de emergência.

Os conversores são então carregados pelas pontes rolantes. Na saída dos conversores, as corridas de aço são direcionadas para panelas de aço, que por sua vez são levadas para o tratamento secundário do aço, através de carros de transferência de panela.

O sistema de limpeza de gases compreende conjuntos de resfriador evaporativo e precipitador eletrostático (Usiminas, 2011).

Termoelétrica:

O principal objetivo da Unidade Termoelétrica é o aproveitamento da energia dos gases e vapor resultantes dos processos da usina, para a geração de energia elétrica. A geração é feita a partir de uma turbina a vapor de alta pressão, com potência de 310MW, gerado em caldeiras de recuperação de calor da Coqueria, vapor de baixa pressão gerado na Aciaria e vapor de alta pressão gerado na própria Unidade Termoelétrica e duas turbinas a gás, cada uma com 90MW de potência, operando em ciclo combinado, a partir da combustão de gás de alto forno, gerando um total de 490MW. Desta forma a Unidade Termoelétrica supre as necessidades de eletricidade da usina, ainda gerando um excedente de 200MW, que é vendido para o sistema elétrico (Usiminas, 2011).

### **5.2.3 Efeitos estimados do Empreendimento – Aspectos Ambientais**

Quando do processo de licenciamento de um empreendimento industrial, um dos estudos contemplados no EIA consiste na estimativa da contribuição do empreendimento para a qualidade do meio ambiente da região. Particularmente, para a avaliação da qualidade do ar são comumente feitas simulações com base nas estimativas de poluição gerada.

Para o empreendimento, foi feita uma simulação das alterações nos níveis dos principais poluentes que compõe o padrão de qualidade do ar, em função do diagnóstico feito inicialmente e de modelagem computacional utilizada para estimar os acréscimos

nas concentrações dos poluentes em questão (ERM BRASIL, 2005).

A Figura 18 exibe o resultado da modelagem considerado mais significativo no que tange a dispersão de poluentes na área de influência. A Tabela 10 apresenta os valores das máximas concentrações estimadas para área de influência, para os parâmetros PTS e PI.

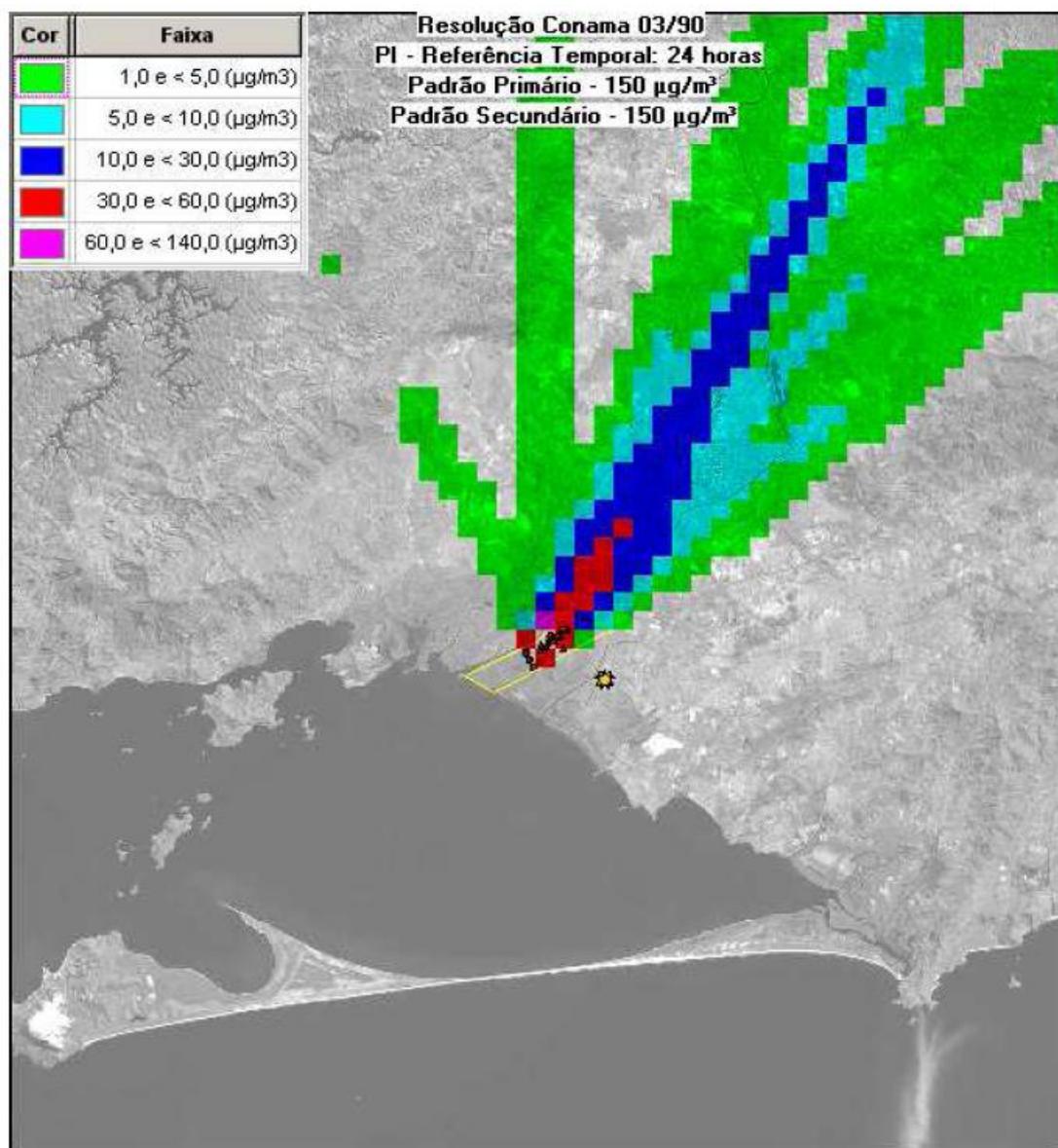


Figura 18 – Resultado modelagem de emissões

Cenário Modelado com o Máximo Acréscimo Médio de 24 horas nas Concentrações de PI decorrente das Emissões da empresa

Fonte: ERM BRASIL (2005)

Conforme é possível observar, os acréscimos nas concentrações para PI são, em geral, maiores conforme se aproxima da fonte emissora, o que é totalmente esperado. Nota-se, que os valores dos acréscimos estão relativamente distantes dos padrões de qualidade do ar estabelecido pela Resolução CONAMA 003/90, que é a referência utilizada pelo órgão ambiental. Porém, quando comparados aos valores estabelecidos pela OMS, somente os acréscimos já se aproximam para o padrão estipulado em uma área de alguns quilômetros quadrados, em região residencial.

Da mesma forma, o prognóstico de acréscimos nas concentrações de PTS e PI fornece valores relativamente distantes do padrão estipulado pelo CONAMA. Porém, no caso do parâmetro PI, a concentração é superior ao estipulado pela OMS. Desta forma pode-se considerar que a modelagem utilizada para estimar as mudanças na qualidade do ar forneceu dados tais que tornasse a região passível de atenção.

*Tabela 10 - Máximos estimados das concentrações de PTS e PI*

Poluente	Referência Temporal	PQAr <sup>a</sup> [µg/m <sup>3</sup> ]	Máxima Concentração Modelada [µg/m <sup>3</sup> ]	Data	Localização (referente ao centro da área da CSA)
PTS	24 horas	240	127,3	25/09/1996 00:30	4 km – NE
	Anual	80 <sup>b</sup>	19,6	Média do Período <sup>c</sup>	3 km – NE
PI	24 horas	150	64,8	25/09/1996 00:30	4 km – NE
	Anual	50	10,1	Média do Período <sup>c</sup>	3 km – NE

Notas

- a. padrão primário da qualidade do ar, referente à Resolução CONAMA 03/1990;
- b. média geométrica anual;
- c. média do período modelado (5 anos).

*Fonte: ERM BRASIL (2005)*

### **5.3 A Operação da usina**

Conforme mencionado, após atrasos ocorridos durante a fase de construção, a usina iniciou formalmente os testes e comissionamento das principais unidades em meados de 2010, constituindo a fase de pré-operação. Esta fase, conforme estipulado na LI, teria uma duração de 90 (noventa) dias para cada unidade e, após este período, estando todos os parâmetros de testes conforme esperado pela empresa e pelo órgão ambiental, seria concedida a Licença de Operação (LO). Porém, devido a uma série de problemas apresentados que geraram poluição atmosférica na região, este processo se arrasta por quase três anos, sem que até a conclusão deste trabalho se tenha uma previsão clara de conclusão. Os detalhes deste processo constituem os itens desta seção. As informações foram obtidas dos processos administrativos do INEA de requerimento das licenças prévia, de instalação e de operação. Cabe mencionar que alguns documentos de interesse não foram anexados aos processos, até a conclusão deste trabalho. Pode-se citar como exemplos relatórios de auditoria, inventários de fontes de emissão e estudos de dispersão atmosférica. Segundo a Central de Atendimento do órgão, alguns documentos são encaminhados para diretorias específicas, não sendo anexados ao processo.

#### **5.3.1 Problemas de poluição: eventos e suas causas**

São apresentados nesta seção os principais eventos de poluição atmosférica ocorridos desde a implantação da usina, bem como suas causas. O levantamento e análise dos mesmos basearam-se nos processos administrativos de requerimento de

licença abertos pelo INEA para as licenças Prévia<sup>18</sup>, de Instalação<sup>19</sup> e de Operação<sup>20</sup>, que contemplam a maioria do histórico de informações trocadas entre o empreendedor e o órgão ambiental para a análise e concessão de cada licença. Desde o início das principais operações, em Julho de 2010, pode-se destacar uma série de grandes eventos de poluição atmosférica ocorridos, que são descritos detalhadamente em seguida.

#### 5.3.1.1 Primeiro Alto-Forno – Julho / 2010 a Outubro / 2010

O primeiro Alto Forno da Usina entrou em operação em 13/07/10, em decorrência da autorização da realização de testes dada pela LI, configurando assim o início da fase de pré-operação com o intuito de futuramente obter a LO. Passados alguns dias da entrada em operação do primeiro Alto-Forno, começaram a surgir reclamações referentes a grandes quantidades visíveis de poluição atmosférica por parte dos moradores do entorno do empreendimento.

O INEA realizou então uma visita<sup>21</sup> à região em 13/08/2010 com o intuito de entender o motivo das denúncias. Os técnicos do órgão ambiental fizeram uma vistoria na vizinhança ao entorno do empreendimento, quando os moradores fizeram inúmeras reclamações sobre a poluição do ar, que teria aumentado havia cerca de um mês, relatando a presença de partículas metálicas. Foram relatados problemas de saúde, como efeitos sobre as vias respiratórias, irritação nos olhos e dermatites diversas, que,

---

<sup>18</sup> Processo Administrativo de requerimento de Licença Prévia: E-07/202.952/2005.

<sup>19</sup> Processo Administrativo de requerimento de Licença de Instalação: E-07/203.328/2006 / Processo Administrativo de requerimento de renovação de LI: E-07/503.583/2009.

<sup>20</sup> Processo Administrativo de requerimento de licença de Operação, número E-07/503.467/2010.

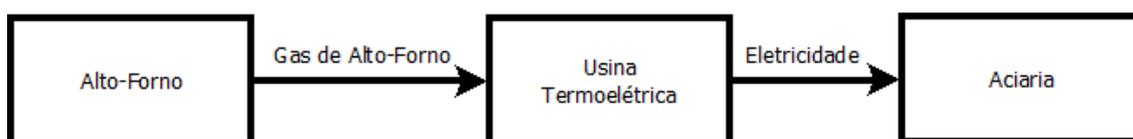
<sup>21</sup> Relatório de Vistoria: RV 5511/2010 de 13/08/2010, processo E-07/503.467/2010, volume I, páginas 118 a 120.

segundo relatado, se desenvolveram ou pioraram significativamente a partir do início da operação da usina.

Ainda neste dia, o INEA realizou também uma vistoria na usina, quando constatou que o ferro-gusa produzido no Alto-Forno estava sendo despejado nos poços de emergência, a céu aberto. Ao ser despejado nestes poços, o ferro-gusa sofre uma redução de temperatura e aumenta sua superfície de contato com o ar, o que gera a emissão de material particulado para a atmosfera contendo ferro e outros metais.

Pode-se considerar este o primeiro evento de poluição atmosférica, que durou algo entre dois a três meses, conforme apresentado adiante. O fluxo de processo principal da usina não estava operacional, estando isto de acordo com o estipulado no planejamento da implantação do empreendimento. O Alto-Forno teve sua operação iniciada, porém a Aciaria ainda não estava planejada para entrar em funcionamento.

O cronograma do projeto foi feito de forma a iniciar cada unidade da usina sequencialmente. Conforme o projeto da usina, não seria possível alterar a ordem das entradas em operação do Alto-Forno e da Aciaria ou mesmo paralelizá-las, devido a uma questão de fluxo de energia. O cronograma de funcionamento das unidades prevê o abastecimento de energia elétrica para a Aciaria sendo realizado pela Termoelétrica, unidade esta que tem seu funcionamento dependente dos gases produzidos pelo Alto-Forno. A Figura 19 ilustra esta dependência.



*Figura 19 - Dependência de energia entre as unidades da usina*

*Fonte: Elaboração própria*

Um problema que agravou a situação foi o fato de a máquina de lingotamento de

ferro-gusa apresentar problemas e não poder ser utilizada como destinação do ferro-gusa proveniente do Alto-Forno, conforme planejamento informado pela empresa.

Desta forma, a decisão tomada foi a de utilizar em larga escala os poços de emergência, sem fazer a devida comunicação ao INEA, que teve conhecimento da questão após denúncias feitas por moradores e pela mídia. A Figura 20 exibe as alternativas de destino das panelas de ferro-gusa após a saída do Alto-Forno.

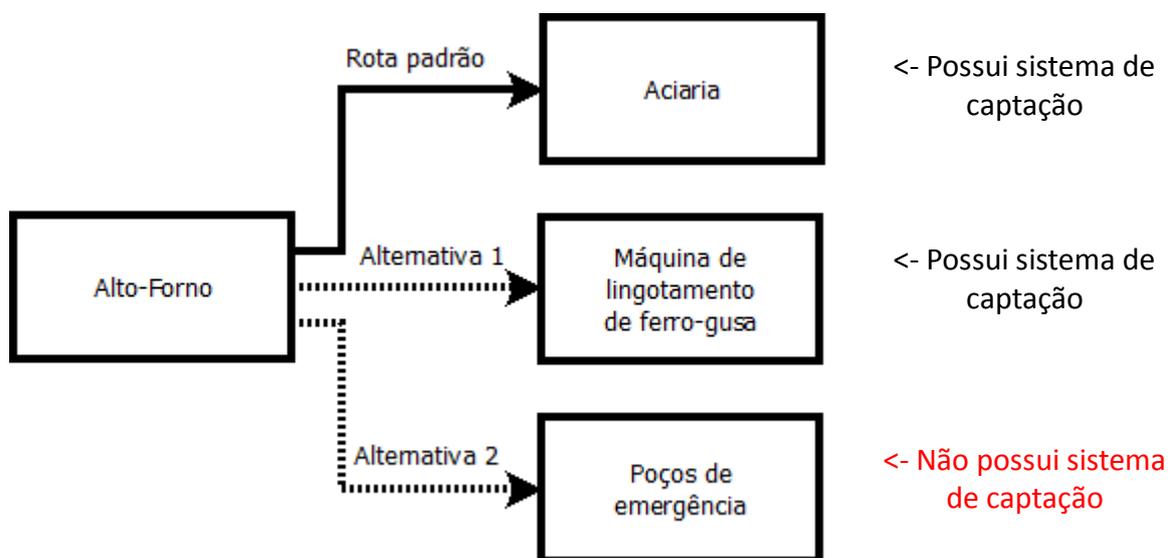


Figura 20 - Rotas de encaminhamento do ferro-gusa oriundo dos Altos-Fornos

Fonte: Elaboração própria

O INEA, ao verificar o ocorrido, ressalta em seu relatório de vistoria que não foi exigido qualquer controle para estes poços de emergência por ter sido informada que seu uso somente se daria em situações de emergência, sendo esta a terceira alternativa para a destinação do ferro-gusa proveniente do Alto-Forno, uma vez que a primeira alternativa era a Aciaria e a segunda a máquina de lingotamento de ferro-gusa. Porém, segundo o planejamento inicial informado no EIA pela empresa, até a entrada em operação da Aciaria, aproximadamente quatro meses mais tarde, o poço seria a segunda opção de destino do ferro-gusa, e não a terceira. O INEA informa também que foi

argumentado que haveria uma grande dificuldade técnica de se instalar um sistema de captação e controle de emissões atmosféricas eficiente para a área dos poços de emergência.

Ao prestar esclarecimentos sobre a poluição gerada, a empresa informou<sup>22</sup> que, conforme o cronograma do projeto em vigência à época desta vistoria, a entrada em operação da Aciaria se daria em algumas semanas (todas as unidades tiveram algum atraso). Assim, a Aciaria chegaria à plena operação na segunda quinzena de setembro e com isto toda a produção de ferro-gusa seria destinada para esta unidade, eliminando os casos de emissão atmosférica. Assim, somente em situações de paralização da Aciaria é que o ferro-gusa seria destinado à máquina de lingotamento ou ao poço de emergência.

Neste episódio não se tem uma estimativa de quanto ferro-gusa foi despejado nos poços a céu aberto nem por quanto tempo a máquina de lingotamento de ferro-gusa ficou fora de operação. Sabe-se que à época desta notificação havia 90 mil toneladas de ferro-gusa solidificado estocados em pilhas<sup>23</sup>, em áreas não pavimentadas, o que provavelmente representava a produção total desde o início da operação do primeiro Alto-Forno.

Com o intuito de minimizar as emissões, empresa adotou medidas paliativas, como o uso de solução polimérica e água sobre o ferro-gusa nos poços de emergência.

Em nova vistoria<sup>24</sup>, realizada em 19/08/2010, alguns dias após à primeira mencionada, o INEA constata que a máquina de lingotamento de ferro-gusa estava

---

<sup>22</sup> Documento: Sem número, datado de 18/08/2010, processo E-07/503.467/2010, volume I, páginas 177 a 183.

<sup>23</sup> Relatório de Vistoria: RV 5594/2010, de 17/08/2010, processo E-07/503.467/2010, volume I, páginas 121 a 123.

<sup>24</sup> Relatório de Vistoria: RV 5591/2010, de 19/08/2010, processo E-07/503.467/2010, volume I, páginas 124 a 126.

sendo utilizada. Porém, foi observada ainda uma grande quantidade de material particulado de aspecto metálico. Estas emissões eram provenientes principalmente da máquina de lingotamento de ferro-gusa. Isto porque a coifa de captação de particulados da máquina estava desconectada do sistema de exaustão que direciona o fluxo gasoso para o sistema de despoeiramento do Alto-Forno. A explicação para tal alteração foi que, devido a um erro do projeto, a coifa impedia que a panela despejasse o ferro-gusa na máquina de lingotamento e, por isso, a coifa foi desconectada. Além disto, devido ao fato da máquina de lingotamento ainda não estar funcionando em sua capacidade de projeto, parte do ferro-gusa continuava sendo despejado no poço de emergência. Novamente foi argumentado que o problema seria sanado com a entrada em operação da Aciaria, porém esta estava em atraso em relação ao cronograma.

Em 20/08/2010 a empresa foi autuada<sup>25</sup> por operar atividade licenciada em desacordo com a restrição número 57 da Licença de Instalação, que condiciona qualquer alteração no projeto à prévia análise e parecer favorável do INEA.

Cabe fazer aqui uma breve análise da situação do empreendimento quanto a este problema de emissões atmosféricas. Neste momento do projeto (agosto de 2010), havia quatro grandes problemas caracterizados como fatores geradores das emissões em questão:

- A Aciaria ainda não estar em operação;
- A máquina de lingotamento não estar operando em capacidade compatível à produção do Alto-Forno;
- A remoção da coifa de captação de material particulado da máquina de lingotamento;

---

<sup>25</sup> Notificação: GELINCON 00003252, de 20/08/2010, processo E-07/503.467/2010, volume I, página 134.

- O poço não conter sistema de despoejamento.

A Figura 21 retoma as rotas mencionadas na Figura 20 com o uso efetivo das unidades durante os primeiros meses após o início do primeiro Alto-Forno.

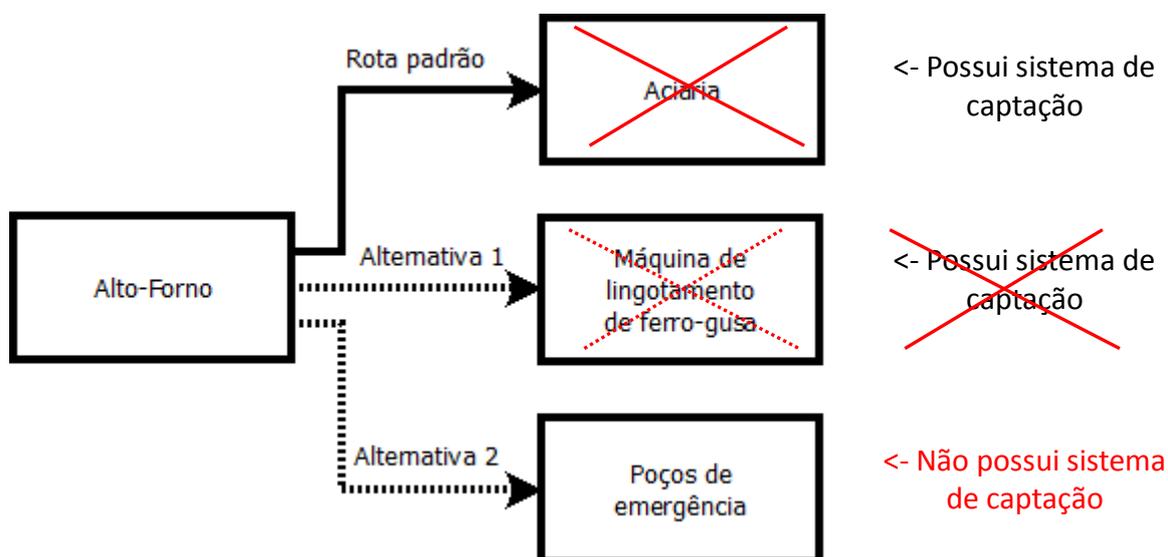


Figura 21 – Uso na prática das rotas de ferro-gusa oriundo dos Altos-Fornos

Fonte: Elaboração própria

Até que estes problemas fossem sanados, a emissão de poluentes à atmosfera continuaria, mesmo com o Alto-Forno operando a uma capacidade reduzida. A princípio a paralização do Alto-Forno não estava em cogitação, pois este procedimento, chamado de abafamento, pode danificar parte da estrutura do Alto-Forno.

Outro problema a ser destacado é que o uso do poço de emergência causa emissões atmosféricas não somente quando do despejo do ferro-gusa líquido das painelas provenientes do Alto-Forno, mas também nas operações de remoção do ferro-gusa já solidificado no mesmo poço, chamado comumente de *bode* ou *bodies*. O planejamento do empreendimento previa que esta remoção poderia ser feita de três maneiras distintas, dependendo do estado do ferro-gusa solidificado:

- Retirada do ferro-gusa com escavadeira;

- Boleamento;
- Oxicorte.

Em determinados casos, quando não é possível utilizar a escavadeira, recorre-se ao método de Boleamento e, mostrando-se este ineficaz, utiliza-se o Oxicorte. A maior preocupação se dá no uso do Oxicorte, que tem como efeito emissões atmosféricas consideráveis. Portanto a remoção do material dos poços também gera emissão de particulados, e dependendo da técnica utilizada pode haver maior ou menor emissão. Inicialmente, a LI havia proibido o uso do Oxicorte, porém posteriormente foi incluído um condicionante em que o procedimento poderia ser realizado, mediante a instalação de sistema de controle de poluição. Nos processos analisados não há menção sobre as frequências de uso de cada procedimento, o que impede uma estimativa da contribuição da remoção do material dos poços para a poluição do ar.

Em mais uma vistoria realizada, em 20/08/2010, o INEA constatou que, como solução paliativa a empresa adaptou<sup>26</sup> a coifa de captação de material particulado da máquina de lingotamento de ferro-gusa. A ideia seria utilizar esta medida enquanto não se tinha uma solução definitiva por parte do fornecedor da máquina, deveria encontrar uma solução para o erro no projeto. Ainda assim, conforme o relato dos técnicos do INEA, durante as operações de despejo de ferro-gusa na máquina de lingotamento continuaram sendo geradas consideráveis emissões atmosféricas, demonstrando que a medida foi ineficaz.

Durante o período entre o início de operação do Alto-Forno até o início de operação da Aciaria ocorreram assim diversas interrupções da máquina de lingotamento de ferro-gusa, levando a despejos no poço de emergência. Entretanto, a quantidade

---

<sup>26</sup> Relatório de Vistoria: RV 5592/2010, de 20/08/2010, processo E-07/503.467/2010, volume I, páginas 131 a 133.

despejada não foi contabilizada, pois até então o INEA não tinha um controle destes dados. A exigência de informe diário da produção e da quantidade direcionada para os poços e para a máquina de lingotamento de gusa veio após as vistorias anteriormente citadas<sup>27</sup>. A Figura 22 exibe a quantidade de ferro-gusa despejada nos poços ou na máquina de lingotamento, sem qualquer controle de poluição atmosférica, durante os dois meses seguintes a partir da exigência do INEA de informe da produção.

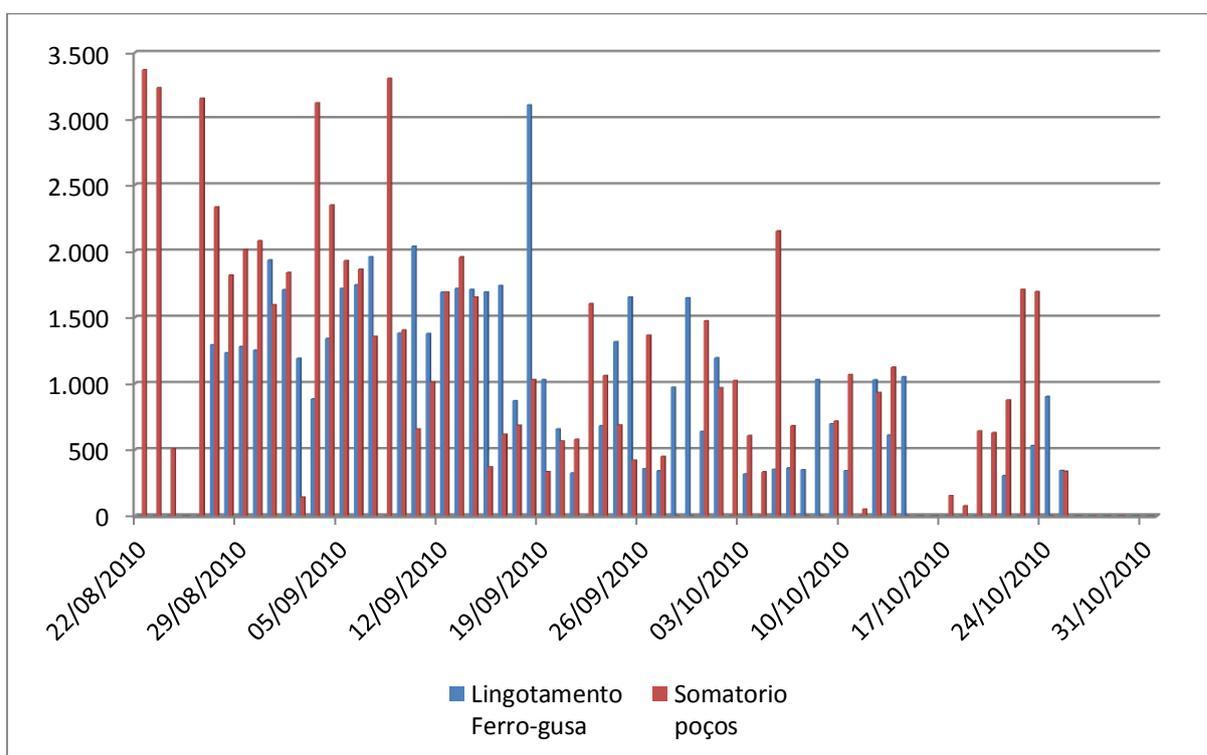


Figura 22 – Despejos de ferro-gusa não planejados – agosto a outubro de 2010  
 Quantidade diária de ferro-gusa não direcionada de agosto a outubro de 2010  
 Fonte: Elaboração própria, a partir de dados provenientes de relatórios da empresa<sup>28</sup>.

Devido a questões levantadas sobre os impactos na saúde da população

<sup>27</sup> Notificação: GELINNOT 00014815, de 20/08/2010, processo E-07/503.467/2010, volume I, página 129.

<sup>28</sup> Documento: MA EXT 086/2011, de 14/02/2011, processo E-07/503.467/2010, volume IV, páginas 2472 a 2477.

afetada<sup>29</sup>, foram coletadas em 18/08/2010 por um laboratório contratado pela empresa, chamado Operator, amostras de material particulado na comunidade vizinha ao empreendimento em seis pontos distintos<sup>30</sup>. As amostras foram quarteadas, tendo sido duas partes entregues ao INEA e as demais encaminhadas para análise.

A influência dos eventos de emissões atmosféricas na qualidade do ar da região foi significativa. A Figura 23 exibe a alteração da qualidade do ar no que concerne a Partículas Inaláveis (PM<sub>10</sub>).

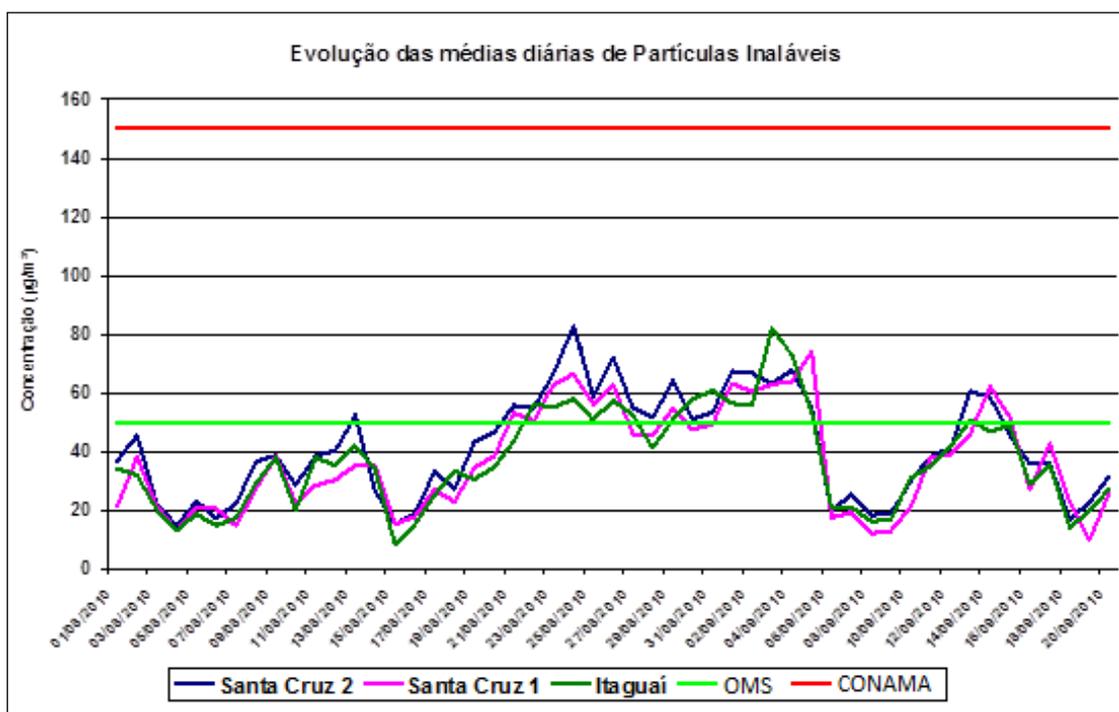


Figura 23 - Qualidade do ar no período de início da operação do Alto-Forno 1

Fonte: Adaptação de gráfico fornecido pelo INEA<sup>31</sup>

<sup>29</sup> Relatório de Vistoria: RV 5511/2010 de 13/08/2010, processo E-07/503.467/2010, volume I, páginas 118 a 120.

<sup>30</sup> Documento: MA EXT 171/2011, de 24/08/2010, processo E-07/503.467/2010, volume I, páginas 205 a 215.

<sup>31</sup> Documento sem número Referente ao Ofício 224/2011/NUDEDH de 17/03/2011, processo E-07/503.467/2010, volume VII, páginas 4006 a 4040.

Dada a Figura 23 pode-se observar que, com no padrão de qualidade do ar estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90, as concentrações de material particulado inalável – PM<sub>10</sub> - medidas na região nos meses de agosto e setembro de 2010 não ultrapassaram o limite estabelecido – 150 µg/m<sup>3</sup>. Porém, considerando-se o padrão estipulado pela Organização Mundial da Saúde (AQG<sup>32</sup>) - 50 µg/m<sup>3</sup>, ocorreram 18 violações no período. Deve-se considerar que o padrão estabelecido pela resolução CONAMA foi baseado no estipulado pela OMS em 1987, não tendo havido qualquer revisão ou atualização desde então, ao contrário da OMS.

Diante disto, a empresa foi notificada<sup>33</sup> a cumprir, entre outras, as seguintes exigências:

- Projetar e implantar novo sistema de captação e controle de poluição do ar para máquina de lingotamento de ferro gusa, utilizando a melhor tecnologia disponível; (Prazo: quarenta e cinco dias)

- Apresentar projeto e implantar sistema de controle de poluição do ar para o pit de emergência, utilizando a melhor tecnologia disponível; (Prazo: quarenta e cinco dias)

- Adequar número de painéis à capacidade de processamento da máquina de lingotamento de ferro gusa, no caso da impossibilidade de direcionamento para Aciaria, de forma a minimizar o envio de ferro gusa para o poço de emergência e evitar o basculamento do ferro gusa nos start up pits<sup>34</sup>. (Prazo: trinta dias)

Assim, pode-se estabelecer que em outubro termina a primeira etapa deste processo, quando completariam os três meses delimitados na LI para a fase de pré-

---

<sup>32</sup> *Air quality guideline.*

<sup>33</sup> Notificação: GELINNOT 00015947, de 22/09/2010, processo E-07/503.467/2010, volume I, páginas 321 e 322.

<sup>34</sup> Start up pits são os poços utilizados para o início da operação de um Alto-Forno, onde é despejado o ferro-gusa inicial, dada sua baixa qualidade.

operação.

### 5.3.1.2 Segundo Alto Forno - Novembro / 2010 a Janeiro / 2011

Em outubro de 2010, tendo a empresa pleiteado o início da pré-operação do segundo Alto-Forno e em função da dificuldade do andamento das exigências colocadas relativas à redução das emissões atmosféricas<sup>35</sup>, o INEA tentou adotar uma medida extra como precaução aos possíveis desdobramentos da continuação da operação da usina no modo descrito. O órgão ambiental notificou<sup>36</sup> a empresa de que esta somente deveria iniciar a pré-operação do segundo Alto-Forno após o total cumprimento das exigências anteriormente citadas.

Sobre a não concordância do INEA com o início da operação do segundo Alto-Forno, a empresa apresentou um questionamento e alguns argumentos técnicos<sup>37</sup>.

Esta demonstrou necessidade de se prolongar o prazo para a apresentação do projeto do sistema de controle de poluição do ar para o poço de emergência alegando haver grande complexidade. O projeto de engenharia levaria pelo menos mais um mês enquanto a execução do mesmo levaria de quatro a seis meses após a conclusão do projeto. Até a implantação do sistema, sempre que houvesse qualquer necessidade de uso dos poços de emergência, haveria a ocorrência de emissões atmosféricas. Ainda, segundo afirmado pela empresa, a não instalação do sistema de controle para o poço não

---

<sup>35</sup> Notificação: GELINNOT 00015947, de 22/09/2010, processo E-07/503.467/2010, volume I, páginas 321 e 322.

<sup>36</sup> Notificação: GELINNOT 00016509, de 06/10/2010, processo E-07/503.467/2010, volume I, páginas 496 e 497.

<sup>37</sup> Documento: MA EXT 295/2010, de 08/11/2010, processo E-07/503.467/2010, volume I, páginas 618 a 622.

prejudicaria o início da operação do segundo alto-forno, devido ao fato de que com o segundo convertedor da aciaria em funcionamento, que estava prestes a entrar em operação, a capacidade de absorção total da usina aumentaria para 20 mil toneladas por dia de ferro-gusa. Isto porque cada convertedor tem uma capacidade de utilizar 10 mil toneladas de ferro-gusa por dia, de forma que na necessidade da paralisação de um destes, ainda seria possível absorver a produção dos dois Altos-Fornos. Para isto seria necessário reduzir a produção, porém seria possível receber todo o ferro-gusa dos dois Altos-Fornos operando em produção reduzida, próxima da mínima – 3,5 mil toneladas por dia para cada Alto-Forno. A Tabela 11 informa as capacidades de projeto das principais unidades em questão da usina.

*Tabela 11 - Capacidade de produção das principais unidades da Usina.*

Unidade	Capacidade de Produção Projetada (ton / dia)	
	Mínimo	Máximo
Alto-Forno 1	3.500	7.000
Alto-Forno 2	3.500	7.000
Lingotamento Fe Gusa	-	8.000
Aciaria - Convertedor 1	-	10.000
Aciaria - Convertedor 2	-	10.000

*Fonte: Elaboração própria, a partir de dados provenientes de relatório do INEA<sup>38</sup>.*

Colocados estes argumentos a empresa então solicita a remoção da exigência dos sistemas supracitados como condição necessária para o início da operação do segundo Alto-Forno, condicionando somente a sua entrada em operação à prévia operação

<sup>38</sup> Relatório de Vistoria: RV 5591/10, de 19/08/2010. processo E-07/503.467/10, volume I, página 124.

estável do segundo convertedor da Aciaria.

Cabem aqui algumas observações quanto aos argumentos colocados. Observando-se a Tabela 11 é possível notar que, no caso de uma paralização total da aciaria e uma produção conjunta dos Altos-Fornos próxima à máxima, não é possível o encaminhamento de todo o ferro-gusa produzido para a Máquina de Lingotamento de Ferro-Gusa. Além disto, dado o problema técnico de vazão da máquina de lingotamento de ferro-gusa relatado pela empresa, a probabilidade de uso dos poços era maior, servindo a máquina de lingotamento apenas para o desvio de poucas panelas ou a uma vazão de produção próxima à mínima do Alto-Forno. Desta forma, a possibilidade de novos eventos de poluição do ar era real e previsível. Quanto ao sistema de despoeiramento para o poço de ferro-gusa, o que se observou na prática é que este levou um ano e meio para ficar pronto<sup>39</sup>.

Perante os argumentos expostos pela empresa, o INEA se pronunciou em reunião com esta<sup>40</sup>, mantendo as exigências anteriormente feitas e se manifestando novamente contra o início do segundo Alto-Forno até que as medidas citadas fossem implementadas. Informou ainda que após a implementação das ações de controle, deveriam ser realizados testes antes da partida do segundo Alto-Forno, com acompanhamento do INEA, para verificação da eficiência do referido sistema de controle.

Detalhamento das atividades para o início da operação do segundo Alto-Forno:

Ainda com o intuito de conseguir a mudança da decisão dos técnicos do INEA, a

---

<sup>39</sup> Documento: MA EXT 195/2012, de 27/04/2012, processo E-07/503.467/2010, volume XI, páginas 5965 a 5974.

<sup>40</sup> Ata de reunião entre o INEA e a CSA em 16/11/2010, processo E-07/503.467/2010, volume II, páginas 825 e 826.

empresa apresentou novos documentos com argumentações. Assim, fornecendo detalhes sobre o início da operação, a empresa explica que a entrada em operação do Alto-Forno pode ser dividida em dois momentos distintos: o primeiro momento é aquele em que, devido à temperatura e qualidade de gusa e escória, os dois materiais não são separáveis pelo sistema de canais de corrida do Alto Forno; o segundo momento se inicia quando os materiais começam a ser separados nos canais, permitindo sua destinação em separado para os processos seguintes.

No primeiro momento acima descrito, a produção do Alto-Forno é uma mistura de ferro-gusa e escória, e por esse motivo não pode ser destinada à aciaria. Desconsiderando-se o uso da máquina de lingotamento de ferro-gusa, este primeiro material produzido deve ser despejado no poço de emergência, resfriado, solidificado e removido por meio de máquinas que o quebram em pedaços.

Passados os cinco primeiros dias de operação do segundo Alto-Forno, quando fosse possível separar-se gusa e escória nos canais de corridas, todo gusa seria utilizado na produção de aço. Caso necessário, para adequação de qualidade, seria feita mistura de gusa proveniente dos dois Altos-Fornos nas panelas, considerando-se que o primeiro Alto-Forno já produz ferro-gusa com alta qualidade, e assim garantir que toda a produção de ferro-gusa seja absorvida pela aciaria ou pela máquina de lingotamento de ferro-gusa, eliminando-se por completo a necessidade de utilização dos poços de emergência em condições normais de operação. Segundo a empresa, após os cinco primeiros dias, os poços seriam utilizados apenas em caso de emergência, conforme previsto no licenciamento ambiental.

Cabe também aqui uma observação sobre uso excepcional dos poços, ou em caso de emergência. Este argumento poderia ser contestado, pois conforme visto no caso do primeiro Alto-Forno, o termo “caso de emergência” se demonstra demasiado

subjetivo, não havendo qualquer garantia de seu uso como exceção.

Assim, frente às explicações destes procedimentos, o INEA manteve sua posição<sup>41</sup>, rejeitando o pedido de cancelamento das exigências mencionadas como condição necessária para o início da operação do segundo Alto-Forno. As justificativas apresentadas pela empresa foram consideradas improcedentes. O INEA ainda solicitou a apresentação plano de logística operacional das panelas para o segundo Alto Forno.

Então, conforme o pedido do INEA, em 25/11/2010 a empresa apresentou<sup>42</sup> os cálculos para estabelecimento do número de panelas a serem utilizados durante a operação dos dois Altos-Fornos, conforme descrito a seguir:

- Ciclo máximo de uma panela (em minutos):

60 - enchimento no Alto Forno

10 - transporte Alto Forno - Aciaria

40 - dessulfurização

20 - carregamento no conversor

10 - transporte Aciaria - Alto Forno

Total: 140 minutos por ciclo.

Como cada dia tem 1.440 minutos, seria possível fazer 10,286 ciclos por dia com uma panela. Considerando-se o tempo diário de manutenção em uma panela 360 minutos, pode-se considerar o uso, em média, próximo de 8 ciclos por dia com uma panela.

---

<sup>41</sup> Notificação: GELINNOT 01002719, de 23/11/2010, processo E-07/503.467/2010, volume III, página 1479.

<sup>42</sup> Documento: MA EXT 321/2010, de 25/11/2010, processo E-07/503.467/2010, volume III, páginas 1453 a 1456.

- Quantidade de panelas prevista em operação

3 - panelas nas bicas do AF1

3 - panelas nas bicas do AF2

3 - panelas na Aciaria

2 - panelas para substituir as 6 dos AFs

Total: 11 - panelas em operação (máximo, em volume máximo de produção)

- Quantidade de ciclos necessários para produção dos AFs

15.000 ton/dia

350 ton/panela

43 ciclos de panelas/dia

4 ciclos em cada panela em operação

Ou seja, a empresa utilizaria, no máximo, 4 ciclos por dia em 11 panelas capazes de executar algo próximo de 8 ciclos cada uma. Além das 11 panelas em operação, a empresa teria disponível mais 9 panelas reservas / em manutenção.

Cabe aqui destacar que estes cálculos apresentados pela empresa não consideram o caso de uma parada na aciaria e uma transferência de toda a produção para a máquina de lingotamento. As mesmas estimativas de tempo e fluxo deveriam ter sido feitas para a máquina de lingotamento, o que acarretaria em uma necessidade de mais panelas, mesmo reduzindo-se o ritmo de produção de ferro-gusa, conforme visto na prática após o início da operação do segundo Alto-Forno.

Decisão do INEA sobre exigências para a liberação do segundo Alto-Forno

Em função da determinação de implantação de controles adicionais nos poços de

emergência, o INEA verificou a implantação um sistema de telas de aço com malha 60 e fio 0,16 mm, junto aos distribuidores e nos primeiros doze metros dos poços de emergência, locais de maior emissão, com o objetivo de impedir dispersão das emissões. Também foi verificada a instalação nas paredes contíguas aos distribuidores dez bicos aspersores de água, utilizados para minimizar as emissões durante o despejo do ferro-gusa nos distribuidores dos poços de emergência. Estas medidas seriam um paliativo para as emissões nos poços, até a conclusão do projeto e implantação do sistema de captação definitivo.

No início de dezembro foi feita pelo INEA nova vistoria<sup>43</sup> com a finalidade de se verificar a eficiência dos controles paliativos implantados nos poços de emergência. Para tal, foi direcionada uma panela de 350 toneladas de ferro-gusa para um poço. Entretanto, segundo o relatório de vistoria, foi observada a emissão de resíduos gasosos e material particulado para a atmosfera em quantidades consideráveis durante o despejo no poço, o que demonstrou a ineficiência do sistema paliativo implantado.

Ficou então evidente que o sistema de controle implantado nos poços de emergência, mesmo em caráter paliativo e emergencial, apresentou-se ineficaz, reforçando, portanto, a necessidade da instalação do sistema de controle definitivo nos poços de emergência, de forma a controlar as emissões provenientes do despejo de ferro-gusa.

Após a discussão<sup>44</sup> da questão entre a Gerência de Licenciamento de Indústrias (GELIN), a Diretoria de Licenciamento Ambiental (DILAM) e o Conselho de Diretores (CONDIR), o INEA decidiu por uma solução alternativa. Em função dos problemas

---

<sup>43</sup> Relatório de Vistoria: RV 0041/2011, de 03/12/2010, processo E-07/503.467/2010, volume III, páginas 1600 a 1603.

<sup>44</sup> Comunicados internos de 09/12/2010 e 14/12/2010, processo E-07/503.467/2010, volume II, páginas 878 a 880 e 1083.

ocorridos desde o início da operação da usina, das medidas exigidas pelo próprio INEA e da afirmação da empresa de que não haveria tecnologia disponível para controle das emissões atmosféricas decorrentes das operações nos poços de emergência, a presidência do INEA exigiu<sup>45</sup> em 14/12/2010 a realização de Auditoria Ambiental<sup>46</sup> independente. Esta Auditoria Ambiental teria a finalidade de avaliar e indicar os melhores procedimentos a serem seguidos para o início da operação do segundo Alto-Forno, com a determinação do INEA de que a contratação seria feita pelo INEA e o custo a cargo da empresa.

Então, como a solicitação do cancelamento das exigências para a partida do segundo Alto-Forno não foi integralmente atendida pela presidência do INEA, a empresa levou a questão para a Secretaria de Estado do Ambiente – SEA em 14/12/2010, através de um recurso administrativo<sup>47</sup>.

Este recurso contém uma série de argumentos quanto às repercussões da não autorização do início da operação do segundo Alto-Forno. A empresa argumenta que os poços de ferro-gusa se encontram licenciados pelo INEA, dada a Licença de Instalação concedida, e também que durante os primeiros dias da partida de qualquer Alto-Forno é produzida uma mistura de ferro-gusa e escória, sendo necessário seu despejo nos poços de ferro-gusa, até que a produção atinja determinado nível de qualidade para que possa ser utilizado na aciaria ou na máquina de lingotamento de ferro-gusa.

A empresa aponta ainda a inexistência de danos e riscos sobre a saúde, com o

---

<sup>45</sup> Ofício INEA/PRES número 2571, de 14/12/2010, processo E-07/503.467/2010, volume II, página 1084.

<sup>46</sup> A título de esclarecimento, devido às várias auditorias mencionadas em sequência, cabe discriminá-las adequadamente. A auditoria ambiental por ora mencionada viria a ser efetuada pela empresa CH2M HILL, sendo seu relatório entregue em 16/12/2010.

<sup>47</sup> Recurso Administrativo de 14/12/2010 nos termos do artigo 66 da Lei 5.427/2009, processo E-07/503.467/2010, volume II, páginas 1085 a 1089.

respaldo de um Parecer<sup>48</sup> de uma Consultoria da área de Toxicologia. O parecer considera que o material particulado emitido seria essencialmente constituído por grafite, cuja composição química seria somente carbono, e que por esta razão não causaria dano à saúde da população.

A empresa indicou também a necessidade de iniciar a operação do segundo Alto-Forno até o dia 15/12/2010, em função de alguns aspectos, como: disponibilidade da equipe de comissionamento, obrigação para com a ANEEL de entrega de eletricidade<sup>49</sup>, compromisso do consumo de minério da Vale e a possibilidade da inviabilidade financeira do empreendimento com o possível desinvestimento no país. Mais especificamente, podem-se listar as seguintes repercussões apontadas pela empresa:

- Aspectos econômicos apontados: perda de receitas: R\$ 1,13 Bilhões; multas da ANEEL: R\$ 172,8 Milhões; Perdas patrimoniais: refratários, placas de refrigeração, carcaças e outros equipamentos que compõe o Alto-Forno, substituídos em caso de desaquecimento dos regeneradores: R\$ 650 Milhões; redução de tributos recolhidos pela empresa: R\$ 400 Milhões;
- Aspectos sociais apontados: demissão mão de obra - 800 funcionários diretos e 1000 terceirizados<sup>50</sup>; aumento da probabilidade de falta de energia na Região Sudeste, devido à não entrega de 200MW.
- Aspecto jurídico apontado: quebra de segurança jurídica para

---

<sup>48</sup> Parecer da empresa Rene Mendes Consultoria, de 30/08/2010, processo E-07/503.467/2010, volume I, páginas 974 a 976.

<sup>49</sup> O segundo Alto-Forno adicionaria à Termelétrica da Usina algo entre 80 MW e 150MW, dependendo do seu desempenho.

<sup>50</sup> Estes números somados representam mais de 25% dos empregos estimados pelo EIA para a operação de todo o complexo siderúrgico.

investimentos de grande porte e a provável responsabilização institucional e pessoal pela suposta ilegalidade.

A empresa ainda assegura que a saúde da população vizinha ao empreendimento e seus funcionários não seria exposta a qualquer tipo de risco em decorrência das possíveis emissões em questão. Faz também uma crítica ao INEA por delegar a avaliação da questão, já que é o órgão competente / responsável por analisar tais questões ambientais. Aponta que as exigências do INEA se resumem à aplicação do princípio da precaução para evitar um incômodo que sequer pode ser caracterizado, e que assim, afirma, coloca o empreendimento em risco sem apresentar justificativa plausível.

#### Decisão da SEA

A SEA decide autorizar<sup>51</sup>, em 15/12/2010<sup>52</sup>, a partida do segundo Alto-Forno, condicionada a algumas medidas. Estas medidas incluem a apresentação do laudo de auditoria<sup>53</sup> técnica internacional, indicando que a prática na partida deste Alto-Forno é adequada e que as medidas de controle são eficientes, bem como a apresentação de apólice de seguro com a cobertura de eventuais danos em função da partida do segundo Alto-Forno. Exige ainda a não exposição da saúde da população a riscos de qualquer natureza em decorrência desta operação, não utilização a máquina de lingotamento de ferro-gusa na partida do segundo Alto-Forno e a manutenção de sistema de

---

<sup>51</sup> Documento sem número de dezembro de 2010, processo E-07/503.467/2010, volume II, páginas 1302 a 1304.

<sup>52</sup> O documento arquivado no processo está sem o dia da data preenchida, somente o mês e ano. Porém, dada a sequência cronológica dos argumentos e documentos, presume-se que esta data seja 14 ou 15 de dezembro de 2010.

<sup>53</sup> Novamente, a título de esclarecimento devido às diversas auditorias citadas no trabalho, cabe mencionar que a auditoria ambiental por ora mencionada viria a ser efetuada pela empresa CH2M HILL.

monitoramento na comunidade a fim de verificar possíveis alterações nos padrões atmosféricos.

Por fim, diante da relevância do tema, o qual envolve questões de desenvolvimento econômico e social, segurança jurídica de investimentos, geração de energia e saúde da população, as quais extrapolam a competência da SEA, esta remete a decisão à Secretaria de Estado da Casa Civil para ratificação do Governador do Estado do Rio de Janeiro.

A Secretaria de Estado da Casa Civil, então, se pronuncia<sup>54</sup>, informando que a instalação desta usina no Estado do Rio de Janeiro decorreu de um longo processo de atração de investimentos por parte do Estado, que veio a beneficiar a população com um investimento de mais de 5 bilhões de euros – o equivalente a aproximadamente 12 bilhões de reais, com geração de dezenas de milhares de empregos diretos e indiretos, realização de seis bilhões de reais em aquisição de bens e serviços no Estado e geração de aproximadamente um bilhão de reais em tributos durante a implantação do empreendimento. Cita ainda estar demonstrado também que a não entrada imediata do segundo Alto-Forno em funcionamento causaria ao Estado grave lesão econômica e grave abalo em sua imagem nacional e internacional, dado que o Estado impediria o funcionamento de uma indústria regularmente licenciada pelos próprios órgãos ambientais estaduais, sem que haja evidência de um grave motivo para que isto fosse feito.

O documento aponta também que Estado não pode colocar em risco o maior investimento privado feito por uma empresa no hemisfério ocidental, dado que está demonstrado que a empresa tomou todas as providências tecnológicas hoje existentes para que a operação ocorra dentro do padrão internacional. O não início imediato da

---

<sup>54</sup> Documento sem número de 15/12/2010, processo E-07/503.467/2010, volume II, páginas 1307 e 1308.

operação do segundo Alto-Forno, além de resultar na demissão de milhares de trabalhadores, teria repercussões internacionais, na medida em que impediria também o funcionamento integral da planta da empresa nos Estados Unidos, trazendo-lhes graves prejuízos.

Diante do exposto e da repercussão geral gerada pela questão para o Estado, o Governador do Estado ratifica em 15/12/2010 a decisão tomada pela Secretaria do Estado do Ambiente, de autorização da partida do segundo Alto-Forno da usina.

Cabe aqui levantar algumas questões sobre alguns argumentos apresentados. Os efeitos decorrentes da instalação e operação de uma usina deste porte são diversos, atingindo diferentes grupos da sociedade, cada um de uma forma. Os vários bônus e ônus não são distribuídos igualmente. Um mesmo grande empreendimento que pode vir a trazer emprego para determinados grupos pode ter efeitos negativos para outras atividades econômicas, afetando outros setores econômicos regionais, seja por questões econômicas ou mesmo por outros efeitos, como a competição por recursos ou inviabilização do acesso a estes, causados por problemas ambientais. Portanto cabe aos tomadores de decisão, no caso, a administração pública, considerar todos os efeitos aos diversos grupos envolvidos, principalmente na região de localização do empreendimento, onde os impactos ocorrem em sua maior intensidade.

Ainda, algo sempre considerado delicado é a questão dos empregos. Entende-se que a restrição do INEA não tinha como intenção proibir indefinidamente a operação do empreendimento, mas sim postergar temporariamente a operação do Alto-Forno até as medidas exigidas serem implementadas. Logo, a demanda por mão de obra voltaria a existir em mesma magnitude após algum atraso, o equivalente a um atraso de cronograma nas etapas anteriores de construção e instalação. O mesmo se pode afirmar sobre a movimentação da economia quanto à aquisição de bens e serviços e geração de

tributos.

Também, alegar ausência de motivo para restringir o funcionamento da usina está desconsiderando a saúde da população localizada na região. Isto porque, devido à ausência de dados sobre a saúde da população – que o próprio Estado deveria ter, em casos de dúvida deve-se utilizar o princípio da precaução. Segundo (SEHN, 1998), quando uma atividade ameaça causar danos à saúde ou ao meio ambiente, mesmo no caso em que algumas relações de causalidade não estejam completamente estabelecidas cientificamente, deve-se implementar o princípio da precaução.

Ao se colocar que a empresa tomou todas as providências tecnológicas hoje existentes para que a operação ocorra dentro do padrão internacional, ignoram-se completamente os diversos episódios de poluição atmosférica ocorridos nos meses anteriores e as pelo menos 75 mil toneladas de ferro-gusa despejadas em poços – algo totalmente fora do padrão internacional.

Após a autorização dada pela SEA, ratificada pelo Governador do Estado, contrariando a posição dos técnicos do INEA, empresa apresentou o relatório de auditoria internacional exigido pelo INEA e pela SEA. O relatório, feito pela empresa CH2M HILL, foi apresentado no dia seguinte à autorização da operação do segundo Alto-Forno e dois dias depois da exigência desta auditoria. Em resumo, a auditora afirma que os procedimentos adotados pela usina representam o conjunto de procedimentos padrão adotados no início de operação de um Alto-Forno. O relatório propõe que por volta de cinco minutos precedidos de qualquer despejo de ferro-gusa no poço de emergência, a empresa deve identificar visualmente a direção e velocidade do vento na localização do poço. Caso a direção do vento seja a da região onde se localiza a partes habitadas de Santa Cruz, não se deve dar início à operação de despejo. Caso contrário, pode-se dar início ao despejo do ferro-gusa. Se durante o resfriamento do

ferro-gusa houver mudança na direção do vento para a região de Santa Cruz, deve-se parar a operação imediatamente e somente retomá-la quando houver nova mudança no vento. Dadas todas estas condições, atesta-se que as emissões de material particulado e outros poluentes teriam mínimo impacto na região de Santa Cruz.

#### Início da pré-operação do segundo Alto-Forno

Teve então início o aquecimento do segundo Alto-Forno em 16/12/10, tendo sido o INEA convidado a acompanhar o processo. Durante o acompanhamento<sup>55</sup> da partida do segundo Alto-Forno, evidenciou-se quantidade considerável de emissões pela casa de corrida de ambos os Altos-Fornos. Segundo informado, a coifa<sup>56</sup> de captação da casa de corrida do segundo Alto-Forno tinha sido removida para facilitar a operação de limpeza dos canais de vazamento, devido a frequentes obstruções, que ocorreram devido ao alto teor de silício nos canais. O responsável pela unidade informou que a recolocação das coifas de captação somente seria realizada quando houvesse diminuição do teor de silício e uma melhor separação entre escória e ferro-gusa, o que só ocorre com a estabilização do processo, que pode levar alguns dias. Além disto, devido ao alto teor de silício do ferro-gusa produzido no segundo Alto-Forno, foi injetado oxigênio frequentemente a fim de facilitar a movimentação do ferro líquido, o que provoca a intensificação das emissões atmosféricas.

Porém, o problema não estava limitado ao segundo Alto-Forno. Durante o acompanhamento mencionado, feito pelo INEA, foi evidenciado que o primeiro Alto-

---

<sup>55</sup> Relatório de Vistoria: RV 0041/2011, de 17/12/2010, processo E-07/503.467/2010, volume III, páginas 1834 a 1845.

<sup>56</sup> Esta coifa é responsável por captar as emanações gasosas na região de abertura dos furos por máquina perfuratriz, na área do forno correspondendo ao gusa líquido, nos canais de corrida do ferro-gusa e escória e no envase do ferro-gusa, do canal para a panela.

Forno, que já se encontrava em operação estabilizada, também apresentava emissões significativas pela casa de corrida, devido à ineficiência do sistema de captação que direciona as emissões para um sistema de filtro de mangas que atende à casa de corrida.

Assim, evidenciaram-se consideráveis emissões oriundas da casa de corrida dos dois Altos-Fornos, sendo que no segundo Alto-Forno o sistema de captação foi removido. Nem a alteração no projeto nem os problemas evidenciados foram informados ao órgão ambiental. A empresa foi então autuada por não informar a alteração feita no segundo Alto-Forno, conforme pressupõe a condicionante número 57 da LI.

Cabe ressaltar que o uso dos poços a céu aberto não parece muito claro. Segundo informado pela empresa<sup>57</sup>, neste dia os dois Altos-Fornos produziram um total de 7.400 toneladas de ferro-gusa, a aciaria recebeu algo próximo de 5.400 toneladas e para os poços foram direcionados algo em torno de 900 toneladas. Considerando-se que a máquina de lingotamento de ferro-gusa não foi utilizada neste dia, haveria um divergente de pelo menos mil toneladas

#### Problemas na Aciaria

Nos dias 25 e 26 de dezembro de 2010, passada uma semana da partida do segundo Alto-Forno, houve a suspensão total da operação da aciaria. A empresa informou<sup>58</sup> a ocorrência de um defeito em uma ponte rolante, denominada S 100, que é o equipamento responsável pelo carregamento do ferro-gusa proveniente dos altos fornos nos conversores da Aciaria.

Neste período um total de 13 painéis foram despejados nos poços de emergência

---

<sup>57</sup> Documento: MA EXT 086/2011, de 14/02/2011, processo E-07/503.467/2010, volume IV, páginas 2472 a 2477.

<sup>58</sup> Documento sem número de 26/12/2010, processo E-07/503.467/2010, volume III, páginas 1815 a 1821.

e 3 foram destinadas à máquina de lingotamento de ferro-gusa. Em uma nova vistoria<sup>59</sup>, o INEA constatou que a máquina de lingotamento de ferro-gusa ainda permanecia sem o sistema de captação, e o controle paliativo instalado no poço de emergência se encontrava danificado. Além disto, a máquina de lingotamento não estava operando a uma capacidade suficiente para absorver toda a produção de ferro-gusa, de forma que, conforme ia se formando “filas” de painéis e a quantidade de painéis vazios ia se esgotando, a maioria dos painéis teve que ser direcionada aos poços de emergência. Com base nos dados levantados nos relatórios do INEA calcula-se que por volta de 4.000 toneladas de ferro-gusa tenham ido para os poços de emergência e perto de 1.000 para a máquina de lingotamento de ferro-gusa nesta ocasião. A Figura 24 exibe a quantidade diária de ferro-gusa não direcionado à aciaria.

Pode-se assim concluir que este episódio reforçou novamente a necessidade das medidas exigidas pelo INEA, tendo em vista que qualquer problema na aciaria ou na qualidade do ferro-gusa implica a destinação do ferro-gusa para um destes dispositivos / locais. O problema continuaria ocorrendo até que as providências já anteriormente exigidas pelo INEA fossem cumpridas

Assim, em reunião entre a empresa<sup>60</sup>, o INEA e a SEA, a empresa foi notificada a reduzir imediatamente a produção da usina siderúrgica. Por exigência da SEA, a empresa se comprometeu a realizar os devidos procedimentos de limpeza e/ou indenização das áreas atingidas pelo material particulado.

---

<sup>59</sup> Relatório de Vistoria: RV 6894/2010, de 27/12/2010, processo E-07/503.467/2010, volume II, páginas 1337 a 1340.

<sup>60</sup> Ata de reunião entre a CSA, o INEA e a SEA em 28/12/2010, processo E-07/503.467/2010, volume IV, páginas 2290 a 2295.

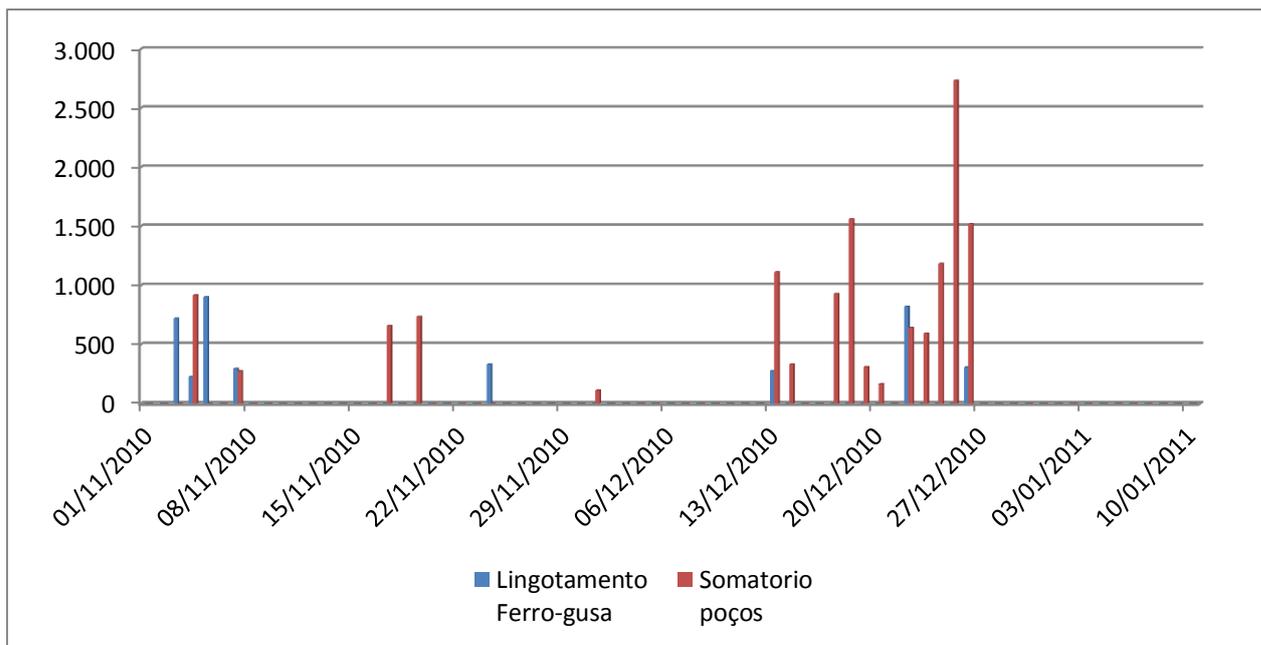


Figura 24 – Despejos de ferro-gusa não planejados - novembro e dezembro de 2010

Valores em toneladas diárias

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados provenientes de relatórios do INEA<sup>61</sup>.

A empresa também foi informada da necessidade de nova Auditoria<sup>62</sup> Técnica para análise dos controles ambientais em toda a usina. O acordo feito foi que esta auditoria seria escolhida e contratada livremente pelo INEA e custeada pela empresa.

Até o fim de janeiro de 2011, a máquina de lingotamento de ferro-gusa continuava operando sem regularidade, aquém da capacidade projetada, e com sistema de despoeiramento deficiente.

Também em janeiro a empresa foi autuada por prestar informações inconsistentes aos órgãos ambientais, referente à quantidade de ferro-gusa despejada nos poços de emergência. Teve o uso da máquina de lingotamento de ferro-gusa

<sup>61</sup> Documento: MA EXT 086/2011, de 14/02/2011, processo E-07/503.467/2010, volume IV, páginas 2472 a 2477.

<sup>62</sup> Esta auditoria contemplaria todas as unidades da usina, e seria feita primeiramente pela empresa Usiminas, e posteriormente pela empresa Conestoga Rovers e Associados.

proibido, sendo notificada<sup>63</sup> a buscar outra alternativa, conforme descrito adiante.

Cabe aqui uma breve avaliação os problemas descritos. Conforme mencionado, quando da análise de falhas ou acidentes, deve-se buscar tanto as causas diretas como as condições latentes que propiciaram tal evento. Para o caso em questão, há uma série de determinantes objetivos para a poluição gerada, e também alguns subjetivos. A Figura 25 exibe uma árvore de falhas que contempla os dois episódios mencionados, alcançando os determinantes objetivos encontrados. É possível notar que para a emissão de particulados provenientes do ferro-gusa, há uma série de possíveis causas e combinações de fatores. Mesmo que algumas destas causas não pudessem ser evitadas com a devida antecedência, vislumbrar esta cadeia de possibilidades e desdobramentos no EAR teria diminuído a quantidade de ferro-gusa depositado sem controle de emissões. Nota-se, através destes episódios, as dificuldades do órgão ambiental quanto à capacidade de avaliação, fiscalização e monitoramento dos empreendimentos.

---

<sup>63</sup> Notificação: GELINNOT 00019921, de 27/01/2011, processo E-07/503.467/2010, volume IV, página 2218.

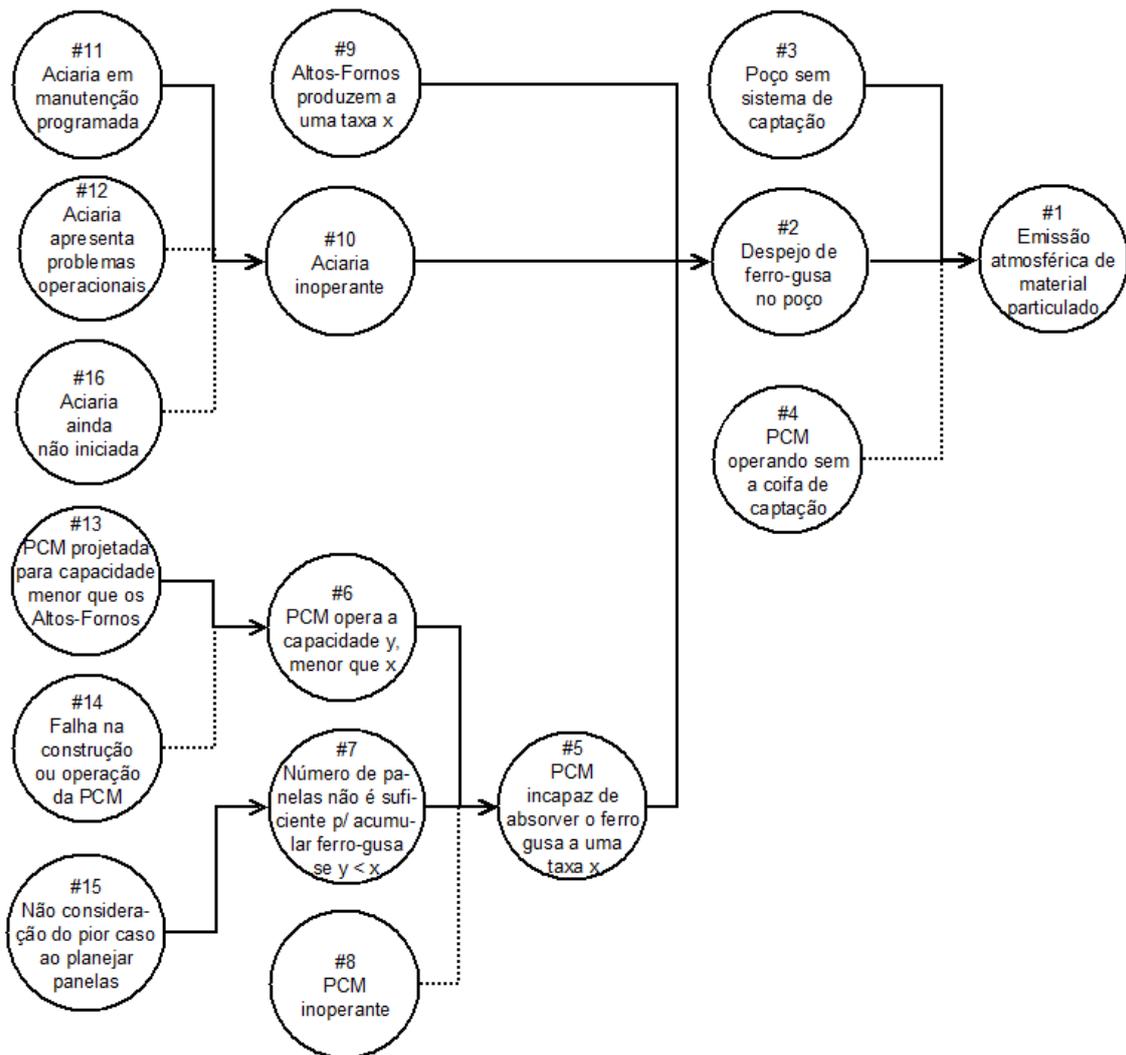


Figura 25 - Árvore de falhas dos problemas ocorridos.

As linhas tracejadas representam caminhos alternativos às linhas contínuas

Fonte: Elaboração própria

### 5.3.2 Tentativas de Ajustes

Após a série de problemas e a longa extensão da fase de pré-operação da usina, sem uma perspectiva clara de resolução dos problemas vigentes, os órgãos ambientais estaduais e a empresa fizeram uma série de acordos no sentido de adequar a usina aos padrões mínimos exigidos e então receber a Licença de Operação, fato que, no entanto, ainda não ocorreu. Os principais documentos em questão são um Termo de Cooperação

Ambiental, dois Relatórios de Auditoria<sup>64</sup> Ambiental e um Termo de Ajuste de Conduta. Estes documentos são brevemente descritos a seguir.

#### Relatório de Auditoria Ambiental - RAA - Usiminas

A auditoria<sup>65</sup> foi realizada entre 14 de fevereiro e 3 de março de 2011. O processo de auditoria contemplou a análise dos processos da usina e documentação do licenciamento ambiental. O RAA traria as considerações sobre as evidências práticas de gestão e do desempenho ambiental da usina, considerando a legislação aplicável, mais especificamente, as referentes ao processo de licenciamento ambiental. As não conformidades e as observações identificadas, tratadas através de Planos de Ação, seriam apresentadas pelo empreendimento, para controle e acompanhamento do INEA.

Em função de diversos problemas o RAA da Usiminas foi reprovado<sup>66</sup>. Por exemplo, consta que não houve despejo de ferro-gusa durante as visitas dos auditores, porém se sabe, devido a uma vistoria realizada<sup>67</sup>, que houve neste período um despejo nos poços de aproximadamente oito mil toneladas – algo em torno de vinte e cinco panelas.

#### Termo de Cooperação Ambiental - TCA

Em agosto de 2011, a SEA e o INEA assinaram com a empresa um Termo de

---

<sup>64</sup> Auditorias efetuadas pela Usiminas em fevereiro de 2011 e pela Conestoga Rovers e Associados em janeiro de 2012.

<sup>65</sup> Relatório da Auditoria feita entre 14/02/2010 e 03/03/2010, processo E-07/503.467/2010, volume V, páginas 2864 a 3021.

<sup>66</sup> Documento: MA EXT 331/2011, de 11/07/2011, processo E-07/503.467/2010, volume VII, páginas 3990 a 3991.

<sup>67</sup> Relatório de Vistoria: RV 533/2011, de 21/02/2011, processo E-07/503.467/2010, volume V, páginas 2676 a 2678.

Cooperação Ambiental, a fim de estabelecer ações prioritárias para melhoria das condições de vida nas comunidades vizinhas ao empreendimento. Este Termo se baseia na ideia de compensação aos problemas de poluição ocorridos, dado que estes são dificilmente contornáveis. Neste documento a empresa reconhece o incômodo gerado e se propõe a fazer um investimento total de R\$ 14 milhões em programas sociais e ambientais, os quais concordam SEA e INEA representarem benefícios diretos e adequados à melhoria das condições de vida da população no entorno do empreendimento. Dentre as ações associadas à melhoria do meio ambiente, estão obras de dragagem do canal de São Fernando e de drenagem na área da Comunidade de São Fernando. Outras ações também incluem apoio financeiro obras e bens, a fim de dar suporte a projetos públicos, como uma clínica da família, centro para tratamento de diabetes e hipertensão, pavimentação de vias públicas e desenvolvimento da pesca artesanal, a terem seus andamentos supervisionados pela SEA.

#### Relatório de Auditoria Ambiental – Conestoga Rovers e Associados

Devido aos problemas encontrados no RAA anterior, foi solicitada a elaboração de uma nova auditoria, desta vez feita pela empresa Conestoga Rovers e Associados – CRA. Esta auditoria resultou em um novo RAA, que serviu como subsídio para a elaboração de um TAC, com o objetivo de prorrogar o prazo de pré-operação do empreendimento, mediante a adoção das ações necessárias à adequação das instalações das unidades para se chegar ao padrão de funcionamento e qualidade que possibilite a emissão da LO por parte do órgão ambiental.

#### Termo de Ajuste de Conduta - TAC

Em março de 2012 foi assinado um TAC, entre a SEA, a CECA, o INEA e a

empresa. O objetivo deste TAC é que a empresa fique em condições de receber a LO, dado que o prazo da LI já se encerrou e foi criado um termo aditivo para que a empresa pudesse continuar operando devidamente licenciada. Este termo é constituído de 134 medidas a serem tomadas pela empresa, geradas em função das recomendações oriundas do RAA concluído em janeiro de 2012 pela CRA.

Entre as medidas incluídas no TAC, estão aquelas anteriormente apontadas pelo INEA como essenciais para que a operação da usina ocorra com o mínimo de impacto ao meio ambiente e à saúde da população na região. Pode-se destacar entre estas a implantação do sistema de despoejamento dos poços de emergência, garantido a eficiência de sua operação para o atendimento dos limites de emissão estabelecidos pelo INEA, no mínimo o definido para o Sistema Secundário de despoejamento da Aciaria LD pela Resolução CONAMA número 382/06, assim como a garantia do limite máximo de 0,5% da produção mensal de ferro gusa a ser despejada nos poços de emergência.

Atualmente, a CRA tem apresentado relatórios bimestrais sobre o andamento das atividades. Uma das principais reivindicações dos técnicos do INEA, o sistema de captação para poço de despejo de ferro-gusa, teve sua implantação concluída em 27/04/2012 e tem se mostrado satisfatório.

### **5.3.3 Efeitos na qualidade do ar da região**

As emissões de material particulado nos episódios relatados, bem como em outros episódios não mencionados neste trabalho, pode receber mais ou menos atenção em função do efeitos reais observados na região de influência destas emissões. Conforme mencionado, não há estudos epidemiológicos consistentes anteriores à implantação do empreendimento que permitam uma breve conclusão sobre os efeitos à

saúde da população. Serão necessários vários anos de estudo e acompanhamento próximo para se vislumbrar os reais impactos com maior precisão.

Não obstante, no que tange a qualidade do ar pode-se apontar um estudo sobre a contribuição destes episódios para as concentrações de alguns parâmetros na região. Durante o período compreendido entre Agosto/2010 e Julho/2011, amostras de material particulado de diferentes tamanhos, PTS e  $PM_{2,5}$ , foram coletadas na região de Santa Cruz e Seropédica, RJ, com a finalidade de caracterizar quimicamente as espécies presentes e identificar as possíveis fontes (Mateus, 2012). Foram selecionados três pontos de amostragens: dois nas vizinhanças do Distrito Industrial de Santa Cruz (CIEP João XXIII e Conjunto Alvorada), próximas à usina da CSA, e o terceiro ponto na zona rural, em Seropédica. As amostras foram coletadas uma vez na semana por um período de 24 h usando um amostrador de grande volume.

Os resultados do estudo mostram um nível de qualidade aquém do estipulado pela legislação brasileira vigente, principalmente na região mais próxima à CSA, bem como uma correlação indicativa de origem industrial da poluição.

A concentração média geométrica anual de PTS no Conjunto Alvorada foi maior do que o padrão primário estabelecido pelo CONAMA, e a média aritmética anual dos valores de  $PM_{2,5}$  ultrapassou os limites estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde em todos os locais de amostragem. Para a média de 24 horas anual dos valores de  $PM_{2,5}$ , o limite estabelecido pela OMS foi excedido cinco vezes no CIEP João XXIII, similar ao padrão de extrapolação ocorrido no Conjunto Alvorada, representando assim uma situação de ameaça à saúde pública, de acordo com os critérios da OMS (Mateus, 2012).

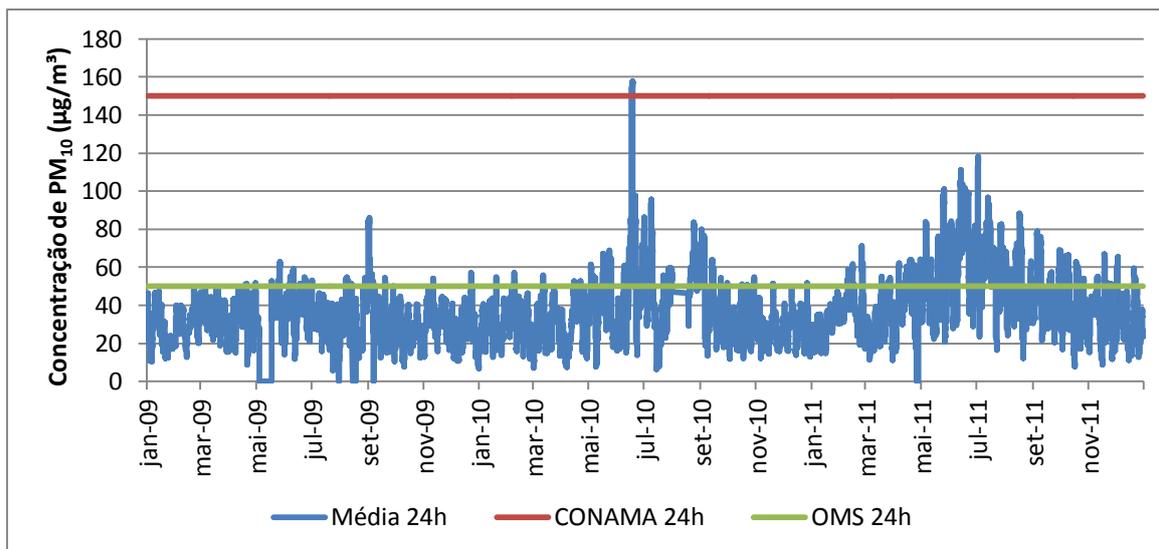
A análise de componentes principais (PCA – *Principal Components Analysis*) foi utilizada a fim de reduzir o volume de dados e fornecer informações a respeito das

fontes dos metais e as correlações entre elas. O estudo chega à conclusão, através da análise multivariada, que os elementos majoritários associados ao PTS tiveram seu caráter antrópico confirmado. Em geral, nos dois tamanhos de partículas analisados, PTS e  $PM_{2,5}$ , a mesma tendência foi seguida por elementos associados a matérias primas para a produção de aço (Fe, Mn) e ao uso de carvão como combustível (S).

O estudo ressalta as violações dos limites nacional e internacional, tornando este ponto mais vulnerável aos efeitos adversos da poluição pelo material particulado por absorção dérmica e ingestão (Mateus, 2012)

Além do estudo mencionado, o presente trabalho faz uma breve análise da alteração na qualidade do ar, baseado em dados fornecidos pelo INEA das estações de monitoramento da região. Foram calculadas a média aritmética de 24 horas e média aritmética anuais para a estação denominada EMQAM 3 - CIEP Barão de Itararé - Largo do Bodegão, em Santa Cruz, a partir de amostras horárias de  $PM_{10}$  dos anos 2009 a 2011.

A Figura 26 exhibe os resultados obtidos para a média aritmética de 24 horas. A partir do gráfico é possível observar um pico na época de início da operação da usina, bem como um aumento significativo no último ano da análise. Apesar de os valores estabelecidos pela legislação brasileira terem sido raramente ultrapassados, observa-se claramente a superação do estipulado pela OMS.

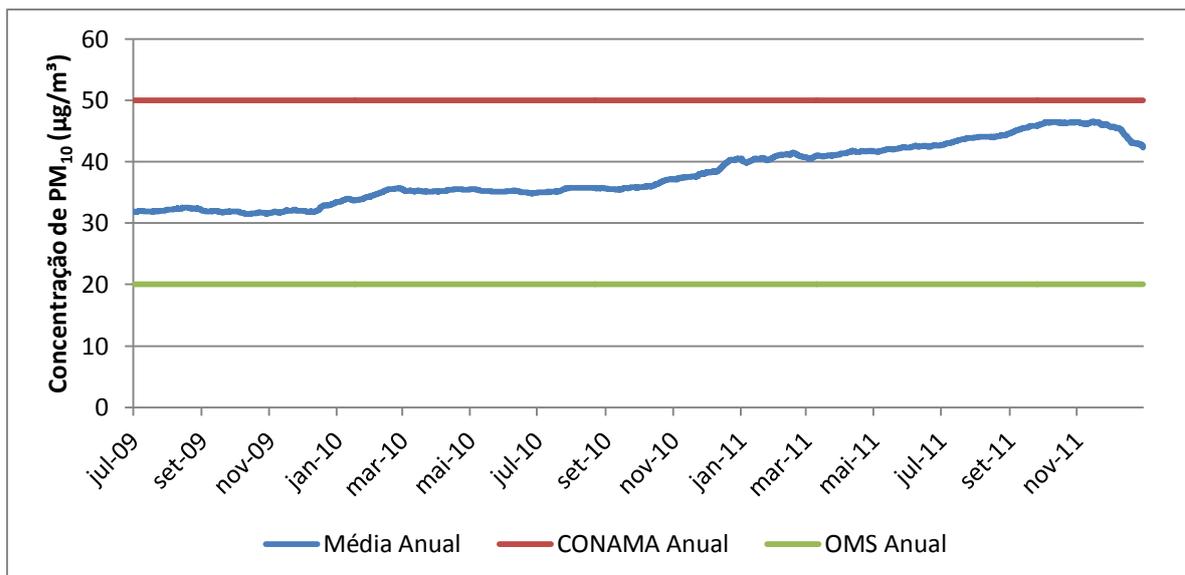


*Figura 26 - Valores de média 24h para PM<sub>10</sub> entre 2009 e 2011  
 Estação: EMQAM 3 - CIEP Barão de Itararé - Largo do Bodegão, em Santa Cruz  
 Fonte: Elaboração própria, a partir de dados fornecidos pelo INEA<sup>68</sup>*

A Figura 27 exhibe os resultados obtidos para a média aritmética anual. Este gráfico mostra a tendência de crescimento da média anual, desde o início superior ao estabelecido pela OMS, e se aproximando significativamente do padrão do CONAMA. Conforme mencionado, a diretriz da OMS é mais restritiva que o estabelecido pelo CONAMA devido às revisões feitas após a resolução que determinou o padrão de qualidade do ar brasileiro, datada de 1990.

Os dados referentes às medições feitas no ano 2012 não foram disponibilizados até a conclusão deste trabalho por estarem sob validação do INEA. Desta forma, cabe considerar que os últimos valores do gráfico não contemplam em sua média os valores dos meses iniciais do ano 2012.

<sup>68</sup> Dados das estações de monitoramento de qualidade do ar.



*Figura 27 - Média anual da concentração de PM<sub>10</sub> entre 2009 e 2011*  
*Estação: EMQAM 3 - CIEP Barão de Itararé - Largo do Bodegão, em Santa Cruz*  
*Fonte: Elaboração própria, a partir de dados fornecidos pelo INEA*

#### 5.3.4 **Análise crítica e propostas de melhorias no processo de licenciamento e gestão no que concerne à poluição atmosférica**

Conforme foi possível observar, os problemas que acarretaram em diversos episódios de emissões atmosféricas não são explicados por meras falhas pontuais em determinados equipamentos, mas sim por uma série de eventos e decisões tomadas que tiveram início já nas primeiras etapas do licenciamento.

Desta forma, este trabalho faz um levantamento de questões pertinentes ao licenciamento e à fiscalização de empreendimentos, e, quando possível, sugere melhorias nos procedimentos e processos no que tange a mitigação de emissões atmosféricas. A seguir são expostos as questões consideradas de maior relevância sobre este estudo de caso.

## Os processos de licenciamento

Uma das questões inerentes ao processo de licenciamento que mais chamam atenção é o fato de os estudos que subsidiam as decisões sobre o projeto serem contratados pelo proponente do empreendimento. Entre estes estudos estão incluídos o EIA, uma das peças chave para o licenciamento, bem como estudos de análise de risco, que não poderiam ser influenciados por interesses do próprio empreendedor. A princípio os estudos devem ser avaliados pelo órgão licenciador, porém na prática isto tem se mostrado ineficaz. Conforme consta na Resolução CONAMA 001/86, ficam por conta do proponente do projeto todas as despesas e custos referentes à realização do estudo de impacto ambiental, tais como: coleta e aquisição dos dados e informações, trabalhos e inspeções de campo, análises de laboratório, estudos técnicos e científicos e acompanhamento e monitoramento dos impactos. O empreendedor e os profissionais que subscrevem os estudos pedidos são responsáveis pelas informações apresentadas, sujeitando-se às sanções administrativas, civis e penais. Porém, ainda assim há uma relação de dependência direta por parte da entidade que realiza o estudo para com o empreendedor, estando o primeiro subordinado aos interesses do segundo. Faz sentido que os custos dos estudos necessários sejam arcados pelo empreendedor, porém a contratação destes poderia ser responsabilidade do órgão ambiental, minimizando assim a influência do proponente nos resultados do estudo. Outra alternativa poderia ser a criação de um sistema de credenciamento e registro por parte do órgão ambiental, contemplando empresas aptas a realizar tais estudos. Esta opção é a mais usada em outros países e parece ser mais viável.

## Estudo de Impacto Ambiental - EIA

Especificamente sobre o EIA, há alguns pontos que merecem mais atenção por possibilitarem a ocorrência de poluição atmosférica.

O EIA, conforme estipulado, deve fazer uma estimativa dos impactos oriundos das fases de implantação e de operação do empreendimento. Para o caso de empreendimentos industriais, após a conclusão da instalação, é essencial passar por uma fase de testes e comissionamento para atestar que os equipamentos e unidades estão funcionando corretamente, bem como os controles de poluição atingem o objetivo esperado. No estudo de caso em questão, esta fase, denominada pré-operação, foi estipulada inicialmente na LI para ter a duração de três meses os ajustes necessários pudessem ser realizados. Cabe destacar que a fase de pré-operação foi iniciada para algumas unidades centrais da usina sem que outras unidades tivessem sua instalação concluída. Conforme foram surgindo os problemas de poluição, este prazo de pré-operação foi sendo estendido. Segundo o processo do órgão ambiental, cada unidade separadamente acabou sendo autorizada a operar neste regime por sete meses, posteriormente ficando este prazo indefinido por mais de um ano, devido aos atrasos e problemas nas auditorias que serviriam de subsídio para o TAC. Assim, passaram-se quase dois anos desde o início da fase de pré-operação da usina, até a assinatura do TAC, sem que as medidas de controle de poluição já anteriormente mencionadas sequer tivessem sua implantação de fato iniciadas. Deste modo, foi possível a operação em modo fora do estipulado no EIA durante quase dois anos, sem se ter ideia da quantidade de poluição emitida para a atmosfera quando de cada despejo de ferro-gusa nos poços.

Do mesmo modo, determinados parâmetros ambientais e até programas de segurança somente são avaliados quando do requerimento da LO ou mesmo após a concessão desta. Pode-se citar como exemplos, no caso da usina estudada, as emissões

em diversas operações e unidades, e planos de ação para emergências e de manutenção preventiva. Assim, Uma etapa que deveria ser de curto prazo e com alguns ajustes se tornou na prática uma fase operacional de produção com controles ambientais menos rígidos.

#### Estudo de Análise de Riscos - EAR

Conforme mencionado anteriormente, o EAR tem como finalidade empregar uma Análise Preliminar de Perigos para levantar e avaliar os diversos tipos de riscos associados à atividade em questão, onde está incluída a identificação de todos os cenários acidentais possíveis, independentemente da frequência esperada para cada cenário. Porém, para o empreendimento estudado, o EAR não contemplou esta análise em função de indisponibilidade de documentos e pessoal necessário, tendo sido somente realizado o levantamento e avaliação dos produtos químicos inflamáveis e explosivos. Também não foram considerados produtos e processos potencialmente geradores de poluição atmosférica, como benzeno, material particulado, metais e outros (ERM Brasil, 2005).

Deste modo, boa parte dos grandes episódios de emissão atmosférica ocorridos, principalmente aqueles devido a decisões de continuação ou mudança na rota de produção frente a problemas de projeto ou operacionais apresentados, não pôde ser formalmente antecipada ou prevista no EAR. A Figura 25 exhibe a árvore de falhas dos problemas ocorridos, apontando para as questões que poderiam ter sido antecipadas e evitadas. Assim, o EAR perdeu sua principal função, tornando-se uma mera exigência burocrática. A legislação vigente não cobre formalmente este tipo de procedimento, o que se tem é sua menção no item “análise de risco” listado entre os tópicos na diretriz<sup>69</sup>

---

<sup>69</sup> DZ-041.R-13, aprovada pela Deliberação CECA/CN n° 3.663, de 28 de agosto de 1997.

que serve como base de referência para as Instruções Técnicas dos EIAs no Estado do Rio de Janeiro. Usualmente a exigência é feita através de uma instrução técnica para a elaboração dos estudos, porém nem a forma nem o grau de exigência estão estipulados.

### Cronograma

Integrando-se as análises do EIA e EAR do empreendimento, e considerando-se a inclusão de todos os efeitos estimados em cada fase da implantação e operação, é possível antever gargalos logísticos que, somados a eventuais problemas operacionais, venham a gerar eventos de poluição.

Para o empreendimento no estudo de caso, o cronograma de funcionamento das unidades previa o abastecimento de energia elétrica para a Aciaria sendo realizado pela Termoelétrica, unidade esta que tem seu funcionamento dependente dos gases produzidos pelo Alto-Forno. Por isto, a Aciaria, unidade principal de recebimento do ferro-gusa, chegou ao seu pleno funcionamento mais de dois meses após o início da produção do primeiro Alto-Forno. Durante este período inicial, o planejado seria direcionar a produção para a máquina de lingotamento de ferro-gusa, porém esta passou por grande indisponibilidade, levando ao despejo de mais de 50 mil toneladas de ferro-gusa – algo em torno de 160 panelas - aos poços. Considerando-se o erro de projeto da máquina de lingotamento de ferro-gusa e a decisão de remover a coifa de captação, tem-se que a quantidade de ferro-gusa geradora de poluentes atmosféricos sem o devido tratamento passa de 100 mil toneladas, até o pleno funcionamento da Aciaria.

Como alternativa a este gargalo logístico, poder-se-ia ter optado pela compra de energia temporariamente para o início da operação da Aciaria, através da compra de gás para a Termoelétrica ou mesmo compra de eletricidade da rede, utilizando-se a conexão

com o Sistema Interligado Nacional. Conforme mencionado, uma análise acurada do projeto, com os devidos estudos feitos sob correta regulação, consegue prever e discutir alternativas para problemas de difícil solução posterior.

#### Padrão de qualidade do ar

Uma questão que também merece atenção é a referência para estabelecimento do padrão de qualidade do ar. A última referência nacional estipulada foi a Resolução CONAMA 003 de 1990, que é o documento geralmente usado como parâmetro pelos órgãos ambientais executivos. Desde então, a OMS fez a revisão de suas diretrizes duas vezes e estipulou valores mais rígidos para os parâmetros de qualidade do ar, e também incluiu novos parâmetros de referência (OMS, 2006).

A própria OMS afirma que evidências epidemiológicas indicam a possibilidade de efeitos adversos à saúde mesmo sendo atingidos os valores por esta sugeridos, e que por esta razão algumas nações podem adotar valores menores, ou seja, mais restritos de concentração de poluentes como seus padrões (OMS, 2006).

Em outros países, os estudos de impacto ambiental para o licenciamento de usinas siderúrgicas contempla outros parâmetros para as emissões atmosféricas, poluentes conhecidos porém comumente não analisados, como  $PM_{2,5}$  e metais pesados (URS Corporation, 2009).

Ainda, conforme mencionado, existe um artigo na Constituição Estadual do Rio de Janeiro de 1989 – número 281, que afirma que nenhum padrão ambiental do Estado pode ser menos restritivo do que os padrões fixados pela Organização Mundial da Saúde.

Desta forma, está mais que justificada a necessidade de revisão dos padrões utilizados no licenciamento de empreendimentos industriais de forma a garantir um

nível mínimo de proteção à saúde da população e ao meio ambiente.

### Acompanhamento

Durante a fase de testes e comissionamento do empreendimento, somente um acompanhamento próximo e presente dos técnicos do órgão ambiental, apoiados pelo alto comando da instituição, pode minimizar a ocorrência de grandes problemas. Primeiramente, a usina somente deveria ser autorizada a operar suas principais unidades quando toda sua cadeia de produção tivesse a instalação concluída. Ainda, é necessária a realização de vistorias desde os momentos iniciais para se ter uma ideia do estágio de adequação aos níveis estipulados e as ações e tempo necessários para atingir o esperado. Da mesma forma, é fundamental ter o registro de todos os volumes de produção desde o primeiro momento da partida de cada unidade, a fim de se vislumbrar a ordem de grandeza da poluição potencial ou real gerada e seus efeitos.

Estas ações devem vir somadas à obrigatoriedade de informe de qualquer alteração no projeto ou na operação esperada. Para tal, é importante que os planos de operação e pré-operação, inclusive quando da entrada em operação de cada unidade – que geralmente têm um tratamento diferenciado, sejam detalhadamente especificados e, novamente, acompanhados dos respectivos estudos de análise de risco.

Perante os resultados dos levantamentos e análise dos riscos, cabe a prévia limitação de frequências e volumes de produção em rotas consideradas fora do padrão ou emergenciais. Da mesma forma, também poderia ser estabelecido um limite para volumes de poluição gerados, através de vazões ou períodos determinados.

Ainda quanto à colocação de limitações, deve-se estabelecer limite de tempo para a fase de pré-operação, ou integrar as exigências da fase de operação após determinado período. No estudo de caso em questão, oficialmente a usina está operando

em fase de pré-operação há quase três anos, possibilitando a operação em “regime de exceção”. Atualmente, uma série de planos e controles são exigidos somente após a concessão da LO, como planos de emergência e de monitoramento da poluição. Isto porque, em teoria, a fase de pré-operação teria seu período de duração e o potencial poluidor limitados, o contrário do visto na prática. Portanto é essencial aprimorar os requisitos de pré-operação, principalmente para grandes empreendimentos, de forma a remover lacunas como esta.

A partir disto, considerando-se então o acompanhamento feito com a devida proximidade e as informações corretas, cabe ao órgão ambiental decidir, dependendo do caso, em conjunto com o empreendimento, quais ações a serem tomadas perante as dificuldades ou problemas operacionais apresentados. Analogamente ao processo de licenciamento, nesta fase crítica de início de operação o órgão ambiental deve tomar ciência dos possíveis riscos e impactos de cada ação tomada para atuar no processo decisório. Assim, em conformidade às suas atribuições, não será mero expectador dos problemas ocorridos e pressionado a buscar soluções paliativas e remediadoras após os eventos de poluição.

A qualquer momento do processo de licenciamento e durante a operação da atividade, em caso de necessidade de consultoria ou auditoria, o órgão ambiental deve fazer a contratação, a fim de trazer mais credibilidade. Do mesmo modo, qualquer análise laboratorial ou medição de qualidade no ambiente deve ser contratada pelo órgão ambiental, também objetivando mais credibilidade.

#### Inconsistências entre órgãos governamentais

Uma questão menos associada aos problemas técnicos, mas de suma importância, foi a divergência de interesses e atuações por parte dos órgãos do governo

observadas neste estudo de caso. Os técnicos do INEA, baseados em estudos e vistorias realizadas, optaram por uma conduta mais voltada para a precaução quanto à forma de iniciar a operação da usina. Porém, em função de uma série de questionamentos levantados, bem como argumentos de natureza econômica, social e jurídica, a Secretaria à qual o órgão ambiental está subordinado passou por cima da decisão dos técnicos, com o aval do Governador do Estado. O que se viu cerca de dez dias depois da decisão da Secretaria foi mais um episódio de poluição, conforme previsto e alertado pelos técnicos ambientais. Assim, é imprescindível uma maior integração entre os órgãos do governo para que a decisão tomada seja a mais benéfica para a saúde da população, prioritariamente a localizada nos arredores dos empreendimentos, pois são os mais impactados.

O estudo de caso indica uma pressão sobre o órgão ambiental para acelerar o licenciamento, o que acaba por diminuir a qualidade e eficácia dos instrumentos e procedimentos utilizados.

Por fim, somente a análise criteriosa dos estudos e características dos projetos, bem como um acompanhamento próximo e presente do corpo técnico do órgão ambiental durante a fase de implantação, testes, comissionamento e operação do empreendimento, respaldados pelo comando da instituição, pode minimizar a ocorrência de grandes problemas.

## 6 Conclusões

O presente trabalho teve como objetivo analisar o problema de emissões atmosféricas locais oriundas da atividade siderúrgica e levantar pontos de possibilidade de minimizar problemas em novos casos, no que concerne ao licenciamento e à gestão ambiental. Para tal foi necessário fazer um levantamento dos procedimentos atuais de licenciamento e acompanhamento de instalação e operação de uma usina siderúrgica, por parte do órgão ambiental competente, baseado nas legislações federal e estadual. Então, a aplicabilidade e eficácia da legislação foram testadas através de um estudo de caso da implantação de uma usina siderúrgica, na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro.

O estudo de caso em questão pode ser considerado fora do padrão do que ocorre em outros projetos industriais. Porém, pode-se considerar provável que situações análogas às vistas neste estudo ocorram em outros projetos, ainda que com menor frequência ou intensidade, mas igualmente danosas à saúde e ao meio ambiente, demandando a devida atenção. Este estudo serviu como lição para uma série de questões relacionadas ao processo de licenciamento e acompanhamento de uma usina produtora de aço, no que concerne à mitigação de emissões de poluentes atmosféricos.

A legislação ambiental brasileira tem um histórico de evolução e atualização nas últimas décadas, porém os processos de licenciamento e monitoramento de projetos industriais ainda contêm problemas que possibilitam a ocorrência de grande poluição atmosférica, fomentado por um gerenciamento artificial de riscos.

Conforme observado, o EIA, um dos instrumentos centrais no processo de licenciamento para a AIA, apresenta dificuldades para atingir de fato uma prévia avaliação de impactos ambientais. Na prática, acaba por parecer mais um atendimento burocrático em que os resultados carecem de credibilidade, dados os atores e interesses

envolvidos no seu desenvolvimento. O EIA não pode ser dependente do proponente do projeto, abrindo margem para distorções de seus resultados e impedindo uma estimativa mais próxima da realidade. Posteriormente, quando do surgimento dos problemas de projeto, montagem e operação, a complexidade para qualquer intervenção ou correção cresce bastante, além de concorrer com a própria continuidade do cronograma do projeto, gerando impactos dos mais diversos, entre problemas econômicos, sociais, indisposições políticas ou mesmo questões jurídicas.

Ainda na AIA, nota-se, nos estudos que subsidiam as decisões quanto à concessão de licenças, a falta de uma clara definição dos estudos necessários para a avaliação de riscos de falhas e acidentes. Quando exigido pelos órgãos ambientais, a falta de especificação e exigência abre margem para que os estudos novamente se apresentem incompletos ou omissos.

Quando do início da operação da atividade, mesmo a fase de testes, denominada inicial, carece da devida atenção, com monitoramento e controle efetivos. As brechas atuais permitem a operação na prática durante longos períodos sem os controles necessários e previstos teoricamente.

No que diz respeito ao monitoramento ambiental, no âmbito das questões atmosféricas, nota-se a necessidade de uma completa revisão dos parâmetros e valores utilizados para o estabelecimento da qualidade do ar. A OMS, referência mundial neste quesito, fez duas revisões em seus parâmetros após o último estabelecimento de um padrão de qualidade do ar no Brasil, além de ter incluído novos parâmetros.

Por fim, as questões ambientais comumente entram em confronto com diversas outras, principalmente as econômicas e políticas. Nota-se que, apesar de avanços, a esfera socioambiental ainda tende a ficar de lado. No caso estudado, os altos volumes financeiros, questões de energia e emprego, entre outras possivelmente não conhecidas

acabaram por permitir a decisão da SEA por seguir com o empreendimento de forma inadequada, mesmo com o posicionamento contrário dos técnicos do INEA, o que acarretou mais problemas de emissões. A diferença entre os atores envolvidos nas decisões econômicas e políticas e os grupos impactados na prática pelos problemas oriundos das decisões demonstra o longo caminho ainda a ser percorrido para que a máxima “privatização dos lucros e socialização dos custos” seja desenraizada de nossa sociedade. A real democratização das decisões que afetam a todos e ao bem comum ainda tem um longo caminho a ser percorrido.

Uma sugestão para trabalhos futuros é a análise de novos projetos industriais planejados, à luz das críticas e sugestões realizadas, levantando assim o potencial poluidor destes empreendimentos.

## 7 Referências bibliográficas

- Almeida, M. L., & Melo, G. C. (2001). Alternativas de usos e aplicações dos resíduos sólidos das indústrias independentes de produção de ferro-gusa do estado de Minas Gerais. 21<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa.
- AMPERJ, A. d. (Outubro de 1989). Constituição do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- Cancio, J. A. (2008). Inserção das Questões de Saúde nos Estudos de Impacto Ambiental. *Dissertação de Mestrado*. Brasília: Universidade Católica de Brasília.
- Carlos Machado de Freitas, M. F. (2000). *Acidentes Industriais Ampliados: desafios e perspectivas para o controle e a prevenção*. Fiocruz.
- Cavalcanti, P. M. (Novembro de 2010). Modelo de Gestão da Qualidade do Ar - Abordagem Preventiva e Corretiva. *Tese de Doutorado*. Rio de Janeiro: PPE/COPPE/UFRJ.
- CETESB. (2013). *Qualidade do Ar: Padrões, Índices*. Acesso em 05 de 02 de 2013, disponível em [http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar\\_indice\\_padroes.asp](http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_indice_padroes.asp)
- CETESB, C. A. (2010). Relatório de qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2009. *Série Relatórios*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo.
- CETESB, C. d. (2003). *Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2002*. São Paulo: Série Relatórios / Secretaria de Estado do Meio Ambiente.
- Cima, F. M. (2006). Utilização de Indicadores Energéticos no Planejamento Energético Integrado. *Dissertação de Mestrado*. Rio de Janeiro: Programa de Planejamento Energético. COPPE / UFRJ.
- CONAMA, C. N. (2012). Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. *Edição Especial*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- Costa, M. M. (Dezembro de 2002). Princípios de Ecologia Industrial Aplicados à Sustentabilidade Ambiental e aos Sistemas de Produção de Aço. *Tese de Doutorado*. Rio de Janeiro: PPE/COPPE-UFRJ.
- Crossetti, P. d., & Fernandes, P. D. (2005). Para onde vai a China? O impacto do crescimento Chinês na siderurgia Brasileira. *BNDES Setorial. Edição número 22*. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.
- Diemer, P., Killich, H.-J., Knop, K., Lungen, H. B., Reinke, M., & Schmöle, P. (Setembro de 2004). Potentials for Utilization of Coke Oven Gas in Integrated Iron and Steel Works. Vitória: Second International Meeting on Ironmaking / First International Symposium on Iron Ore.
- EEA, E. E. (2009). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook*. European Environment Agency.

- EPA, U. E. (Setembro de 2012). Available and Emerging Technologies for Reducing Greenhouse Gas Emissions from the Iron and Steel Industry. Sector Policies and Programs Division - Office of Air Quality Planning and Standards.
- EPE, E. d. (Abril de 2009). Caracterização do uso da Energia no Setor Siderúrgico brasileiro. *Série Estudos Setoriais. Nota Técnica DEA 02/09*. Rio de Janeiro: MME.
- EPE, E. d. (Dezembro de 2012). Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2013-2022). *Série Estudos da Demanda*. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia.
- ERM Brasil. (2005). *Estudo de Análise de Riscos da Usina Siderúrgica CSA*. Companhia Siderúrgica do Atlântico.
- ERM BRASIL. (2005). *Estudo de Impacto Ambiental da Usina Siderúrgica CSA*. Companhia Siderúrgica do Atlântico.
- Faveri, M. I. (Novembro de 2007). Desertos verdes - Análise documental da cobertura dos jornais Correio do Povo e Zero Hora, de 9 a 18 de março de 2006, sobre a expansão da monocultura de eucaliptos no Rio Grande do Sul. *Trabalho de Conclusão de Curso*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- FUNDACENTRO. (2012). *Parecer sobre PCMSO ThyssenKrupp CSA Companhia Siderúrgica*. São Paulo: Ministério do Trabalho e Emprego.
- Gusmão, A. C., & Martini, L. C. (2009). *Geestão Ambiental na Indústria*. Rio de Janeiro: SMS Digital.
- INEA. (2005). Processo número E-07/202.952/2005. *Processo Administrativo de requerimento de Licença Prévia da Companhia Siderúrgica do Atlântico*. Rio de Janeiro.
- INEA. (2006). Processo número E-07/203.328/2006. *Processo Administrativo de requerimento de Licença de Instalação da Companhia Siderúrgica do Atlântico*. Rio de Janeiro.
- INEA. (2009). Processo número E-07/503.583/2009. *Processo Administrativo de requerimento de renovação de Licença de Instalação da Companhia Siderúrgica do Atlântico*. Rio de Janeiro.
- INEA. (2010). Avaliação dos dados de qualidade do ar medidos na área de influência direta da CSA. *Relatório*. Rio de Janeiro: Gerência de Qualidade do Ar.
- INEA. (2010). Processo número E-07/503.467/2010. *Processo Administrativo de requerimento de licença de Operação da Companhia Siderúrgica do Atlântico*. Rio de Janeiro.
- INEA. (2009). *Relatório Anual da Qualidade do Ar do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: DIMAM - Diretoria de Informação e Monitoramento Ambiental.
- IPCC. (2007). *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. Genebra: United Nations Environment Programme.

- Jackson, T. (2009). *Prosperity without growth: economics for a finite planet*. Londres: Earthscan - Routledge .
- Lieber, R. R. (1998). Teoria e metateoria na investigação da causalidade: O caso do acidente de trabalho. *Tese de Doutorado*. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública - USP.
- Lisboa, H. d. (2007). Capítulo VIII: Meteorologia e dispersão. In: *Controle da Poluição Atmosférica*. Montreal: Obtido em <http://www.lcqar.ufsc.br/adm/aula/Cap%208%20Dispersao%20atmosferica.pdf>. Acesso em 25/01/2012.
- Lora, E. E. (2002). *Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energético, Industrial e de Transporte*. Rio de Janeiro: Interciência.
- Machado, J. M., Porto, M. F., & Freitas, C. M. (2000). Perspectivas para uma Análise Interdisciplinar e Participativa de Acidentes (AIPA) no Contexto da Indústria de Processo. In: C. M. Freitas, M. F. Porto, & J. M. Machado, *Acidentes Industriais Ampliados: Desafios e Perspectivas para o controle e a prevenção* (p. 316). Rio de Janeiro: Editora Fiocruz.
- Machado, M. L. (2006). *Siderurgia - Da matéria prima ao aço laminado*. Vitória: Coordenadoria de Engenharia Metalúrgica. CEFET ES.
- Magrini, A. (2012). Notas de aula da disciplina de Gestão Ambiental. Rio de Janeiro: PPE/ COPPE / UFRJ.
- Magrini, A., & Masson, C. G. (2005). *Revisão do Zoneamento Industrial - Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: COPPETEC/COPPE-UFRJ/IBAM.
- Magrini, A., & Santos, M. A. (2001). *Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas*. Rio de Janeiro: UFRJ.
- Magrini, A., Veiga, L. B., & Barbosa, F. L. (Agosto de 2005). Análise do Processo de Licenciamento Ambiental no Estado do Rio de Janeiro e Análise Comparativa com os Modelos adotados nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Rio Grande do Sul. *Relatório*. Rio de Janeiro: PPE - COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Mateus, V. L. (2012). Caracterização inorgânica de material particulado (PTS e PM2.5) coletado próximo a um importante complexo industrial na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. *Dissertação de Mestrado*. Rio de Janeiro: Departamento de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- Milanez, B. (2012). O novo marco legal da mineração: contexto, mitos e riscos. In: J. Malerba, B. Milanez, & L. J. Wanderley, *Novo Marco Legal da Mineração no Brasil: Para quê? Para quem?* (pp. 19-88). Rio de Janeiro: Federação de órgãos para a Assistência Social e Educacional – FASE.
- Miller Jr, G. T. (2007). *Ciência Ambiental*. São Paulo: Cengage Learning.

- MME, M. d. (Maio de 2011). Plano Nacional de Mineração 2030. Brasília: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - SGM.
- MME, M. d. (Maio de 2011). Plano Nacional de Mineração 2030 - Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Brasília: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - SGM.
- NACAA, U. S. (2013). *Clean Air World*. Acesso em 03 de 02 de 2013, disponível em <http://www.cleanairworld.org/>
- OMS, O. M. (2006). WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide - Global update 2005. *Summary of risk assessment*. Genebra: WHO Press.
- PACS, I. P. (Novembro de 2009). Companhia Siderúrgica do Atlântico – TKCSA. Impactos e Irregularidades na Zona Oeste do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- Pandaggis, L. R. (2003). Uma leitura da árvore de causas no atendimento de demanda do Poder Judiciário: um fluxograma de antecedentes. *Dissertação de Mestrado*. São Paulo: Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo. Escola Politécnica - Universidade de São Paulo.
- Paté-Cornell, M. E. (1993). Learning from the Piper Alpha accident: a postmortem analysis of technical and organizational factors. *Risk Analysis*, 13:215-232.
- Pinho, M. S. (2001). Reestruturação Produtiva e Inserção Internacional da Siderurgia Brasileira. *Tese de Doutorado*. Campinas: Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas.
- Porto, M. F. (1994). Trabalho Industrial, Saúde e Ecologia: avaliação qualitativa de riscos industriais em dois estudos de caso na indústria química. *Tese de Doutorado*. Rio de Janeiro: COPPE / UFRJ.
- Porto, M. F., Menezes, M. A., Dias, A. P., & Búrigo, A. C. (2011). *Avaliação dos impactos socioambientais e de saúde em Santa Cruz decorrentes da instalação e operação da empresa TKCSA*. Rio de Janeiro: Fiocruz.
- Puga, F., Borça Junior, G., Carvalho, P. S., & Silva, M. M. (Julho de 2010). Novos projetos siderúrgicos atenderão ao aumento da demanda até 2014. *Série Visão do Desenvolvimento. Volume 83*. Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social.
- Quaresma, L. F. (2009). *Desenvolvimento de Estudos para elaboração do plano Duodecenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - Relatório Técnico 58: Perfil do Aço*. Ministério de Minas e Energia.
- Quaresma, L. F. (2009). *Desenvolvimento de Estudos para elaboração do plano Duodecenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - Relatório Técnico 59: Perfil do Ferro-Gusa*. Ministério de Minas e Energia.

- Quiterio, S. L., Silva, C. R., Arbillá, G., & Escaleira, V. (2004). Metals in airborne particulate matter in the industrial district of Santa Cruz, Rio de Janeiro, in an annual period. *Atmospheric Environment* (38), pp. 321–331.
- Reason, J. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. Aldershot: Ashgate.
- Rocha, J. C., Rosa, A. H., & Cardoso, A. A. (2009). *Introdução à Química Ambiental* (2a. ed.). São Paulo: Bookman.
- Santos Junior, A. d. (2011). Possibilidades e impactos da ampliação da siderurgia a carvão. Rio de Janeiro: PPE / COPPE / UFRJ.
- Santos, A. L. (Junho de 2010). Inventário dos Rejeitos, Efluentes e Sub-Produtos das Indústrias Siderúrgicas Integradas na Fabricação de Aço Líquido. *Projeto de Graduação*. Rio de Janeiro: DEMM-Poli/UFRJ.
- SEHN, S. a. (1998). The Wingspread Consensus Statement on the Precautionary Principle. *Wingspread Conference on the Precautionary Principle*. Wingspread.
- Sharp, C., Gordon, Y., Liu, S., Towsey, P., & Cameron, I. (2012). Impact of Cokemaking technology on a Steel Plant's Carbon Footprint. Orlando: Carbon Management Technology Conference.
- Towsey, P. S., Cameron, I., & Gordon, Y. (2010). Comparison of Byproduct and Heat-Recovery Cokemaking Technologies. Pittsburgh, Estados Unidos: AISTech 2010 - Iron & Steel Technology Conference and Exposition.
- URS Corporation. (2009). *Middletown Coke Company Application for Major New Source Permit to Install*. Oak Ridge, Tennessee, Estados Unidos: SunCoke Energy, Inc.
- Usiminas. (2011). Relatório de Auditoria Ambiental - ThyssenKrupp Companhia Siderúrgica do Atlântico TKCSA. Rio de Janeiro.
- Verocai, I. (1990). *Vocabulário Básico de meio ambiente*. Rio de Janeiro: Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente.
- Zborowski, M. B. (2008). Conflitos ambientais na Baía de Sepetiba: o caso dos pescadores atingidos pelo processo de implantação do complexo industrial da Companhia Siderúrgica do Atlântico. *Dissertação de Mestrado*. Rio de Janeiro: Instituto de Psicologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.