

LEVANTAMENTO DAS EMISSÕES DE MATERIAL PARTICULADO PROVENIENTES DE FONTES ESTACIONÁRIAS DE INDÚSTRIA SIDERÚRGICA, UM ESTUDO DE CASO

SURVEY OF EMISSIONS OF PARTICULATE MATTER FROM STATIONARY SOURCES OF STEEL INDUSTRY, A CASE STUDY

Alexandre Fernando da Silva¹

Carlos Alexandre Vieira²

RESUMO:

O ferro é base para diversos produtos e estruturas de importância econômica, o que torna o setor siderúrgico destaque entre as industriais de base. O Brasil é um dos principais produtores de ferro gusa no mundo. No cenário nacional destaca-se o grande número de plantas instaladas no estado de Minas Gerais. A transformação do minério de ferro em ferro metálico movimentando grandes volumes de matérias-primas e insumos, em paralelo gera vários resíduos. Dentre os principais estão gases e partículas poluentes que afetam a atmosfera e a saúde de populações. Na indústria siderúrgica o material particulado é emitido em vários processos e é constituído de partículas sólidas de vários tamanhos e composição. O presente artigo apresenta o levantamento das emissões de material particulado em chaminés de planta siderúrgica localizada na região metropolitana do estado de Minas Gerais. Foram avaliadas 12 chaminés e os resultados comparados com os padrões da legislação estadual vigente. Dentre as fontes avaliadas uma apresentou emissões acima dos limites estabelecidos, as demais apresentaram valores inferiores. Apesar dos valores estarem em grande parte abaixo dos limites legais, as emissões são consideráveis e exige medidas de controle e mitigação.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria Siderúrgica; Material Particulado; Fontes Estacionárias.

ABSTRACT:

Iron is the basis for several products and structures of economic importance, which makes the steel industry stand out among the basic industrialists. Brazil is one of the main producers of pig iron in the world. In the national scenario stands out the large number of plants installed in the state of Minas Gerais. The transformation of iron ore into metallic iron moves large volumes of raw materials and inputs, in parallel generates several wastes. Among the main are pollutant gases and particles that affect the atmosphere and the health of populations. In the steel industry the particulate material is emitted in various processes and consists of solid particles of various sizes and composition. The present article presents the survey of emissions of particulate matter in chimneys of a steel plant located in the metropolitan region of the state of Minas Gerais. Twelve chimneys were evaluated, and the results compared to the standards of the current state legislation. Among the evaluated sources one presented emissions above the established limits, the others presented lower values. Although values are largely below legal limits, emissions are considerable and require control and mitigation measures.

KEYWORDS: Steel Industry; Particulate Matter; Stationary Sources.

¹ Doutorando e mestre em Ciências pela Universidade de Franca, licenciado e bacharel em Química pela Universidade do Estado de Minas Gerais – Fundação Educacional de Divinópolis. Currículo: <http://lattes.cnpq.br/8689530662247163>.

² Doutor em Ciências pela Universidade de Franca, mestre em Biotecnologia pela Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações, graduado em Química pela Universidade de Itaúna. Professor da Universidade do Estado de Minas Gerais e do Centro Universitário UNA. Currículo: <http://lattes.cnpq.br/3311692690861081>.

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XVIII Volume II Jul-dez 2018	Trabalho 02 Páginas 23-35
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

01 – INTRODUÇÃO

O setor siderúrgico possui papel fundamental no encadeamento produtivo mundial. O ferro é matéria prima fundamental para diversos produtos e estruturas de importância econômica. Está presente na indústria automobilística e naval, na construção de edifícios e residências e em bens de consumo comuns ao cotidiano. Nessa vertente, o crescimento da população mundial, somada a ampliação de demandas de consumo, elevam a importância da indústria de ferro e aço.

O setor siderúrgico brasileiro tem início em 1917 com a implantação da Companhia Siderúrgica Mineira, que em 1922 se tornaria Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira. Na década de 1930 outras empresas privadas foram instaladas no país, mas somente a partir da intervenção do Estado o setor ganhou impulso, já na década de 1940. Nas primeiras décadas do século XXI o setor siderúrgico assume relevante destaque, sendo o Brasil um dos maiores exportadores de ferro gusa do mundo. Em 2007 o país respondeu por 42% das exportações mundiais (MILANEZ, PORTO, 2008). Em 2013 a produção de ferro gusa no Brasil chegou a mais de 31 toneladas (SINDIFER, 2013).

No cenário nacional, Minas Gerais destaca-se como um dos principais polos produtivos de ferro e aço. Segundo dados do SINDIFER – Sindicato da Indústria de Ferro de Minas Gerais, o Estado possui 58 usinas produtoras de ferro gusa com capacidade instalada para produção de 611.700 toneladas/mês (SINDIFER, 2015). Deste total, cerca de 32 usinas estão localizadas na região Central do estado e Vale do Aço. Tal cenário deve-se as condições favoráveis do Estado em relação a este setor, com a ampla disponibilidade de matérias primas essenciais. Essas regiões possuem elevado potencial para produção de carvão vegetal e são ricas em minério de ferro, sendo que em 2013 foram extraídos mais de 160 milhões de toneladas do minério (IBRAN, 2014).

Em paralelo a importância econômica do setor, o processo siderúrgico gera quantidades relevantes de rejeitos, o que atribui grande responsabilidade no controle e mitigação de impactos ambientais e sobre a saúde de população residentes no entorno destas plantas industriais. Dentre os principais impactos está a emissão de

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XVIII Volume II Jul-dez 2018	Trabalho 02 Páginas 23-35
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

gases e partículas poluentes atmosféricos que afetam a qualidade do ar local, especialmente o material particulado disperso através de fontes estacionárias (chaminés). Neste sentido, o poder público tem buscado o aprimoramento de legislações que visam o estabelecimento de limites de máximos de emissão de poluentes. O atendimento às legislações ambientais é importante para os setores ambientais, mas para além deste objetivo é preciso estar atento às consequências ao ambiente ocasionadas pelo excesso de poluentes atmosféricos. Dessa forma, a quantificação de emissões provenientes de fontes fixas constitui uma ferramenta importante na elaboração de planos de controle e mitigação e ainda na proposição de mecanismos de contenção do volume emitido. Devido as várias implicações decorrentes da poluição atmosférica e seus vários agentes, especialmente devido a presença de materiais particulados em suspensão na atmosfera, o monitoramento de emissões de poluentes atmosféricos se faz necessário e obrigatório. Neste contexto, esse trabalho se propõe em apresentar o levantamento de emissões de materiais particulados provenientes de fontes fixas de uma planta siderúrgica localizada na região central do Estado de Minas Gerais.

02 – O PROCESSO SIDERÚRGICO

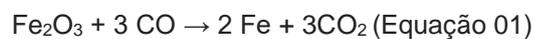
O ferro ocorre na natureza especialmente na forma de óxidos, magnetita (Fe_3O_4), hematita (Fe_2O_3) e limonita ($\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O}$), mas também é encontrado na forma de sulfetos e carbonatos. O processo de produção de ferro ocorre pela redução destes minerais em altas temperaturas em sistemas de altos fornos, com exceção dos sulfetos devido a presença de enxofre componente indesejado em ligas metálicas de ferro (ROMEIRO, 1997).

Em descrição mais ampla, o processo de produção de ferro inicia-se na extração e transporte dos minerais ferrosos e demais matérias primas até a usina. As usinas siderúrgicas podem ser divididas em duas classificações: integradas e semi-integradas. As usinas integradas agregam na mesma planta industrial as etapas de redução do minério de ferro produzindo o ferro-gusa que posteriormente é convertido em aço. Em sequência o aço passa pelo beneficiamento mecânico através de

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XVIII Volume II Jul-dez 2018	Trabalho 02 Páginas 23-35
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

processos como exemplo, a laminação. Os produtos finais nesse tipo de planta são chapas, bobinas, tarugos, vergalhões, barras e outros. Usinas semi-integradas constituem suas plantas do processo de beneficiamento, não dispondo da etapa inicial de redução do minério em ferro gusa. Trata-se de processo mais compacto em que são alimentadas de sucatas ferrosas e ferro gusa. Em síntese, constitui das etapas de refino e beneficiamento mecânico (CGEE, 2010).

O sistema principal de uma usina siderúrgica semi-integrada é o alto forno, reator do tipo chaminé de funcionamento ininterrupto, cuja carga sólida é descendente e os gases redutores ascendentes. A carga sólida (minério de ferro, coque e fundentes) é alimentada continuamente pelo topo do sistema e os gases aquecidos entre 900°C e 1350°C são insuflados por ventaneiras na parte inferior do forno. As altas temperaturas dos gases insuflados e a combustão do coque fornecem a energia necessária para a redução do minério de ferro em ferro. O fluxo do material fundido escorre para cadinho na parte inferior, incluindo as impurezas (escória), que na forma de sobrenadante é vazada separadamente do produto principal, o ferro fundido com percentual de carbono absorvido durante o processo (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2010). A reação simplificada e esquemática do processo é esquematizada:



Na planta siderúrgica há setores de apoio ao sistema principal do alto forno, responsáveis pelo recebimento, preparo e manejo de materiais primas. Os setores de “descarga de carvão” e “descarga de minério” são locais de recebimento e direcionamento destes insumos aos demais locais de interesse dentro da planta. Consistem basicamente em silos de descarga e armazenamento temporário. Devido a movimentação das cargas e a elevação de partículas sólidas no ambiente interno, possuem sistemas de exaustão com finalidade de eliminar para a atmosfera as partículas em excesso. Outro sistema de apoio consiste de aquecedores tipo *glendons*, cuja função é o aquecimento do ar inflado no alto forno. Esses aquecedores consistem em câmaras de paredes refratárias nas quais ocorrem a combustão dos gases excedentes recuperados no topo do alto forno. O calor gerado na combustão aquece o ar que passa em serpentinas no interior do sistema e posteriormente é inflado no alto forno em temperaturas adequadas ao processo (ASSUNÇÃO, 2011).

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XVIII Volume II Jul-dez 2018	Trabalho 02 Páginas 23-35
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

03 – EMISSÕES ATMOSFÉRICAS EM PLANTAS SIDERÚRGICA

Nas várias etapas de produção do ferro gusa, há a geração de vários poluentes atmosféricos, produtos da transformação do minério em ferro metálico, que demandam elevado gasto energético. As emissões podem ocorrer em fontes estacionárias (chaminés), fontes móveis (veículos) ou por fontes difusas originadas pela movimentação de materiais primas e veículos nas vias e pátios da planta. Os principais poluentes são: material particulado (MP), óxidos de enxofre (SO_2 e SO_3), dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NO_x). Além destes outros gases poluentes podem estar presentes, como gás sulfídrico (H_2S), metano (CH_4) e etano (C_2H_6) e ainda hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), oriundos de processos de queima incompleta de matéria orgânica (MILANEZ, PORTO, 2008).

Cada poluente atua de forma distinta na atmosfera. Os óxidos de enxofre (SO_2 e SO_3) e óxidos de nitrogênio (NO_x) reagem com a água na atmosfera em condições adequadas e formam os ácidos sulfúricos e nítricos, sendo estes precursores da chuva ácida. O dióxido de carbono é emitido diretamente no processo de produção do ferro e em etapas anteriores, na produção de matérias primas como carvão vegetal seja de florestas nativas ou madeira de reflorestamento. A presença deste poluente na atmosfera está relacionada com a elevação da quantidade de carbono atmosférico contribuindo diretamente para mudanças climáticas (SONTER *et al*, 2015) Outros poluentes que contém carbono como o monóxido de carbono, metano (CH_4) e etano (C_2H_6) também produzem o mesmo efeito na atmosfera. Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) podem ser liberados na atmosfera na forma gasosa ou adsorvidos em material particulado e podem causar sérias consequências a seres vivos, especialmente se associados a partículas inaláveis, pois possuem potencial carcinogênicos e mutagênicos (MILANEZ, PORTO, 2008).

Dentre os poluentes citados, talvez o material particulado tenha efeito local mais imediato e perceptível pela população. Essa denominação refere-se a sólidos de diâmetro reduzido ou partículas líquidas (excluindo água) que estão suspensas no ar, geralmente invisíveis à olho nu, mas que no somatório constitui uma névoa que

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XVIII Volume II Jul-dez 2018	Trabalho 02 Páginas 23-35
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

restringe a visibilidade (BAIRD, 2011). Os materiais particulados suspensos na atmosfera não possuem o mesmo tamanho e formato, podendo apresentar ainda composição química variada. Raramente apresentam-se em forma esférica, mas convenientemente são classificados em acordo com o diâmetro. As Partículas Totais em Suspensão (PTS) possuem diâmetro inferior a 50 μm e compreendem outras partículas de tamanho inferior. Considerando partículas menores, há as Partículas Inaláveis (PM10), que são subdividas em inaláveis grossas com tamanho entre 2,5 μm e 10 μm e inaláveis finas com tamanho inferior a 2,5 μm . As partículas finas são tão diminutas que seriam necessárias 100 milhões de partículas para cobrir a superfície de uma moeda (BAIRD, 2011). Devido ao seu tamanho reduzido podem atingir os alvéolos pulmonares, já partículas inaláveis grossas são retidas na parte superior do trato respiratório (CETESB, 2001).

Em plantas siderúrgicas, os materiais particulados podem ser emitidos por fontes móveis, fontes fixas ou fontes difusas. As emissões de fontes móveis são oriundas de escapamentos de veículos que realizam transporte de matéria prima nas áreas internas da indústria. O tráfego destes veículos, somados ao manuseio de matérias primas nos pátios das plantas dão origem as emissões de fontes difusas. As fontes fixas são as chaminés instaladas nos setores produtivos que podem ter função de exaustão de ambientes ou eliminação de gases de queimas. As principais fontes fixas encontradas em plantas siderúrgicas são exaustores de silos de descarga de carvão vegetal e minério de ferro e as chaminés dos *glendons*, queimadores dos gases excedentes dos altos fornos. Outras fontes fixas podem ocorrer como chaminés de usinas termoelétricas.

04 – AMOSTRAGEM DE MATERIAL PARTICULADO EM FONTES FIXAS

O termo fontes fixas ou estacionárias refere-se a “qualquer instalação, equipamento ou processo situado em local fixo, que libere para a atmosfera substâncias no estado sólido, líquido, vapor ou gasoso” (COPAM, 2013). Em termo mais comum, refere-se a chaminés ou dutos que expõem na atmosfera gases poluentes, oriundos de processos de queima, sistemas de exaustão e outros. A

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XVIII Volume II Jul-dez 2018	Trabalho 02 Páginas 23-35
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

amostragem em dutos e chaminés consiste na extração de um volume de gás no interior do duto, através da aspiração para o sistema de amostragem por bocais e sondas. Neste tipo de amostragem deve ser realizada de maneira isocinética, ou seja, os gases do interior da chaminé devem ser extraídos para o sistema de amostragem na mesma velocidade do fluxo no interior do duto. Dessa forma o volume de gás amostrado corresponderá com a realidade da concentração do poluente em análise. Desse método origina-se o nome do equipamento utilizado neste tipo de amostragem: CIPA - Coletor Isocinético de Partículas Atmosféricas.

O CIPA é um conjunto de instrumentos, em que seu princípio de funcionamento consiste na coleta do gás no interior da chaminé seguido da passagem do gás pelos instrumentos nos quais são coletados dados como temperatura e pressão dos gases e o material particulado pela retenção em um filtro instalado no trajeto. O CIPA não fornece o resultado da medição, mas sim as amostras e os dados que posteriormente serão trabalhados em laboratório, para emitir o resultado final. A amostra coletada consiste de um filtro que retém o material particulado e da solução de lavagem da sonda e mangueira (que contém partículas aderidas às mesmas). O resultado desta análise é dado pela relação da massa de material particulado retida no filtro somada a massa de partículas encontrada na solução de lavagem (depois de seca), pelo volume de gás amostrado na CNTP – condições normais de temperatura e pressão.

Os padrões comparativos das emissões de material particulado e demais poluentes de chaminés são estabelecidos por legislações federais e em alguns casos estaduais. Em nível federal o CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente delibera a RESOLUÇÃO N°382, DE 26 DE DEZEMBRO DE 2006 que estabelece limites de emissão por tipologia de fontes estacionárias e seguimentos industriais (BRASIL, 2006). Em Minas Gerais vigora a Deliberação Normativa 187 de 2013, estabelecida pelo COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental que também estabelece limites de emissão para fontes fixas. Além de determinar os limites máximos de emissão, essas regulamentações delimitam condições em que os monitoramentos devem ocorrer com objetivo de resguardar a validade dos resultados

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XVIII Volume II Jul-dez 2018	Trabalho 02 Páginas 23-35
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

e a consequente melhoria na qualidade do ar no entorno de fontes emissoras (COPAM, 2013).

05 – MATERIAIS E MÉTODOS

A planta siderúrgica objeto deste estudo atua na fabricação de ferro gusa, com capacidade nominal de 1.100 toneladas/dia. Devido a variações de mercado a produção não utiliza a totalidade da capacidade, atuando com cerca de 60%. Foram avaliadas 12 chaminés nos vários setores da planta siderúrgica, sendo 5 *glendons* cujo combustível é o gás monóxido de carbono – CO e sete chaminés de descarga e preparo de carvão e minério, cujo processo é despoeiramento, sem ação de queima de algum combustível.

A determinação de poluentes em chaminés consiste de duas etapas, amostragem em campo e análise laboratorial. O agente objeto deste estudo foi o material particulado, principal poluente atmosférico oriundo de indústrias siderúrgicas. As metodologias adotadas nos procedimentos de coleta e análises tem como referências os métodos das agências CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo e da EPA – Environmental Protection Agency e da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Os instrumentos utilizados nas medições em campo foram o CIPA – Coletor Isocinético de Partículas Atmosféricas e o amostrador de gases portátil de fabricação alemã, modelo Testo 340.

No procedimento de amostragem para determinação de material particulado em dutos e chaminés, adota-se como referência o diâmetro do duto, sendo traçado dois eixos de amostragem, perpendiculares entre si. Foram realizadas amostragem em triplicatas, sendo que cada amostra foi colhida em período médio de 60 minutos, sendo cada metade deste tempo atribuída a cada eixo. As amostras direcionadas ao laboratório consistem em dois materiais, filtros de retenção do material particulado e mistura de lavagem de parte do equipamento. As amostras foram colhidas em filtros de fibra de vidro borossilicato com diâmetro de 102 mm e porosidade nominal de até 1 µm e a mistura resultante da lavagem do equipamento em solução em percentuais de 50% entre água destilada e acetona com grau de pureza

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XVIII Volume II Jul-dez 2018	Trabalho 02 Páginas 23-35
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

em 99,5%. Posteriormente os conjuntos foram encaminhados ao laboratório, onde análises gravimétricas determinaram a diferença entre as massas iniciais e finais dos filtros. Após os procedimentos de coleta e análise laboratorial os resultados foram comparados com os limites máximos de emissão constantes no anexo XII da Deliberação Normativa COPAM – 187 de 2013, que trata de indústrias siderúrgicas não integradas (fabricação de ferro gusa). Esta deliberação foi adotada também para definição do poluente amostrado (COPAM, 2013).

06 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das amostragens realizadas nas 12 chaminés apresentaram variações significativas nos valores das massas de material particulado representadas pelas médias das triplicatas. Tais variações tem origem nas distinções entre as etapas do sistema produtivo e no sistema de contenção das emissões de partículas. Os resultados foram expressos em unidade de concentração mg/Nm^3 (miligramas por normal metro cúbico) que considera a relação do volume de gás amostrado nas condições CNTP – condições normais de temperatura e pressão, em base seca (condição que exclui a massa de água) e a massa de material particulado emitido. Nas chaminés dos *glendons*, cujas emissões são provenientes de processos de combustão, os resultados foram expressos considerando a correção para concentrações de referência do oxigênio (O_2) em 7% (COPAM, 2013).

A política ambiental em vigor no estado de Minas Gerais delimita que as emissões em plantas siderúrgicas não integradas sejam avaliadas em acordo ao anexo XII da Deliberação Normativa 187 de setembro de 2013, publicada pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente, que estabelece os limites máximos de emissão para fontes fixas. Essa legislação, considera duas classes de fontes estacionárias em acordo a data de instalação: fontes novas, para equipamentos instalados após a publicação deste deliberação e fontes existentes, para equipamentos instalados em data anterior a publicação. Essa distinção é definida a fim de delimitar prazo de adequações dos sistemas em operação aos limites restritivos para as emissões estabelecidos pela nova legislação. Tal entendimento provém da dificuldade de

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XVIII Volume II Jul-dez 2018	Trabalho 02 Páginas 23-35
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

implementação em plantas siderúrgicas de mudanças significativas e adoção processos que propiciem o atendimento de exigências mais rigorosas. Outras questões são consideradas na proposição dos limites e prazos de adequações. Em chaminés de *glendons* instaladas em zona urbana a partir de 2 de outubro de 2001, data de publicação da Deliberação Normativa COPAM nº 49, que dispõe sobre o controle ambiental das Indústrias Não Integradas de produção de ferro gusa, o limite máximo de emissão é 50 mg/Nm³ (COPAM, 2001). Na planta avaliada as instalações estão localizadas em zona urbana, no entanto, a instalação ocorreu em data anterior a referida. Neste caso, devem atender ao limite estabelecido na DN COPAM 187/2013 sem prazo para adequação. As demais fontes o prazo regulamentado para o atendimento dos novos limites é de 5 anos contados a partir da publicação desta deliberação normativa.

Dentre as 12 chaminés monitoradas (Tabela01) apenas a chaminé *Glendon* 01 apresentou resultados maiores quando comparados aos limites de emissão estabelecidos pela DN COPAM 187/2013. As demais chaminés dos *glendons* apresentaram resultados abaixo dos limites máximos de emissão, apesar de apresentarem valores elevados quando comparados as demais chaminés de processo de exaustão em preparo de matérias-primas.

Tabela 01: Resultados em triplicata e médias, por fonte monitorada em comparativos com os limites legais em nível estadual.

Fontes	Coleta 01	Coleta 02	Coleta 03	Média	Limite DN COPAM 187/2013	
					Fonte nova	Fonte Existente
mg/Nm ³ , base seca						
<i>Glendon</i> 01	122,43	123,01	112,49	119,31	100	100
<i>Glendon</i> 02	47,14	33,48	70,51	50,38	100	100
<i>Glendon</i> 03	87,02	71,27	70,65	76,31	100	100
<i>Glendon</i> 04	39,78	41,72	127,59	69,70	100	100
<i>Glendon</i> 05	98,26	54,05	102,79	85,03	100	100
Carga do alto forno	20,45	20,24	30,37	23,69	50	75
Carga do alto forno	44,24	22,51	22,52	29,76	50	75
Descarga de carvão 01	1,85	5,22	4,45	3,84	50	75
Descarga de carvão 02	13,17	14,94	7,19	11,77	50	75
Descarga de carvão 03	39,83	26,65	19,33	28,60	50	75
Descarga de carvão 04	32,45	16,62	19,13	22,73	50	75
Descarga de carvão 05	15,05	13,24	22,9	17,06	50	75

Fonte: Pesquisa.

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XVIII Volume II Jul-dez 2018	Trabalho 02 Páginas 23-35
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

Nas chaminés dos *glendons* propriamente ditas não há sistemas de contenção, no entanto, no trajeto após o recolhimento do gás no alto forno e o direcionamento até os queimadores o fluxo passa por dois sistemas. O primeiro destes consiste em balão gravimétrico seco, posteriormente é seguido por ciclone com selo de água e por fim os gases passam por lavador de gases. Conforme apresentado nos resultados esses sistemas não conseguem reter em quantidades significativas os particulados emitidos a partir do processo de alto forno e sequente queima dos gases excedentes nos sistemas de *glendons*.

Em termos de emissão de particulados constatados nas medições, o sistema aplicado nas chaminés de exaustão de matérias primas mostra-se mais efetivo. Os filtros de mangas com sistema de captadores interligados através de filtração tipo *pulse-jet* atua na retenção de particulados de variadas dimensões. Esse sistema consiste em mecanismo separador de partículas (fase sólida) contidas nos gases (fase gasosa) pela brusca mudança na velocidade e direção do fluxo e da passagem dos gases por filtros físicos instalados no interior do equipamento de contenção (LAVRINI, 2013).

07 – CONCLUSÃO

Neste trabalho foram avaliadas as emissões de material particulado em 12 fontes fixas de uma planta siderúrgica, os resultados obtidos foram comparados com os limites máximos de emissão estabelecidos pela legislação estadual. Os resultados mostraram que uma chaminé apresentou emissões acima do limite recomendado, as demais chaminés emitiram valores inferiores. Os limites legais estabelecidos consideram a manutenção da qualidade do ar e saúde de populações, no entanto, quando se delimita neste sentido não há limite seguro. Dessa forma, apesar das emissões em grande maioria das fontes avaliadas atenderem aos padrões legais, empreendimentos e órgãos fiscalizadores devem buscar a melhoria contínua através da mitigação e redução do volume de partículas dispensadas na atmosfera. Neste sentido e diante dos resultados apresentados conclui-se que o levantamento das emissões de material particulado nas chaminés da planta siderúrgica avaliada

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XVIII Volume II Jul-dez 2018	Trabalho 02 Páginas 23-35
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

constitui uma importante ferramenta na produção de informações para a tomada de decisão em relação a manutenção da qualidade do ar e do controle ambiental neste seguimento industrial, e ainda subsidiam a elaboração de legislações e políticas públicas objetivando resultados de longo prazo.

08 – REFERÊNCIAS

ASSUNÇÃO, C.S. Redução do Consumo de Oxigênio em Um Alto-forno a Partir do Aumento da Eficiência Energética dos Aquecedor de Ar. *Tecnol. Metal. Mater. Miner.*, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 73-79, abr.-jun. 2011

BAIRD, C.; CANN, M. *Química ambiental*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 844p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. *Resolução CONAMA nº 382*, de 26 de dezembro de 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res38206.pdf> > Acesso em: 25 mar 2017

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Qualidade do ar*. Disponível em: <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp#mp>. Acesso em: 24 março 2017.

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental. *Deliberação Normativa nº 187 de 19 de setembro de 2013*. Diário do Executivo “Minas Gerais”, Belo Horizonte, 2013.

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental. *Deliberação Normativa nº 49 de 28 de setembro de 2001*. Diário do Executivo “Minas Gerais”, Belo Horizonte, 2001.

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. *Siderurgia no Brasil 2010-2025*; subsídios para tomada de Decisão. Brasília, 2010.

IBRAN – Instituto Brasileiro de Mineração. *Informações Sobre a Economia Mineral do Estado de Minas Gerais*. 2014. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00004355.pdf>. Acesso em: 26 abril 2017

INSTITUTO AÇO BRASIL. *Segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa/Emissões de Gases de Efeito Estufa nos*

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XVIII Volume II Jul-dez 2018	Trabalho 02 Páginas 23-35
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	

Processos Industriais – Produção de Metais. Brasília, 2010. Disponível em: http://inventariogeosp.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/30/2014/04/brasil_mcti_ferro_aco.pdf. Acesso em: 23 março 2017

LAVRINI, B. Tecnologia de Filtro de Manga Combate Poluição Atmosférica. *Revista Meio Filtrante*, jul/agos p. 28-36. 2013

MILANEZ, B.; PORTO, M.F.S. A ferro e fogo: impactos da siderurgia para o ambiente e a sociedade após a reestruturação dos anos 1990. *In: IV Encontro Nacional da Anppas*, 2008, Brasília, DF. *Anais...* Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT6-61-8-20080509163054.pdf>. Acesso em:

MOREIRA, M. *Siderurgia*. Disponível em <http://www.dalmolim.com.br/EDUCACAO/MATERIAIS/Bibliomat/siderurgia2.pdf>> Acesso em: 21 de março de 2017.

ROMEIRO, S. B. B. *Química na siderúrgica*. Porto Alegre: Área de Educação Química do Instituto de Química da UFRGS, 1997. (série química e tecnologia). Disponível em: http://www.quimica.seed.pr.gov.br/arquivos/File/AIQ_2011/siderurgia_ufrgs.pdf.

Acesso em: 21 abril 2017

SINDIFER – Sindicato da Indústria de Ferro no Estado de Minas Gerais. *Anuário 2013*. Disponível em: http://www.sindifer.com.br/institucional/anuario/anuario_2013.pdf. Acesso em 20 abril 2016.

SINDIFER – Sindicato da Indústria de Ferro no Estado de Minas Gerais. *Anuário 2015*. Disponível em: http://www.sindifer.com.br/institucional/anuario/anuario_2015.pdf. Acesso em 20 abril 2016.

SONTER, L.J; BARRETT, D.J.; MORAN, C.J.; SOARES-FILHO, B.S. Carbon emissions due to deforestation for the production of charcoal used in Brazil's steel industry. *Nature Climate Change*, 5, p. 359–363, 2015.

Revista Brasileira de Gestão e Engenharia – ISSN 2237-1664 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	Número XVIII Volume II Jul-dez 2018	Trabalho 02 Páginas 23-35
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/gestaoeengenharia	periodicoscesg@gmail.com	