

# ESTUDOS DE EFICIÊNCIA TÉRMICA E DE EMISSÃO DE POLUENTES EM FORNOS ROTATIVOS A ÓLEO E GÁS NATURAL<sup>1</sup>

*Anderson Roberto Dallabona<sup>2</sup>*

*Daniele da Silva Ramos<sup>2</sup>*

*Eliane Ramos Miranda Mattei<sup>3</sup>*

*Francisco Germano Martins<sup>4</sup>*

*Marcio Ferreira Hupalo<sup>5</sup>*

## Resumo

O modelo do setor energético brasileiro vem sendo reorientado para a diversificação da matriz energética e utilização de fontes de energia limpa. Neste contexto, emprego do gás natural como fonte energética para fusão de ligas ferrosas apresenta-se como uma alternativa promissora e altamente viável. O crescimento das atividades industriais tem como conseqüência a intensificação das emissões de poluentes na atmosfera. Muitos destes poluentes são decorrentes da combustão de materiais de origem fóssil, tais como os óleos combustíveis atualmente empregados como fonte energética em fundições. O emprego de gás natural pode reduzir sensivelmente a emissão de poluentes na indústria de fundição. Neste contexto, o presente trabalho apresenta estudos de viabilidade térmica e de emissão de poluentes (material particulado) de fornos rotativos aquecidos a óleo de xisto e gás natural, empregados na fusão de ligas ferrosas. A análise de emissões de poluentes visa coletar dados dos gases, dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) que são lançados na atmosfera durante a fusão destas ligas. A eficiência térmica de substituição do óleo de xisto por gás natural, durante a fusão de ferros fundidos cinzentos e nodulares em fornos rotativos, será estudada por meio do controle do tempo total de fusão e do levantamento da relação entre volume de combustível empregado e material fundido obtido. Os resultados foram obtidos durante dez séries de fusões de ferros fundidos cinzentos e nodulares, realizadas em fornos rotativos instalados na SOCIESC (gás natural) e em empresa do setor de fundição localizada em Garuva.

**Palavras-chave:** Gás natural; Forno rotativo; Emissão de poluentes; Fundição.

## THERMAL EFFICIENCY AND POLLUTANT EMISSION STUDIES IN OIL AND GAS-FIRED ROTATING FURNACES

### Abstract

The Brazilian energy model has been reoriented towards diversification of the energy matrix and use of clean-power plants. The natural gas rises as a promising and highly viable energy source for casting of iron alloys. The growth of industrial activities results in higher air pollutant emissions. Many of these pollutants appear as residues of fossil origin materials combustion, such as fuel oils generally used as energy source in the casting industry. The use of natural gas can significantly reduce the emission of gases and particulate material. The present work aimed in the study of thermal efficiency and pollutant emission during casting of iron alloys in oil and gas-fired rotating furnaces. The pollutant emission analysis was conducted in order to identify the presence of sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), gases regularly launched in the atmosphere during the casting of iron alloys. Substitution of fuel oil by natural gas necessarily involves the study of its thermal efficiency. This study was accomplished during casting of gray and ductile cast irons, by means of controlling the total fusion time and determining the ratio between the cast material and the volume of fuel oil and natural gas used. Five heats of both gray and ductile cast irons were obtained in rotating furnaces installed in SOCIESC (natural gas) and in a company of the casting sector located in Garuva (fuel oil).

**Key words:** Natural gas; Rotating furnace; Pollutant emission; Casting.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

<sup>2</sup> *Eng. de Fundição (SOCIESC).*

<sup>3</sup> *Professora (SOCIESC).*

<sup>4</sup> *Mestre Professor (SOCIESC).*

<sup>5</sup> *Doutor Professor (SOCIESC).*

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria metalúrgica tem sido a responsável por grande parte das emissões de poluentes e particulados na atmosfera. Um problema sério nas fundições em termos de poluição atmosférica e de saúde pública são as emissões das unidades de fusão que utilizam como combustível o coque e óleos para o aquecimento do metal, estes são grandes emissores de poluentes, pois a maior fonte não natural de dióxido de enxofre é a combustão de combustíveis fósseis em processos industriais. Durante a combustão, a maior parte do enxofre contido no combustível se oxida para SO<sub>2</sub>. A concentração resultante do gás nos produtos de combustão é em função da porcentagem de enxofre contida no combustível e da razão ar/combustível no processo de queima. Nos combustíveis fósseis encontram-se as seguintes quantidades de enxofre, carvão: 0,1% a 6%, óleo residual: 0,75% a 3%, gasolina: 0,04% e diesel: 0,22%.

A preocupação em utilizar produtos que venham a diminuir estas emissões de poluentes, leva a indústria a desenvolver e pesquisar novos combustíveis para minimizar os impactos ambientais causados pela queima destes produtos, por isto se deve o grande avanço na utilização do Gás Natural (GN) nas indústrias, pois é uma fonte de energia segura, versátil e econômica. Sua queima produz baixa emissão de poluentes, é reconhecido como um dos combustíveis que menos geram poluentes, como a fuligem, resíduos metálicos, dióxido de enxofre e o trióxido de enxofre, devido à queima uniforme, exigindo menor quantidade de ar e elimina resíduos de combustão incompleta, proporcionando benefícios significativos para o meio ambiente, além de diminuir o custo operacional com manutenção de máquinas, transporte e armazenamento de combustível. O GN proporciona a otimização do uso de matérias-primas e conseqüente melhora nos processos de produção; aumenta a segurança, a eficiência dos equipamentos e a qualidade do produto final.

Nas indústrias metalúrgicas, os combustíveis utilizados devem apresentar alto poder calorífico para garantir energia suficiente, é o caso dos fornos que devem ser aquecidos a elevadas temperaturas e emitir o mínimo de poluentes possíveis. O GN vem substituindo os derivados de petróleo e energia elétrica, garantindo assim a eficiência térmica desejada, economia, menos agressões ao meio ambiente, pois pode ser utilizado em fornos de tratamento térmico, forno de fusão, geradores de atmosfera, estufas de secagem de núcleos de areia (Shell molding), secadores de areia, caldeiras, acabamento dentre outros.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da pesquisa de campo, os resultados de análises de emissão de poluentes foram coletados em fornos rotativos a gás natural e a óleo de xisto.

Nos fornos rotativos a gás natural, contratou-se uma empresa especializada em análises de emissões de poluentes e particulados para geração e levantamentos dos dados, os quais também foram obtidos com o equipamento existente na instituição. Devido à proximidade e repetitividade dos dados, para o forno rotativo a óleo de xisto, utilizou-se apenas o equipamento da instituição.

As coletas ocorreram durante o processo de fusão de ferro fundido cinzento e nodular, as temperaturas dos gases nas chaminés eram em torno de 700 °C.

O modelo do equipamento da instituição, TEMPEST 100 TELEGAN, oferece medições básicas de O<sub>2</sub>, CO, NO, calcula o teor de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e SO<sub>2</sub>.

O modelo do equipamento da empresa contratada, TESTO 350XL, é um analisador de gases portátil que mede CO, NOx, SO<sub>2</sub>, %O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S velocidade e temperatura. O analisador pode: afinar todo o tipo de fontes de combustão; medir durante um longo período de tempo, medir os gases de todo o tipo de processos de combustão e exaustão, e verificar a pressão e velocidade do efluente gasoso. É constituído pela unidade de controle, o analisador e a sonda. Pode calcular estequiometricamente a % CO<sub>2</sub>.

No sentido do estudo da eficiência térmica, o forno rotativo teve os dados coletados durante as dez fusões.

## 2.1 Equações Estequiométricas

### 2.1.1 Equação estequiométrica de combustão com gás natural

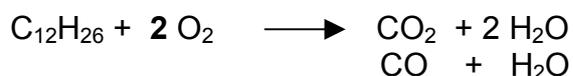
Gás Natural – CH<sub>4</sub>



O gás natural combinado com o oxigênio forma em sua combustão água e dióxido de carbono, porém em menor quantidade.

### 2.1.2 Equação estequiométrica de combustão com óleo de xisto

Óleo de Xisto – C<sub>12</sub>H<sub>26</sub>



O óleo de xisto combinado com o oxigênio forma em sua combustão água, dióxido de carbono e monóxido de carbono, porém em maiores quantidades.

## 3 RESULTADOS

A média dos resultados obtidos são apresentados na tabela abaixo.

**Tabela 1:** Emissões de Poluentes

Tipo de Combustível/ Gases	O <sub>2</sub> (%)	CO (ppm)	CO <sub>2</sub> (%)	NO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (ppm)
Gás Natural	20,7	0,0	0,1	177,4	0,2
Óleo de Xisto	17,7	3	2,4	219 ppm	6

Os resultados que foram obtidos demonstram diferentes condições de excesso de ar, de forma que diferentes porcentagens de O<sub>2</sub> nos produtos de combustão. Isto significa que a maior disponibilidade de oxidante na chama, ocorrendo uma menor quantidade de material particulado. A quantidade de material particulado emitido pelo gás natural é menor que o óleo de xisto devido a mistura do gás ser mais rápida e por não envolver quebra complexa de cadeias das moléculas como o óleo.

Os valores de monóxido de carbono apresentados durante a fusão com gás natural revelam que a relação estequiométrica da combustão apresenta valores mínimos, podendo-se dizer que não há presença de CO. Já para o óleo de xisto,

existe um valor considerável deste gás como resultado da combustão. Para os valores de dióxido de carbono, detectou-se o mesmo mecanismo de reação.

Devido à presença de ar na entrada dos fornos, parte do oxigênio misturado à queima reage com o nitrogênio presente no ar, desde modo forma-se dióxido de nitrogênio. Esta reação caba ocorrendo em ambos os fornos.

As emissões de dióxido de enxofre utilizando o gás natural foram extremamente inferiores em se comparado ao óleo de xisto, visto que a quantidade de enxofre presente no óleo é maior que o gás natural, sendo que no gás natural é adicionado em pequenas somente por motivo de segurança.

A eficiência térmica mostrada pelo forno utilizando gás natural tem valores similares aos encontrados nos fornos a óleo de xisto, tanto nos valores de tempo de fusão quanto a temperatura alcançada pelo metal fundido. A diferença de tempo entre um forno e outro é de relativamente insignificante, variando em torno de 90 a 110 minutos para fusão com gás natural e de 80 minutos a 100 minutos para óleo de xisto. A temperatura de ambos os fornos durante o vazamento também se manteve sem grandes diferenças, na ordem de 1.450°C a 1.490°C.

#### **4 DISCUSSÃO**

Devido o gás natural ser um combustível de fonte limpa, ou seja, permitir combustões com menores quantidades de emissões de poluentes e ter a mesma eficiência térmica e energética de outros combustíveis, como o óleo de xisto, é possível sua utilização em fornos rotativos para fusão de ferros fundidos cinzentos e nodulares. Sendo assim, o presente estudo teve o intuito de comparar a troca do combustível óleo de xisto para gás natural, no aspecto ambiental, demonstrando sua eficiência térmica.

Durante este estudo pode-se comprovar o que já havia sido previsto, realmente o gás natural emite menor quantidade de poluentes que o óleo de xisto, sendo que as coletas aconteceram durante as fusões de ferros fundidos cinzentos e nodulares em fornos rotativos em condições operacionais.

#### **5 CONCLUSÃO**

Fica evidenciado que não somente para a área de fusão o gás natural pode ser utilizado, mas também no processo de tratamento térmico, confecção de núcleos de areia, aquecimentos dos equipamentos para vazamento e para outros setores da indústria que necessitam de fonte energética, por demonstrar economia, facilidade de manuseio, eficiência térmica e uma diminuição na emissão de poluentes.

#### **Agradecimentos**

Ao Sr. Demilson Rogério Silveira, pela sua atenção e colaboração para a realização de parte deste estudo.

Aos colaboradores da Sociedade Educacional de Santa Catarina – SOCIESC, em especial aos integrantes do Projeto Aplicação de Gás Natural para Fusão de Ligas Ferrosas.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 SIEGEL, Miguel. **Curso de Fundição**. Promovida pela Associação Brasileira de Metais – ABM, Maio, 1963.
- 2 ABREU, Percy Louzada de; MARTINEZ, José Antonio. **Gás Natural o Combustível do Novo Milênio**. Porto Alegre, RS, Plural Comunicações, 1999.
- 3 Revista Tecnologia, **Ciência Hoje, Gás Natural O Combustível do Século 21**. Vol. 28. SBPC, Setembro, 2000.
- 4 PETROBRÁS. Desenvolvido pela Petróleo do Brasil. Apresenta informações sobre combustíveis. Disponível em: <http://www2.petrobras.com.br/espacoconhecer/Produtos/xisto.asp>. Acessado em: 03 maio 2007.
- 5 USP. Desenvolvido pela Universidade de São Paulo. Apresenta informações sobre trabalhos, pesquisas e informações gerais da universidade. Disponível em: <http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo1A/xisto.html>. Acessado em: 17 abril 2007.
- 6 UNEF. Desenvolvido pela Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana. Apresenta informações sobre trabalhos e curiosidades gerais sobre a instituição. Disponível em: [http://www.uenf.br/uenf/centros/cct/qambiental/ar\\_polinorg.html](http://www.uenf.br/uenf/centros/cct/qambiental/ar_polinorg.html). Acessado em: 23 abril 2007.