

## VI-182 - AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES GASOSAS PROVENIENTES DO PROCESSO DE CALCINAÇÃO DE GESSO NA REGIÃO DO ARARIPE-PE

**Lenilde Mérgia Ribeiro Lima<sup>(1)</sup>**

Engenheira de Materiais – UFPB, Licenciada em Química – UEPB, Mestre em Engenharia Química – UFPB, Doutora em Química – UFPB, Professora Adjunta da UFCG.

**Alessandra Farias Formiga Queiroga**

Engenheira de Produção Mecânica - UFPB, Especialista em Gestão Ambiental na Indústria - UEPB, Consultora Técnica em Produção Mais Limpa - CEPIS/SEBRAE-PB

**Lígia Maria Ribeiro Lima**

Engenheira Química – UFPB, Mestre em Engenharia Química – UFPB, Doutora em Engenharia de Processos – UFCG, Professora Adjunta da UEPB.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Luiz Grande, S/N – Sumé – Paraíba – CEP: 58540-000 – Brasil – Tel: (83) 3353-1850 – e-mail: [mergia@ufcg.edu.br](mailto:mergia@ufcg.edu.br)

### RESUMO

A região do Araripe Pernambucano se destaca no mercado pelas jazidas de gipsita de alto teor de pureza, aproximadamente 95%. Essa região é conhecida como Pólo Gesseiro não apenas pela extração da gipsita, mas também pelo beneficiamento da mesma. O processo de beneficiamento consiste na retirada de 1½ mol de H<sub>2</sub>O da rocha, através do aquecimento desse material em fornos que utilizam principalmente a lenha como matriz energética. O consumo deste combustível na região é bastante representativo, uma vez que há aproximadamente 152 calcinadoras. Sabendo disto, é importante a qualidade da queima deste combustível, tanto para um melhor rendimento do forno quanto com relação aos impactos ambientais gerados devido a uma queima incompleta. Percebendo a importância disto, foi analisada a combustão de 10 fornos de calcinação considerando as variáveis: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) e oxigênio (O<sub>2</sub>). Essas variáveis foram comparadas com as referências de combustão ideal e entre si para a identificação de pontos de melhoria para este processo, tais como a instalação de inversores de frequência na inserção do ar e utilizar lenha picada para melhorar a homogeneização da queima. Considerando que dois dos principais causadores do aumento das temperaturas são derivados da combustão da lenha (CO<sub>2</sub> e CO), o desafio deste trabalho consiste em quantificar o gás carbônico e o monóxido de carbono e identificar possíveis oportunidades de redução desses indicadores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Emissões Gasosas, Combustão, Calcinação, Pólo Gesseiro.

### INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano e industrial dos países em desenvolvimento, como o Brasil, tem provocado muitos efeitos no meio ambiente, tais como aquecimento global, poluição dos rios e mares e chuvas ácidas. Isto acontece devido à má utilização dos recursos disponíveis, por parte das empresas, bem como a utilização e consumo de produtos por parte dos consumidores (NORDESTE ENFRENTA..., 2008).

Segundo Braga (2002), a atual crise ambiental pode ser descrita considerando-se três aspectos básicos: crescimento populacional, demanda de energia e de matérias e geração de resíduos, ou seja, poluição.

De acordo com a Resolução 54/06 – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA), a poluição atmosférica é a degradação da qualidade da atmosfera resultante de atividades que direta ou indiretamente: Prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e lancem matérias ou energias em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

A poluição atmosférica caracteriza-se pela presença de materiais ou formas de energia no ar que impliquem risco, dano ou moléstia grave às pessoas e bens de qualquer natureza (ARÁNGUEZ et al, 2001).

O Brasil possui reservas abundantes de gipsita, estimadas em 1,2 milhões de toneladas, distribuídas principalmente nos estados da Bahia, Pará e Pernambuco. O estado de Pernambuco possui 18% das reservas, mas é responsável por 89% da produção nacional de gipsita (DNPM, 2003). Isto se deve às condições de aproveitamento econômico mais favoráveis das jazidas localizadas na região do Araripe. A região está localizada no epicentro do semi-árido brasileiro, no extremo oeste do estado, a cerca de 680 km da capital Recife, região nordeste do país (BALTAR, 2008).

A região do Araripe, sertão do estado de Pernambuco, possui abundantes reservas de gipsita as quais são consideradas como as de melhor qualidade no mundo, devido ao elevado teor de pureza do minério. O chamado Pólo Gesso de Pernambuco é responsável pela produção de cerca de 1,45 milhões de toneladas de gipsita, representando 89% da produção brasileira. Cerca de 33% da produção de gipsita do pólo gesso é destinada ao uso cimenteiro, abastecendo as fábricas da região nordeste do Brasil, responsáveis por 19,3% da produção nacional de cimento.

Segundo o Relatório do Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM (2003), os percentuais dos produtos gerados a partir da gipsita estão quantificados da seguinte maneira: Gesso (53,56%), Cimento (21,84%), Construção Civil (21,22%), Corretivo de Solo (0,69%), Ração Animal (0,15%) e Não Informado (2,54%). Baseado na oferta anual em 2005 de 1.489.825 toneladas de gipsita.

Dos produtos gerados pela gipsita o único que há necessidade de tratamento térmico é o gesso, uma vez que para gipsita se tornar gesso é necessário um processo de calcinação. Este processo atualmente é realizado em forno cuja matriz energética pode ser lenha, CVP (Coque Verde de Petróleo) ou BPF (CEPIS, 2008).

A utilização da lenha de floresta e de madeira de transformação contribui para uma provisão durável de energia. A lenha tem se tornado cada vez mais importante como matriz energética renovável, como pode ser observado na figura 1, onde a biomassa aparece com quase 30% da oferta de energia no Brasil. (NUSSBAUMER, 1993).

Na região do Araripe, o produto mais utilizado como matriz energética é a lenha e o tipo de forno comumente encontrado é do tipo tubular barriga quente. A temperatura de calcinação é de aproximadamente 130 a 140°C e dentro do forno a temperatura chega 1000°C.

A maioria das fornalhas a lenha não dispõem de mecanismo de controle do processo de combustão. Essas fornalhas requerem supervisão constante do operador e, na maioria das vezes, são operadas inadequadamente. O manejo inadequado de fornalhas favorece a combustão incompleta, a contaminação do produto por resíduos da combustão presentes no ar de secagem e, dificuldades para a manutenção constante da temperatura do ar durante a secagem (LOPES, 2008).

Uma das principais fontes de geração das emissões de gás carbônico é a queima dos combustíveis utilizados durante o processo produtivo das empresas. Dentre estes combustíveis, pode-se destacar a lenha, Petróleo, Gás Natural e Coque Verde de Petróleo (CVP) (CEPIS, 2007). Além do gás carbônico, outros gases também contribuem para o aumento do efeito estufa, tais como: monóxido de carbono (CO) e metano (CH<sub>4</sub>).

A partir da preocupação com a quantidade de emissões atmosféricas lançadas no meio ambiente através da calcinação para produção de gesso, este trabalho tem como objetivo principal identificar pontos críticos na combustão da lenha nos fornos de calcinação do tipo Barriga Quente, conforme mostra a Figura 1, na Região do Araripe- PE, considerando os níveis de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e monóxido de carbono (CO) emitidos nos gases de combustão, comparados à bibliografia vigente.



**Figura 1 – Forno Rotativo de queima indireta (barriga quente)**  
**Fonte:CEPIS, 2008.**

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **SELEÇÃO DAS EMPRESAS**

A seleção das empresas foi realizada pelo SEBRAE, através de um cadastro interno. Assim, as empresas ficaram divididas da seguinte forma: Araripina (02 Calcinadoras); Morais (02 Calcinadoras); Trindade (03 Calcinadoras); Ipubi (01 Calcinadora) e Ouricuri (02 Calcinadoras). Destas empresas, foram utilizados para medições 10 fornos.

### **MEDIÇÕES**

As medições foram realizadas com o auxílio de um equipamento chamado analisador de gases da marca testo 335, o qual possui duas células de leitura de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  e um termopar para medição da temperatura. Baseados nesses valores, o equipamento calcula os valores de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e  $\lambda$  (variável de relação entre oxigênio e monóxido de carbono). Foram medidos, para este trabalho, os valores de CO (% em volume) e  $\text{CO}_2$  (% em volume) nas chaminés de 10 Fornos de Calcinação de Gesso. O tempo de duração para cada forno foi de aproximadamente 2 horas, contemplando todos os estágios do processo (carregamento, calcinação e descarregamento).

Foram medidos, para este trabalho, os valores de CO (%) e  $\text{CO}_2$  (%) nas chaminés de 10 Fornos de Calcinação de Gesso. O tempo de duração para cada forno foi de aproximadamente 2 horas, contemplando todos os estágios da calcinação (carregamento, calcinação, descarregamento).

### **APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Os dados foram coletados atendendo ao mesmo padrão para todos os fornos. A altura do furo nas chaminés era em torno de 1 a 1,5m a partir do teto do forno, para garantir as mesmas condições em todas as empresas.

Considerando que valores obtidos foram medidos durante o processo de calcinação, em um intervalo de tempo de 10 a 15 min, foram calculadas médias de cada forno para efeito comparativo.

A Tabela 1 mostra os valores obtidos nos 10 fornos analisados, todos rotativos, tipo barriga quente.

**Tabela 1: Valores de combustão da lenha em fornos de Calcinação no Pólo Gesseiro do Araripe-PE.**

Empresas	CO <sub>2</sub>	CO	O <sub>2</sub>
Forno 1	16.8	16.851	2
Forno 2	15.6	18.646	4
Forno 3	13.1	3.176	7.6
Forno 4	13.4	23.347	6.1
Forno 5	11	5.262	9
Forno 6	13	11.678	8
Forno 7	13	11.996	7.4
Forno 8	15.8	8.738	4.8
Forno 9	9.9	2.035	10.9
Forno 10	8.36	487	12,5

De uma forma geral, percebe-se que os valores obtidos apresentaram significativas diferenças de um forno para outro, apesar de utilizarem o mesmo combustível e possuírem o mesmo tipo de forno.

Essas diferenças de resultados podem ter sofrido influências de diversas naturezas, tais como: a forma de abastecimento da fornalha, potência da ventoinha (inserção de ar na fornalha), umidade e tipo de lenha utilizada.

Neste estudo não foram consideradas estas variáveis. Entretanto, é sabido que isto tem influência direta no consumo da lenha e na qualidade da combustão.

## DIÓXIDO DE CARBONO E OXIGÊNIO

O dióxido de carbono é o principal gás gerado na combustão da lenha, uma vez que o carbono está na composição da mesma forma que o oxigênio age como comburente nesta reação, o que torna inevitável a formação deste gás durante este processo. Quanto maior for o percentual de CO<sub>2</sub> melhor será a qualidade da combustão e menores serão as perdas de calor.

No caso dos fornos analisados, percebe-se que estes valores apresentaram variações de 8,36 a 16,8%, o que demonstra que a análise da situação dos fornos deverá ser feita individualmente, já que suas médias não iriam representar a realidade das empresas, uma vez que a mesma estaria no parâmetro de uma combustão de boa qualidade.

Analizando pontualmente, pode-se dizer que segundo a bibliografia vigente, que dista um parâmetro de 12 a 13% de CO<sub>2</sub> para uma combustão de boa qualidade, apenas 03 fornos se encontram abaixo do padrão e 07 fornos apresentaram uma queima de boa qualidade.

Entretanto, quando se compara os percentuais individuais de dióxido de carbono de cada forno com o excesso de oxigênio emitido durante a combustão, percebe-se que há uma relação entre o CO<sub>2</sub> e o O<sub>2</sub>, isto porque quando o dióxido de carbono atingiu seu maior valor, obteve-se menor valor do oxigênio. O mesmo ocorreu quando o dióxido atingiu seu menor valor.

Este comportamento interfere na análise da combustão, já que os percentuais de excesso de oxigênio ideal está entre 6 e 7% (COMBUSTÃO, 2008) e 07 fornos apresentaram-se fora do padrão e 03 dentro do padrão, o que contradiz a análise feita somente considerando o dióxido de carbono.

Se forem consideradas as duas variáveis conjuntamente, pode-se concluir que apenas os fornos 03, 04 e 07 apresentaram bons resultados na combustão. Entretanto, não se podem descartar os fornos 01, 02 e 08, uma vez que quanto maior for o dióxido, menores serão as perdas e quanto menor for o excesso de ar, maior será a temperatura na combustão. Partindo desta lógica, pode-se também, considerar os três últimos fornos apresentando também boa qualidade na combustão.

Os demais fornos apresentaram baixa qualidade na combustão, podendo refletir isto no consumo de lenha necessário para a combustão.

## MONÓXIDO DE CARBONO

O monóxido de carbono é um produto indesejado na combustão que sempre aparece quando a combustão é incompleta, no caso de fornalhas que utilizam como matriz energética a lenha não tem como fugir dele, uma vez que não é possível dosar a lenha em proporções adequadas ao ar inserido para a queima.

Em todos os fornos foram verificados elevados índices de CO, tendo apenas um forno com valor inferior a 1000ppm. Isto significa que a combustão está acontecendo de forma inadequada e que há perdas de temperatura no processo, acarretando assim provavelmente um aumento no consumo de lenha.

Essas perdas de temperatura podem afetar também o processo de calcinação do gesso, tanto no tempo de calcinação que pode se estender devido a baixa temperatura dentro do cilindro de calcinação, bem como a qualidade e/ou o tipo de gesso fabricado (lento ou rápido).

Quanto à nocividade do gás para o meio ambiente e a população que reside próximo ao local da fabricação é necessário haver bastante cuidado nas emissões. Segundo a Norma Regulamentadora 15 (NR 15) a concentração máxima de monóxido de carbono para uma exposição semanal de 48 horas é de 39ppm.

Apesar dos gases das chaminés não serem direcionados diretamente para o chão de fábrica, como o passar do tempo podem começar a afetar a saúde dos moradores e funcionários das empresas, haja vista que o Pólo Gesseiro está composto por aproximadamente 152 empresas em torno de 05 cidades.

## MONÓXIDO DE CARBONO E OXIGÊNIO

Como a formação do monóxido de carbono depende da homogeneidade da mistura do combustível com o comburente, pode-se comparar a emissão de CO com o excesso de ar inserido.

De acordo com a Tabela 1, pode-se perceber que os maiores índices de CO aconteceram quando a quantidade de oxigênio foi menor, o que leva a crer que o aumento desses gases ocorreu devido à pouca inserção de ar durante a combustão.

Apesar desta conclusão, o menor valor de O<sub>2</sub> não representou maior emissão de CO. Esta diferença acontece porque o oxigênio foi medido em termos percentuais e o CO em ppm, considerando isto, não é possível traçar um panorama geral de todos fornos no tocante a essas duas variáveis.

## DIÓXIDO DE CARBONO, MONÓXIDO DE CARBONO E OXIGÊNIO

Considerando-se as três variáveis separadamente, todos os fornos em algum momento apresentaram combustão de boa qualidade, seja ela em percentuais de dióxido de carbono e oxigênio ou ppm do monóxido de carbono, que quando comparamos um forno com outro, alguns apresentaram rendimentos melhores que outros.

Entretanto, quando se utilizaram as três variáveis para classificar uma boa combustão, nenhum dos fornos apresentou bons resultados, uma vez que o monóxido de carbono em nenhum forno obteve o valor de 39 ppm, que é a taxa permitida para inalação humana, mas se comparamos os fornos entre si, considerando também todas as variáveis analisadas, o forno 8 apresentou melhores resultados, uma vez que o percentual de CO<sub>2</sub> foi

superior e o  $O_2$  inferior as referências consideradas neste trabalho. Quanto ao CO, este forno apresentou valores medianos, quando comparados aos demais fornos.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados e a discussão sobre os gases de combustão da lenha nos fornos do Pólo Gesseiro do Araripe, pode-se concluir que todos eles necessitam de algum tipo de melhoria, sejam elas na elevação do dióxido de carbono, na redução do monóxido de carbono ou na alteração da inserção de ar no processo.

É importante ressaltar que, apesar das variáveis mais representativas para a qualificação dos gases de combustão serem  $CO_2$  e CO, o ar inserido no processo afeta diretamente nas suas formações, ou seja, o controle do percentual de  $O_2$  na combustão determinará o os padrões ideais para cada forno.

No tocante às melhorias que poderão ser implementadas para a melhoria da situação atual, podem-se destacar:

1. Instalação de um inversor de frequência no equipamento de inserção do ar no forno, para que possa controlar a vazão de entrada;
2. Instalar registros na tubulação que leva o ar para a fornalha com o intuito de regular a pressão do ar;
3. Instalar registros nas saídas das chaminés para que possam regular a saídas dos gases e/ou conseguir manter por um tempo maior os gases dentro da câmara de combustão;
4. Alimentar o forno com lenha picada ou invés de lenha e toras.

Essas sugestões, quando acompanhadas de ajustes durante o processo de calcinação, poderão melhorar a queima através de uma melhor homogeneidade do combustível com o comburente, e conseqüentemente reduzir o consumo de lenha, uma vez que uma combustão de boa qualidade gera maiores temperaturas o que requer menor quantidade de combustível.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARÁNGUEZ, E. et al. Contaminantes Atmosféricos Y Sul Vigilância. Revista Española de Salude Pública, Madri, P.3, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.org.br>. Acesso em: 15 de outubro de 2008.
2. BALTAR, C. A. M.; BASTOS, F. F.; LUZ, A. B. Diagnóstico do Pólo Gesseiro em Pernambuco (Brasil) com ênfase na produção de gipsita para a fabricação de cimento. Disponível em: [www.minas.upm.es](http://www.minas.upm.es). Acesso: 10 de maio de 2008.
3. BRAGA, B. et al. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
4. CEPIS – CENTRO DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL SUSTENTÁVEL. Relatório de Avaliação Detalhada de Produção mais Limpa. Campina Grande, 2008, não publicado.
5. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. Sumário Mineral. Gipsita. 80-81, 2003.
6. LOPES, R. P.; OLIVEIRA FILHO, D.; DONZELES, S. M. L.; FERREIRA, W. P. M. Controle da combustão em fornalhas a lenha. Disponível em: [www.proceedings.scielo.br](http://www.proceedings.scielo.br). Acesso: 14 de outubro de 2008.
7. Nordeste enfrenta alto risco de desertificação. Disponível em: <http://g1.globo.com>. Acesso: 04 de julho de 2008.
8. NUSSBAUMER, T., Wood combustion. *Proceedings of the Conference Advances in Thermochemical Biomass Conversion*, Blackie Academic & Professional, 1993.