# ANÁLISE DAS VARIÁVEIS DE EMISSÃO DE CO2 PROVENIENTE DE FORNOS DA MINERAÇÃO

**Juliane Quintanilha de Albergaria** [1]

**Bruno Acosta Flores** [2]

**Resumo:**

O setor da mineração tem grande importância social e econômica no Brasil. A matéria prima provinda da exploração de minério é utilizada por indústrias metalúrgicas, siderúrgicas, petroquímica, dentre outras, para confecção de materiais que utilizamos em grande escala no nosso cotidiano. A mineração de fato, contribuiu efetivamente para evolução humana, mas na mesma proporção que ocorreu essa evolução, houve também um significativo aumento da degradação ambiental, pois o processo de mineração altera significativamente o meio ambiente natural, por ação de suas atividades a tendência é uma diminuição na produtividade e na qualidade ambiental, que necessitará da aplicação de medidas para sua recuperação (TEIXEIRA et al., 1999). Entre os principais impactos ambientais relacionados à produção da cal destacam-se as emissões de dióxido de carbono (CO2), elevado consumo de energia, geração de resíduos, transformação na paisagem, ruído e poeira (EIPPCB; IPTS, 2013). O processo de mineração inclui diversas etapas, de forma geral, ela é realizada de acordo com sua finalidade. A produção de cal virgem, de forma resumida, divide-se em quatro etapas: mineração do calcário, britagem, calcinação e moagem, enquanto a produção de cal hidratada realiza agrega as fases de separação ou moagem, hidratação e moagem. A calcinação é uma etapa importante, pois visa descarbonatar (remover o CO2 combinado com os óxidos de cálcio ou magnésio) o calcário para a produção de cal virgem. O processo ocorre em fornos que operam em altas temperaturas de 900 à 1200 C (EIPPCB; IPTS, 2013)(SILVA, 2007). Os tipos de fornos, tecnologias e combustíveis empregados variam consideravelmente, embora o processo químico seja o mesmo: calcário + calor = cal virgem + dióxido de carbono.O Decreto No 7.390, de 9 de dezembro de 2010, que regulamenta a Lei n° 12.187/09, prevê que o Plano Nacional de Mudanças Climáticas será integrado pelos planos setoriais de mitigação. Desta forma, a mineração e a transformação mineral, entre outros setores, deverão ser proativas na "descarbonização" de seus processos produtivos o que geralmente gera por maior eficiência energética (MME 2010). A contribuição do setor mineral é evidente assim como a necessidade de controle dos poluentes a serem gerados. Na perspectiva de ambas as partes se desenvolverem de forma equilibrada, o presente estudo tem como escopo a realização de pesquisa das variáveis influentes na emissão de CO2 visando seu controle e monitoramento a fim de se adequar as exigências legislativas.

**Palavras-chave:** Fornos, Emissão, Calcário

**Modalidade de Participação:** Iniciação Científica

# ANÁLISE DAS VARIÁVEIS DE EMISSÃO DE CO2 PROVENIENTE DE FORNOS DA MINERAÇÃO

[1] Aluno de graduação. juliane_quintanilha@hotmail.com. Autor principal

[2] Outro. eng.brunoflores@gmail.com. Orientador

# ANÁLISE DAS VARIÁVEIS DE EMISSÃO DE CARBONO PROVENIENTE DE FORNOS DA MINERAÇÃO

## 1. INTRODUÇÃO

No setor mineiro, a extração de calcário é realizada seguindo diversas etapas, desde a identificação da área na jazida a ser explorada a matéria prima, até seu produto final após a etapa de produção e carregamento para estoque.

No processo produtivo, mas especificamente, na etapa de calcinação, ocorre uma alta emissão de $CO_2$ devido à descarbonatação do calcário e à queima de combustíveis para gerar energia. Segundo os dados do Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCT, 2010a), a produção de uma tonelada de cal virgem cálcica emite 785 kg de $CO_2$ e de cal virgem dolomítica, 913 kg de $CO_2$.

Para estimar a quantidade de $CO_2$ emitida por tonelada de cal existem variáveis dependentes como a temperatura no processo de calcinação e tempo de residência do produto no forno que pode fazer variar a fração de calcário decomposto, bem como o tipo de combustível e a tecnologia de forno empregada. O processo geralmente ocorre em fornos que operam em altas temperaturas de 900 à 1200 ˚C (EIPPCB; IPTS, 2013)(SILVA, 2007)

A fim de verificar os fatores que influenciam variação do nível de $CO_2$, este estudo foi realizado observando e investigando todas as variáveis possíveis no processo de calcinação e suas variáveis em uma empresa de calcário localizada em Caçapava do Sul-RS.

## 2. METODOLOGIA

A pesquisa iniciou-se no período do mês de maio ao mês de setembro de 2016, com uma frequência média de três vezes na semana, sendo realizadas observações no setor de produção, relações de dados com a EBC (Economia de Baixo Carbono), alterações climáticas e testes de umidade.

Com base nessas informações, realizou-se uma pesquisa observando cada etapa da produção, caracterizando os tipos de fornos existentes na empresa e o tipo de combustível utilizado para estas finalidades. Com os dados obtidos através desta pesquisa, foi possível estabelecer dados comparativos com as pesquisas do núcleo de estudo EBC para verificar a eficiência dos fornos da empresa e as formas de diminuição de emissão de $CO_2$.

Para medição do dióxido de carbono, utilizou-se a escala de Ringelmann constituída pela CETESB. Observou-se também as condições climáticas no período de estudo e sua influência no material utilizado para a incineração do produto (biomassa – madeira) através de análise do teor de umidade realizado no laboratório da empresa.

## 3. RESULTADOS e DISCUSSÃO

De acordo com o CONAMA (O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE), Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274/1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e Considerando o previsto na Resolução/Conama/nº 05, de 15 de junho de 1989, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), deve-se

adotar a Escala gráfica Ringelmann para a avaliação colorimétrica da densidade de fumaça, constituída de seis padrões com variações uniformes de tonalidade entre o branco e o preto (figura1).

De acordo com a escala Ringelmann, é estabelecido o nível de $CO_2$ permitido, sendo os padrões desta escala numerados de 0 a 5 níveis de densidade, disposto na tabela a seguir:


Nº Doc/

**Anexo I – Modelo do Cartão CETESB – Índice de Fumaça Tipo Ringelmann Reduzido**

**Frente do Cartão**

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
CETESB
COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

Nº 1 DENS. 20%
Nº 2 DENS. 40%
Nº 3 DENS. 60%
Nº 4 DENS. 80%
Nº 5 DENS. 100%

CARTÃO - ÍNDICE DE FUMAÇA
TIPO RINGELMANN REDUZIDO

INSTRUÇÕES DE USO

1º Posicione-se de tal forma que a luz do sol não incida diretamente sobre os seus olhos.

2º Segure o cartão com o braço totalmente estendido e compare a fumaça (vista pelo orifício) com o padrão colorimétrico, determinando qual a tonalidade da escala que mais se assemelha com a tonalidade (densidade) da fumaça.

3º Para a confirmação do padrão de emissão de fumaça emitida por veículos, o observador deverá estar a uma distância de 20 metros a 50 metros do tubo de escapamento a ser observado.

4º Para a confirmação do padrão de fumaça emitida por chaminés, o observador deverá estar a uma distância de 30 metros a 150 metros da mesma.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

**Verso de Cartão**

LEGISLAÇÃO, NORMAS E PADRÕES APLICÁVEIS

I - FONTES ESTACIONÁRIAS:

1 - Legislação Estadual (SP):
1.1 - Lei n.º 997 de 31.05.76.
1.2 - Decreto n.º 8468 de 08.09.76, cap. II, seção II, art. 31, alterado pelo Decreto n.º 15.425, De 23.07.80.

2 - Norma CETESB L9.061 - Determinação do grau de enegrecimento da fumaça emitida por fontes estacionárias utilizando a Escala de Ringelmann reduzida.
3 - Padrão: O grau de enegrecimento da fumaça de fontes estacionárias não poderá exceder o padrão nº 1, salvo nas situações previstas na legislação acima.

II - VEÍCULOS:

1 - Legislação Estadual (SP):
1.1 - Lei n.º 997 de 31.05.76.
1.2 - Decreto n.º 8468 de 08.09.76, cap. II, seção II, art. 32, alterado pelo Decreto n.º 28013 de 04.04.88
1.3 - Padrão: O grau de enegrecimento da fumaça de veículos movidos a óleo diesel não poderá exceder o padrão nº 2 por mais de 5 (cinco) segundos consecutivos, exceto para a partida a frio.
2 - Legislação Federal:
2.1 - Resolução CONTRAN Nº 510 de 15.02.77.
2.2 - Portaria MINTER GM/NF 100 de 14.07.80.
2.3 - Padrões: O grau de enegrecimento da fumaça de veículos movidos a óleo diesel, em qualquer regime de funcionamento, não poderá exceder:
N.º 2 para veículos em localidades até 500 (quinhentos) metros de altitude e veículos de circulação restrita a centros urbanos, em qualquer altitude
N.º 3 para veículos em localidades acima de 500 (quinhentos) metros de altitude.
3 - Normas Brasileiras ( Orientação Técnica ):
3.1 - NBR-6016 - Determinação do Grau de Enegrecimento da Fumaça emitida por Veículos Rodoviários Automotores com Motor Diesel, utilizando a Escala de Ringelmann Reduzida.
3.2 - NBR-6065 - Determinação do Grau de Enegrecimento do gás de escapamento emitido por veículos equipados com motor diesel pelo método da aceleração livre.
3.3 - NBR-7027 - Gás de escapamento emitido por motores diesel - Determinação do teor de fuligem em regime constante.

Figura 1: Escala gráfica Ringelmann. CETESB, 2001.

A empresa possui um total de sete fornos, sendo um forno vertical de cuba simples (tipo azbe) denominado forno 100 e os demais fornos verticais simples de fabricação própria que se encontram paralelos de dois em dois, denominados respectivamente como fornos 2 e 3, 4 e 5, 6 e 7, todos funcionando com motores de 40 amperes.

O forno 100 realiza a incineração de eucalipto como combustível e possui maior eficiência em relação à produção de cal e quantidade de $CO_2$ emitida. Os fornos 2, 6 e 7 utilizam como combustíveis acácias e pinos (cavaco) em proporções iguais, com produção inferior ao forno 100 e apresenta grande variabilidade na emissão de $CO_2$ segundo a escala Ringelmann.

Em determinados períodos houve alteração das quantidades de pinos e acácias utilizados para abastecimento do forno, devido à indisponibilidade de material.

A temperatura média encontrada durante estes meses de estudo, foi de aproximadamente 1050 ºC.

Apesar de todas as similaridades entre os fornos, o forno 7 apresentava maior emissão de $CO_2$. Com o motor do forno 7 funcionando em 40 amperes, a capacidade

de produção era em média de 28 à 32 toneladas, devido ao seu diâmetro ser maior, quando o produto era inserido, necessitava a regulagem da tiragem.

A tiragem é a parte do forno que possui uma válvula para regular a entrada de ar. Quando é aberta a válvula de tiragem ocorre a entrada de ar que é sugada pelo exaustor aumentando a eficiência do forno. Portanto, é necessário regular de acordo com a quantidade que se pretende produzir e que o forno pode suportar.

O forno 7 apresentava maior emissão de $CO_2$, no entanto, estes valores encontram-se dentro dos parâmetros da FEPAM. A fim de corrigir esta instabilidade, substituiu-se o motor de 40 ampere para o motor de 50 ampere, observando que de fato, houve a diminuição na emissão do poluente.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de calcinação ocorreu em fornos que operavam em altas temperaturas dentro dos parâmetros ideais. Os tipos de fornos, tecnologias e combustíveis empregados são idênticos nos fornos verticais simples. A calcinação é uma etapa importante, pois visa descarbonatar (remover o $CO_2$ combinado com os óxidos de cálcio ou magnésio) o calcário para a produção de cal virgem.

Embora o processo químico seja o mesmo: calcário + calor = cal virgem + dióxido de carbono, o forno 7 emitia uma quantidade maior do poluente devido ao seu diâmetro.

Com o estudo dos dados coletados e sua utilização de acordo com as indicações de cálculos e parâmetros influentes na emissão do poluente $CO_2$, foi possível verificar que as emissões estão dentro dos parâmetros exigidos pela FEPAM e que havia a necessidade de substituição do motor do forno 7 para haver uma estabilidade em sua emissão.

## 5. REFERÊNCIAS


CETESB - Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico. Emissão, Escala de Ringelmann. [acesso em 02 mai 2016]. Disponível em: <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar_cetesbnet/emissoes/fumaca2.asp>.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições e competências que lhe são conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentadas pelo Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997.

EIPPCB; IPTS. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide. European Union: [s.n.]. [acesso em 10 fev 2016]. Disponível em: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/CLM_Published_def.pdf>.

MCT -Ministério de Ciência e Tecnologia. Segundo inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa relatórios de referência emissões de gases de efeito estufa nos processos industriais-produtos minerais. Parte II. Produção de Cal. Outros Usos do Calcário e Dolomita. Produção e Uso de Barrilha. Brasilia: MCT, 2010a.