

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS – UFGD

LUIZ FELIPE DUARTE DE AMORIM

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO ATMOSFÉRICO NAS OPERAÇÕES DE UMA
MINERADORA DE CALCÁRIO**

DOURADOS

2016

LUIZ FELIPE DUARTE DE AMORIM

AVALIAÇÃO DO IMPACTO ATMOSFÉRICO NAS OPERAÇÕES DE UMA MINERADORA DE
CALCÁRIO

Trabalho para Conclusão do curso de
graduação apresentado para obtenção
de título de bacharel em Engenharia de
Produção. Faculdade de Engenharia
Universidade Federal da Grande
Dourados
Orientador: Prof. Me. Rodolfo Benedito
da Silva.

DOURADOS

2016

LUIZ FELIPE DUARTE DE AMORIM

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO ATMOSFÉRICO NAS OPERAÇÕES DE UMA
MINERADORA DE CALCÁRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção na Universidade Federal da Grande Dourados, pela comissão formada por:

Orientador: Prof. Me. Rodolfo Benedito da Silva
FAEN – UFGD

Prof. Dra. Fabiana Raupp
FAEN – UFGD

Prof. Dr. Rogério da Silva Santos
FAEN – UFGD

Dourados, ____ de _____ de 2016.

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Classificação das Operações Minerais..	167
Tabela 2 - Padrões de qualidade do ar. Fonte: Resolução CONAMA.....	244
Tabela 3 - Critérios para episódios agudos de poluição do ar..	255
Tabela 4 - Concentrações registradas no primeiro ano.....	355
Tabela 5 - Concentrações registradas no segundo ano	Erro!
definido.6	Indicador não

Lista de Quadros

Quadro 1 – Quadro de funcionários do setor de mineração.....	34
Quadro 2 – Medidas mitigadoras adotadas.....	38

Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa de distribuição mineral	16
Figura 2 -Desmonte de rocha	22
Figura 3 - Descarga de material no britador primário	22
Figura 4 - Amostrador de alto volume Hi-Vol.....	30
Figura 5 - Mapa com pontos de amostragem. Fonte: Google Maps	30

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. Problema da Pesquisa	11
1.2. Objetivo.....	12
1.2.1. Objetivo Geral.....	12
1.2.2. Objetivos Específicos.....	13
1.3. Justificativa.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. A história da mineração.....	14
2.2. A história da mineração no Brasil	14
2.3. Exploração mineral no Brasil atual	15
2.4. Histórico da poluição do ar	17
2.5. Conceitos e definições relacionadas à poluição do ar	19
2.5.1. Meio ambiente.....	19
2.5.2. Poluição do ar.....	19
2.5.3. Poluente atmosférico.....	20
2.5.4. Material Particulado.....	20
2.6. Fontes de Emissão	21
2.7. Poluição ambiental gerada pelas atividades de mineração.....	21
2.8. Padrões de qualidade do ar estabelecidos pelo CONAMA.....	23
2.9. Consequências da suspensão de partículas nas atividades de mineração	25
2.10. Saúde e segurança do trabalho na mineração.....	26
2.11. Métodos de controle de poluição atmosférica na mineração	28
3. METODOLOGIA.....	29
3.1. Caracterização da Pesquisa	29
3.2. Desenvolvimento da Pesquisa	29
3.4. Pontos de Amostragem	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1. Histórico da Empresa.....	32
4.2. Resultados observados a partir das medições de PTS	35
4.3. Medidas Mitigadoras	36
5. CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

RESUMO

A mineração é tida como uma atividade industrial que visa a extração de substâncias minerais em depósitos naturais e seu beneficiamento. Cada depósito mineral possui suas próprias características, que diferem de um lugar para outro ou até mesmo dentro da própria jazida, no entanto, a contaminação do ar atmosférico é um fator comum nesta atividade. Este trabalho tem como objetivo analisar a poluição atmosférica por partículas total em suspensão (PTS) durante operação de lavra e beneficiamento de calcário. Para isto, foram realizadas medições dos níveis de PTS com a utilização do amostrador de alto volume (Hi-Vol) e seus resultados, comparados com os estabelecidos pela legislação criada pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Como resultados, foi observada a adequação das concentrações de PTS à legislação vigente, após a implantação de medidas mitigadoras propostas.

Palavras-chave: Mineração; Qualidade do Ar; Partículas Totais em Suspensão; Amostrador de Grande Volume.

ABSTRACT

Mining is considered an industrial activity aimed at the extraction of minerals in natural deposits and their processing. Each mineral deposit has its own characteristics, which differ from one place to another or even within the field, however, the contamination of atmospheric air is a common factor in this activity. This work aims to analyze air pollution to total suspended particulates (TSP) during mine operations and limestone processing. For this, measurements were made of PTS levels with the use of high-volume sampler (Hi-Vol) and the results compared with those established by law established by CONAMA (National Environment Council). As a result, the adequacy of PTS concentrations of the current legislation was observed after the implementation of mitigation measures proposed.

Keywords: Mining; Air Quality; Total Suspended Particles; Sampler High Volume.

1. INTRODUÇÃO

A mineração possui grande importância para a história da humanidade, fornecendo um grande número de insumos, matérias-primas e bens minerais, que são essenciais ao desenvolvimento e progresso da vida na Terra, sendo necessária para a manutenção do nível de qualidade de vida e desenvolvimento econômico da sociedade moderna. Os minerais extraídos e beneficiados pela indústria mineral são imprescindíveis para grande parte dos setores produtivos da economia por possuírem inúmeros usos e aplicações. Existe ainda, uma série de problemas ambientais associados à mineração, tanto no meio interno à mina como no meio externo, como por exemplo, a contaminação do ar (RODRIGUES, 2004).

De acordo com a resolução 03/90 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), os poluentes do ar podem ser considerados como:

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: impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; prejudicial ao uso da propriedade e às atividades normais da comunidade (CONAMA 03/90).

Os efeitos da poluição do ar podem ser observados tanto pela alteração de condições consideradas naturais, quanto pela intensificação dos problemas já existentes. De uma maneira geral, os efeitos podem ocorrer em nível local, regional e global (REIS, 2007).

A modificação das condições do ar pode se manifestar na saúde, no bem-estar da população, na flora e na fauna, sobre os materiais e sobre as características físicas e químicas da atmosfera, podendo ser classificados como agudos (de caráter temporário) ou crônicos (de caráter permanente) (CETESB, 2002).

Os poluentes atmosféricos em forma de matéria podem ser enquadrados, em função do seu estado físico e aspectos microbiológicos em três grupos: material particulado, gases e vapores ou micro-organismos (REIS, 2007).

Os problemas mais observados em decorrência de particulados em suspensão são: o aumento da incidência e da severidade de doenças respiratórias, redução da visibilidade, sujeira em materiais e construções e cobertura da vegetação, dificultando a fotossíntese. Seus principais causadores são processos industriais, poeiras naturais, incêndios florestais e queima de combustíveis sólidos (ROBBINS e COTRAN, 2005).

Para a construção de políticas e ações de controle ambiental de uma dada região, é de suma importância a realização do monitoramento da qualidade do ar, bem como a determinação dos teores dos agentes poluente, mantendo um acompanhamento permanente da qualidade do ar, gerando informações e subsídios para a implantação de mecanismos de controle, incluindo alterações em projetos de equipamentos e acessórios e novas estratégias de mitigação de impactos ambientais (RAMOS FILHO, 2008).

Em regiões onde há atividades de mineração, as empresas mineradoras devem avaliar sistematicamente a qualidade do ar, assim como o material particulado em suspensão, considerado agente poluente (CONAMA, 1990).

1.1. Problema da Pesquisa

O excesso de material particulado em suspensão causa problemas, não só à saúde humana, mas também ao meio ambiente e aos materiais, como estruturas, maquinário e equipamentos.

As partículas em suspensão são extremamente finas, de ampla dispersão, podendo ser carregadas por longas distâncias, além de apresentar grande poder de penetração no sistema respiratório, podendo atingir até os alvéolos, o que as torna altamente prejudiciais à saúde, podendo causar diversos problemas de saúde do colaborador (ROBBINS e COTRAN, 2005).

Ainda de acordo com Robbins e Cotran (2005), alguns dos efeitos incluem irritação dos olhos e das vias respiratórias, redução da capacidade pulmonar e física, aumento da susceptibilidade a infecções virais e doenças cardiovasculares e ainda o agravamento de doenças como asma, bronquite, enfisema e pneumoconioses, além de danos ao sistema nervoso central e câncer.

Da mesma forma que os seres humanos, a superfície do sistema respiratório dos animais é alterada devido às concentrações de particulados. Os efeitos da poeira na vegetação podem ser causados de duas formas: primeiro pela deposição direta da poeira nas plantas e pelo acúmulo de poeira no solo; e posterior absorção pelas plantas (ALGRANTI, 2002).

As ações humanas sobre os ecossistemas naturais têm provocado a constante degradação desses ambientes, ocasionando alterações de estruturas e processos biológicos que repercutem diretamente nos componentes físico-químicos dos mesmos. Como resultado, se observa uma acentuada diminuição da capacidade desses ecossistemas em manter sua produtividade de acordo com o ambiente onde se desenvolveram, dando lugar a áreas degradadas com baixa sustentabilidade (ALMEIDA, 2006).

Para os materiais, o primeiro efeito visível é poluição por deposição de poeira e fumaça, bem como fatores corrosivos do patrimônio físico: construções, maquinário e equipamentos. Os efeitos da deposição sobre estas estruturas incluem basicamente: descoloração, deterioração e decomposição de materiais de construção. O material em suspensão pode ainda dificultar a visibilidade, podendo ocasionar acidentes com danos materiais nas vias de acesso da cava (SANTOS, 2011).

1.2. Objetivo

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho foi avaliar a poluição atmosférica por material particulado em suspensão (MPS), durante as operações de lavra e beneficiamento de calcário para a produção de cimento uma empresa cimenteira localizada na zona rural da cidade de Corumbá-MS, bem como propor medidas para eliminação ou mitigação dos problemas observados.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a emissão de particulados, determinando sua concentração de partículas totais em suspensão (PTS) e sua compatibilidade com a legislação ambiental vigente;
- Propor medidas para mitigação dos problemas observados;
- Propor sugestões gerais de métodos de controle para o agente ambiental em questão.

1.3. Justificativa

A poluição atmosférica associada às atividades de mineração está presente ao longo de todas as fases de um empreendimento mineiro. Dependendo de seu porte, uma mineração pode vir a movimentar, ao longo de sua vida útil, milhares de toneladas de minério. Uma vez que a vida útil de uma mina em geral é de dezenas de anos, os problemas relativos à poluição atmosférica associada a ela se estendem também por décadas. Portanto, os poluentes atmosféricos podem causar problemas ao meio ambiente e à saúde do trabalhador, os quais podem abranger grandes áreas ou intervalos de tempo. Dentre os vários poluentes atmosféricos produzidos em uma mineração, o material particulado se destaca por apresentar um grande potencial poluidor devido ao fato de estar associado a quase todas as atividades mineradoras.

Logo, é de extrema importância estudar os impactos da suspensão de particulados resultantes das operações de lavra e beneficiamento para determinar sua influência no meio ambiente, bem como na saúde e segurança dos colaboradores, buscando atender os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela NR 15 – Anexo 12 (Limites de tolerância para poeiras minerais) e pelo CONAMA 03/90, possibilitando assim uma margem de segurança adequada.

Após a observação dos problemas citados, verificou-se a necessidade de buscar formas para eliminá-los ou mitigá-los, contribuindo assim para o cumprimento das determinações do CONAMA e o bem-estar e segurança dos colaboradores.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A história da mineração

Minerais são compostos químicos naturais formados a partir de diversos processos físico-químicos que ocorrem na crosta terrestre (intemperismo). A grande maioria desses minerais é encontrada no estado sólido e compõe as rochas. Um mineral que pode ser explorado economicamente pode ser denominado minério e a atividade referente à sua extração é denominada mineração, segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2011).

Na idade da pedra, os minerais já eram utilizados pelo homem para criação de pinturas rupestres, com a hematita (pigmentos avermelhados). Em 3000 a.C., a arte da mineração já era conhecida por diversas civilizações, como gregos, egípcios e chineses, bem como técnicas de fundir e processar esses materiais. Na idade média houve um declínio científico devido à Inquisição, e após o seu fim, no século XVI surgiram na literatura os primeiros trabalhos sobre a mineralogia como ciência (COTRIM, 2002).

Mesmo tendo início a milhares de anos, eram poucos os minerais encontrados e em pequena quantidade, servindo apenas para confecção de ferramentas, armas e utensílios. Com a evolução das civilizações, seu desenvolvimento tecnológico e crescimento populacional, cresceram também as necessidades de utilização desses minerais, sendo necessário o descobrimento e exploração de novas jazidas. Com o crescimento populacional, constatou-se também o crescimento da construção civil, onde os minerais utilizados para a construção passaram a ser os mais consumidos do mundo (PINHEIRO, 2011).

2.2. A história da mineração no Brasil

Até o início do século XVII, a atividade que predominava na colônia era a produção de açúcar, porém, a partir de 1640 houve uma forte concorrência por parte dos espanhóis que haviam sido expulsos e passaram a produzir nas Antilhas, forçando a Coroa portuguesa a investir na busca por ouro no Brasil. As primeiras reservas significativas de ouro foram encontradas pelos bandeirantes em Minas

Gerais, por volta de 1695. Anos mais tarde, por volta de 1779 foram encontradas jazidas de diamantes onde atualmente encontra-se a cidade de Diamantina, também em Minas Gerais (COTRIM, 2002).

A exploração de ouro e diamante de aluvião (depósito encontrado nas margens dos rios ou em seus leitos, onde se acumulavam depósitos de areia e cascalho) concedeu grande destaque à mineração brasileira, apresentando baixo nível técnico e rápido esgotamento da jazida. Inicialmente existiam duas formas básicas de extração: lavra e faiscação. A lavra era realizada por uma empresa que dispunha de ferramentas rudimentares e grande mão-de-obra escrava que realizavam a extração do minério. A faiscação era a atividade realizada por garimpeiros, que após o fim da vida de uma jazida, ocupavam o local em busca de possíveis resquícios (PINTO, 2000).

Com a intensa exploração do ouro, no fim do século XVIII as jazidas foram se esgotando e entrou em declínio por dois fatores principais: aspectos fiscais - a imposição de altas cargas tributárias pela Coroa sobre os mineradores, bem como e dificuldades técnicas - a falta de conhecimentos necessários para extrair ouro em rochas mais profundas, foram fatores decisivos para a decadência da mineração (COTRIM, 2002).

Na época colonial, as jazidas minerais eram de posse da Coroa portuguesa. Já durante o Império, as minas e jazidas passaram a pertencer à nação e a partir de 1891, as jazidas passaram a pertencer ao proprietário das terras e, posteriormente, em 1934, com a criação do “Código de Minas”, foi instituído o regime *res nullius*, onde as jazidas passam a não ter proprietários, sendo detentor da extração aquele que executa sua exploração legalmente (RAMOS, 2000).

2.3. Exploração mineral no Brasil atual

O Brasil é o quinto maior país do mundo em extensão territorial, apresentando grande potencial geológico, conferido por seus diversos tipos de terrenos e formações geológicas dispostos em mais de 8,5 milhões de km², sendo sua maioria ainda não explorada (PINHEIRO, 2011).

Existem no Brasil, diversas empresas mineradoras em operação que extraem 72 tipos de minerais diferentes, sendo 23 metálicos, 45 não-metálicos e 4 energéticos (GERMANI, 2002).

A Figura 1 apresenta a distribuição de alguns minerais no território do Brasil.

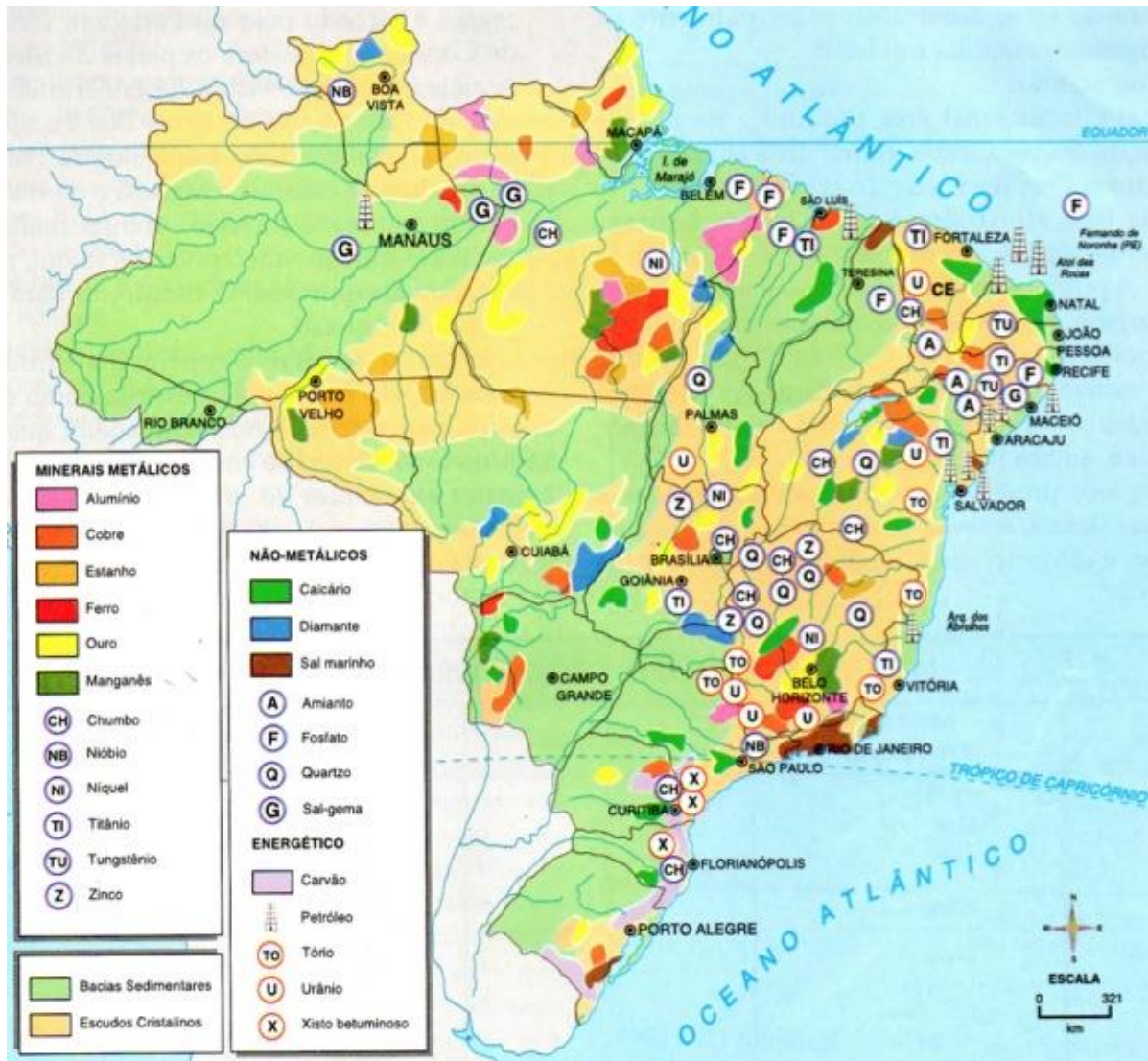


Figura 1 – Mapa de distribuição mineral.

Fonte: Germani (2002)

Ainda segundo Germani (2002), as mineradoras podem ser classificadas de acordo com sua capacidade de produção diária, determinados de acordo com a Tabela 1.

Porte da Mina	Produção Diária (t/dia)
Grande Porte (GP)	> 30.000
Médio Porte (MP)	De 3.000 a 30.000
Pequeno Porte (PP)	< 3.000

Tabela 1 - Classificação das Operações Minerais

Fonte: Germani (2002)

O Brasil ocupa uma posição importante como produtor de recursos minerais, atendendo tanto o mercado interno, quanto mercados externos (RAMOS, 2000).

Os minerais utilizados na construção civil são conhecidos como agregados, apresentando-se como materiais granulares sem forma ou volume definidos, em sua grande maioria, não-metálicos e com propriedades adequadas para o uso em obras de engenharia civil, tais como areias, argilas pedra britada ou cascalho, podendo estes ser encontrados em grande quantidade no Brasil e no mundo (SERNA, 2009).

A produção de agregados para a construção civil cresce a cada ano e a principal fonte desses agregados são as pedreiras a céu aberto. Empresas deste segmento industrial geralmente são alocadas próximas a centros consumidores, refletindo de forma negativa em seu entorno em relação à qualidade ambiental, deixando os moradores instalados nos arredores expostos aos poluentes micro particulados gerados pelas (RODRIGUES, 2004).

2.4. Histórico da poluição do ar

Os problemas referentes à poluição do ar vêm ocorrendo desde os primórdios da Terra. Vulcões ao entrar em erupção lançavam poluentes na atmosfera, bem como a ocorrência de incêndios florestais, naturais ou posteriormente provocados pelo homem, que ao aprender a utilizar o fogo, utilizava-o dentro de suas moradias, inalando resíduos da combustão. Após a invenção da chaminé, os produtos da combustão foram direcionados para o exterior, emitindo gases nocivos à atmosfera (CLEMENTE, 2000).

No século XIII, o Rei Eduardo, da Inglaterra, decretou as primeiras medidas relacionadas à qualidade do ar, onde proibiu a utilização de carvão com alto teor de

enxofre. Posteriormente, a queima de carvão chegou a ser proibida, no entanto, apesar de tantas restrições, o carvão continuou sendo largamente utilizado. A Revolução Industrial foi o resultado da utilização do vapor para geração de energia, bombear água e movimentar máquinas (CAMARGO, 2007).

As indústrias metalúrgicas e produtoras de cerâmica eram as principais responsáveis pela poluição do ar antes da revolução industrial, pois lançavam no ar fumaça e cinzas das fornalhas e caldeiras, movidas a carvão para produzir energia elétrica, mover navios e locomotivas, além do aquecimento das residências. O abatimento das cinzas e fumaça na Inglaterra passou a ser considerado como problema de saúde pública em 1848. Em 1880, a primeira regulamentação sobre o abatimento de fumaça foi criada nos Estados Unidos, direcionada apenas a indústrias, navios e locomotivas (CAMARGO, 2007).

Os primeiros grandes problemas relativos à poluição do ar ocorreram no período entre 1925 e 1950. Acidentes como o de Poza Rica, México, onde uma refinaria de petróleo lançou acidentalmente gás sulfídrico por cerca de 25 minutos, ocasionando a morte de 22 pessoas e internação de 320, ou como o ocorrido em Londres em 1952, onde condições climáticas dificultaram a dispersão de poluentes, em sua maioria material particulado e dióxido de enxofre, gerados por indústrias que utilizavam carvão como combustível (SALDIVA, 2001).

Ainda segundo Saldiva (2001), os primeiros países a estabelecer uma legislação ambiental foram os europeus, seguidos por Japão, Austrália e Nova Zelândia após vivenciarem sérios episódios de poluição do ar nos anos 60 e 70.

O Brasil, após a Conferência de Estocolmo (1972), mostrou-se pela primeira vez interessado em adotar uma política ambiental, criando assim em 1973 a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA). Nos anos seguintes, foram criadas as agências ambientais de São Paulo (CETESB) e do Rio de Janeiro (FEEMA), tidos como estados mais industrializados e em 1976 é criada a portaria MINTER 0231 que estabelece os primeiros padrões de qualidade do ar para alguns poluentes (CESTESB, 2002).

Já na década de 90, a emissão dos gases de efeito estufa e a destruição da camada de ozônio passam a preocupar a sociedade em escala global, culminando em grandes acordos internacionais (SALDIVA, 2001).

2.5. Conceitos e definições relacionadas à poluição do ar

2.5.1. Meio ambiente

Por muito tempo, o meio ambiente foi visto apenas como natureza, considerada por um grupo como sagrada e intocável e, por outro, como provedora de recursos infinitos, levando anos para que se introduzisse o termo “conservação” e o ser humano ser visto como parte integrante do meio ambiente (HASEGAWA, 2001).

A legislação em vigor no Brasil define meio ambiente como:

(...)conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica que permite, abriga, rege a vida em todas as suas formas, (Lei 6.938, de 31.08.1981, mantida pela Lei 7.804, de 18.07.1989).

2.5.2. Poluição do ar

Segundo Hasegawa (2001), o conceito de poluição do ar está diretamente relacionado à degradação da qualidade original da atmosfera, envolvendo tanto atividades naturais quanto humanas.

A poluição do ar pode ser definida como:

Alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas normais da atmosfera que possa causar danos reais ou potenciais à saúde humana, flora, fauna, aos ecossistemas em geral, materiais e à propriedade, ou prejudicar o pleno uso e gozo da propriedade ou afetar as atividades normais da população ou o seu bem-estar, (HASEGAWA, 2001).

A contaminação citada refere-se aos contaminantes gerados pelas atividades antropogênicas, podendo ser considerada substância contaminante como a que produz efeito prejudicial no ambiente. Estes efeitos podem alterar tanto a saúde, quanto o bem-estar das pessoas (QUITÉRIO, 2004).

2.5.3. *Poluente atmosférico*

A Resolução CONAMA 03, de 28 de junho de 1990, define como poluente atmosférico:

Qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou característica em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; prejudicial ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade, (CONAMA, 1990).

Em função de seu estado físico, segundo Santos (2001), os poluentes atmosféricos podem ser classificados em dois grupos em forma de matéria: material particulado e gases e vapores.

2.5.4. *Material Particulado*

É todo material poluente constituído que se mantém suspenso na atmosfera, resultado da queima de combustíveis, processos industriais, desgaste de pneus e freio ou atividades de lavra (CETESB, 2002).

Segundo Quitério (2004), este material em suspensão serve ainda como transporte para hidrocarbonetos e metais que podem se agregar à partícula. A inalação destas partículas pode causar diversos efeitos nocivos, desde o aspecto estético e corrosão de superfícies, até os efeitos sobre a saúde, por exemplo:

- Incapacidade de remoção da partícula do sistema respiratório, ficando esta retida nos pulmões;
- Presença de substâncias minerais que possuam propriedades tóxicas na partícula em suspensão;
- Presença de compostos orgânicos nas partículas, com capacidade de provocar câncer.

O diâmetro das partículas influencia diretamente em seus efeitos sobre a saúde. Enquanto partículas grossas (diâmetro $> 10\mu\text{m}$) são retidas na parte superior do sistema respiratório, as partículas finas (diâmetro $< 10\mu\text{m}$) penetram no sistema respiratório, podendo atingir os alvéolos pulmonares (CLEMENTE, 2000).

2.6. Fontes de Emissão

Uma fonte de poluição pode ser qualquer processo, sistema, equipamento ou empreendimento que possa emitir para atmosfera, matéria ou energia em quantidade suficiente de modo a torná-la poluída. Essas fontes podem ser classificadas como fontes naturais (emissões da vegetação, vulcões, incêndios florestais, etc.) e fontes antrópicas (resultantes da atividade humana) (HASEGAWA, 2001).

2.7. Poluição ambiental gerada pelas atividades de mineração

De todas as atividades desenvolvidas pelo homem na superfície terrestre, a mineração é a que mais altera o relevo. Apesar de gerar empregos e melhorias sociais, a exploração mineral causa enormes impactos ambientais, em grande parte, irreversíveis (GUERRA e MARÇAL, 2006).

No Brasil, as atividades de mineração seguem regulamentações de nível federal, estadual e municipal, devendo cumprir procedimentos obrigatórios de medicina e segurança do trabalho (Normas Regulamentadoras – NR's) e de aproveitamento racional das reservas (Normas Regulamentadoras de Mineração – NRM's) (DNPM, 2011).



Figura 2 – Desmonte de rocha

Fonte: o autor, 2010



Figura 3 - Descarga de material no britador primário

Fonte: o autor, 2015

2.8. Padrões de qualidade do ar estabelecidos pelo CONAMA

O ar é naturalmente constituído de substâncias fundamentais para a vida no planeta, entretanto, as atividades humanas geram alterações nesta constituição, causando um desequilíbrio. Desta forma, são estabelecidos níveis de referência para diferenciar o ar normal na composição de seus constituintes (não poluído), do ar com em “desequilíbrio” (ar poluído).

Legalmente, o nível de referência utilizado é denominado padrão de qualidade do ar para componente ou contaminante medido. Esse padrão define o limite máximo para a concentração de um componente ou contaminante atmosférico imposto pela legislação, que garanta a saúde e o bem-estar das pessoas.

Quando se determina a concentração de um poluente na atmosfera, mede-se o grau de exposição dos receptores (seres humanos, animais, plantas e materiais) como resultado final do processo de lançamento deste poluente na atmosfera, do ponto de vista físico (diluição) e químico (reações químicas), (CETESB, 2002)

Para avaliação da qualidade do ar, é necessário selecionar as substâncias e determinar os seus teores, para que possam servir de indicadores na determinação do grau de poluição.

De um modo geral, as substâncias consideradas indicadores para o monitoramento da qualidade do ar por aparecerem em todos os estudos sobre contaminação do ar são os óxidos de enxofre, de nitrogênio, monóxido de carbono e as partículas totais em suspensão. Para efeito de monitoramento e de medidas mitigadoras, os graus de emissão e de efeitos no meio ambiente são quantificados e os limites estabelecidos.

No Brasil, os padrões de qualidade do ar foram estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03/90, contemplando os parâmetros: partículas totais em suspensão, partículas inaláveis, dióxido de carbono, monóxido de carbono, ozônio, dióxido de nitrogênio e fumaça.

Como prevê a resolução, a aplicação diferenciada de padrões primários e secundários requer a divisão do território nacional em classes, conforme o uso pretendido, no entanto, enquanto não for estabelecida a classificação das áreas, os

padrões primários deverão ser contemplados, guiados pela tabela 2 abaixo. Os padrões estabelecidos são divididos em dois tipos: primários e secundários.

Os padrões primários referem-se às concentrações de poluentes que, uma vez ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Os padrões secundários dizem respeito às concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral, sendo estabelecidos para criar parâmetros para a política de prevenção da degradação da qualidade do ar, aplicados em áreas de preservação (parques nacionais, áreas de preservação permanente, entre outros). Em áreas com alto grau de atividade humana, aplicam-se os padrões primários.

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário (micrograma por cm ³)	Padrão Secundário (micrograma por cm ³)
Partículas totais em suspensão	24 horas	240	150
	MGA	80	60
Dióxido de enxofre	24 horas	365	100
	MAA	80	40
Monóxido de carbono	1 hora	40.000	40.000
	8 horas	10.000	10.000
Ozônio	1 hora	160	160
	MAA	60	40
Fumaça	24 horas	150	150
	MAA	50	50
Partículas inaláveis (PM10)	1 hora	320	190
	MAA	100	100
Dióxido de nitrogênio (NO2)			

Tabela 2 - Padrões de qualidade do ar

Fonte: Resolução CONAMA n^o. 03/90

MGA – Média Geométrica Anual
MAA – Média Aritmética Anual

A resolução CONAMA n^o. 03/90 estabelece ainda, os critérios para os chamados “episódios agudos de poluição do ar”, apresentados na tabela 3.

Parâmetros	Níveis				
	Unidade	Período Amostral	Atenção	Alerta	Emergência
Partículas totais em suspensão (PTS)	µg/m ³	24 horas	375	625	875
Dióxido de Enxofre (SO₂)	µg/m ³	24 horas	800	1.600	2.100
SO₂ x PTS	µg/m ³ . µg/m ³	24 horas	65.000	261.000	393.000
Monóxido de Carbono (CO)	Ppm	8 horas	15	30	40
Ozônio (O₃)	µg/m ³	1 hora	400	800	1000
Partículas inaláveis (PM₁₀)	µg/m ³	24 horas	250	420	500
Fumaça	µg/m ³	24 horas	250	420	500
Dióxido de Nitrogênio (NO₂)	µg/m ³	1 hora	1.130	2.260	3.000

Tabela 3 - Critérios para episódios agudos de poluição do ar

Fonte: Resolução CONAMA n°. 03/90

µg/m³ - Micrograma por metro cúbico
ppm – parte por milhão

2.9. Consequências da suspensão de partículas nas atividades de mineração

O ar é naturalmente constituído de substâncias fundamentais para a vida na Terra, no entanto, diversas alterações são causadas pelas atividades do homem, resultando no surgimento de substâncias “invasoras” que causam desequilíbrio entre as substâncias naturais. Os níveis de referência são estabelecidos para que haja diferenciação entre o ar normal e o ar poluído, determinado pela quantidade de poluentes nele presente. O nível de referência utilizado para a determinação da quantidade de um determinado poluente é chamado de padrão de qualidade do ar, cujo objetivo é fixar níveis de segurança adequados para a exposição humana com base em estudos científicos (CLEMENTE, 2000).

Durante o processo de extração mineral, diversas fontes de poeira em suspensão podem ser observadas. As diversas operações de processamento mineral produzem quantidades significativas de partículas finas, que representam grande problema à saúde dos trabalhadores que transitam no local (COSTA, 2009).

Estas partículas são produzidas em decorrência das atividades de perfuração, desmonte, escavação, carregamento, transporte e descarga de rochas e também por ação do vento nos processos de cominuição e desmonte (RODRIGUES, 2004).

Uma característica peculiar desse tipo de partícula é a rápida sedimentação, restringindo as consequências ambientais ao local de trabalho e regiões próximas, uma vez que as condições meteorológicas e o diâmetro das partículas apresentam grande influência sobre sua dispersão. Partículas maiores tendem a ficar retidas nas proximidades da fonte geradora, enquanto as partículas mais finas podem permanecer pairando indefinidamente, representando perigo à saúde humana, além da criação de problemas ambientais e danos ao patrimônio (SANTOS, 2001).

As partículas em suspensão no ar podem provocar disfunções no sistema respiratório, tendo seu grau de intensidade determinado pela quantidade inalada, tamanho, natureza e tempo de exposição. Essas disfunções podem ser caracterizadas como temporária ou permanente, dependendo dos fatores citados acima e da susceptibilidade individual (ROBBINS e COTRAN, 2005).

2.10. Saúde e segurança do trabalho na mineração

A preocupação com a saúde e a segurança do trabalhador no setor mineral tem crescido em função da conscientização de empregadores e empregados, que vêm buscando respeitar a legislação, implementando mudanças comportamentais em toda a organização (LAPA, 2006).

Este foi um dos setores que apresentou o maior número de acidentes entre as indústrias extrativas, evidenciando a relevância da preocupação com a saúde e com a segurança do trabalhador, bem como a importância do controle dos riscos ocupacionais (MENDES, 2001).

A mineração apresenta risco grau 4, segundo a classificação da Norma Regulamentadora 4 (MTE, 2015), o que se reflete em uma maior exposição do trabalhador ao risco e na ocorrência de acidentes.

Segundo Barreiros (2002), os principais riscos aos quais os trabalhadores estão expostos em uma mineração de calcário a céu aberto são: Poeiras minerais: podem provocar diversos problemas à saúde do colaborador, que variam desde irritações nos olhos e garganta até silicose e diminuição da capacidade pulmonar, algumas das

maiores preocupações ocupacionais; Ruído: a exposição à elevados níveis de ruído sem a proteção adequada podem causar perdas irreversíveis na audição do colaborador; Incêndios e explosões: associados a explosivos e outros materiais combustíveis, apresentam como consequência perdas materiais e morte ou invalidez de um ou mais trabalhadores; Quedas: o trabalho realizado em bancadas de até 20 metros expõe o trabalhador a possíveis quedas e desprendimento de rochas que possam vir a atingir veículos ou colaboradores; Calor: o colaborador, quando exposto ao sol por longos períodos, pode apresentar estresse térmico, queimaduras e desidratação; Ergonômicos: Lesões por má postura, esforço excessivo e repetição de movimentos podem ser observadas em diferentes atividades deste setor; Vibração: a exposição prolongada à vibração pode provocar problemas neurológicos, musculares, vasculares e articulares.

Ainda segundo Barreiros (2002), em virtude da maior conscientização e preocupação das empresas e colaboradores, o panorama da segurança do trabalho no Brasil tem se alterado, de modo que o que antes era visto como custo, hoje é visto como investimento. Paralelamente, a legislação específica para mineração está se atualizando e a fiscalização é cada vez mais rigorosa. Tais fatores contribuem para uma melhoria nas condições de saúde, higiene e segurança do trabalho.

Uma política de Saúde e Segurança do Trabalho (SST) contribui para o estabelecimento das mudanças e melhorias propostas, já que promove um maior comprometimento da gerência da empresa (LIMA, 2002).

A Norma Regulamentadora de Mineração 22 (NRM 22 - Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração) determina a realização de exames admissionais, treinamento, medidas de higiene e melhoria nas condições operacionais, bem como imediato atendimento em casos de acidente. Determina também a elaboração do Programa de Gerenciamento de Risco (PGR), obrigando as empresas do setor de mineração a agir preventivamente, garantindo assim, a saúde e segurança do trabalhador (BARREIROS, 2002).

A Norma Regulamentadora 15 (NR 15) trata de operações e atividades insalubres e define limites de tolerância para exposição a alguns agentes agressivos. Em seu anexo 12, trata especificamente do limite de tolerância para poeiras minerais (MTE, 2015).

A poeira é um agente presente em todas as atividades de mineração, já que a geração de material particulado é intrínseca à produção da matéria-prima para a fabricação de cimento (GABAS, 2008).

2.11. Métodos de controle de poluição atmosférica na mineração

O aumento significativo da população e a proximidade entre núcleos habitacionais e as mineradoras, fez com que estas desenvolvessem tecnologias ou procedimentos para minimizar ou eliminar os impactos adversos causados ao meio ambiente, controlando a emissão de poluentes nas operações de lavra e beneficiamento de minerais. A implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) torna-se cada vez mais necessária para que haja uma convivência tão harmoniosa quanto possível com a população em seu entorno, principalmente no que se refere à emissão de particulados (pó/poeiras). Operações mal conduzidas apresentam interferências no meio ambiente desde o início do preparo da lavra até o beneficiamento, na fase final, geralmente ocasionada pela aplicação de tecnologias inadequadas para a exploração mineral ou falta de controle ambiental na fase de processamento (BARBOSA FILHO, 2008).

O processo de gestão da qualidade do ar deve conter mecanismos de avaliação das metas e objetivos, possibilitando a verificação dos ganhos ambientais. Aperfeiçoar e revisar o SGA implantado são ações fundamentais para assegurar a melhoria do desempenho ambiental (MOREIRA, 2004).

Ainda segundo Moreira (2004), é importante a aplicação de métodos de controle de material particulado nas atividades de mineração, bem como promover a avaliação dos impactos ambientais e sobre a saúde dos colaboradores, além da apresentação de uma estratégia de controle de material particulado.

3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização da Pesquisa

Quanto à natureza, esta pesquisa é classificada como uma pesquisa aplicada. De acordo com Vilaça (2010), a pesquisa aplicada tem como motivação a necessidade de produzir conhecimento para aplicação de seus resultados, salientando que pesquisas aplicadas tem o objetivo de resolver problemas ou necessidades concretas e imediatas.

Em relação à abordagem, a pesquisa é caracterizada como quantitativa, que segundo Günther (2006) adota estratégia sistemática, objetiva e rigorosa para gerar e refinar o conhecimento. O raciocínio dedutivo é o processo em que o pesquisador começa com uma teoria, e então coleta evidências para avaliar ou testar se a teoria é confirmada.

Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como exploratória. A pesquisa exploratória tem como objetivo desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores (GIL, 1999).

Por fim, quanto aos procedimentos, é classificada como um estudo de caso. Para Yin (2001), o estudo de caso pode ser definido como o estudo profundo e exaustivo dos fatos objetivos da investigação, permitindo amplo e detalhado conhecimento da realidade e dos fenômenos pesquisados.

3.2. Desenvolvimento da Pesquisa

O monitoramento de partículas em suspensão foi realizado nas dependências de uma mina de calcário com objetivo de determinar se a quantidade de material emitido está dentro dos limites exigidos pelas leis vigentes, bem como avaliar os impactos na saúde e segurança dos colaboradores e do entorno das instalações. Para tal finalidade, foi utilizado a estação de medição de partículas totais em suspensão, denominado Hi-Vol.

3.3. Equipamento de Amostragem Hi-Vol

HI-Vol é abreviação do inglês *High-Volume* ou amostrador de alto volume. É composto de moto-aspirador com porta-filtro em fibra de vidro, registrador gráfico da vazão dos gases durante a coleta, timer-programador digital e horímetro digital autônomo. Este equipamento é produzido pela RCLF Medições Ambientais e faz coletas entre 1,1 e 1,8 m³/min, apresenta estrutura construída em alumínio para coletas de até 24 horas. O ar coletado passa através de um filtro de microfibras de vidro com retenção até 0,1 µm de diâmetro hidráulico das partículas. A Figura 4 apresenta o equipamento utilizado na coleta de dados.



Figura 4 - Amostrador de alto volume Hi-Vol, produzido por RCLF Medições Ambientais

Fonte: o autor, 2015.

As medições foram realizadas por uma empresa terceirizada e os parâmetros impactantes foram quantificados na forma de concentração de poluentes em massa por volume de ar analisado.

O ar do local é succionado para o interior de um abrigo a uma vazão de 1,13 a 1,70 m³/min, onde passa por um filtro, que irá reter as partículas em suspensão com diâmetros menores do que 100 microns. Partículas com diâmetro na faixa de 100 a 0,1 microns serão coletados pelo filtro de fibra de vidro. A concentração de partículas em suspensão expressa em microgramas por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) é calculada determinando-se a massa do material coletado e o volume de ar amostrado. Desta forma, foi possível determinar a concentração de partículas em suspensão no ar do ambiente e também aproveitar as coletas para aferir as concentrações de metais e outros compostos, exceto Sílica, pois o filtro utiliza esse mesmo material.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Histórico da Empresa

O empreendimento em questão está localizado no município de Corumbá, Mato Grosso do Sul. A economia do município está fortemente apoiada nas atividades de mineração. Atualmente, possui uma população de 103.703 habitantes e sua área total é de 64.962 km², ocupando 18% do estado e suas coordenadas geográficas são: latitude 19° 0' 35" sul, longitude 57° 39' 17" oeste. Por abrigar cerca de 50% do território pantaneiro, recebeu o apelido de capital do Pantanal, mas também é conhecida como cidade branca, devido a cor de sua terra, pois está localizada sobre uma formação de calcário de coloração clara.

Localizado na zona rural, situado na BR 262/MS km 15, o empreendimento em questão atua na área de extração e beneficiamento de calcário para fabricação de cimento e comercialização de agregados para construção civil e revestimento de vias. Construída em 1952 e inaugurada em 1954, a unidade de Corumbá conta com uma produção anual de 550.000 toneladas. Somente no setor de mineração, são gerados 25 empregos, divididos entre funcionários próprios e terceiros, como descrito no Quadro 1.

A demanda dos bens minerais produzidos pela pedreira é gerada em duas frentes de comercialização. A primeira é o abastecimento da indústria de cimento, onde não há venda e sim transferência de produtos (matéria-prima) para produção de cimento. A segunda atende a construção civil e siderúrgicas locais com pedras britadas (agregados), também utilizadas para obras de infraestrutura básica, como construção e manutenção de rodovias.

	Função	Quantidade
Próprios	Gerente geral	1
	Chefe de mina	1
	Técnico em mineração	1
	Mecânico Industrial	1
	Operador da planta de britagem	2
	Mecânico de veículos	2
	Técnico eletricista	1
	Operador de logística	2
	Operador de máquinas	10
	Total Diretos	21
	Terceiros	Vigilante
Frentista		1
Serviços Gerais		1
Total Indiretos		4

Quadro 1 - Quadro de funcionários do setor de mineração

Fonte: informação cedida pela empresa (2015)

O fato de a demanda de calcário para pavimentação asfáltica e obras de construção civil, em municípios do Mato Grosso do Sul próximos a Corumbá, ter aumentado significativamente fez com que a empresa expandisse sua meta de produção sem o devido planejamento, deslocando funcionários de tarefas auxiliares, como manutenção de vias e manutenção industrial, para a produção, visando atender o volume esperado de material processado.

4.2. Pontos de Amostragem

Visando compreender todo o sistema de produção e beneficiamento de calcário e buscando mapear a incidência de material particulado em suspensão nas principais áreas com movimentação de pessoas, a estação de monitoramento de qualidade do ar foi posicionada em pontos estratégicos, identificados na Figura 5.



Figura 5 - Mapa com pontos de amostragem

Fonte: Google Maps

Os círculos vermelhos representam os locais onde foi posicionada o amostrador, sendo o da esquerda, o alto da cava, cujas fontes geradoras de particulados são as operações de carregamento de material e perfuração de bancada. O central refere-se à oficina mecânica/britagem, onde há o maior fluxo de pessoas e uma das maiores fontes geradoras, o britador primário. O círculo localizado à direita representa a guarita de expedição e o barracão de estocagem, onde há intenso fluxo de caminhões, bem como a realização de seu carregamento, evidenciando grande suspensão de partículas.

A seguir, são apresentadas suas coordenadas.

- Guarita de expedição – 19°07'11,72" S / 57°38'17,75" W
- Oficina mecânica/britagem – 19°07'14,33" S / 57°38'28,36" W
- Alto da Cava – 19°07'00,83" S / 57°38'57,61" W

Estes pontos de monitoramento puderam demonstrar a geração de particulados tanto no processo de extração, quanto nos locais com maior trânsito de pessoas, sejam colaboradores próprios, terceirizados, clientes ou visitantes. O círculo vermelho à esquerda representa o alto da cava, o central representa o ponto entre a britagem primária e a oficina e o localizado à direita, a guarita de expedição.

Com essas informações, torna-se possível planejar ações de eliminação ou programas de mitigação dos possíveis problemas encontrados.

4.3. Resultados observados a partir das medições de PTS

O monitoramento do ar, determinando o teor dos agentes poluentes é fundamental para a construção de políticas e ações de controle ambiental para uma dada região, mantendo um acompanhamento permanente da qualidade do ar, gerando informações e subsídios para a implantação de mecanismos de controle e novas estratégias de mitigação dos impactos ambientais.

O monitoramento da qualidade do ar, avaliando o material particulado em suspensão como agente poluente na região de Corumbá é realizado de modo sistemático pelas empresas de mineração ali existentes.

O monitoramento teve início com a instalação de uma estação com equipamento para medição de partículas totais em suspensão nas áreas localizadas pelas coordenadas do item 3.5. A seguir, é apresentado um resumo das concentrações médias e máximas registradas nos locais de medição nos períodos indicados, durante dois anos, em duas situações distintas: com e sem operação.

Estação	Concentração em períodos de 24 horas					Concentração máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nº de ultrapassagens ao padrão
	13/05	14/05	17/05	18/05	19/05		
	a	a	a	a	a		
	14/05	15/05	18/05	19/05	20/05		
Expedição (sem operação)	37,10	-	-	-	-	240	0
Expedição (com operação)	-	-	-	278,09	-	240	1
Beneficiamento (sem operação)	-	-	29,0	-	-	240	0
Beneficiamento (com operação)	-	284,84	-	-	-	240	1
Topo da Cava (com operação)	-	-	-	-	173,64	240	0

Tabela 4 - Concentrações de PTS registradas no primeiro ano

Fonte: informação cedida pela empresa (2015)

É possível observar que em duas fases importantes do processo, os valores máximos de concentração de partículas totais em suspensão estabelecidos em lei foram ultrapassados. Esta avaliação demonstra que os maiores responsáveis pela geração de particulados são as operações de carga e descarga, movimentação de equipamentos nos acessos das minas e operação de britagens.

Baseado nos resultados obtidos, foram realizados investimentos para a mitigação do problema de material particulado em suspensão, conforme apresentado posteriormente, no quadro 2. Deste modo, no segundo ano, observou-se a redução dos valores, conforme apresentado na Tabela 5.

Estação	Concentração em períodos de 24 horas					Concentração máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nº de ultrapassagens ao padrão
	06/05 a 07/05	07/05 a 08/05	08/05 a 09/05	09/05 a 10/05	10/05 a 11/05		
Expedição (sem operação)	32,93	-	-	-	-	240	0
Expedição (com operação)	-	-	-	188,16	-	240	0
Beneficiamento (sem operação)	-	-	22,0	-	-	240	0
Beneficiamento (com operação)	-	173,36	-	-	-	240	0
Topo da Cava (com operação)	-	-	-	-	158,84	240	0

Tabela 5 - Concentrações de PTS registradas no segundo ano

Fonte: informação cedida pela empresa (2015).

Pode-se observar na Tabela 5, que após a implementação de mecanismos para mitigação, todas as estações apresentaram concentrações abaixo do máximo estabelecido pela legislação, que é de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.4. Medidas Mitigadoras

Na Figura 5, é possível observar que já existe um cinturão verde em todo entorno do empreendimento que acaba por conter as emissões de particulados em suspensão advindas da operação. A disposição e o aspecto da vegetação local, permitem uma redução no efeito dos ventos na dispersão dos particulados, mantendo

a maior concentração nos locais onde estão sendo realizadas as operações de beneficiamento.

Nos pontos com ocorrência de valores acima do valor máximo para o padrão primário, a aspersão de água nas vias de acesso deve ser intensificada para evitar a geração de poeira pelo trânsito de veículos e reduzir os valores de concentração de partículas nas vias de acesso próximas da área de expedição e nas vias de acesso próximas da área de beneficiamento.

Outra ação de caráter mitigador, é a realização de manutenções periódicas constantes nos sistemas de coleta de poeira instalados junto aos dois conjuntos de britagem (primária e secundária), evitando o acúmulo dos agentes poluentes depositados abaixo dos mesmos.

Além disso, foram instalados sistemas de aspersão de água para o controle de particulados. Consistem em bicos aspersores que dissipam a água em forma de gotículas, que capturam as partículas de poeira em suspensão e as fazem precipitar. O primeiro ponto está localizado na tremonha do britador primário (local onde os caminhões descarregam o material proveniente da mina), pois tanto ao ser descarregado, quanto fragmentado pelo britador, há geração de poeira.

O segundo ponto de aspersão fica na base da correia transportadora A1J01, responsável por levar o material que passa pelo britador primário e posteriormente por um alimentador até a pilha pulmão, formando um estoque de segurança para a britagem secundária.

Há ainda um terceiro ponto de aspersão na cabeceira desta mesma correia, fazendo com que o material lançado na pilha pulmão não permita que a parte mais fina das partículas permaneça em suspensão. Todos esses pontos são acionados pelo operador da planta, via painel local de controle (PLC) e, quando em funcionamento, pode reduzir em até 70% os efeitos de particulados em suspensão durante o processo de beneficiamento onde foi instalado.

Dessa forma, as medidas mitigadoras adotadas são apresentadas no Quadro 2.

Impacto	Medidas Mitigadoras Propostas	Programas Propostos
Medidas propostas pela empresa	Implantação de dispositivos que controlem e minimizem as emissões de particulados;	Programa de Gestão Ambiental e Programa de monitoramento da qualidade do ar;
	Garantir a utilização de EPIs necessários à proteção da saúde dos trabalhadores, bem como promover treinamentos relativos à sua devida utilização e importância;	Programa de segurança industrial e saúde do trabalhador;
Medidas propostas pelo autor	Umectação das vias de acesso com cloreto de cálcio;	Programa de orientações técnicas para operação e manutenção do empreendimento mineiro;
	Manutenção preditiva e preventiva dos sistemas de despoeiramento;	
	Plantio de eucaliptos para reforço do cinturão verde, servindo como futura fonte de renda.	

Quadro 2 - Medidas mitigadoras adotadas

Nas medições em questão, observou-se uma diminuição de até 39% nas emissões de particulados nas operações de beneficiamento e de até 32% no setor de expedição. O topo da cava apresentou redução de apenas 8,5% nas emissões, no entanto, é o local com menor trânsito de pessoas, sendo, neste caso, feita a devida orientação com relação à necessidade de utilização dos EPIs aos funcionários que ali atuam (operadores de perfuratriz).

Há ainda a possibilidade de realizar a aplicação de um composto químico diluído em água, que atua na floculação das partículas de poeira, o cloreto de cálcio. Este produto, ao ser diluído na concentração de 10 toneladas para um volume de 20 mil litros de água, deve ser aspergido nos acessos previamente escarificados em uma taxa de 1,5L/m², aumentando a supressão da poeira gerada pelo tráfego de veículos e tornando-a mais duradoura.

Para avaliar a eficácia da operação, deve-se realizar medições de PTS durante a utilização do cloreto de cálcio e observar os resultados obtidos, levando-se em consideração o custo/benefício da aplicação.

5. CONCLUSÃO

A poluição atmosférica inclui uma quantidade expressiva de atividades, fenômenos e substâncias poluentes que irão contribuir com a deterioração da qualidade natural da atmosfera através de efeitos negativos ao meio ambiente.

Considerando despesas com multas ambientais e a melhoria do ambiente que pode ser proporcionada, o controle de PTS se torna um investimento seguro. Existem inúmeras tecnologias disponíveis para controlar a emissão de particulados, cada uma com seu conjunto de implicações para permitir, custo de capital, produção, custo de operação e manutenção.

Com base nos dados obtidos através das medições de partículas totais em suspensão realizadas pelo equipamento Hi-Vol, realizadas na mina de calcário em questão no primeiro e segundo ano, é possível observar a diminuição na emissão das fontes poluentes citadas anteriormente, e sua adequação à legislação ambiental vigente, o que se deve principalmente à instalação de aspersores de água em pontos críticos e umectação de vias e de material após o desmonte de rochas, o que diminuiu consideravelmente a quantidade de poeira observada.

É possível afirmar que é impossível eliminar totalmente a presença de partículas totais em suspensão ao se trabalhar em vias não pavimentadas e com fragmentação de material rochoso. No entanto, as medidas mitigadoras foram suficientes para reduzir para valores aceitáveis, os níveis de partículas totais em suspensão, atendendo assim os níveis exigidos pela legislação.

Como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de medições dos demais itens listados pela resolução CONAMA nº 03/90, principalmente de fumaça e partículas inaláveis, devido ao alto fluxo de caminhões e máquinas a diesel, bem como a criação de um cinturão verde composto de eucaliptos, visando reforçar o cinturão verde constituído de vegetação nativa e que pode vir a ser explorado economicamente no futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALGRANTI, E. **Exposição à Sílica e Silicose**. São Paulo, Portal Fundacentro, 2002. Disponível em <<http://www.fundacentro.gov.br/silica-e-silicose>>. Acesso em 18 de agosto de 2015.
- ALMEIDA, J. R. **Gestão ambiental para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro. Ed.Thex, 2006.
- BARBOSA FILHO, A. N. **Segurança do trabalho e gestão ambiental**. 2º edição. São Paulo: Atlas, 2008.
- BARREIROS, D. **Gestão da segurança e saúde no trabalho**: estudo de um modelo sistêmico para as organizações do setor mineral. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.
- CAMARGO, R. M. R. **Passaporte para a história**. 2º Ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2007.
- CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2002**.
- CLEMENTE, D. A. **Estudo de impacto ambiental das fontes industriais de poluição do ar**. Tese de Doutorado. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 2000.
- CASA CIVIL. **Política Nacional do Meio Ambiente**. 2012. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em 15 de setembro de 2015.
- CONAMA -CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Nº 003, de 01/1990. **Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR**. Brasília, DOU, agosto de 1990.
- CONAMA, **Resoluções do CONAMA 1984-2008**, 2º Ed, Brasília, 2008.
- COSTA, M. A. P. M et al. **Efeitos das partículas totais em suspensão (PTS) na saúde da população dos bairros de Benfica, Bom Sucesso, Ramos e Manguinhos**. HYGEIA, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde. Rio de Janeiro, 2009.
- COTRIM, G. **História Global: Brasil e Geral**. 6º Ed. São Paulo: Saraiva, 2002.
- DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 3.ed. São Paulo: Signus, 2000.

DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral). **A importância Econômica da Mineração para o Brasil**. 2º Ed. Brasília, 2011.

GABAS, G. C. C. **Análise crítica dos critérios de seleção de respiradores para particulados em ambientes de mineração**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.

GERMANI, D. J. **Relatório Final: A Mineração no Brasil**. Rev 02. Rio de Janeiro, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GUERRA, A. J. T. & MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Berthand Brasil, 2006.

GÜNTHER, Hartmut. **Pesquisa Qualitativa Versus Pesquisa Quantitativa: Esta É a Questão?** Psicologia: Teoria e Pesquisa. Brasília: Lidel - Zamboni, 2006. p. 201-210.

HASEGAWA, J. V. **Geração termelétrica com turbinas a gás natural e seu impacto na qualidade do ar**. Workshop: “Geração Termelétrica a Gás Natural”, promovido pelo IBAMA e Petrobras, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2001

LAPA, R. P. **Metodologia de identificação de perigos e avaliação de riscos ocupacionais**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

LIMA, C. Q. B. **Implantação de modelos de gestão para a segurança e saúde no trabalho**: estudo de casos no setor mineral. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

MENDES, R. **Máquinas e acidentes de trabalho**. Ministério da Previdência e Assistência Social. Coleção Previdência Social, v. 13. Brasília, 2001.

MOREIRA, A. **Curso da poluição atmosférica na indústria**. Rio de Janeiro, Universidade Corporativa da Petrobras, 2004.

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma regulamentadora 04**. Disponível em <[Ministwww.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR4.pdf](http://www.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR4.pdf)>. Acesso em 17/10/2015).

IBGE, **Dados gerais do município**. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=500320>>. Acesso em 27 de outubro de 2015.

PINHEIRO, J. C. D. F. **A importância econômica da mineração no Brasil**. Departamento Nacional de Produção Mineral, 2011.

PINTO, M. S. **Brasil 500 Anos: A construção do Brasil e da América Latina pela Mineração**: Aspectos da História no Brasil Colonial. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2000.

QUITÉRIO, S.L. **Os municípios da baixada fluminense do Estado do Rio de Janeiro e seus problemas com a qualidade do ar**. Anais da 26^o Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Poços de Caldas, Minas Gerais, 2004.

RAMOS FILHO, J. C. et al. **Estudos de impacto ambiental – EIA**. PLANEP, 2008.

RAMOS, J. R. A. **Brasil 500 Anos: A construção do Brasil e da América Latina pela Mineração – Mineração no Brasil Pós-Colonial**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2000.

REIS, N. C. **Recursos atmosféricos**. Dissertação de Mestrado. Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

ROBINS e COTRAN, **Patologia**: Bases patológicas das doenças. 7^o Ed. Elsevier Editora Ltda., 2005.

RODRIGUES, G. L. **Poeira e ruído na produção de brita a partir de basalto e gnaiss nas regiões de Londrina e Curitiba, Paraná**: Incidência sobre trabalhadores e meio ambiente. Dissertação de Mestrado. Paraná: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geologia, 2004.

SALDIVA, P. H. **Relação entre poluição atmosférica e atendimento por infecções de vias aéreas superiores no município de São Paulo**: Revista Brasileira de Epidemiologia, São Paulo, 2011.

SANTOS, A. M. A. **O tamanho das partículas de poeira suspensas no ar dos ambientes de trabalho**. São Paulo: Fundacentro, 2001.

SERNA, H. A. D. L. **Agregados para construção civil**. São Paulo: DNPM, 2009.

VILAÇA, M. L. C. **Pesquisa e Ensino: Considerações e Reflexões**. Revista E-escrita. Volume 1. Número 2, 2010.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.