



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS**



UFOP

Universidade Federal
Ouro Preto

GABRIEL PEREIRA CUNHA

**SEGURANÇA DE TRABALHO APLICADA À MINERAÇÃO: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA DAS NORMAS VIGENTES**

**OURO PRETO
2022**

GABRIEL PEREIRA CUNHA

cunha.ufop@gmail.com

**SEGURANÇA DE TRABALHO APLICADA À MINERAÇÃO: UMA REVISÃO DAS
NORMAS VIGENTES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Minas, do Departamento de Engenharia de Minas, da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Minas.

Orientadora: MSc. Mariana Caroline Andrade Silva

**OURO PRETO
2022**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C972s Cunha, Gabriel Pereira.

Segurança de trabalho aplicada à mineração [manuscrito]: uma revisão bibliográfica das normas vigentes. / Gabriel Pereira Cunha. - 2022.

48 f.: il.: , tab..

Orientadora: Ma. Mariana Caroline Andrade Silva.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Minas .

1. Segurança do trabalho - Minas e mineração. 2. Beneficiamento de minério. 3. Trabalho - Insalubridade. 4. Poeira - Sílica. I. Silva, Mariana Caroline Andrade. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 622.807

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526



FOLHA DE APROVAÇÃO

Gabriel Pereira Cunha

Segurança do trabalho aplicada à mineração: uma revisão bibliográfica das normas vigentes

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Minas

Aprovada em 28 de outubro de 2022

Membros da banca

M. Sc. Mariana Caroline Andrade Silva - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
M. Sc. Tiago Mozart Gonçalves Leite - (Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral - Universidade Federal de Ouro Preto)
M. Sc. Sérgio Eustáquio Neto - (Instituto Federal de Minas Gerais - Ouro Preto)

Mariana Caroline Andrade Silva, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 30/11/2022



Documento assinado eletronicamente por **Mariana Caroline Andrade Silva, TECNICO EM MINERACAO**, em 30/11/2022, às 16:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0435038** e o código CRC **8FF89E2A**.

AGRADECIMENTOS

A conclusão dessa etapa não seria possível sem a participação de pessoas especiais, dessa forma, gostaria de agradecer:

Aos **meus pais** pelo apoio incondicional.

Ao **Thiago Lopes** verdadeiro amigo de todas as situações.

Ao *Big Big*, grande **Gabriel Augusto** e ao **Enilson Resende**, o *Velho*, pela amizade e pelas boas lembranças.

À servidora **MSc. Mariana Andrade** pela orientação e apoio na elaboração desse trabalho.

Ao Tiago e ao Sérgio por aceitarem o desafio de participar da banca e por compartilhar seus conhecimentos fazendo esse trabalho mais completo e valioso.

Aos colegas da **Engenharia de Minas** pela amizade, pelas risadas e por compartilhar as dores e desafios durante essa caminhada.

À **UFOP** pela oportunidade.

E a todos que de alguma forma participaram dessa caminhada.

RESUMO

Desde o início da colonização a exploração mineral no Brasil representa grande importância principalmente para o desenvolvimento da economia nacional. À essa atividade podem ser associados o progresso e o crescimento da sociedade através da geração de emprego e renda, no entanto a extração mineral também vem acompanhada de significativos impactos principalmente ao meio ambiente e a sociedade. É comum no decorrer do desenvolvimento dessa atividade a necessidade de supressão de vegetação, exposição do solo a processos erosivos, alterações da quantidade e qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, poluição do ar. Outros aspectos negativos podem ser relacionados com a dificuldade na garantia da integridade física dos profissionais uma vez que consiste de uma atividade que envolve diferentes condições de riscos aos colaboradores e comunidade ao entorno. A exploração de minerais exige que os trabalhadores estejam expostos a diferentes agentes, muitos desses, insalubres como a poeira de sílica. Esse agente químico é um potencial causador de doença quando o trabalhador encontra-se exposto por elevados períodos sem a devida proteção. A legislação brasileira apresenta diferentes formas de se analisar a exposição e propõe medidas mitigadoras de impactos sobre a saúde dos trabalhadores como o dimensionamento de equipamentos de proteção coletiva e individuais e em casos específicos o pagamento de adicional de insalubridade. Esse trabalho teve como objetivo principal realizar o levantamento bibliográfico das normas vigentes no país quando o assunto é segurança do trabalho aplicada à mineração. Através de uma ampla revisão literária foi possível avaliar a legislação trabalhista e previdenciária quanto à caracterização de insalubridade, conhecer o cenário e as circunstâncias nas quais os trabalhadores encontram-se expostos a agentes insalubres na mineração, identificar e definir os agentes insalubres presentes nesses ambientes de trabalho, avaliar o controle da exposição da sílica respirável e as condições de insalubridade de trabalhadores da mineração.

Palavras chave: Poeira de sílica, mineração, insalubridade, beneficiamento de minério, Normas Regulamentadoras.

ABSTRACT

Since the beginning of colonization, mineral exploration in Brazil has been of great importance, mainly for the development of the national economy. This activity can be associated with the progress and growth of society through the generation of employment and income. However, mineral extraction is also accompanied by significant negative impacts, mainly on the environment and society. In the development of this activity, there is a common need for vegetation suppression, soil exposure to erosive processes, changes in the quantity and quality of surface and underground water resources, and air pollution. Other negative aspects can be related to the difficulty in guaranteeing the physical integrity of professionals because it consists of an activity that involves different risk conditions for employees and neighbors. Mineral exploration requires workers to be exposed to different agents, many of which are unhealthy, such as silica dust. This chemical agent is a potential cause of disease when the worker is exposed for long periods without proper protection. Brazilian legislation presents different ways of analyzing exposure and proposes measures to mitigate impacts on workers' health, such as the sizing of collective and individual protection equipment and, in specific cases, the payment of unhealthy work additional. The main objective of this work was to carry out a bibliographic survey of the regulations in force in the country when it comes to safety at work applied to mining. Through an extensive literary review, it was possible to evaluate the labor and social security legislation regarding the characterization of insalubrity, knowing the scenario and circumstances in which workers are exposed to unhealthy agents in mining, identify and define the unhealthy agents present in these work environments, to evaluate the control of respirable silica exposure and the unsanitary conditions of mining workers.

Keywords: Silica dust, mining, unsanitary, ore beneficiation, Regulatory Norms

LISTA DE ABREVIATURAS

µm – Micrômetro

ACGIH – *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*

ANM – Agência Nacional de Mineração

CEN – *Comité Européen de Normalisation*

CLT – Consolidação das Leis Trabalhistas

CM – Código de Mineração

CNAE – Classificação Nacional de Atividades Econômicas

CPC – Código de Processo Civil

D.O.U. – Diário Oficial da União

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

DPOC – Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EPC – Equipamentos de proteção coletiva

EPI – Equipamentos de proteção individual

GR – Grau de Risco

INSS – Instituto Nacional do Seguro Social

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

ISO – *International Organization for Standardization*

L.T. – Limite de Tolerância

m³ – Metro cúbico

mg – Miligramas

MTE – Ministério do Trabalho e Previdência (*antigo Ministério do Trabalho e Emprego*)

NIOSH – *National Institute for Occupational Safety and Health*

NHO – Normas de Higiene Ocupacional

NHT – Norma de Higiene do Trabalho

NR – Normas Regulamentadoras

NRM – Normas Regulamentadoras de Mineração

PAE – Plano de Aproveitamento Econômico

PGR – Programa de Gerenciamento de Riscos

PIB – Produto Interno Bruto

RBSO – Revista Brasileira de Saúde Ocupacional

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

SESMT – Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho

SiO₂ – Dióxido de silício (sílica)

SST – Segurança e Saúde no Trabalho

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Relação da Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE com correspondente Grau de Risco – GR para indústrias extrativas..... | 16 |
| Figura 2 - Composição do filtro de particulados sólidos | 23 |
| Figura 3 - Cabine de análise utilizada no processo | 23 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Relação entre o diâmetro aerodinâmico da partícula analisada e a porcentagem de passagem pelo seletor | 29 |
| Tabela 2 – Principais agentes insalubres em minas | 31 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| RESUMO | i |
| ABSTRACT | ii |
| LISTA DE ABREVIATURAS | iii |
| LISTA DE FIGURAS | v |
| LISTA DE TABELAS | vi |
| 1 INTRODUÇÃO | 9 |
| 1.1 Delimitação do tema..... | 11 |
| 1.2 Justificativa..... | 11 |
| 2 OBJETIVOS | 12 |
| 2.1 Objetivo geral..... | 12 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 12 |
| 3 METODOLOGIA | 13 |
| 3.1 Materiais e métodos..... | 13 |
| 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 14 |
| 4.1 Segurança do trabalho aplicada ao setor mineral..... | 14 |
| 4.1.1 Agentes insalubres em ambientes de trabalho típicos do setor mineral..... | 17 |
| 4.2 Exposição à poeira de sílica em decorrência de atividades de exploração mineral..... | 18 |
| 4.2.1 Controle da exposição à sílica livre respirável..... | 19 |
| 4.3 Principais normas técnicas..... | 21 |
| 4.3.1 Normas de Higiene Ocupacional (NHO)..... | 21 |
| 4.3.1.1 NHO 03 - Análise gravimétrica de aerodispersóides sólidos coletados sobre filtros de membrana..... | 22 |
| 4.3.1.2 NHO 07 – Calibração de bombas de amostragem individual pelo método da bolha de sabão..... | 24 |
| 4.3.2 Normas Regulamentadoras (NR's)..... | 25 |
| 4.3.2.1 NR- 15 - Atividades e operações insalubres..... | 27 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.3.2.2 | NR - 22 - Segurança e saúde ocupacional na mineração | 31 |
| 4.3.3 | Normas Regulamentadoras de Mineração (NRM's) | 32 |
| 4.3.3.1 | NRM-01 – Normas Gerais | 34 |
| 4.3.3.2 | NRM-09 – Prevenção contra Poeiras | 35 |
| 4.3.3.3 | NRM-18 - Beneficiamento | 36 |
| 4.4 | Laudo técnico de exposição a particulados sólidos suspensos no ar em ambientes de trabalho | 37 |
| 5 | CONCLUSÕES | 40 |
| 6 | SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS | 41 |
| 7 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 42 |

1 INTRODUÇÃO

Para Araújo & Fernandes (2016) desde o final da década de 1990 em razão da expansão da globalização associada com o aumento do consumo de metais houve um crescimento acelerado da indústria mineral, tanto em razão dos elevados volumes extraídos, quanto pela abertura de novas minas. Estima-se que desde 2019 as substâncias da classe de produtos metálicos são responsáveis por aproximadamente 80% do valor da produção mineral brasileira (BRASIL, 2020).

Apesar da exploração de minerais ser de grande importância para o desenvolvimento socioeconômico sendo, portanto, essencial para o crescimento da sociedade, as atividades mineradoras apresentam alto potencial de geração de impactos tanto no meio ambiente quanto na sociedade em torno e seus trabalhadores (SILVA & ANDRADE, 2017).

De acordo com Ribeiro *et al.* (2019), mesmo com a significativa relevância para o produto interno bruto (PIB) brasileiro a extração de minério é diretamente responsável pela perda de diversos componentes da biodiversidade, interferência na fertilidade natural do solo além de gerar degradação de recursos hídricos e minerais em instalações extrativas e plantas industriais.

Tendo em vista a importância e o contexto que se insere a atividade de extração mineral bem como a necessidade de regulamentação, a legislação brasileira estabelece uma série de exigências para que a atividade de exploração mineral, assim como outras atividades efetivas ou potencialmente poluidoras e/ou degradadoras apresentem instrumentos de controles dos impactos causados. As normas e diretrizes direcionam o desenvolvimento das atividades de produção mineral para que sejam realizadas tendo em vista o desenvolvimento sustentável e o crescimento regional e social. Um exemplo de atuação da legislação consiste do processo de licenciamento ambiental que abrange pesquisas importantes durante as muitas fases de implantação de um novo empreendimento como Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) além do atendimento dos requisitos legais previstos em lei, como cumprimento de condicionantes ambientais junto aos órgãos competentes (REZENDE, 2016; RIBEIRO *et al.*, 2019).

Além dos impactos ambientais, outro importante problema associado com os empreendimentos destinados à exploração mineral é o risco à saúde e à integridade física dos colaboradores e terceiros. Para Vidal *et al.* (2013) entre os setores

industriais, a mineração pode ser considerada como um dos setores mais perigosos e com maior potencial de danos à saúde dos trabalhadores. Os autores também ressaltam que, mesmo que o estreitamento das normas de segurança tenha proporcionado uma redução dos elevados números de acidentes nos últimos anos, a indústria extrativa mineral ainda é responsável por significativas taxas de doenças laborais, afastamentos, incapacitação e até mesmo morte de profissionais.

O trabalho realizado em minas de uma forma geral é, por sua própria natureza, insalubre e perigoso, uma vez que o conjunto de atividades desenvolvidas durante as muitas etapas da extração mineral colocam os trabalhadores expostos constantemente a agentes causadores de riscos físicos, químicos ou biológicos, além de exigências no que se refere ao esforço físico e ergonomia (GONÇALVES, 2020). Esses ambientes possuem características comuns como baixa iluminação, baixa qualidade do ar que muitas vezes é permeado por partículas em suspensão, umidade de galerias e perigo no emprego de máquinas e explosivos.

Como a saúde e segurança do trabalhador é um direito amparado pela lei, é importante que as empresas ofereçam meios legais para a redução de possíveis ocorrências durante a execução de atividades com riscos de acidentes, dessa forma é necessário que os empreendedores forneçam recursos para que sejam realizadas as adequações do ambiente de trabalho a padrões mínimos para garantir o conforto e segurança, como adequação dos locais e fornecimento de EPI'S (ABRAHÃO, 2008; LAROSSA, 2018).

O trabalhador que atua em mineradoras, em virtude de estar constantemente exposto a um trabalho com características de insalubridade, periculosidade e em alguns casos até mesmo por ser um ambiente excruciante, dispõe de amparo jurídico para ter suas garantias previstas em lei. Dessa forma, os indivíduos que exercem atividades com potencial de causar danos a sua saúde ou integridade física estão assistidos pela legislação e essa lhes garante o acesso a ambientes seguros, disponibilidade de equipamentos de proteção seja coletivo ou individual e em muitos casos até mesmo o pagamento de adicional de insalubridade que se trata de uma compensação financeira que, embora não repare o dano causado, é garantida por lei (COSTA & REZENDE, 2012).

Para determinar as situações nas quais os profissionais podem ter direito ao recebimento da insalubridade é preciso que sejam iniciados processos judiciais

contendo perícias técnicas constituídas de análises padronizadas que comprovem o potencial risco ao qual ele está exposto, garantindo assim o direito ao recebimento.

1.1 Delimitação do tema

Diante do exposto, realizou-se um estudo histórico e bibliográfico acerca do tema segurança do trabalho aplicada ao contexto da mineração, analisando a questão da exposição aos agentes insalubres, utilização de equipamentos de proteção coletiva e individual e a análise da insalubridade conforme legislação vigente.

1.2 Justificativa

Entende-se que a realização desse trabalho se justifica principalmente por se tratar de uma pesquisa bibliográfica voltada para a análise de condições de exposição a agentes insalubres de um dos setores mais perenes da economia brasileira: a mineração. Além disso, verificou-se que a disponibilidade de material acerca do tema é encontrada de forma limitada e em muitos casos sem garantia da qualidade do estudo realizado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O principal objetivo desse trabalho consiste de realizar um levantamento bibliográfico a respeito das normas vigentes quanto ao assunto segurança do trabalho e mineração.

2.2 Objetivos específicos

Para que o objetivo central desse trabalho fosse alcançado foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar, por meio de revisão de literatura, as principais normas vigentes quanto à caracterização de insalubridade com foco em emissão de particulados;
- Avaliar possíveis formas de controle e quantificação da exposição à sílica respirável.

3 METODOLOGIA

De acordo com as definições apresentadas por Gil (2008) pode-se afirmar que o tipo de pesquisa realizada nesse trabalho enquadra-se como um estudo de levantamento bibliográfico, já que os objetivos buscam proporcionar maior familiaridade sobre o tema com base nas normas vigentes acerca da análise de agentes químicos insalubres, um tema pouco explorado e com limitada disponibilidade de material disponível.

Ainda de acordo com o autor, esse trabalho também se enquadra como uma pesquisa explicativa, pois visa identificar fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos descritos nos objetivos.

3.1 Materiais e métodos

Esse trabalho foi realizado a partir de uma ampla pesquisa bibliográfica com auxílio de modelos técnicos teóricos bem como fundamentação normativa nas quais foram levantadas as principais informações relativas à análise da exposição à poeira mineral contendo sílica.

A partir do levantamento bibliográfico foram selecionadas as principais informações sobre os efeitos dessas poeiras sobre o organismo, a descrição das principais formas de prevenção ou neutralização desses agentes bem como as características que tornam ambientes contendo esses materiais como insalubres. Também foram relacionadas as principais disposições da legislação brasileira acerca do tema bem como a importância da elaboração de laudo técnicos contendo análise da exposição e possível determinação de condição insalubre.

Por fim as informações coletadas foram tratadas e compiladas na forma dessa pesquisa.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A otimização da produção com redução no uso de insumos e dos custos, a preocupação com o meio ambiente e os impactos causados pela mineração sempre foram linhas de pesquisa quando o assunto é extração mineral. No entanto, pesquisas associadas à saúde, higiene no trabalho e segurança na mineração vem sendo difundidas de forma crescente no país nas últimas décadas (GERMANY, 2002).

Souza & Quemelo (2015) destacam que, em virtude da importância e crescimento do setor minerário, o desenvolvimento de estudos voltados para o mapeamento dos riscos e doenças ocupacionais associados com medidas estratégicas que busquem prevenir problemas bem como a promoção da saúde desses trabalhadores são fundamentais para o crescimento salutar e sustentável desse tipo de empreendimento.

O desenvolvimento de atividades de monitoração dos agentes causadores de risco para a integridade da saúde dos trabalhadores de minas tem sido cada vez mais exatas e a disponibilidade de equipamentos com maior precisão permite que o trabalho torne-se mais fácil de fazer, o que favorece sua aplicação e aumenta as exigências. Dessa forma, calor, ruído, gases, vibrações, poeiras e outros agentes insalubres podem ser rastreáveis em aspectos relativos à quantidade, qualidade e exposição permitindo avaliar as condições em que os trabalhadores encontram-se expostos bem como determinar e dimensionar equipamentos de proteção coletiva e individuais além de ser possível analisar e estabelecer pagamento de insalubridade e/ou periculosidade nos casos específicos (GERMANY, 2002).

4.1 Segurança do trabalho aplicada ao setor mineral

De acordo com a Norma Regulamentadora N°01 “NR-01 Disposições gerais e Gerenciamentos de Riscos Ocupacionais” pilar teórico e normativo do processo de gerenciamento dos riscos ocupacionais no Brasil, o processo de definição, análise, medição e exposição dos resultados obtidos em uma investigação para fins de caracterização de insalubridade em um ambiente de trabalho deve ser realizada de acordo com a NR-15 - Atividades e Operações Insalubres. Com o objetivo de auxiliar esse processo de caracterização a NR-01 disponibiliza, em seu anexo 01, as definições e os termos utilizados no contexto trabalhista. Tais definições visam a padronização dos conceitos fundamentais utilizados nas demais normas, a redução da jurisprudência

em disputas judiciais e a melhoria na comunicação entre os profissionais das diversas áreas de estudo (BRASIL, 2020a).

Dentro do contexto apresentado, o anexo 01 da NR-01 disponibiliza algumas informações substanciais, como a definição de um agente químico pode ser entendido como:

Substância química, por si só ou em misturas, quer seja em seu estado natural, quer seja produzida, utilizada ou gerada no processo de trabalho, que em função de sua natureza, concentração e exposição, é capaz de causar lesão ou agravo à saúde do trabalhador. Exemplos: fumos de cádmio, poeira mineral contendo sílica cristalina, vapores de tolueno, névoas de ácido sulfúrico. (BRASIL, 2020a, p.12.).

Para garantir o perfeito entendimento desse trabalho o conceito apresentado foi adotado e amplamente utilizado durante todas as etapas realizadas nesse estudo.

A NR-04 – “Serviços especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho” por sua vez, consiste da norma que afirma que uma atividade de grau de risco máximo, pela classificação de riscos nas diferentes frentes de trabalho industriais assim como na mineração, é aquela cujas atividades laborais são fontes de riscos à saúde e à integridade do trabalhador que nela opera. Na figura 1, podem ser observadas as principais atividades desenvolvidas na mineração e seus respectivos graus de risco (GR) utilizados para dimensionamento do SESMT. Para Silva *et al.* (2012), o conceito de risco se baseia na possibilidade de que algum agente pertencente à atividade do trabalho venha a causar danos à saúde do trabalhador. Os autores ainda ressaltam, que esse dano pode se dar através de acidentes ou doenças cuja causa seja o trabalho ou outras circunstâncias menos pertinentes.

De acordo com Ramazzini (2016) o processo de adoecimento na mineração, pode ocorrer de duas formas distintas: i) através da inalação de substâncias nocivas, provenientes do processo de extração e/ou beneficiamento dos minérios e ii) por meio da carga excessiva aplicada ao corpo do trabalhador em trabalhos manuais e contínuos. De acordo com os autores, a segunda causa atualmente vem sendo descaracterizada em razão dos avanços tecnológicos associada com a substituição da mão de obra humana pela mecanização e automatização nas frentes minerais. Entretanto, a preocupação com as poeiras minerais contendo sílica vem sendo relacionada como uma das principais causas de adoecimento na mineração, e esse tema permanece atual mesmo após centenas de anos desde o início dos estudos.

A poeira de sílica proveniente das atividades de mineração é causa raiz de preocupações importantes em relação à saúde e bem estar de profissionais,

principalmente quando se observa que nas atividades desenvolvidas o trabalhador muitas vezes encontra-se exposto a grandes e constantes cargas desse material. Entre os principais agentes agressivos nocivos à saúde humana encontrados na atmosfera minerária, a sílica livre (SiO_2) em suspensão possui papel de destaque, principalmente, por ser o segundo mineral, tabela 1, mais abundante na crosta terrestre originada pela combinação química dos dois principais elementos químicos encontrados na crosta terrestre e por ser a maior causadora da doença denominada silicose (LEINZ & AMARAL, 1978), uma enfermidade que acomete milhares de trabalhadores.

| B | INDÚSTRIAS EXTRATIVAS | GR |
|---------|--|----|
| 05 | EXTRAÇÃO DE CARVÃO MINERAL | |
| 05.0 | Extração de carvão mineral | |
| 05.00-3 | Extração de carvão mineral | 4 |
| 06 | EXTRAÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL | |
| 06.0 | Extração de petróleo e gás natural | |
| 06.00-0 | Extração de petróleo e gás natural | 4 |
| 07 | EXTRAÇÃO DE MINERAIS METÁLICOS | |
| 07.1 | Extração de minério de ferro | |
| 07.10-3 | Extração de minério de ferro | 4 |
| 07.2 | Extração de minerais metálicos não-ferrosos | |
| 07.21-9 | Extração de minério de alumínio | 4 |
| 07.22-7 | Extração de minério de estanho | 4 |
| 07.23-5 | Extração de minério de manganês | 4 |
| 07.24-3 | Extração de minério de metais preciosos | 4 |
| 07.25-1 | Extração de minerais radioativos | 4 |
| 07.29-4 | Extração de minerais metálicos não-ferrosos não especificados anteriormente | 4 |
| 08 | EXTRAÇÃO DE MINERAIS NÃO-METÁLICOS | |
| 08.1 | Extração de pedra, areia e argila | |
| 08.10-0 | Extração de pedra, areia e argila | 4 |
| 08.9 | Extração de outros minerais não-metálicos | |
| 08.91-6 | Extração de minerais para fabricação de adubos, fertilizantes e outros produtos químicos | 4 |
| 08.92-4 | Extração e refino de sal marinho e sal-gema | 4 |
| 08.93-2 | Extração de gemas (pedras preciosas e semipreciosas) | 4 |
| 08.99-1 | Extração de minerais não-metálicos não especificados anteriormente | 4 |

Figura 1 - Relação da Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE com correspondente Grau de Risco – GR para indústrias extrativas

Fonte: Adaptado da Norma Regulamentadora-04 – BRASIL (2022)

4.1.1 Agentes insalubres em ambientes de trabalho típicos do setor mineral

O desenvolvimento das atividades de exploração mineral envolve diferentes condições riscos aos colaboradores e comunidade como um todo. Souza & Quemelo (2015) destacam que o trabalho nas empresas de mineração consiste de ocupações insalubres e perigosas e envolvem, por exemplo, a possibilidade de desmoronamento, acidentes com quedas de barreiras, desenvolvimento de doenças osteomusculares relacionadas ao trabalho, problemas auditivos, câncer, fadiga muscular, pneumoconioses, tuberculose e outras doenças. Os autores ainda salientam que estudos recentes destacam a crítica situação laboral dos mineiros, ressaltando ainda que é imprescindível o reconhecimento de todos os riscos ocupacionais envolvidos com essas atividades bem como a intervenção ativa sobre eles.

Os ruídos são definidos como riscos físicos e causam perturbações ao ser humano em função das suas características como timbre e intensidade sonora, além do tipo e distância da fonte, a absorção atmosférica, os obstáculos como barreiras físicas, absorções, velocidade do vento e outros. Na mineração, as operações de máquinas e equipamentos são importantes geradores de poluição sonora (QUEIROZ *et al.*, 2017). Ainda de acordo com os autores, esse agente físico pode implicar em grave desconforto para a população exposta, podendo ocasionar uma importante sensação de incomodo e irritabilidade e a ocorrência da surdez temporária no indivíduo exposto.

Os incêndios e explosões, de acordo com Iramina *et al.* (2009) podem ter a origem associada a lubrificantes, explosivos e outros materiais combustíveis comumente utilizados na mineração. A ocorrência de acidentes com esses agentes pode provocar consequências como perdas materiais e até mesmo a morte dos trabalhadores.

Taludes instáveis podem implicar em desprendimento de blocos de rocha que atingem veículos e trabalhadores causando prejuízos e acidentes. Sendo assim, conforme Neto (2019) nas atividades de engenharia geotécnica em empreendimentos de exploração mineral a qualidade dos taludes deve ser abordada de forma arguta, principalmente em relação à segurança. Os autores destacam que essa segurança deve ser garantida por meio da realização de estudos geológicos e geomecânicos que contemplem os aspectos de exploração mineral realizado, bem como estudos geotécnicos de estimativa da deflagração ou redução da resistência do maciço rochoso

para diferentes regiões ou setores da mina, com a consequente avaliação de estabilidade dos taludes.

Quando existe a necessidade de trabalho em ambientes com como temperaturas elevadas seja natural ou em ambientes com geração de calor artificial associadas principalmente ao esforço físico intenso pode resultar em desregulação da temperatura interna do corpo humano (termorregulação), causando a elevação dessa, com a consequente ativação das glândulas sudoríparas, vasodilatação, desidratação, câimbras, choque térmico, queimaduras e outros sintomas. Nessas condições é possível até mesmo o desenvolvimento de doenças quando a exposição ao calor atinge níveis críticos, além disso, ainda pode ser imputada à exposição ao calor excessivo a ocorrência de acidentes do trabalho, seja pela fadiga seja pela diminuição da concentração e equívocos nas tomadas de decisão (MORAN *et al.*, 2004; AMORIM *et al.*, 2020).

Os ambientes laborais contaminados com a poeira de sílica, como a mineração, representam riscos de doenças para os trabalhadores expostos, sendo a silicose a principal doença ocupacional pulmonar. No Brasil, nesses ambientes insalubres a prevalência de silicose por exposição ocupacional à poeira mineral decorrente da mineração é fator preocupante e exige atenção dos empreendedores no atendimento da legislação para tornar essa exposição menos agressiva ao colaborador (MENDES, 1995).

4.2 Exposição à poeira de sílica em decorrência de atividades de exploração mineral

A poluição atmosférica por poeiras de sílica associada à mineração na maioria dos casos pode ser observada com facilidade em comunidades localizadas próximas às minas ou plantas de beneficiamento de minério. Nesses locais, muitas vezes, o lançamento das partículas para a atmosfera pode não ser causado diretamente pela lavra, mas em decorrência da poeira e da lama trazidas das minas através de veículos que prestam serviços às mineradoras (MILANEZ, 2011).

De acordo com o IPEA (2017) a poluição por material particulado é responsável por efeitos negativos sobre a saúde das pessoas que vivem próximas a grandes minas, de modo que a emissão dessa poeira se mostrou um importante impacto com efeitos danosos à qualidade ambiental e à saúde pública nessas regiões.

Para os trabalhadores atuando diretamente em atividade de exploração mineral a exposição é ainda maior, uma vez que em muitos casos é praticamente impossível não ter contato direto com a poeira de sílica. Esses colaboradores encontram-se expostos à poeira, pois durante a realização das atividades laborais os riscos da inalação da poeira de sílica está presente em uma ampla variedade de situações como extração e beneficiamento de rochas (FILHO & SANTOS, 2006). Para os autores a inalação dessa poeira está associada diretamente com a ocorrência de silicose, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), câncer de pulmão, insuficiência renal e aumento do risco de tuberculose pulmonar e de doenças do colágeno.

A silicose uma das maiores preocupações para esses trabalhadores trata-se de uma pneumoconiose (fibrose pulmonar) caracterizada pela deposição de poeiras no pulmão, com reação tissular decorrente causada pela inalação de sílica livre (quartzo, SiO₂ cristalizada) (FILHO & SANTOS, 2006).

A literatura aponta que a silicose é a principal causa de invalidez quando se trata de doenças respiratórias ocupacionais. Filho & Santos (2006) reforçam essa teoria apontando que o risco de desenvolvimento de silicose está relacionado principalmente com a concentração, a superfície, o tamanho da partícula, o tempo de exposição e de latência, a forma da sílica cristalina, bem como o fato das partículas serem quebradas recentemente provavelmente pelo maior número de radicais na superfície, que seriam responsáveis por um maior estímulo à produção de substâncias oxidantes.

É fácil entender o problema enfrentado pelos trabalhadores expostos ao material particulado em lavras de minas e laboratórios de beneficiamento uma vez que a própria natureza das operações carrega consigo esses problemas intrínsecos. Gonçalves *et al.* (2019) afirmam que uma alternativa técnica que visa a redução dos riscos ocupacionais relativos à exposição do trabalhador à poeira de sílica bem como o desenvolvimento da silicose está fundamentada no gerenciamento e prevenção dos riscos laborais. Para os autores, esse gerenciamento dos riscos de exposição aos agentes contaminantes, ou seja, condições que tenham potencial de gerar consequências adversas e indesejáveis para a vida e saúde humana têm como objetivo evitar condições laborais insalubres garantindo a integridade física e as funcionalidades corporais dos trabalhadores.

4.2.1 Controle da exposição à sílica livre respirável

Como a exposição ao material particulado, principalmente poeira de sílica, é praticamente inevitável durante as atividades laborais nas minas e laboratórios de

beneficiamento é preciso realizar o controle dessa exposição e neutralizar o máximo possível da concentração de partículas respiráveis por esses trabalhadores. Nesse contexto, Souza & Quelhas (2003) destacam a importância do trabalho das equipes de Engenharia de Segurança do Trabalho e Higiene Ocupacional que atuam diretamente na elaboração de procedimentos e técnicas que permitem realizar a identificação, classificação, dimensionamento e neutralização dos riscos seja de forma coletiva ou individual. Os autores destacam ainda que mesmo que a eliminação do risco não seja realizada de forma plena, a redução significativa imposta pela normatização permite a realização do trabalho dentro de índices aceitáveis.

Entende-se que retirar as partículas da atmosfera consiste de um trabalho mais delicado e com menor potencial de efetividade, dessa forma, buscando maior eficiência no processo de neutralização das emissões, as medidas de controle devem ser impostas sempre que o risco for identificado para que a emissão seja neutralizada diretamente na fonte. Campos (2002) corrobora com essa teoria e ainda afirma que um dos primeiros passos a se tomar diante de situações nas quais se identifica uma possível fonte de emissão consiste da identificação dos riscos e dimensionamento e instalação de equipamentos de proteção coletiva e, caso esses equipamentos não sejam suficientes para reduzir os riscos a níveis aceitáveis, utilizam-se equipamentos de proteção individual. Segundo Martins (2018a) os principais equipamentos de proteção individual para trabalhadores expostos à poeira de sílica devem estar devidamente adequados com a necessidade e consistem basicamente do uso de óculos de segurança, máscaras e/ou respiradores, manga longa e/ou avental com punho, touca, calça e botas.

A ventilação mecânica é um dos métodos de controle da poeira de sílica com grande aceitação e resultados satisfatórios nos empreendimentos de exploração mineral. Normalmente é realizada por meio do processo de exaustão que consiste de um método padronizado que permite o cumprimento dos padrões para controle de poeiras em geral. Para Burgess (1997) o projeto e instalação desses exaustores deve ser realizado para atuar diretamente na fonte de poeira eliminando-a do ambiente de trabalho. Ainda considerando o contexto da emissão de material particulado em processos ligados ao beneficiamento de minério, o autor ressalta que existe a possibilidade de empregar métodos de umidificação das fontes de emissão de partículas seja nos procedimentos realizados diretamente nas rochas ou mesmo nos

maquinários, para isso o autor destaca que pode ser empregado o uso de água ou outros agentes umidificadores artificiais.

Diante do exposto, vale ressaltar que alternativas de controle de engenharia podem ser empregadas quando a utilização dos equipamentos de proteção não é suficiente para garantir a segurança e a integridade dos colaboradores, dessa forma é válido considerar a substituição de substâncias por outras com menor potencial de toxicidade, além do confinamento de operações para eliminar emissões atmosféricas, instalação e/ou substituição dos sistemas de ventilação locais ou gerais bem como o emprego de medidas de controle administrativas alternativas como a rotatividade de pessoal, redução da jornada de trabalho e diminuição do tempo de exposição aos agentes nocivos.

4.3 Principais normas técnicas

4.3.1 Normas de Higiene Ocupacional (NHO)

De acordo com Filho *et al.* (2015) a Fundacentro, instituição associada ao Ministério do Trabalho, exerceu participação fundamental na criação da cultura prevencionista do país. Ainda de acordo com os autores, a Fundacentro é considerada como referência pela comunidade que atua neste campo do conhecimento e da práxis, além de propiciar um espaço fundamental para a reflexão e análise científica dos problemas contemporâneos relacionados ao tema e às perspectivas para o enfrentamento dos problemas gerados pelos mesmos.

Ainda de acordo com os autores, por meio da Revista Brasileira de Saúde Ocupacional (RBSO), a Fundacentro realiza a divulgação de seus trabalhos científicos, tendo publicado ao longo de sua história, mais de 130 números, divididos em 39 volumes. Dentre as principais publicações podem ser destacadas as Normas de Higiene Ocupacional (NHO's), que consistem de procedimentos técnicos e laboratoriais que visam estabelecer os critérios de avaliação e limites de tolerância para agentes nocivos à saúde do trabalhador.

As Normas de Higiene Ocupacional (NHO's) consistem de uma série de normas técnicas, resultantes dos trabalhos técnico/científicos que visam abordar os diferentes aspectos de procedimentos e critérios de identificação, avaliação e controle dos riscos e perigos ambientais e profissionais nos diversos ramos de atuação profissional. Essas normas surgiram com o principal objetivo de estimular a adoção de medidas

preventivas para doenças profissionais e quaisquer outros riscos e fatores com potencial de causar danos à saúde e à segurança dos trabalhadores em diversos ambientes ocupacionais (BRASIL, 2021).

Ainda de acordo com os autores, os conteúdos das NHO's são fundamentados em referências normativas de abrangência internacional bem como a aplicação prática de métodos destinados aos profissionais que trabalham tanto com a caracterização, avaliação, controle ou gestão dos aspectos relacionados com o gerenciamento dos riscos e perigos ocupacionais. Entre esses, destacam-se os estudantes e outros personagens diretamente ligados com aspectos sociais e outras questões relacionadas à segurança e saúde ocupacional.

4.3.1.1 NHO 03 - Análise gravimétrica de aerodispersóides sólidos coletados sobre filtros de membrana

A NHO-03 trata-se de um método analítico desenvolvido empiricamente pelos técnicos da Fundacentro e publicada na edição Nº 66 Vol. 17 da RBSO. Nessa norma, têm-se definições e conceitos importantes como a caracterização de um aerodispersóide que consiste da reunião de partículas sólidas e/ou líquidas suspensas em um meio gasoso por tempo suficiente para permitir sua observação ou medição, destaca-se que estão incluídas nessa categoria as partículas menores que 100 µm (FUNDACENTRO, 2001).

Ainda de acordo com os autores, esse método tem como objetivo estimar a quantidade dessas partículas em suspensão no ambiente de trabalho, com base no peso da amostra coletada em campo sendo realizado com o objetivo de promover a prevenção de doenças ocupacionais decorrentes da exposição dos trabalhadores a poeiras.

O método de ensaio baseado nessa norma consiste na pesagem do filtro de membrana antes e depois da coleta da poeira suspensa no ar, com a posterior determinação da massa da amostra considerando as variações ocorridas entre essas duas pesagens. Esse método ainda atua fornecendo subsídios para a proposição de medidas de controle ou para a verificação de sua eficiência uma vez que a coleta é feita a partir das bombas de amostragens instaladas no ambiente de trabalho ou no próprio trabalhador, caso seja necessário obter uma amostra individualizada. O material coletado fica retido em um filtro de membrana, figura 2, e cada filtro é considerado como uma amostra (FUNDACENTRO, 2001). Em alguns casos pode ser

necessária a utilização de uma caixa destinada à proteção dos filtros de membrana durante o período de estabilização, figura 3, essas por sua vez, possuem uma construção em madeira ou alumínio de forma que se tenha um perfeito equilíbrio das condições de umidade e temperatura entre o interior e o ambiente em que se encontra, sem que ocorra o depósito de poeira desse ambiente sobre as amostras.

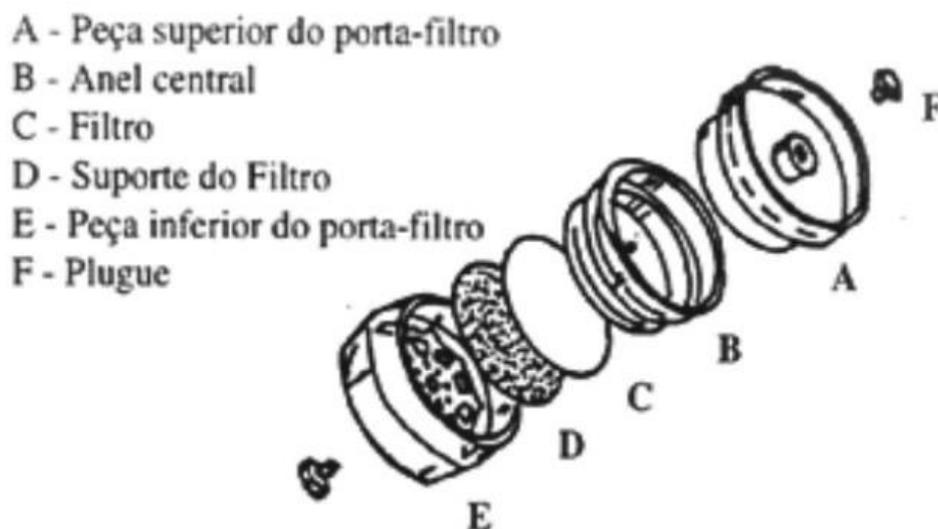


Figura 2 - Composição do filtro de particulados sólidos

Fonte: Adaptado de Fundacentro (2001)

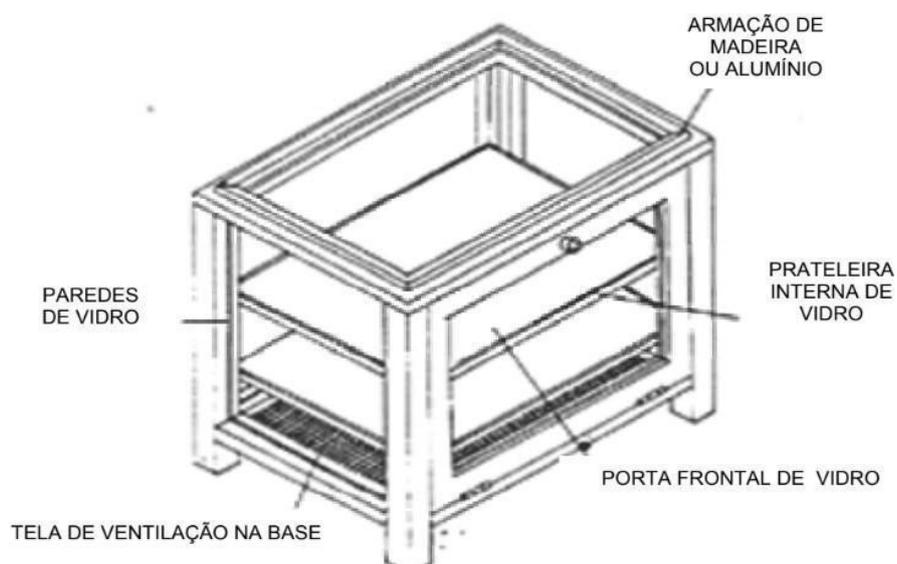


Figura 3 - Cabine de análise utilizada no processo

Fonte: Adaptado de Fundacentro (2001)

4.3.1.2 NHO 07 – Calibração de bombas de amostragem individual pelo método da bolha de sabão

Essa NHO consiste de um procedimento técnico que surgiu para substituir a “NHT 03 – A/E – Determinação de Vazão de Amostragem pelo Método de Bolha de Sabão” e tem como principal finalidade definir uma metodologia padrão para a calibração das bombas de amostragem, utilizadas na avaliação quantitativa de poeiras em suspensão na atmosfera do ambiente de trabalho (FUNDACENTRO, 2002).

Para os autores, este procedimento técnico pode ser caracterizado pela medição da vazão da bomba de amostragem antes e depois da coleta de amostras para determinação da vazão média, considerando as variações de temperatura e pressão, visando à utilização desta vazão na validação da amostra e cálculo de concentração de agentes químicos no ar. Entre os vários pontos levantados pelo procedimento, destacam-se a importância de se calibrar corretamente os equipamentos, a fim de se obter uma vazão de ar média do aparelho, uma vez que essa grandeza é fundamental para se realizar o cálculo de concentração dos agentes químicos em suspensão na atmosfera de trabalho.

4.3.1.3 NHO 08 – Coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho

Fundacentro (2009) define a NHO – 08 como um procedimento padronizado para coleta de material particulado sólido em filtros de membrana com a finalidade de obter amostras representativas das partículas suspensas no ar colhidas nos ambientes de trabalho, destinado à coleta de partículas de origem mineral, metálica, vegetal e animal, de negro de fumo e de partículas insolúveis não especificadas de outra maneira. Essa metodologia de coleta substituiu a NHT - 02 A/E: Norma para avaliação da Exposição Ocupacional de Aerodispersóides, publicada em 1985 pela Fundacentro.

Para os autores, durante a aplicação desse procedimento deve ser incluída no estudo uma análise de todas as informações disponíveis para se caracterizar a magnitude e a importância dos riscos à saúde dos trabalhadores com a finalidade de formular recomendações significativas para a eliminação ou a redução desses riscos. Essas informações podem ser obtidas através de estudos bibliográficos, de observação do local de trabalho, de entrevistas com trabalhadores e de obtenção de resultados de concentração de material particulado suspenso no ar, além de ser preciso realizar um

reconhecimento dos riscos bem como o estabelecimento do objetivo da avaliação quantitativa para o planejamento da coleta.

4.3.2 Normas Regulamentadoras (NR's)

De acordo com Koscheck *et al.* (2012), as Normas Regulamentadoras (NR's) consistem de um conjunto de normas de saúde e segurança do trabalho obrigatórias em todas as empresas públicas e privadas, desde que regidas pela Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT). O objetivo final das NR's pode ser relacionado com a redução dos índices de acidentes no trabalho e de doenças ocupacionais resultado esse obtido por meio da melhoria contínua entre os procedimentos operacionais e organizacionais em todos os setores da cadeia produtiva.

É importante ressaltar, no entanto, que o cumprimento das NR's não é prerrogativa para que as organizações não cumpram com outras exigências legais relacionadas ao tema. Sendo assim, as empresas também estão sujeitas ao disposto em códigos de obras, regulamentos dos Estados ou Municípios, e em acordos e convenções coletivas de trabalho (BRASIL, 2020). Até o momento desta revisão, encontram-se disponíveis 37 Normas Regulamentadoras que podem ser localizadas em domínio público podendo ser consultadas por qualquer pessoa em qualquer momento através do portal do Ministério do Trabalho e Previdência (BRASIL, 2022a).

As 37 normas regulamentadoras vigentes no Brasil, de acordo com Ministério do Trabalho e Previdência, (BRASIL, 2022a), são;

- i) NR-01 - Disposições Gerais
- ii) NR-02 - Inspeção Prévia
- iii) NR-03 - Embargo ou Interdição
- iv) NR-04 - Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho
- v) NR-05 - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
- vi) NR-06 - Equipamentos de Proteção Individual - EPI
- vii) NR-07 - Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional
- viii) NR-08 - Edificações
- ix) NR-09 - Programas de Prevenção de Riscos Ambientais
- x) NR-10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

- xi) NR-11 - Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais
- xii) NR-12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos
- xiii) NR-13 – Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulação e Tanques Metálicos de Armazenamento
- xiv) NR-14 - Fornos
- xv) NR-15 - Atividades e Operações Insalubres
- xvi) NR-16 - Atividades e Operações Perigosas
- xvii) NR-17 - Ergonomia
- xviii) NR-18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção
- xix) NR-19 - Explosivos
- xx) NR-20 – Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis
- xxi) NR-21 - Trabalhos a Céu Aberto
- xxii) NR-22 - Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração
- xxiii) NR-23 - Proteção Contra Incêndios
- xxiv) NR-24 - Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho
- xxv) NR-25 - Resíduos Industriais
- xxvi) NR-26 - Sinalização de Segurança
- xxvii) NR-27 - Registro Profissional do Técnico de Segurança do Trabalho
(*Revogada*)
- xxviii) NR-28 - Fiscalização e Penalidades
- xxix) NR-29 - Segurança e Saúde no Trabalho Portuário
- xxx) NR-30 - Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário
- xxxi) NR-31 - Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura
- xxxii) NR-32 - Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde
- xxxiii) NR-33 - Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados
- xxxiv) NR 34 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, Reparação e Desmonte Naval
- xxxv) NR-35 - Trabalho em Altura
- xxxvi) NR-36 - Segurança e Saúde no Trabalho em Empresas de Abate e Processamento de Carnes e Derivados

xxxvii) NR-37 - Segurança e Saúde em Plataformas de Petróleo

De uma forma geral, diversas NR's são utilizadas no dia a dia das indústrias, seja no que diz respeito às disposições gerais, elaboração de documentos como PPRA, instituição do SESMT e outros, mas tendo em vista a elaboração de um trabalho mais conciso, o presente estudo optou por enfatizar somente nas normas diretamente relacionadas com o objeto alvo de pesquisa, dessa forma, destacou-se nos tópicos que seguem, apenas os dispostos nas NR-15 e NR-22, que tratam das atividades e operações insalubres e segurança e saúde ocupacional na mineração, respectivamente (BRASIL, 2022a).

4.3.2.1 NR- 15 - Atividades e operações insalubres

Para caracterização de situações e condições insalubres no ambiente de trabalho, bem como a concessão do direito de adicional de insalubridade (de acordo com o Art. 192 da CLT) em todo território nacional, utilizam-se os valores e critérios estabelecidos na "NR 15" (BRASIL, 2022b).

Publicada através da Portaria MTb nº 12, de 08 de junho de 1978 e inscrita no Diário Oficial da União (D.O.U) em 06 de julho do mesmo ano, essa norma tem como objetivo definir e classificar as atividades consideradas insalubres, garantindo aos trabalhadores desses setores, quando pertinente, o direito ao adicional de insalubridade. É importante destacar que essa NR possui uma estrutura composta por uma parte geral e 14 anexos, que definem os Limites de Tolerância para agentes físicos, químicos e biológicos, quando é possível quantificar a contaminação do ambiente, ou listando e/ou mencionando situações em que o trabalho é considerado insalubre qualitativamente. Os anexos da NR-15 são: 1 – Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente; 2 – Limites de Tolerância para Ruídos de Impacto; 3 – Limites de Tolerância para Exposição ao Calor; 4 – (Revogado); 5 – Radiações Ionizantes; 6 – Trabalho sob Condições Hiperbáricas; 7 – Radiações Não-Ionizantes; 8 – Vibrações; 9 – Frio; 10 – Umidade; 11 – Agentes Químicos cuja Insalubridade é Caracterizada por Limite de Tolerância e Inspeção no Local de Trabalho; 12 – Limites de Tolerância para Poeiras Minerais; 13 – Agentes Químicos; 13 A – Benzeno e 14 – Agentes Biológicos (BRASIL, 2022b).

Os autores destacam que a avaliação quantitativa dos agentes aos quais o trabalhador pode ser exposto exige a adoção de atividades que permitam a

determinação da intensidade, no caso de agentes físicos ou da concentração ambiental, no caso dos agentes químicos. Dessa forma, para a correta aplicação dessa NR torna-se necessária a realização de avaliações quantitativas para ruído contínuo conforme (anexos 1 e 2), calor (anexo 3), radiações ionizantes (anexo 5), vibração (anexo 8), agentes químicos (anexo nº 11) e o tema mais considerável para esse trabalho, as poeiras minerais conforme anexo 12.

Ainda baseando-se nos anexos constituintes da NR-15, consideram-se atividades e operações insalubres aquelas cujas medições apresentam valores acima dos limites de tolerância previstos nos anexos. Nos casos que forem necessários, como previsto nos anexos n.º 7, 8, 9 e 10, as medições realizadas podem ser comprovadas através de laudo de inspeção do local de trabalho, expedido por profissional competente. É importante ressaltar que, a NR 15 versão 2021 não contém prerrogativas que permitem que, na sua omissão, seja possível utilizar outras referências como as internacionais para caracterização de insalubridade, dessa forma, conforme legislação, uma atividade pode ser considerada insalubre somente quando enquadrada em algum dos critérios dispostos na NR 15, nos casos adversos não existe embasamento legal que permita a caracterização de insalubridade (CAMISASSA, 2015).

Conforme critérios apresentados na NR 15, é necessário que as avaliações dos agentes insalubres aos quais trabalhadores encontram-se expostos no ambiente laboral seja realizada *in loco* para comprovação da real condição de insalubridade, dessa forma, as avaliações devem ser realizadas seja de forma qualitativa ou quantitativa, e a escolha da metodologia adotada deve ser feita com base na natureza do agente analisado (CAMISASSA, 2015).

O anexo nº 12 da NR-15 trata dos limites de tolerância (L.T.) de exposição à poeira mineral de sílica livre cristalizada para jornadas de trabalho de até 48 (quarenta e oito) horas semanais. Outras medidas de cunho preventivo são apresentadas no anexo, medidas estas que visam reduzir a exposição do trabalhador à poeira mineral. O conteúdo apresentado nesse anexo possui caráter coletivo de prevenção e estão presentes nas etapas de lavra e beneficiamento de rochas (BRASIL, 2022c). Os parâmetros aplicáveis contidos no anexo 12 tendo como foco a avaliação da quantidade de sílica livre em suspensão nos ambientes laborais apresenta as ferramentas necessárias para a caracterização e cálculo do limite de tolerância (L.T.)

para poeira respirável (mg/m^3) a partir da quantidade de quartzo em suspensão (%quartzo); e pode ser encontrada a partir da equação 1:

$$L.T. = \frac{8}{\% \text{ quartzo} + 2} mg/m^3 \quad \text{Equação 1.}$$

Ainda de acordo com Brasil (2022c) tanto a concentração como a porcentagem do quartzo, no caso de poeira respirável, o valor obtido na expressão será válido para amostras obtidas de acordo com o procedimento técnico de coleta e determinados com base na fração passante em um respirador com características definidas conforme tabela 2:

Tabela 1 - Relação entre o diâmetro aerodinâmico da partícula analisada e a porcentagem de passagem pelo seletor

| Diâmetro Aerodinâmico (um) (esfera de densidade unitária) | % de passagem pelo seletor |
|--|-----------------------------------|
| Menor ou igual a 2 | 90 |
| 2,5 | 75 |
| 3,5 | 50 |
| 5,0 | 25 |
| 10,0 | 0 (zero) |

Fonte: Adaptado de Brasil (2022c).

O anexo 12 da NR-15 também destaca que o limite de tolerância (L.T.) para poeira total que abrange tanto a fração respirável de sílica livre em suspensão (fração danosa) quanto a fração não respirável deve ser obtida a partir do cálculo realizado a partir da equação 2:

$$L.T. = \frac{24}{\% \text{ quartzo}} + 3 mg/m^3 \quad \text{Equação 2.}$$

Os parâmetros estabelecidos pela norma, associados a demais procedimentos e legislações nacionais a respeito da higiene ocupacional ainda que utilizem padrões aceitos internacionalmente para caracterizar exposições a agentes insalubres apresentam um ponto importante: os critérios nacionais se encontram relativamente desatualizados, tendo em vista a data da publicação da norma e os inúmeros avanços tecnológicos presenciados desde então. Essa situação, de certa forma, pode resultar em análises imprecisas e a consequente ineficácia no sistema avaliativo utilizado, o

que por sua vez descaracteriza o principal objetivo da norma que é oferecer ferramentas para que problemas futuros sejam evitados (FLECK, 2017).

Para Cazani (2016) um método internacional que é utilizado para determinar a concentração de poeira respirável assim como o percentual de sílica na qual um operador fica exposto trata-se da NIOSH 7602 que consiste da medição de sílica cristalina respirável por espectrometria de infravermelho.

De acordo com CDC (2022), além do método NIOSH 7602 tem-se o método NIOSH 7500 que permite avaliar a sílica cristalina, ambos tratam da sílica (SiO_2) com massa molecular de 60.08 g/mol. O que varia de um método para o outro é a técnica de análise a ser utilizada, já que o método NIOSH 7500 utiliza a difração de raios-x e o método NIOSH 7602, infravermelho. Os autores recomendam a utilização de amostragem por meio de um ciclone, tendo em vista que estes métodos são voltados para a fração respirável.

De acordo com Ribeiro (2010) os limites de exposição recomendados pela NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) e a ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) é de $0,05 \text{ mg/m}^3$ de quartzo como poeira respirável para 40 horas de trabalho semanais. De acordo com a *U.S. Department of Health na Human Services* os limites de exposição podem variar em diferentes partes do mundo e dificilmente podem ser comparados porque as estratégias de medição variam entre os países.

Dentro do contexto desse trabalho, para ilustrar a aplicação da NR-15, a Tabela 2 apresenta um compilado contendo os principais agentes insalubres encontrados em empreendimentos de exploração mineral assim como as principais fontes geradoras e as principais consequências para a saúde dos colaboradores.

| | Agente insalubre | NR-15 | Fonte geradora | Efeitos na saúde |
|--------------------|---|-----------------|---|---|
| Agentes Físicos | Ruído | Anexos 01 e 02 | Maquinário | Perda da capacidade auditiva |
| | Calor | Anexo 03 | Radiação solar; maquinário | Hipertermia, desidratação e outros. |
| | Radiação Ionizante | Anexo 05 | Sem caracterização legal | - |
| | Condições hiperbáricas | Anexo 06 | | - |
| | Radiação não ionizante | Anexo 07 | Radiação solar; Máquinas de solda | Queimaduras pele e olhos |
| | Vibrações de corpo inteiro | Anexo 08 | Maquinas e caminhões | Desregulação muscular, esquelética, nervosa e outras. |
| | Vibrações localizadas | | Britadores, martelotes | Síndrome de Raynaud |
| | Frio | Anexo 09 | Sem caracterização legal | - |
| Agentes Químicos | Umidade | Anexo 10 | Poças, e locais com alagamento | Problemas respiratórios e de pele. |
| | Monóxido de carbono | Anexo 11 | Queima de combustível fóssil | Asfixia química |
| | Poeiras minerais | Anexo 12 | Extração e beneficiamento | Pneumoconioses |
| | Fumos metálicos e gases de solda | Anexo 11 a 13 | Maquinas de solda e corte oxi-acetileno | Intoxicação, asfixia química. |
| | Hidrocarbonetos | Anexo 13 | Origem mineral | Dermatoses |
| Agentes biológicos | Álcalis cáusticos | Anexo 13 | Produtos de limpeza e outros reagentes | Dermatoses |
| | Vírus, bactérias, fungos e parasitas em geral | Anexo 14 | Material infecto-contagiantes – resíduos sanitários e lixo em geral | Infecções, parasitoses, reações alérgicas e intoxicações. |

Tabela 2 – Principais agentes insalubres em minas

Fonte: Adaptado de Paula (2008)

4.3.2.2 NR - 22 - Segurança e saúde ocupacional na mineração

A NR 22 estabelece os critérios de saúde e segurança de todos os trabalhadores envolvidos em atividades mineiras em solo nacional, bem como seus

respectivos direitos e deveres. Essa norma se aplica a todas as etapas do processo produtivo mineral, abrangendo desde a etapa de pesquisa até as usinas de beneficiamento de minério (BRASIL, 2022d).

Os autores destacam que essa norma é composta por capítulos, distribuídos em temas relacionados às diferentes fases das atividades de mineração e possui um conteúdo que abrange tanto as grandes minas a céu aberto e subterrâneas como pequenos garimpos e outras atividades correlatas como beneficiamento e pesquisa mineral. Essas atividades possuem importantes deficiências de ações de segurança e saúde no trabalho em muitas situações.

Tendo em vista as necessidades envolvidas com as atividades de produção e extração de minerais, essa norma surgiu com o objetivo de estabelecer parâmetros que possibilitem a melhoria das condições de trabalho no setor mineral, com a consequente redução da incidência de doenças e acidentes do trabalho nesses setores (BRASIL, 2022d). Entre as características mais importantes destacadas nessa norma, se destacam: a definição dos deveres de empregadores e trabalhadores, além do fato de ter sido a primeira vez que uma regulamentação de Segurança e Saúde no Trabalho (SST) apresentou claramente o direito de recusa dos trabalhadores em exercer atividades em condições de risco para sua segurança e saúde ou de terceiros.

Ainda de acordo com os autores, outro ponto importante trata-se da primeira apresentação da obrigatoriedade de elaboração do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) pelas empresas, que se refere a um estudo que busca abordar todos os riscos inerentes das atividades desenvolvidas pelo setor mineral, bem como as medidas para eliminar ou controlá-los.

Os subitens que compõem o item 22.17 dessa NR devem ser destacados, uma vez que visam estabelecer os procedimentos e as medidas de proteção contra diversos tipos de poeiras minerais formadas na atividade. Nesse item ficam definidas as responsabilidades das empresas ou permissionários de lavras garimpeiras no sentido de realizar os monitoramentos periódicos da exposição dos trabalhadores e quando necessário, adotar medidas técnicas e administrativas que reduzam, eliminem ou neutralizem seus efeitos sobre a saúde dos trabalhadores (BRASIL, 2022e).

4.3.3 Normas Regulamentadoras de Mineração (NRM's)

Para Carvalho *et al.* (2012) a mineração possui papel fundamental na sociedade, uma vez que é responsável pela produção de insumos de base para suprir toda uma cadeia produtiva nacional e internacional. A extração destes bens minerais em larga

escala promove também a transformação das regiões nos mais diversos aspectos, sejam sociais, ambientais ou econômicos. Para que tais mudanças ocorram de modo sustentável, um conjunto de leis e regulamentos são necessários para atuarem em conjunto com uma fiscalização ativa garantindo uma produção segura e com sustentabilidade. A legislação brasileira possui várias normas e leis que abordam o tema, entre essas, as Normas Regulamentadoras de Mineração (NRM's) possuem papel de destaque.

Para SILVA (2022) as NRM's possuem papel para disciplinar o aproveitamento racional das jazidas minerais, considerando-se as condições técnicas e tecnológicas de operação, de segurança e de proteção ao meio ambiente, de forma a tornar o planejamento e o desenvolvimento da atividade minerária compatíveis com a busca permanente da produtividade, da preservação ambiental, da segurança e saúde dos trabalhadores.

Aprovadas pela Portaria Nº 237, de 18 de Outubro de 2001, as NRM's foram estabelecidas com o objetivo de atender às particularidades legislativas do setor mineral brasileiro, com base no Código de Mineração (CM) vigente. Visando o ambiente produtivo e os riscos ambientais que coexistem com a atividade, um conjunto de 22 normas estabelece todos os critérios, orientações e diretrizes a serem seguidas por todas as empresas que buscam extrair, beneficiar e comercializar bens minerais em solo nacional (DNPM, 2001).

As 22 NRM's vigentes no Brasil atualmente, dispões especificamente sobre todas as atividades de pesquisa mineral, lavra, lavra garimpeira, beneficiamento de minérios, distribuição e comercialização de bens minerais. É importante frisar, que a Agência Nacional de Mineração – ANM se reserva na responsabilidade de, a seu critério, revisar as NRM's, complementá-las por meio de instruções técnicas, manuais, diretrizes, recomendações práticas ou outros meios de aplicação compatíveis (SILVA, 2022). De acordo com a classificação atual, as NRM's são:

- i) NRM-01 - Normas Gerais
- ii) NRM-02 - Lavra a Céu Aberto
- iii) NRM-03 - Lavras Especiais
- iv) NRM-04 - Aberturas Subterrâneas
- v) NRM-05 - Sistemas de Suporte e Tratamentos
- vi) NRM-06 - Ventilação
- vii) NRM-07 - Vias e Saídas de Emergência

- viii) NRM-08 - Prevenção contra Incêndios, Explosões e Inundações
- ix) NRM-09 - Prevenção contra Poeiras
- x) NRM-10 - Sistemas de Comunicação
- xi) NRM-11 - Iluminação
- xii) NRM-12 - Sinalização de Áreas de Trabalho e de Circulação
- xiii) NRM-13 - Circulação e Transporte de Pessoas e Materiais
- xiv) NRM-14 - Máquinas, Equipamentos e Ferramentas
- xv) NRM-15 - Instalações
- xvi) NRM-16 - Operações com Explosivos e Acessórios
- xvii) NRM-17 - Topografia de Minas
- xviii) NRM-18 - Beneficiamento
- xix) NRM-19 - Disposição de Estéril, Rejeitos e Produtos
- xx) NRM-20 - Suspensão, Fechamento de Mina e Retomada das Operações

Mineiras

- xxi) NRM-21 - Reabilitação de Áreas Pesquisadas, Mineradas e Impactadas
- xxii) NRM-22 - Proteção ao Trabalhador

Considerando o contexto do presente trabalho entende-se que a NRM-09 é a mais relevante, uma vez que trata da prevenção contra poeiras minerais. Essa norma associada às demais bem como aos procedimentos previamente apresentados permite desenvolver um estudo voltado para os objetivos propostos. Outras NRM'S de maior abrangência como a NRM-01 que consiste das normas Gerais e a NRM-18 que trata especificamente do beneficiamento mineral, atuam como coadjuvantes e apresentam papéis complementares na elaboração de um trabalho mais lacônico.

4.3.3.1 NRM-01 – Normas Gerais

De acordo com o item 1.1 da NRM-01, as Normas Reguladoras de Mineração – NRM's surgiram com o principal objetivo de regular a utilização das jazidas minerais de forma racional, considerando-se a amplitude de condições técnicas e tecnológicas tanto nas etapas de operação, como segurança e proteção do meio ambiente. As NRM's devem ser utilizadas durante a condução das atividades de extração mineral de forma a tornar o planejamento e o desenvolvimento das atividades minerárias compatíveis com uma permanente busca pela produtividade, mas sem deixar de lado a preservação ambiental, nem a segurança e a integridade da saúde dos trabalhadores (DNPM, 2022).

Na NRM-01 podem ser encontradas as disposições gerais acerca do conjunto de 22 normas específicas para a atividade de extração mineral. Essa norma apresenta um compilado com as principais informações sobre a regulamentação das atividades minerárias, como o Código de Mineração e diplomas legais. É importante ressaltar que o cumprimento dessa e demais normas é obrigatório para o exercício de atividades de mineração, ficando designado à Agência Nacional de Mineração - ANM as atividades de fiscalização das suas aplicações (DNPM, 2022).

De acordo com os autores, a NRM-01 estabelece as condições básicas nas quais os colaboradores tenham acesso a um ambiente de trabalho com garantias de conforto e higiene, sendo que essas devem ser estabelecidas conforme a NR-22/MTE, item 22.37, subitens 22.37.1 a 22.37.5 ou legislação posterior. Outros dispostos na NRM-01 também devem ser considerados pelos responsáveis dos empreendimentos de extração mineral como os procedimentos a serem adotados em caso de acidentes relevantes ou aqueles que resultem em impactos ao meio ambiente ou riscos que interfiram na capacidade do profissional de realizar seu processo produtivo. Além disso, têm-se as definições relativas às responsabilidades dos empreendedores, responsabilidades e direitos do trabalhador, bem como os mecanismos e instrumentos de informação e controle das atividades realizadas pelas empresas de mineração e obrigações dos empreendedores quando em situações de fiscalização por parte da ANM.

4.3.3.2 NRM-09 – Prevenção contra Poeiras

Uma das ferramentas mais importantes quando se trata das questões relativas à geração de poeira na mineração, as consequências sobre o meio ambiente e a saúde humana, bem como as medidas de prevenção, é a Norma Regulamentadora de Mineração nº 09 (NRM-09).

Essa NRM, de acordo com o Departamento Nacional de Produção Mineral, estabelece que nos locais onde ocorra a geração de poeiras, seja na superfície ou no subsolo, deve existir um sistema de monitoramento periódico da exposição dos trabalhadores, por meio de grupos homogêneos de exposição e das medidas de controle adotadas bem como o registro de todos os dados (DNPM, 2022a).

A NRM-09 estabelece que em situações nas quais os limites de tolerância à exposição a poeiras minerais sejam extrapolados, se faz necessária a adoção de medidas técnicas e administrativas que permitam reduzir, eliminar ou neutralizar os

efeitos negativos dessas substâncias sobre a saúde dos trabalhadores. Entre as principais medidas estabelecidas nessa norma destacam-se, por exemplo, a necessidade de disponibilidade de água em pronta condição de uso para controle da geração de poeiras nos postos de trabalho em que as rochas ou minérios estiverem sendo perfurados, cortados, detonados, carregados, descarregados ou transportados. Nos casos em que exista alguma condição de impedimento de umidificação, seja pelas características mineralógicas da rocha, restrição técnica ou caso o processo de umidificação apresente riscos potenciais adicionais, devem ser adotados dispositivos ou técnicas de controles alternativos que impeçam a dispersão da poeira no ambiente de trabalho (DNPM, 2022a).

Ainda de acordo com os autores, nessa NRM podem ser observadas outras questões importantes que devem ser destacadas como a adequação de equipamentos geradores de poeira, manutenção de higienização de superfícies de máquinas, instalações e pisos dos locais de trânsito para que não ocorra a dispersão de poeira no ambiente de trabalho e outras medidas que sejam relevantes para a manutenção de um ambiente de trabalho que seja possível garantir a produtividade sem causar prejuízos para a saúde ou integridade física dos profissionais.

4.3.3.3 NRM-18 - Beneficiamento

De acordo com o Departamento Nacional de Produção Mineral, a NRM-18 consiste das disposições sobre o processo de beneficiamento do minério que, por sua vez, compreende os processos de tratamento que almejam preparar a granulometria, concentração ou purificação dos minérios por meio de métodos físicos ou químicos sem alteração da constituição química dos minerais (DNPM, 2022b).

O correto entendimento do processo de beneficiamento é significativo para os objetivos desse trabalho, uma vez que durante as muitas etapas que englobam esses tipos de tratamento, existem condições nas quais pode ser observada a geração e a emissão de particulado sólido na atmosfera.

Na NRM - 18 pode ser observado que, além de estimar o constante aperfeiçoamento do processo de tratamento para que seja obtido o máximo aproveitamento do minério e insumos garantindo condições de economicidade e de mercado, os empreendimentos destinados à extração mineral devem desenvolver suas atividades com a prevalência da observância dos aspectos de segurança, saúde ocupacional e proteção ao meio ambiente (DNPM, 2022b).

Para os autores, as garantias desses aspectos residem principalmente na inserção do processo de beneficiamento em um efetivo Plano de Aproveitamento Econômico (PAE), corretas disposição, sinalização e elaboração de planos de manutenção dos equipamentos, adoção de medidas especiais de segurança quando necessário, definição de protocolos operacionais para as usinas de beneficiamento, bem como fornecer garantias de que essas usinas atendam todas as condições de segurança, preservação ambiental bem como toda a legislação vigente e outros aspectos pertinentes específicos para cada situação.

A NR-18 dispõe que, na ocorrência de agentes químicos, físicos e biológicos que possam afetar o meio ambiente, a saúde e integridade física do trabalhador durante o beneficiamento do minério, as empresas devem definir e adotar medidas de proteção coletiva e caso não seja possível por motivos técnicos, deve fornecer equipamentos de proteção individual – EPI aos envolvidos na operação, conforme estabelecido em legislação vigente (DNPM, 2022b).

4.4 Laudo técnico de exposição a particulados sólidos suspensos no ar em ambientes de trabalho

Para definir se a exposição a um determinado agente insalubre está acima dos limites de tolerância tem-se a utilização de análises de campo e elaboração de relatórios técnicos seguindo as orientações das NHO'S ou outra legislação vigente. O laudo técnico, um exemplo de documento utilizado para definir se existe ou não a condição de insalubridade, consiste de uma importante ferramenta em processos judiciais em que são necessárias a caracterização e concessão do benefício do pagamento de insalubridade ao trabalhador exposto ao agente químico causador de risco.

O laudo técnico judicial ou laudo pericial trata-se de um documento estabelecido e adotado pelo Instituto Nacional do Seguro Social – INSS na comprovação da exposição aos agentes ambientais nocivos à saúde ou à integridade física do trabalhador. Esse documento pode ser solicitado pelo Juiz de Direito quando constatada a necessidade de esclarecimentos acerca de alguma questão processual, sendo então, elaborado por um profissional legalmente habilitado e especialista na área em questão conhecido como perito (BRASIL, 1943).

De acordo com a legislação brasileira, existem dois grupos de profissionais com capacidade técnica que se encontram aptos para exercer a função de perito e, por

consequente, elaborar o laudo técnico para avaliar as questões envolvendo pedidos de análise de caracterização e classificação da insalubridade fundamentada na NR-15, que são o engenheiro de segurança do trabalho e o médico do trabalho (NASCIMENTO JUNIOR, 2011). Nesses casos, ainda de acordo com autor, os profissionais atuantes como peritos são responsáveis por inspecionar as instalações das empresas e verificar as possíveis fontes de insalubridade conforme cada atividade exercida pelos trabalhadores na planta industrial.

Conforme consta no artigo 195 da CLT, durante a elaboração do laudo pericial de insalubridade ou periculosidade, o perito deve ter como principal objetivo a observação das situações do meio ambiente de trabalho, a fim de verificar se o estabelecido por lei e pelas normas vigentes está sendo cumprido (MARTINS, 2018). Durante a elaboração do laudo o perito verifica as condições de trabalho, os riscos envolvidos no desenvolvimento das atividades, a disponibilidade e adequação do uso de EPC's e EPI's e quando constada a necessidade, o pagamento de insalubridade.

Ainda de acordo com o autor, existem alguns pontos cruciais que devem ser abordados durante a elaboração do laudo, como i) estudo detalhado do processo; ii) recebimento dos quesitos (questionamentos) dos assistentes técnicos; iii) entrevista com as partes envolvidas; iv) requisição de documentos; v) visitas ao local de trabalho e; vi) elaboração do laudo.

O laudo deve ser produzido de forma clara e concisa, fornecendo as informações com precisão e fundamentação técnica sólida para que seja acatada pelo juiz, uma vez que, conforme consta no Código de Processo Civil, em seu artigo 142, o juiz pode até mesmo dispensar prova pericial quando as partes, na inicial e na contestação, apresentarem, sobre as questões de fato, pareceres técnicos ou documentos elucidativos que considera suficiente (BRASIL, 2015).

Ainda de acordo com o Código de Processo Civil, os laudos periciais devem conter elementos básicos fundamentais como i) a exposição do objeto alvo da pesquisa; ii) definição da fundamentação da análise realizada pelo perito (análise técnica ou científica); iii) definição do método adotado, sendo necessário que esse seja padronizado e de amplo uso entre os profissionais especialistas da área e; IV) as respostas conclusivas para todos os questionamentos levantados pelo juiz (BRASIL, 2015). Para os autores, o laudo ainda deve conter uma linguagem simples, coerência lógica, e linha de fundamentação para as respostas encontradas.

É importante ressaltar também que as empresas possuem papel importante durante a elaboração desses laudos periciais, pois atuam em conjunto com o setor de Segurança do Trabalho para realizar os levantamentos dos agentes nocivos nos quais os trabalhadores encontrem-se expostos e que podem prejudicar a integridade desses profissionais, no entanto, não são os responsáveis pelos empreendimentos que definem se a atividade é insalubre. Nascimento Junior (2011) define que a caracterização da insalubridade é realizada pelo Ministério do Trabalho, sendo que para isso existe um processo de análise de todos os processos, ambientes e equipamentos envolvidos na execução do trabalho e após essas análises, associadas a estudos dos fatores intrínsecos dessas atividades é que é indicada a insalubridade bem como os meios para neutralizá-la. O autor ressalta ainda, que todos os fatores são relevantes durante as análises dos laudos, no entanto, o tempo de exposição aos agentes consiste do principal aspecto a ser avaliado para que a insalubridade venha a ser caracterizada.

É importante ressaltar que o direito ao adicional de insalubridade ou periculosidade será determinado pelo juiz somente após finalizar a análise de todo o processo e para que ele possa determinar a condição insalubre, é obrigatória a realização de perícia e a elaboração do laudo técnico (SALIBA & CORRÊA, 2015).

Os autores ainda destacam a necessidade de se realizar análises técnicas fundamentadas de todo o processo para que seja plenamente evidenciada a exposição do trabalhador aos agentes causadores de riscos no ambiente laboral e que essas informações sejam apresentadas de forma concisa e transparente no laudo, contendo o parecer em acordo com a legislação vigente. Ainda é importante que ele conste todos os elementos necessários para que seja demonstrada a real exposição do trabalhador aos agentes tóxicos causadores de riscos, ou seja, deve ser elaborada a partir das avaliações ambientais associadas à interpretação adequada das normas pertinentes.

Conforme art. 479 do CPC, após a apreciação do laudo pericial o juiz dá o parecer concedendo a insalubridade ou negando-a, mas em ambos os casos profere a sentença indicando os motivos que o levaram a considerar ou a deixar de considerar as conclusões do laudo baseado no método utilizado na elaboração desse documento (BRASIL, 2015).

5 CONCLUSÕES

Com a realização desse trabalho foi possível fazer um levantamento geral sobre as consequências da exposição à poeira mineral para os colaboradores que trabalham diretamente com o setor mineral.

Com a finalização desse estudo também se pode apresentar através de uma revisão da literatura, os principais conceitos dispostos na legislação brasileira a respeito dos agentes insalubres, métodos de garantia da segurança dos trabalhadores bem como a análise e concessão de insalubridade.

6 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

A realização e consequente conclusão desse trabalho proporcionou uma experiência desafiadora e enriquecedora sobre a ação de agentes insalubres em laboratórios de beneficiamento de minério, seja em escala piloto, seja em grandes plantas industriais. No entanto, somente foi possível realizar uma avaliação teórica da exposição à poeira mineral contendo sílica, dessa forma que deixa-se como principal sugestão para trabalho futuros a realização de uma análise técnica prática quantitativa do agente químico sílica livre, a fim de medir sua concentração na atmosfera de trabalho, para que seja possível avaliar as condições reais em um ambiente como o laboratório de beneficiamento da Universidade Federal de Ouro Preto permitindo assim, avaliar os riscos nos quais os trabalhadores estão expostos.

Caso sejam identificadas condições insalubres, também fica como sugestão para trabalhos futuros a elaboração de um laudo técnico pericial, para que seja possível solicitar junto ao Ministério do Trabalho o pagamento de adicional de insalubridade para os funcionários desse laboratório.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, L.F. **Segurança e medicina do trabalho e sua contribuição na prevenção de acidentes**. 2008. 114p. Monografia. Bacharelado em Direito. Universidade do Vale do Itajaí – UNIVAL. Itajaí. 2008.

AMORIM, A.E.B.; LABAKI, L.C.; MAIA, P.A.; BARROS, T.M.S.; MONTEIRO, L.R. **Exposição ocupacional ao calor em atividades a céu aberto na construção de estruturas de edifícios**. Ambiente Construído. Porto Alegre, v.20. n.1. 2020.

ARAÚJO, E.R.; FERNANDES, F.R.C. **Mineração no Brasil: crescimento econômico e conflitos ambientais**. Centro de Tecnologia Mineral-CETEM. Rio de Janeiro. 2016. p.65-88. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1909/1/conflitos_ambientais_cap.2%20p65.pdf>. Acessos em 15 de setembro de 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração. **Anuário Mineral Brasileiro: principais substâncias metálicas**. Brasília. 2020. Agência Nacional de Mineração; coordenação técnica de Marina Dalla Costa. 2020. 30p.

BRASIL. Decreto-lei nº 5.452 de 1º de maio de 1943. **Consolidação das Leis do Trabalho**. Brasília, 1943. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decretolei/Del5452.htm>. Acesso em 11 de setembro de 2022.

BRASIL. Fundacentro. **Normas de Higiene Ocupacional – NHOs**. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/fundacentro/pt-br/centrais-de-conteudo/biblioteca/nhos>>. Acessos em 02 e 03 de setembro de 2022.

BRASIL. Lei nº 13.105 de 16 de março 2015. **Código de Processo Civil**. Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/13105.htm>. Acesso em 11 de setembro de 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Plano Nacional da Mineração 2030 (PNM 2030)**. Brasília. 2011. 178p. Disponível em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2021/02/pnm_2030.pdf>. Acessos em 15 de setembro de 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **Anexo N.º 12 - NR 15 - Atividades e operações insalubres/ Limites de tolerância para poeiras minerais**. Brasília. 1991. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt->

br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspec ao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-15-anexo-12.p df>. Acessos em 02 e 03 de setembro de 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **Norma Regulamentadora No. 1 (NR-01)**. Brasília. 2020. Disponível em: < <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/nr-1>>. Acessos em 02 de setembro de 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **Norma Regulamentadora No. 4 (NR-04)**. Brasília. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-4-nr-4>>. Acessos em 02 e 03 de setembro de 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **Norma Regulamentadora No. 15 (NR-15)**. Brasília. 2022b. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspec ao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-15-nr-15>>. Acessos em 02 e 03 de setembro de 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **Norma Regulamentadora No. 22 (NR-22)**. Brasília. 2022d. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspec ao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-22-nr-22>>. Acessos em 02 e 03 de setembro de 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **Normas Regulamentadoras – NR**. 2022a. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs>>. Acessos em 02 e 03 de setembro 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **NR 22 - Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração**. Brasília. 2022e. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-22-atualizada-2022.pdf>>. Acessos em 02 e 03 de setembro de 2022.

BURGESS, W.A. Identificação de possíveis riscos à saúde do Trabalhador nos diversos Processos Industriais. Tradução Ricardo Baptista. Ergo Editora. Belo Horizonte. 1997. 558p.

CAMISASSA, M.Q. Segurança e saúde no trabalho. NR's 1 a 36 comentadas e descomplicadas. Método. 3ª ed. São Paulo. 2016.

CAMPOS, A.A.M. CIPA – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes: uma nova abordagem, Editora SENAC. São Paulo. 5ª ed. 2002.

CARVALHO, C.G.; SILVA, J.M.; CURI, A.; FLORES, J.C.C. **A dependência da arrecadação do município de Ouro Preto do setor mineral**. REM: Revista Escola de Minas. Ouro Preto. v.65. n.3. 2012.

CAZANI, Ana Carolina. **Estudo de caso: avaliação da concentração de sílica respirável, dos níveis de ruído e da iluminância atuante em um funcionário do setor de acabamento e desbaste de uma Marmoraria**. 2015. 79 f. Monografia (Especialização) -Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Engenharia, Bauru, 2015.

CDC. *Centers for Disease Control and Prevention*. **SILICA, Respirable Crystalline, by IR (KBr pellet)**. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdf/7602.pdf>>. Acessos em 14 de novembro de 2022.

COSTA, B.S.; REZENDE, E.N. Meio ambiente do trabalho e a saúde do trabalhador na mineração brasileira. Revista RIDB. Lisboa-PT. 2012, n.2. p.34.

CUNHA, I. A. Exposição ocupacional à vibração em mãos e braços em marmorarias no município de São Paulo: proposição de procedimento alternativo de medição. 2006. São Paulo. Tese. Doutorado em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 153p.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Normas Reguladoras de Mineração (NRM): Normas Gerais**. Brasília. 2022. Disponível em: <https://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/nrm_01.htm>. Acessos em 09 e 10 de setembro de 2022.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Normas Reguladoras de Mineração Nº 09 (NRM-09): Prevenção contra Poeiras**. Brasília. 2022a. Disponível

em: <https://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/nrm_09.htm>. Acessos em 09 e 10 de setembro de 2022.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Normas Reguladoras de Mineração Nº18 (NRM18): Beneficiamento**. Brasília. 2022b. Disponível em: <https://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/nrm_18.htm>. Acessos em 09 e 10 de setembro de 2022.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Portaria Nº 237 de 18 de outubro de 2001**. Brasília. 2001 – Disponível em: <https://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Port_237_01.htm>. Acessos em 09 e 10 de setembro de 2022.

FILHO, J.M.J.; ALGRANTI, E.; SAITO, C.A.; GARCIA, E.G. *From occupational safety and health to Workers' Health: history and challenges to the Brazilian Journal of Occupational Health*. Ciência & Saúde Coletiva, v.20. e. 2015.

FILHO, M.T.; SANTOS, U.P. **Silicose**. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. 2006 v.32.

FLECK, E.J. **Análise crítica à desatualização da NR-15 e disponibilização da saúde do trabalhador através do adicional de insalubre**. Artigo. 12p. Especialização. Engenharia de Segurança do Trabalho. Universidade Vale do Rio dos Sinos. 2017.

FUNDACENTRO. Norma de Higiene Ocupacional 03: Método de Ensaio/Análise gravimétrica de aerodispersóides sólidos coletados sobre filtros de membrana. 2001. Disponível em <http://arquivosbiblioteca.fundacentro.gov.br/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/F54LD4NBJ1FEA9J36JM9DECLBJ4UMS.pdf>. Acessos em 03 de setembro de 2022.

FUNDACENTRO. Norma de Higiene Ocupacional 07: Procedimento Técnico/ Calibração de bombas de amostragem individual pelo método da bolha de sabão. 2002. Disponível em: <http://arquivosbiblioteca.fundacentro.gov.br/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/C187BQUBSQU4RF4SMFG8AYG5D76526.pdf>. Acessos em 03 de setembro de 2022.

FUNDACENTRO. Norma de Higiene Ocupacional 08: Procedimento Técnico/ Coleta de Material Particulado Sólido Suspenso no Ar de Ambientes de Trabalho. 2009. Disponível em: <

http://arquivosbiblioteca.fundacentro.gov.br/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/C187BQUBSQU4RF4SMFG8AYG5D76526.pdf>. Acessos em 03 de setembro de 2022.

GERMANY, D.J. **A mineração no Brasil**. CTMineral/ Secretaria Técnica Ciência, Tecnologia e Inovação do Fundo Setorial Mineral. CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Rio de Janeiro. 2002. Disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/mineracao_no_brasil_rel_final_1023.pdf/8cbe5e98-23c4-4eac-84ba-0b3c4df3b099?version=1.0>. Acessos em 10 e 11 de setembro de 2022.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo, Editora Atlas. 2008.

GONÇALVES, M.V.P.; SOUZA, F.B.; JUNIOR, A.B.S.A.; SANTOS, R.A. **Gerenciamento de riscos e limites de exposição ocupacional da nr-15 para as poeiras minerais**. Anais da 22ª Semana de Mobilização Científica- SEMOC. Universidade Católica do Salvador. Salvador. 2019.

GONÇALVES, R. J.A.F. **Mineração e sofrimento ambiental**. Saúde Trabalho Ambiente Direitos Humanos & Movimentos Sindical e Sociais. 2020

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Boletim regional, urbano e ambiental**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais. – n. 1 (2008) – Brasília. IPEA/DIRUR, 2017.

IRAMINA, W.S.; TACHIBANA, I.K.; SILVA, L.M.C.; ESTON, S.M. **Identification and control of occupational risks in a São Paulo metropolitan region quarry**. REM: Revista Escola de Minas. Ouro Preto, v. 62. n.4. 2009

NASCIMENTO JUNIOR, W.P. **Insalubridade**. 2011. 26p. TCC. Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis. Fundação Educacional do Município de Assis-FEMA. Assis. 2011.

KOSCHEK, D.; WOLFART, T.; POLACINSK, E. **Normas Regulamentadoras no contexto da segurança do trabalho: uma abordagem conceitual**. 2ª SIEF – Semana Internacional das Engenharias da FAHOR. 2012.

LARROSSA, F.Z. **O meio ambiente de trabalho e as normas de proteção: Medicina e segurança nas operações em minas de calcário**. 2017. 42p. TCC. Graduação em Gestão Ambiental. Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. São Gabriel-RS. 2017.

LEINZ, V.; AMARAL, S.E. **Geologia geral**. Companhia Editora Nacional. São Paulo.1978.

LIMA, D.S.; FERREIRA, M.N.; MAGDALENA, R.A.V.C. **O efeito das vibrações no deslocamento de rejeitos em barragens**. 2020. Disponível em <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/3562.pdf>>. Acessos em 20 e 21 de setembro de 2022.

MARTINS, A.B.T. **Laudos periciais de insalubridade e periculosidade**. 2018. 44p. Monografia. Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL. 2018.

MARTINS, A.P.B.C. **A importância da proteção dos trabalhadores na manipulação da sílica**. 2018a. 34f. Monografia. Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Universidade de Taubaté. 2018a.

MENDES, R. **Máquinas e acidentes de trabalho**. Ministério da Previdência e Assistência Social. Coleção Previdência social, v. 13. Brasília, 2001. 86p.

MENDES, René. **Patologia do trabalho**. In:Patologia do trabalho. Atheneu. Rio de Janeiro. 1995. 643p.

MILANEZ, B.; FERNANDES, F. R. C.; ENRÍQUEZ, M. A. R. S.; ALAMINO, R. C. J. (Eds.). **Recursos minerais & sustentabilidade territorial: Grandes minas**. Centro de Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro, v.1. p. 199-2282011.

MORAN, D.S., PANDOLF, K.B., VITALIS, A., HELED, Y., PARKER, R., GONZALEZ, R.R. *The role of solar and UV radiation in environmental stress assessment*. *Journal of Thermal Biology*, v. 29, p. 2004.

NETO, J. A. B. **Classificação Geomecânica de Taludes de Mineração a Céu Aberto**. 2019. 174f. Dissertação. Mestrado em Geotecnia Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília. Brasília, 2019.

PAULA, R.G. **Caracterização Técnico – Jurídica da Insalubridade e Periculosidade e sua Aplicação na Gestão de Segurança em Pedreira**. 2008. 165f. Dissertação. Mestre em Engenharia. Universidade de São Paulo. 2008.

QUEIROZ, M.T.A.; BRANT, L.O.C.; QUEIROZ, C.A.; BATISTA, N.R.T.; QUEIROZ, F.A. **Avaliação do ruído ambiental em uma mineradora**. *Revista Gestão Industrial*. Ponta Grossa, v. 13, n. 2. 2017.

RAMAZZINI, B. **As doenças dos trabalhadores**. Tradução de: *De Morbis artificum diatriba*. Fundacentro. São Paulo, 2016. 321p.

REZENDE, V.L. *Mining in Minas Gerais: an analysis of its expansion and the environmental and social impacts caused by decades of exploration*. Revista Sociedade e Natureza. Uberlândia. 2016.

RIBEIRO, B.A.L.; ALMEIDA, J.R.; NUNES, M.F.S.Q. **Impactos ambientais da mineração no estado do Pará(Brasil)**. 8º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade. Três Rios – RJ. 2019.

RIBEIRO, F.S.N. **O mapa da exposição à sílica no Brasil**. Rio de Janeiro: UERJ, Ministério da Saúde, 2010.

RICHARDSON, R.J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo. Editora Atlas, 1999.

SALIBA, T.M.; CORRÊA, M.A.C. *Insalubridade e Periculosidade: Aspectos Técnicos e Práticos*. LTR. 14 ed. 2015.

SILVA, E.J.S.; LIMA, M.G.; MARZIALE, M.H.P. **O conceito de risco e os seus efeitos simbólicos nos acidentes com instrumentos perfurocortantes**. Revista Brasileira de Enfermagem. Brasília, 2012. v. 65. n.5.

SILVA, M. L.; ANDRADE, M.C.K. ***The environmental impacts of the mining activity***. Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade. v.11 n.6. 2017.

SILVA, G. **Normas Reguladoras De Mineração – NRM**. Artigo. 2022. Disponível em: < <https://www.igneabr.com.br/noticias/regulacao-mineraria/normas-reguladoras-de-mineracao-nrm/>>. Acessos em 06 de novembro de 2022.

SOUZA, M.N.A.; QUEMELO, P.R.V. **Saúde do trabalhador e riscos ocupacionais na mineração**. Revista Brasileira Pesquisa e Saúde. Vitória, v. 17. n.2. 2015.

SOUZA, V. F.; QUELHAS, O.L.G., **Avaliação e Controle da exposição ocupacional à poeira na indústria da construção**. Revista Ciência & Saúde Coletiva. v. 8. n.3. 2003.

VIDAL, F.W.H.; AZEVEDO, H.C.A.; CASTRO, N.F. **Tecnologias de Rochas Ornamentais**. Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCTI. Rio de Janeiro. 2013. 700p.