

FELIPE THADEU BONUCCI

AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A SÍLICA RESPIRÁVEL
EM TRABALHADORES DE UMA PEDREIRA

São Paulo

2019

FELIPE THADEU BONUCCI

AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A SÍLICA RESPIRÁVEL
EM TRABALHADORES DE UMA PEDREIRA

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Especialista em
Engenharia de Segurança do Trabalho

São Paulo

2019

Dedico este trabalho a meus pais, Ricardo Bonucci e Eliana de Fátima Marques de Oliveira Bonucci.

AGRADECIMENTOS

Há tantas pessoas que preciso agradecer, que talvez essa seção pudesse ser maior do que o trabalho em si. Para que isso não ocorra, serei breve, mas minha gratidão aos citados aqui e alguns não citados é muito maior do que cabe em uma página.

Primeiramente, a meus pais, a quem dedico este trabalho, que sempre fizeram tudo que puderam por mim. A meus familiares e amigos pela companhia nos momentos felizes e pelo suporte nos momentos não tão felizes. A Mariana, por me aguentar acordando às 4 da manhã nos dias de visita à pedreira, e indo dormir às 4 da manhã nos dias em que escrevi este trabalho.

À Profa. Dra. Maria Renata Machado Stellin, que sempre acreditou em mim, sempre me incentivou, e possibilitou com que eu chegasse até aqui. Ao Prof. Dr. Sérgio Médici de Éston, pelas lições de vida, e a quem também devo este curso. Ao Prof. Dr. Wilson Siguemasa Iramina, ao Prof. Dr. Michiel Wichers, aos meus colegas Eng. Diego Diegues Francisca e Eng. Felipe Baffi de Carvalho, e a toda equipe do Lacasemin, pelo apoio na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Robson Spinelli, por possibilitar este trabalho com o apoio da Fundacentro. Um agradecimento muito especial é merecido aos técnicos Leila C. Alves Lima, Gláucia Nascimento de Souza e Amarildo A. Pereira pelos treinamentos e acompanhamento nas visitas. À Prof. Dra. Ana Maria Tibiriçá Bon, e ao Ms. Mário Eugênio de Paula Alvez Bezerra pelo apoio e orientações nas análises de sílica.

À empresa estudada e ao engenheiro responsável, que não mencionarei aqui para manter o sigilo, que permitiram o acesso e sempre se dispõem a auxiliar a pesquisa e o estudo de engenharia.

À Profa. Dra. Carina Ulsen e ao LCT por possibilitar e ao Gaspar Darin Filho por realizar e me auxiliar na difratometria de raios X.

Aos meus colegas Flávia Fernandes, Daniel Ueno, Paula Sanchez e Vanessa Cazotto por ajudar a aguentar as noites de terças, quartas e quintas por dois anos.

RESUMO

Este estudo tem por objetivo realizar uma avaliação da exposição ocupacional a sílica respirável de trabalhadores de uma pedreira. Sua justificativa se dá pelo risco de graves consequências aos trabalhadores expostos a sílica, que mesmo a concentrações na ordem de micrômetros por metro cúbico, a longo prazo, podem desenvolver doenças como a silicose e o câncer. A introdução faz uma breve descrição da relevância do setor de agregados, os diversos riscos presentes, chamando a atenção para o risco da exposição à sílica respirável existente nesta atividade. A revisão de literatura aborda o setor de agregados, sua definição, terminologia, importância, produção e atividades; a exposição à sílica, detalhando suas características como mineral e como agente químico dentro da Higiene Ocupacional, explica as classificações de materiais particulados e processo causador da silicose; os procedimentos para avaliação de poeira respirável de sílica, incluindo a NHO-08, NHO-03, NHO-07 e o Método de Análise de Sílica Livre por Difração de Raios X de Santos (1989); e por fim, comenta as legislações e normas aplicáveis como a NR-15, a ACGIH e o Programa de Proteção Respiratória. Em materiais e métodos são dadas as características da empresa estudada, da instrumentação utilizada e os procedimentos para preparação das medições e a metodologia seguida na coleta e análise. Em resultados e discussão, são apresentados e discutidos os dados obtidos nos três dias de medição e nas análises, estes são então comparados com os limites de exposição ocupacional da NR-15 e ACGIH, e as considerações finais comentam os resultados encontrados e possíveis recomendações. Conclui-se que o objetivo foi atingido, tendo sido realizada a avaliação.

Palavras-chave: Poeira Respirável. Sílica. Proteção Respiratória. Mineração de Agregados. Pedreira.

ABSTRACT

This study has the objective of performing an assessment of the occupational exposure to respirable silica of workers in a quarry. Its justification is given by the risk of serious consequences for workers exposed to silica, which, even in concentrations in the order of micrometers per cubic meter, in the long term, may develop diseases such as silicosis and cancer. The introduction makes a brief description of the relevance of the aggregates industry, the several risks present therein, drawing attention to the risk of exposure to respirable silica that exists in this activity. The literature review addresses the aggregates industry, its definition, terminology, importance, production and activities; exposure to silica, detailing its characteristics as a mineral and as a chemical agent within Occupational Hygiene, explaining the classifications of particulate matter and the process that causes silicosis; the procedures for evaluating respirable silica dust, including NHO-08, NHO-03, NHO-07, and the Santos (1989) Method of Evaluation of Free Silica through X-ray Diffraction; and finally comments on applicable laws and regulations such as NR-15, ACGIH and the Respiratory Protection Program. In materials and methods, the characteristics of the studied company are given, the instrumentation used and the procedures for preparation of the measurements and the methodology followed in the collection and analysis. In the results and discussion, the data obtained in the three days of collection and in the analyzes are presented and discussed, these are then compared to the occupational exposure limits of NR-15 and ACGIH, and the final considerations comment on the obtained results and possible recommendations. It is concluded that the objective was reached, since the assessment has been performed.

Keywords: Respirable dust. Silica. Respiratory Protection. Aggregates Mining. Quarry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Produção de Areia e Brita 2000-2017 (em milhões de toneladas).....	18
Figura 2 - Esquema do Trato Respiratório e Alcance das Frações de Particulados .	21
Figura 3 - Processo Causador da Silicose	22
Figura 4 - Esquema de Montagem do Porta-Filtro	25
Figura 5 - Preparação dos Filtros	26
Figura 6 - Calibração de Bomba de Amostragem conforme NHO-07	29
Figura 7 - Cadinhos dentro da Estufa.....	30
Figura 8 - Transferência para o Erlenmeyer.....	30
Figura 9 - Calibração das Bombas	37
Figura 10 - Montagem do Sistema de Coleta.....	38
Figura 11 - Colocação do Porta-Filtros e Ciclone.....	39
Figura 12 - Colocação da Bomba de Amostragem.....	40
Figura 13 - Curva de calibração	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Consumo de agregados em algumas construções	15
Quadro 2 - Dados Primeiro Dia de Medição (Parte 1)	42
Quadro 3 - Dados Primeiro Dia de Medição (Parte 2)	43
Quadro 4 - Dados Segundo Dia de Medição (Parte 1)	45
Quadro 5 - Dados Segundo Dia de Medição (Parte 2)	46
Quadro 6 - Dados Terceiro Dia de Medição (Parte 1)	47
Quadro 7 - Dados Terceiro Dia de Medição (Parte 2)	48
Quadro 8 - Dados da Análise de Sílica	49
Quadro 9 - Comparação com Limites da ACGIH e NR-15	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEPAC	Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção
ABM	Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração
ANM	Agência Nacional de Mineração
CNMNM	Comissão de Novos Minerais e Nomes de Minerais
DECONCIC	Departamento da Indústria da Construção da FIESP
DNPM	Departamento Nacional da Produção Mineral
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FIPE	Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas da USP
Fundacentro	Fundação Jorge Duprat e Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
HSE	<i>Health and Safety Executive</i>
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
IMA	<i>International Mineral Association</i>
LCT	Laboratório de Caracterização Tecnológica - USP
L.T.	Limite de Tolerância
NBR	Norma Brasileira
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
NR	Norma Regulamentadora
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
PFF	Peça Semifacial Filtrante
RMIs	Rochas e Minerais Industriais
TLV	<i>Threshold Limit Value</i>
USP	Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

C_i	Concentração da substância i
°C	graus Celsius
L	litro
LT_i	Limite de tolerância da substância i
m/v	relação massa por volume
Mt	megatonelada
m³	metro cúbico
µm	micrômetro
mg	miligrama
min	minuto
mL	mililitro
mm	milímetro
SiO₂	dióxido de silício
t_{1i}	Horário inicial de medição do período 1 (manhã)
t_{1f}	Horário final de medição do período 1 (manhã)
t₁	Tempo de medição do período 1 (manhã)
t_{2i}	Horário inicial de medição do período 2 (tarde)
t_{2f}	Horário final de medição do período 2 (tarde)
t₂	Tempo de medição do período 2 (tarde)
v_i	Volume inicial de medição, indicado na bomba
v_f	Volume final de medição, indicado na bomba
v_b	Volume total medido, conforme indicado na bomba

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO	12
1.2 JUSTIFICATIVA.....	12
2 REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 O SETOR DE AGREGADOS.....	13
2.2 EXPOSIÇÃO À SÍLICA	19
2.3 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE POEIRA RESPIRÁVEL DE SÍLICA ...	22
2.3.1 Norma de Higiene Ocupacional 08 (NHO-08)	23
2.3.2 Norma de Higiene Ocupacional 03 (NHO-03)	24
2.3.3 Norma de Higiene Ocupacional 07 (NHO-07)	28
2.3.4 Método de Análise Santos (1989)	29
2.4 LEGISLAÇÃO E NORMAS APLICÁVEIS	31
2.4.1 Norma Regulamentadora Nº 15 (NR-15)	31
2.4.2 ACGIH	33
2.4.3 Programa de Proteção Respiratória	34
3 MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1 A EMPRESA	35
3.2 INSTRUMENTAÇÃO	35
3.3 METODOLOGIA	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1 PRIMEIRO DIA DE MEDIÇÃO.....	42
4.2 SEGUNDO DIA DE MEDIÇÃO	44
4.3 TERCEIRO DIA DE MEDIÇÃO	46
4.4 ANÁLISE DE SÍLICA	48
4.5 COMPARAÇÃO COM OS LIMITES DA ACGIH E NR-15.....	49
4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
5 CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	54
ANEXO 1 – DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DOS TRABALHADORES	57
ANEXO 2 – RELATÓRIO DA ANÁLISE GRAVIMÉTRICA	60

1 INTRODUÇÃO

O setor de agregados, que compreende a extração de materiais para a construção civil, como areia, brita e cascalho, produz anualmente centenas de milhões de toneladas de material e emprega diretamente cerca de 75.000 trabalhadores (ANEPAC, 2015). É um setor fundamental para a economia de um país, pois fornece materiais básicos de construção para habitações, transporte, saneamento básico e infraestrutura em geral (VALVERDE, 2001).

Como se observa em atividades de mineração, porém, o trabalho neste setor envolve diversas condições perigosas no ambiente laboral que oferecem risco à segurança e à saúde dos trabalhadores. Estão presentes agentes físicos como ruído, vibração e calor, agentes químicos como poeiras, gases e uso de produtos químicos, além de riscos de acidentes associados à presença de explosivos, detonações, contato com partes móveis de máquinas, atropelamento por caminhões de grande porte, choques, contato com superfícies quentes, presença de animais peçonhentos e ainda riscos ergonômicos como elevado esforço físico, postura e pressão por produção (CAZALI, 2018).

Segundo o Anuário Estatístico da Previdência Social, em 2015, 2016 e 2017 ocorreram respectivamente 1.414, 1.236 e 1.099 acidentes com ou sem CAT registrada sob o CNAE 08.10-0 Extração de pedra, areia e argila, e ocorreram respectivamente 44, 26 e 20 afastamentos por doença do trabalho (BRASIL, 2018a).

Um dos riscos existentes é a exposição à sílica respirável, já que o quartzo é um constituinte da maioria das rochas do planeta (GRUENZNER, 2003). A sílica é um composto tóxico, que pode causar uma doença pulmonar característica denominada silicose, adquirida pela inalação, retenção e reação pulmonar de partículas finas de sílica (BEZERRA, 2018). Além disso, foi considerada carcinogênica, e ainda pode causar bronquite crônica, limitação crônica do fluxo aéreo, doenças autoimunes e aumentar a susceptibilidade à tuberculose (BON, 2006).

Com isto em mente, a avaliação da exposição ocupacional à sílica respirável de trabalhadores de empresas dos setores de agregados deve ser realizada periodicamente e medidas preventivas e de controle devem ser adotadas para evitar a ocorrência de danos à saúde destes trabalhadores (GRUENZNER, 2003).

1.1 OBJETIVO

O objetivo desta monografia é a avaliar a exposição ocupacional a sílica respirável de trabalhadores de uma pedreira.

1.2 JUSTIFICATIVA

A exposição à sílica é um dos perigos presentes nas atividades de trabalho de uma pedreira que mais oferece risco aos trabalhadores, pois mesmo a concentrações relativamente baixas de apenas microgramas por metro cúbico, a longo prazo, ou seja, dezenas de anos de exposição, ela pode causar a morte por silicose ou câncer. É um risco “invisível”, pois as partículas de sílica na fração respirável são menores que 10 μm , portanto, não são visíveis a olho nu.

Além da relevância do tema para a área de saúde e segurança do trabalho, o autor deste trabalho é formado em engenharia de minas, trabalha em um laboratório de segurança na mineração, que incentivou a realização desta pesquisa. Houve a oportunidade de realizar esta avaliação em uma pedreira no interior de São Paulo, e o autor teve acesso a treinamento técnico, aos equipamentos, técnicas, preparações e análises necessárias para a medição através de parceria com a Fundacentro e oportunidade de realização da análise de sílica por difratometria de raios X através de parceria com LCT-POLI-USP.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O SETOR DE AGREGADOS

A definição mais comum de um mineral afirma que este é um elemento ou composto sólido (em condições ambientais de temperatura e pressão), natural (formado naturalmente por processos geológicos), inorgânico (não foi formado por processos biológicos), cristalino (possui uma estrutura atômica interna ordenada), que possui uma composição química determinada dentro de certos limites, e é caracterizado por suas propriedades físicas e morfológicas como cor, brilho, traço, dureza, peso específico, clivagem, fratura, propriedades elétricas e magnéticas, entre outros. (TEIXEIRA, 2000; OLIVEIRA, 2018).

Existem discussões dentro da mineralogia sobre estes critérios e a própria Comissão de Novos Minerais e Nomes de Minerais (CNMNM) da Associação Mineralógica Internacional (IMA, *International Mineral Association*), responsável por racionalizar a nomenclatura mineralógica, já aceitou algumas substâncias minerais que não atendem perfeitamente a estes critérios, por exemplo, o mercúrio metálico (é líquido a condições ambiente de temperatura e pressão) e alguns constituintes de calcários e fosforitos que sofreram alterações por processos geológicos, porém sua origem foi derivada de organismos marinhos (NICKEL, 1995; PECK, 2017).

Outros materiais que se aproximam desta definição, porém não atendem a algum ou alguns dos critérios, são chamados de mineralóides. Como exemplos de mineralóides, pode-se citar a água líquida, que foge da definição por não ser sólida à temperatura ambiente (porém sua forma sólida, o gelo, pode ser considerada um mineral), o vidro, que embora possa ocorrer naturalmente, não é cristalino e sim amorfo. (NICKEL, 1995; TEIXEIRA, 2000; OLIVEIRA, 2018).

O petróleo também pode ser classificado como mineralóide, por estar associado a rochas, ser estudado em geologia, pertencer ao grupo de substâncias exploradas por indústrias extrativas, e por ser classificado como um recurso mineral em definições

legais, apesar de não ser sólido, e portanto, não ser cristalino, não ser inorgânico, e da ampla variação de sua composição química. (LEVORSEN, 1985)

Rocha, por sua vez, é definida como uma associação consolidada de diferentes minerais. E denomina-se de minério o material mineral ou rochoso que apresente valor econômico. As classificações mais comuns de minerais os agrupam em classes conforme sua composição química e mineralógica, já as classificações de rochas as agrupam conforme sua formação geológica (TEIXEIRA, 2000).

Na industrial mineral, normalmente se classificam minérios conforme seu uso, e a classificação mais comum os divide em três classes: metálico, não metálico e energético. A classe dos energéticos é composta por minérios extraídos em função de sua capacidade de geração de energia, estes podem ser radioativos como urânio e tório ou podem ser combustíveis fósseis como carvão, petróleo e turfa. A classe dos metálicos é composta por minérios cujo principal interesse econômico é o metal contido em seus minerais, estes podem ser ferrosos (utilizados para fabricação do aço) como minérios de ferro, cromo e manganês, podem ser não-ferrosos como minérios de cobre, zinco e alumínio, podem ser preciosos (metais nobres) como ouro, prata e platinóides, e podem ser raros como nióbio, índio e germânio (LUZ; SAMPAIO; ALMEIDA, 2004).

A classe dos não-metálicos é a mais diversa, contendo todos os demais que não se encaixam nas outras duas classes. Nesta classe, encontram-se minérios extraídos para utilização como abrasivos, pigmentos, fertilizantes, refratários, isolantes, fundentes, na indústria química, na construção civil e outras aplicações, além de gemas (pedras preciosas) e de águas minerais e subterrâneas. É nesta classe que se encontra a subclasse dos minérios industriais, ou “rochas e minerais industriais” (RMIs), definidos como aqueles que são aplicados diretamente da mesma forma como foram extraídos, ou após pouco tratamento (LINS, 2005; LUZ; SAMPAIO; ALMEIDA, 2004).

Finalmente, agregados para a construção civil são rochas ou minerais industriais granulares, geralmente inertes e que possuem certas características e propriedades físicas, como granulometria apropriada, resistência mecânica e dureza, de modo a

permitir seu uso em aplicações na construção civil, e especialmente, para a preparação de argamassa ou concreto. O termo “agregado” é oriundo do fato destes materiais se agregarem ao cimento para o preparo do concreto ou ao betume para a preparação de asfalto (ABNT, 2011; LUZ, 2012).

Agregados, basicamente, podem ser divididos em areias, brita e cascalho. São os minerais mais produzidos e consumidos no mundo (em massa), e sua relevância é tamanha que seu consumo pode ser utilizado como um indicador de desenvolvimento econômico, pois são materiais básicos de construção, e se relacionam à capacidade de investimento de um país no setores habitacional, de transporte, de saneamento básico e de infraestrutura em geral (VALVERDE, 2001). O Quadro 1 mostra o consumo (em massa) de agregados em alguns tipos de construções, segundo um levantamento feito pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo (FIPE).

Quadro 1 - Consumo de agregados em algumas construções

<i>Tipo de construção</i>	<i>Dimensão da construção</i>	<i>Consumo de agregados</i>
Unidade básica de auto-construção	35 m ²	21 t
Habitação popular	50 m ²	68 t
Edifício Público	1.000 m ²	1.360 t
Escola Padrão	1.120 m ²	1.675 t
Via pública de 10 m de largura	1 km	2.000 - 3.250 t
Estrada Vicinal	1 km	2.800 t
Estrada Pavimentada Normal	1 km	9.500 t

Fonte: Adaptado de FIPE (198?) apud VALVERDE (2001)

Os agregados costumam ter custo baixo por tonelada, portanto, o preço final é altamente impactado pelo custo de transporte, fazendo com que a produção de agregados se concentre nas regiões próximas de grandes centros. Para garantir a qualidade dos materiais a serem utilizados em construção civil, existem normas que fixam as características que os agregados devem possuir, pois estas propriedades são essenciais para a vida útil das estruturas em que serão utilizados (VALVERDE, 2001).

A NBR 9935 (ABNT, 2001) define a terminologia dos agregados e nela, areia é definida como um “agregado miúdo originado através de processos naturais ou artificiais de desintegração de rochas, ou proveniente de processos industriais”; brita ou pedra britada é definida como um “agregado graúdo originado da cominuição mecânica de rocha”; e cascalho ou pedregulho é definido como um “agregado graúdo que pode ser utilizado em concreto tal qual é encontrado na natureza, sem qualquer tratamento que não seja lavagem e seleção”.

A NBR 7211 (ABNT, 2009) fornece as especificações que devem ser atendidas para que um material seja aceito como agregado para concreto. Agregados miúdos devem ser passantes por uma peneira de malha de 4,75 mm e ficar retidos na peneira de malha de 150 μm , sua distribuição granulométrica deve atender a certos limites, o material não pode exceder limites máximos de porcentagem de massa de substâncias nocivas (argila, materiais friáveis, materiais carbonosos, material pulverulento e impurezas orgânicas), além de atender outras normas da ABNT para propriedades físicas como massa específica, massa unitária, absorção de água, inchamento, teor de partículas leves e umidade superficial.

Já agregados graúdos, pela NBR 7211 (ABNT, 2009) devem passar por uma peneira de malha de 75 mm e ficar retidos na peneira com abertura de malha 4,75 mm, sua distribuição granulométrica deve atender a certos limites, o índice de forma dos grãos não pode exceder 3, conforme ensaio da ABNT NBR 7809, o índice de desgaste por abrasão “Los Angeles”, conforme ensaio da ABNT NBR NM 51, não pode ultrapassar 50% em massa do material, devem ser respeitados os limites máximos de porcentagem de massa de substâncias nocivas (argila, materiais friáveis, materiais carbonosos e material pulverulento), além de atender outras normas da ABNT para propriedades físicas como massa específica absoluta e aparente, absorção de água, clivagem, teor de partículas leves e umidade total e para propriedades mecânicas como módulo de deformação estático, coeficiente de Poisson, resistência ao esmagamento, desgaste por abrasão e resistência à compressão de rocha.

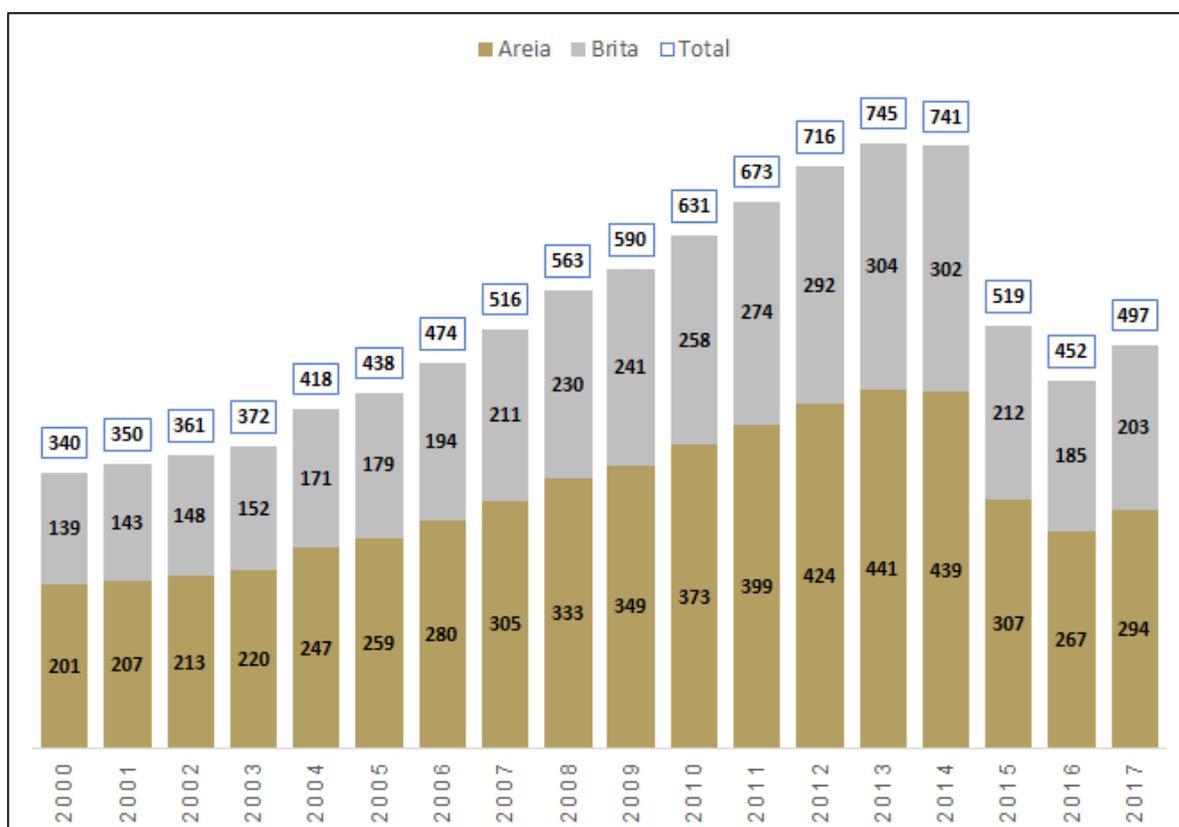
A produção de agregados para a construção civil advém tipicamente de pedreiras e portos-de-areia, nomes populares para estes tipos de minerações (VALVERDE,

2001). Segundo a Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção - ANEPAC (2015), em 2014, haviam no Brasil cerca de 2.500 empresas produtoras de areia e 600 empresas produtoras de brita, que possuem respectivamente 49.000 e 26.000 funcionários, ou seja, um total de 75.000 empregos diretos. Juntas, elas possuíam uma capacidade instalada de 850 milhões de toneladas de agregados por ano, o que seria equivalente a 19 bilhões de reais em valor bruto ao consumidor.

A Figura 1 mostra a produção de areia, de brita, e o total do setor de agregados desde o ano 2000 até 2017. Existem divergências entre os dados publicados para produção e consumo por diferentes órgãos como o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) e a ANEPAC, devido a diferentes metodologias de cálculo. Os dados de 2000 até 2014 foram obtidos do relatório da ANEPAC sobre o mercado de agregados no Brasil (ANEPAC, 2015) e os dados de 2015 até 2017 foram obtidos da apresentação do presidente da ANEPAC, Fernando Mendes Valverde, à Reunião Plenária do Departamento da Indústria da Construção (DECONCIC) da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) em novembro de 2018 (VALVERDE, 2018). Nesta apresentação, para os anos de 2015 e 2016, aparecem os valores de produção de areia de 307 Mt em 2015 e 267 Mt em 2016, e de produção de brita de 267 Mt em 2015 e 185 Mt em 2016, cuja soma das produções seria de 519 Mt em 2015 e 452 Mt em 2016. Todavia, na apresentação aparecem os valores de 597 Mt para 2015 e 526 Mt para 2016, sem explicar a divergência. A revista *Areia e Brita* (2016), publicada pela ANEPAC, menciona o valor total de 519 Mt para 2015. E outra apresentação do presidente da ANEPAC à ABM Week em outubro de 2017 (VALVERDE, 2017) menciona os valores de 267 Mt de produção de areia, 185 Mt de produção de brita e o total de 519 Mt. Portanto, os valores totais de 2015 e 2016 na apresentados à DECONCIC foram desconsiderados.

Pode-se observar que houve um crescimento ano a ano da produção do setor até 2013, e que, em função da crise econômica, houve uma queda de 30% em 2015 e 13% em 2016, com uma leve recuperação de 10% em 2017.

Figura 1- Produção de Areia e Brita 2000-2017 (em milhões de toneladas)



Fonte: ANEPAC (2015) e VALVERDE (2018)

Segundo Gruenzner (2003), as operações unitárias mais relevantes em uma pedreira são a perfuração, desmonte, carregamento e transporte, britagem e classificação. A perfuração gera furos na rocha a ser lavrada, os quais são carregados com explosivos. O desmonte é a detonação desses, feita seguindo um plano de fogo, que objetiva fragmentar a rocha em blocos cujo tamanho permita alimentar o britador primário. O carregamento e transporte são as operações normalmente realizadas com uma escavadeira e caminhões fora-de-estrada que recolhe os blocos gerados pelo desmonte, e os transfere para a britagem primária. A britagem, que pode ocorrer em diversas etapas, sendo denominadas de primária, secundária, terciária, assim por diante, utiliza equipamentos denominados de britadores para reduzir o tamanho dos blocos para a próxima etapa, seja esta outra etapa de britagem ou de classificação. A classificação é a passagem dos blocos por grelhas ou peneiras, separando os mais grossos (com diâmetro maior do que a malha da peneira) dos mais finos, e gerando produtos de granulometria diferentes. Usualmente as etapas de britagem e classificação se intercalam, em um circuito, visando obter um ou mais produtos, cada

um destes possuindo sua granulometria especificada dentro de certos limites (LUZ; SAMPAIO; ALMEIDA, 2004, GRUENZNER, 2003).

2.2 EXPOSIÇÃO À SÍLICA

O dióxido de silício (SiO_2) é um dos compostos mais predominantes na superfície da Terra, representando 42,86% em massa da crosta terrestre (HEISERMAN, 1992), onde está primordialmente associado a outros compostos, formando silicatos que, por sua vez, equivalem a 97% em volume da crosta continental (TEIXEIRA, 2000).

Existem diversas substâncias minerais cuja composição química é apenas SiO_2 , porém apresentam estruturas cristalinas diferentes. Em mineralogia, este fenômeno é denominado de polimorfismo. Para se referir a estas, o termo “sílica” é utilizado. A mais notável delas é o quartzo que, por si só, perfaz 11% da constituição em volume da superfície do planeta. Seus principais polimorfos são a cristobalita e a tridimita, além das menos comuns coesita e stishovita. E existem também formas não cristalinas de SiO_2 , chamadas de sílica amorfa, que correspondem a materiais como a opala e o vidro vulcânico (TEIXEIRA, 2000; GOMES; FURTADO; SOUZA, 2018).

Como a sílica cristalina é um componente de materiais de uso bastante difundido, como a areia, pedra britada de rochas graníticas, e diversas outras rochas, ela pode estar presente em várias atividades de trabalho como na mineração, em fundições, em indústrias de vidro, de cerâmicas, de cimento e na construção civil (BON, 2006).

Em Higiene Ocupacional, os agentes que oferecem risco à saúde do trabalhador são tradicionalmente classificados em agentes físicos, químicos, biológicos e às vezes, pensando em fatores psicofisiológicos, também são considerados os agentes ergonômicos. Os agentes físicos são aqueles cuja principal característica danosa está na forma de energias, nesta classe estão agentes como ruído, vibrações, calor, radiações e pressões. Os agentes biológicos são organismos que podem causar doenças como bactérias e fungos, vírus também costumam ser incluídos nesta categoria, e mais amplamente, alguns autores adicionam a esta classe seres como insetos e animais peçonhentos. Os agentes químicos são substâncias, compostos ou

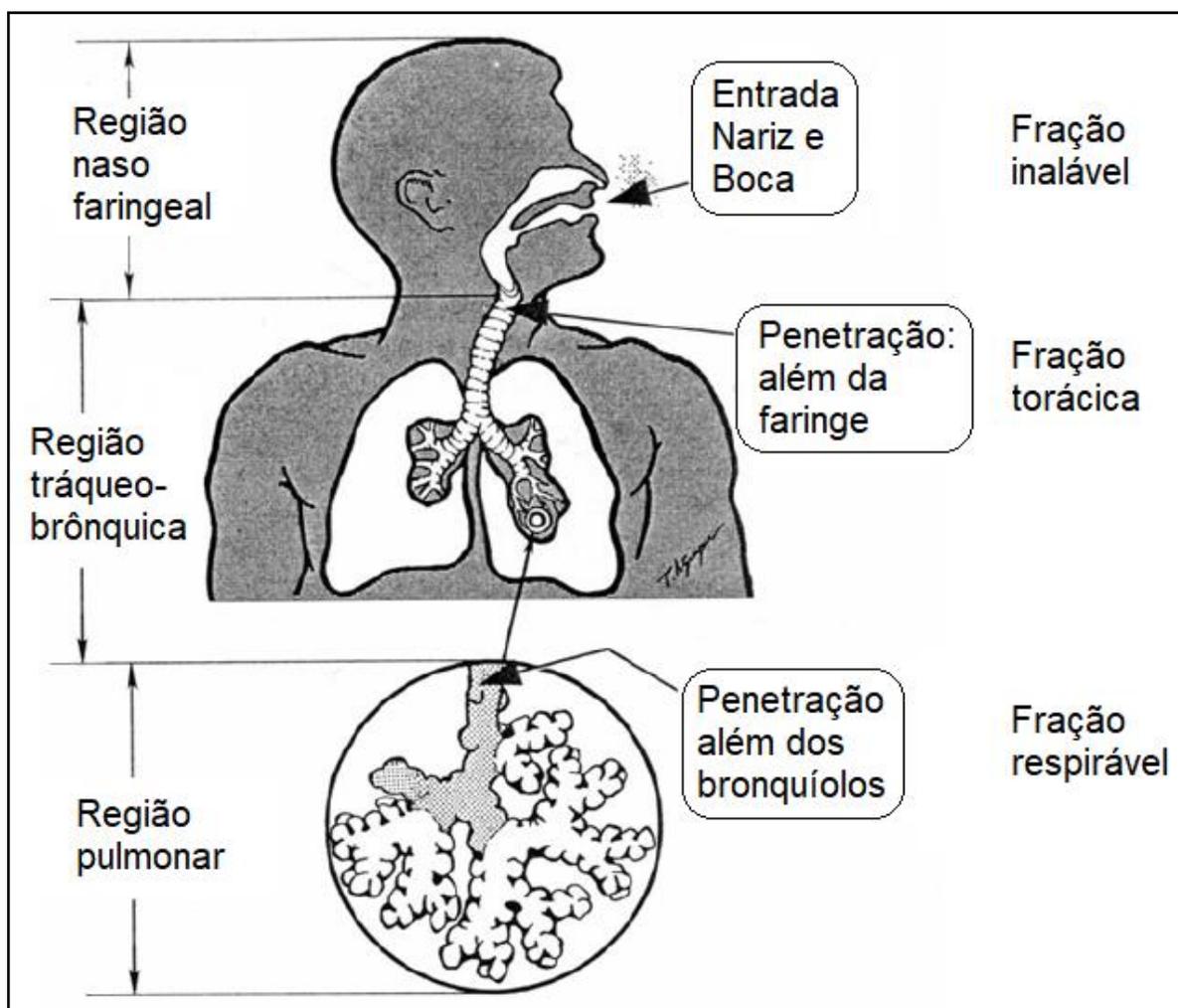
misturas que em função de sua concentração podem ser tóxicos ou causar danos à saúde, neste grupo, incluem-se gases, vapores e aerodispersóides (USP, 2019).

Aerodispersóides ou aerossóis são partículas em suspensão no ar, e podem ser divididos em poeiras, fumos, névoas, neblinas, fumaças e radionuclídeos. Poeiras são partículas sólidas em suspensão no ar, originadas de uma ruptura mecânica, contrapõem-se a estas os fumos, que também são partículas sólidas em suspensão, porém são gerados termicamente, normalmente após condensação de vapores. Partículas líquidas em suspensão no ar podem ser classificadas em névoas, quando são formadas por ruptura mecânica, e em neblinas, quando são formadas por condensação de vapores. Fumaças são misturas de partículas suspensas resultantes da combustão incompleta de materiais, e podem conter partículas sólidas e líquidas. Por fim, radionuclídeos são aerodispersóides cuja principal característica é sua capacidade de emitir radiação ionizante, ou seja, contém partículas radioativas (USP, 2019; TORLONI; VIEIRA, 2003).

Partículas inaladas se depositam no trato respiratório dependendo de seu tamanho, massa, forma e características aerodinâmicas. A *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) define três classes para particulados suspensos no ar considerando sua distribuição granulométrica. As partículas mais grossas, que possuem diâmetro de corte para 50% de massa equivalente a 100 μm , são denominadas de partículas inaláveis, e podem entrar no corpo pelo nariz ou boca e penetrar no trato respiratório superior. Partículas intermediárias, com diâmetro de corte para 50% de massa equivalente a 10 μm , são chamadas de partículas de penetração torácica, pois penetra nas vias aéreas e pode atingir a região traqueobrônquica. E as partículas mais finas, com diâmetro de corte para 50% de massa equivalente a 4 μm , são designadas como partículas respiráveis (TORLONI; VIEIRA, 2003; BON, 2006).

A Figura 2 mostra um esquema do trato respiratório humano e das regiões em que as partículas podem penetrar, conforme sua classificação por sua distribuição granulométrica.

Figura 2 - Esquema do Trato Respiratório e Alcance das Frações de Particulados

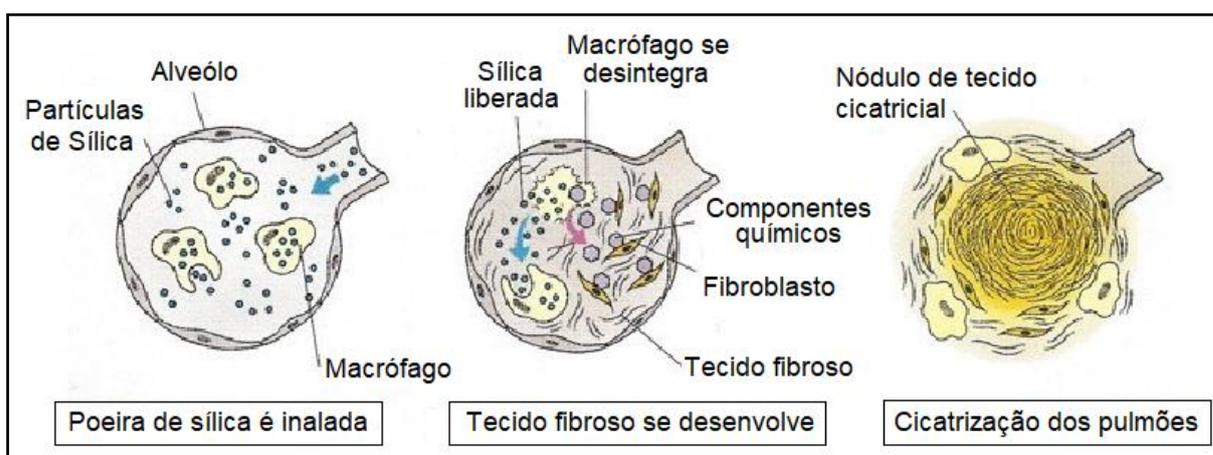


Fonte: Adaptado de LIPPMANN (1999) apud BON (2006).

Em função da região que alcançam, estas partículas podem ser removidas do pulmão ou permanecer e interagir com tecidos pulmonares, ativando mecanismos de defesa. Partículas de diâmetro maior que 5 micrômetros chegam até o trato respiratório superior ou até os brônquios mais próximos, e podem ser removidas pelo mecanismo mucociliar. Partículas com diâmetro entre 0,5 e 5 micrômetros se depositam em pequenas vias aéreas e nos alvéolos, onde entra em ação o mecanismo da fagocitose por macrófagos alveolares. Estes macrófagos tentam envelopar a partícula e carregá-la até as junções brônquio-alveolares para acessar o mecanismo mucociliar e serem expelidas. Todavia partículas que conseguem atingir os compartimentos intersticiais podem lá permanecer, ou ser lentamente transportadas até os tecidos linfoides. A maioria das partículas é expelida, entretanto as que não são e passam a residir por um longo período no pulmão são as responsáveis pela silicose (DAVIS, 1986).

O macrófago residente no alvéolo fagocita a partícula de sílica e se não consegue removê-la da região, pode morrer ou secretar uma série de componentes ou enzimas que causará uma resposta biológica dos linfócitos, iniciando um processo inflamatório, estimulando a resposta de mais macrófagos, e criando um ciclo de lesões imuno-inflamatórias. Macrófagos e linfócitos cercam as células centrais, aumentando o tamanho da região lesionada. Então, fibroblastos e tecido conjuntivo circundam e se misturam com os macrófagos e linfócitos ali atuando, gerando camadas concêntricas de fibrose. Com o aparecimento destes nódulos, o tecido pulmonar próximo se torna progressivamente distorcido e lesionado, e é esta lesão característica que, ao ocorrer em diversas regiões no pulmão, ao longo de anos de exposição à sílica, ocasionará a silicose (DAVIS, 1986). A Figura 3 ilustra o processo descrito.

Figura 3 - Processo Causador da Silicose



Fonte: Adaptado de DARLING (2014)

2.3 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE POEIRA RESPIRÁVEL DE SÍLICA

Existem normas específicas guiando o procedimento de coleta de poeira respirável de sílica. No Brasil, a Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (Fundacentro) é a instituição do governo federal voltada para o estudo e pesquisa das condições dos ambientes de trabalho, e ela estabelece as Normas de Higiene Ocupacional (NHOs), que orientam a avaliação e controle de agentes de risco no ambiente de trabalho (FUNDACENTRO, 2007). Pelo Decreto nº 4.882/2003, que

alterou o Decreto nº 3.048/1999 que regulamenta a Previdência Social, ficou determinado em seu artigo 68, parágrafo 11, que:

“As avaliações ambientais deverão considerar a classificação dos agentes nocivos e os limites de tolerância estabelecidos pela legislação trabalhista, bem como a metodologia e os procedimentos de avaliação estabelecidos pela Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho – FUNDACENTRO” (BRASIL, 2003)

Portanto, no tocante a questões da Previdência Social, que, na área de Segurança e Saúde do Trabalho, refere-se principalmente à aposentadoria especial, devem ser seguidas as NHOs da Fundacentro.

2.3.1 Norma de Higiene Ocupacional 08 (NHO-08)

A NHO-08 que se intitula “Coleta de Material Particulado Sólido Suspenso no Ar de Ambientes de Trabalho” fornece as metodologias para este tipo de avaliação. Ela fornece definições e conceitos para a realização das análises e detalha os procedimentos de coleta (FUNDACENTRO, 2007).

Inicia-se com a etapa de reconhecimento de riscos, onde serão levantadas as informações sobre o ambiente de trabalho, os processos e operações, as matérias-primas e produtos utilizados e os trabalhadores e seus locais de trabalho. Então, o objetivo da avaliação quantitativa deve ser estipulado, e, face a este, deve ser realizado o planejamento da coleta, incluindo a seleção do tipo de coleta (individual ou de área), a seleção dos trabalhadores para coleta, o tempo de coleta, o número de amostras, a seleção dos materiais e equipamentos, e do laboratório para análise (FUNDACENTRO, 2007).

Com isso, parte-se para a coleta em si, que envolve desde a calibração das bombas de amostragem, montagem do sistema de coleta e sua colocação no trabalhador ou tripé, até a verificação do funcionamento, anotações das informações da coleta em formulário de campo, acompanhamento do processo e atividades de trabalho, e ao seu final, o desligamento da bomba, a desmontagem do sistema de coleta, e o armazenamento e transporte cuidadoso dos porta-filtros para impedir desprendimento do material coletado (FUNDACENTRO, 2007).

Por fim, o material coletado é encaminhado para laboratório para as análises e em posse dos dados, serão realizados cálculos para determinar o volume de ar amostrado, a concentração da amostra, e se foram tomadas mais de uma amostra durante a jornada de trabalho, deve ser calculada a concentração média ponderada pelo tempo (FUNDACENTRO, 2007).

Especificamente para sílica cristalina respirável, a NHO-08 apresenta quatro métodos de referência possíveis de serem utilizados. O primeiro é a combinação da NHO-03, que detalha como deve ser feita a análise gravimétrica dos filtros, e Santos (1989) que apresenta a metodologia para análise de sílica por difração de raios X, ambos estes métodos são baseados no método NIOSH 7500 do *National Institute for Occupational Safety and Health*, agência federal dos Estados Unidos, que similarmente à Fundacentro, foca em pesquisas sobre Segurança e Saúde do Trabalho. Os outros três métodos são o NIOSH 7602, também da NIOSH, porém este utiliza espectrofotometria no infravermelho ao invés de difração de raios X para avaliação da sílica, o OSHA ID-142 da *Occupational Safety and Health Administration*, agência do United States Department of Labor (Ministério do Trabalho dos Estados Unidos, tradução livre), e, por fim, o HSE-MDHS-101 da *Health and Safety Executive*, agência regulamentadora do trabalho do governo do Reino Unido (FUNDACENTRO, 2007).

Para o método de referência que segue a NHO-03 e Santos (1989), a NHO-08 especifica que devem ser utilizados um filtro de membrana de PVC, com 37 mm de diâmetro e poro de 5 μm , um porta-filtro conforme a recomendação do método analítico, e um ciclone separador de partículas Dorr-Oliver, de nylon, de 10 mm, com vazão de 1,7 L/min, ou um separador de partículas Higgins-Dewell (HD), com vazão de 2,2 L/min, ou um separador de partículas de alumínio, com vazão de 2,5 L/min (FUNDACENTRO, 2007).

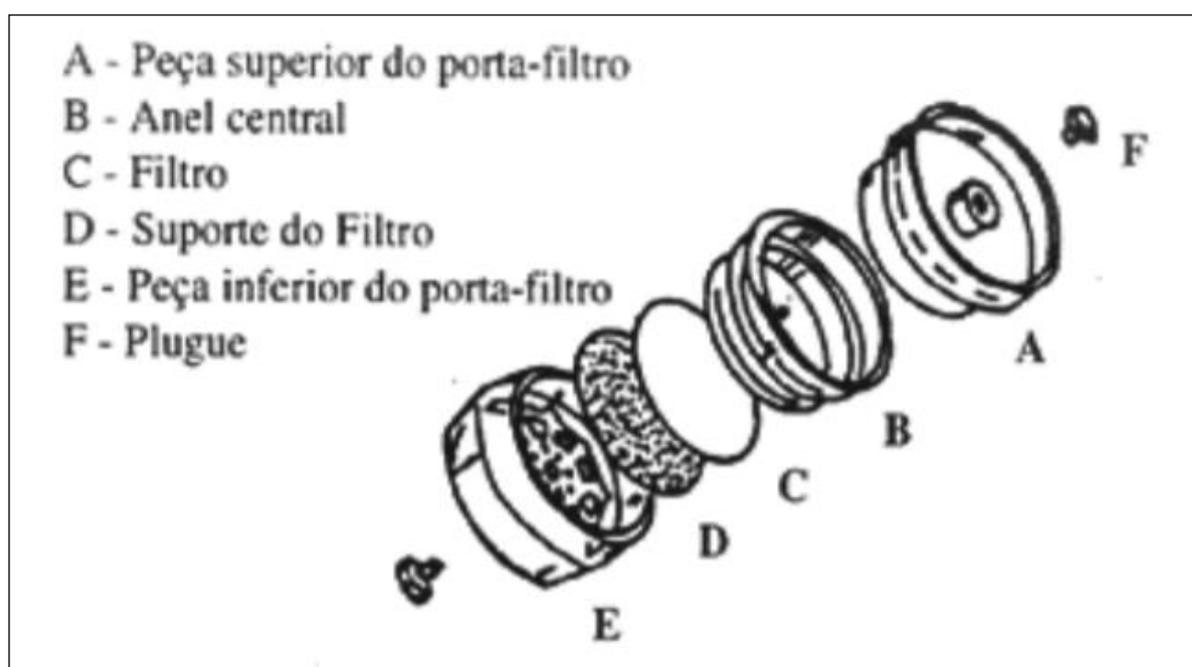
2.3.2 Norma de Higiene Ocupacional 03 (NHO-03)

A NHO-03, cujo título é Análise Gravimétrica de Aerodispersóides Sólidos Coletados sobre Filtros e Membrana, apresenta o método de ensaio para determinação da massa de particulados coletados sobre filtros de membrana. Basicamente, a massa

de material é determinada através da pesagem do filtro antes da coleta, e depois da coleta, e diferença entre essas medições representa a massa da poeira suspensa coletada, levando em consideração possíveis variações entre as pesagens (FUNDACENTRO, 2001).

As partes do porta-filtros, e sua montagem com o suporte de filtro e filtro é mostrada esquematicamente na Figura 4.

Figura 4 - Esquema de Montagem do Porta-Filtro

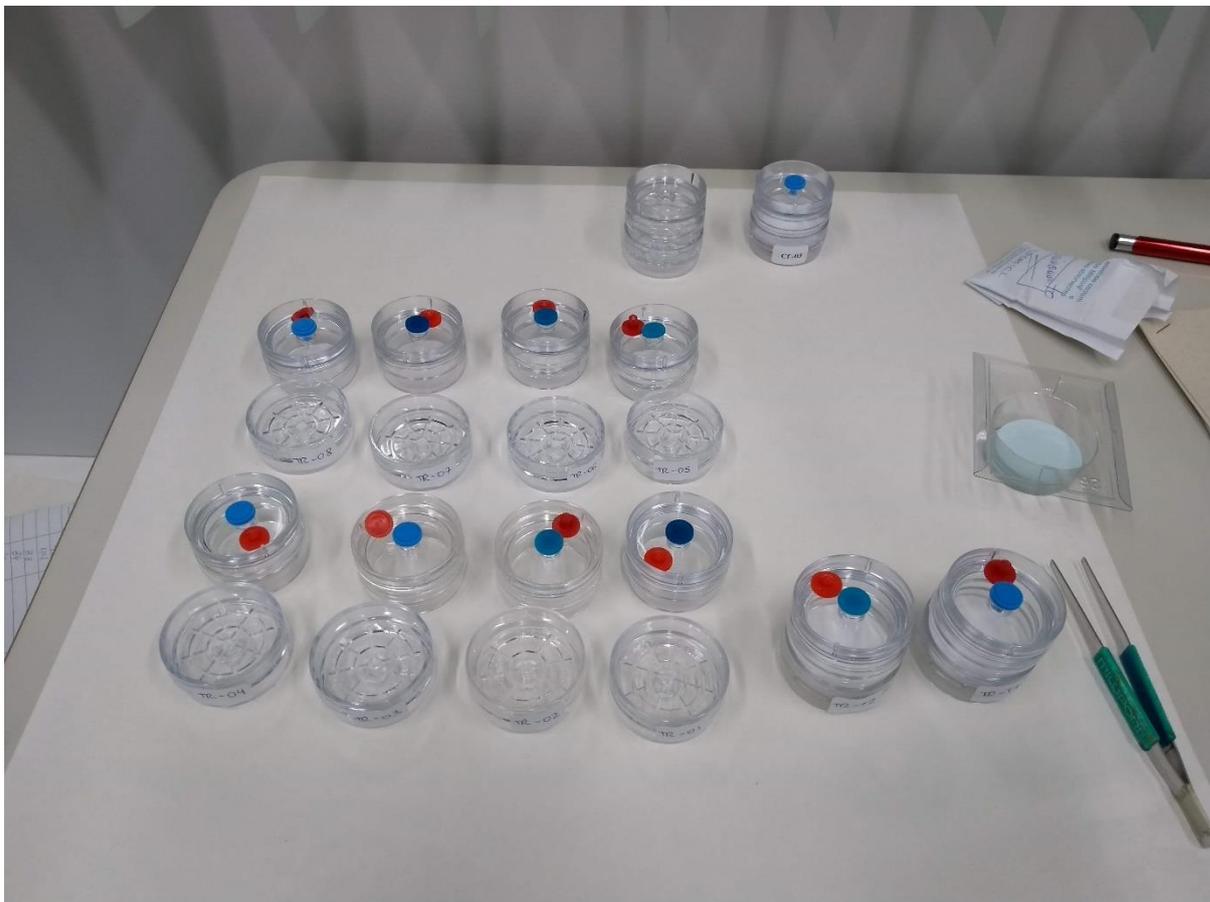


Fonte: Fundacentro (2001)

Como a precisão do método deve estar na ordem de centésimos de miligrama, a umidade, a temperatura e carga eletrostática do filtro afetam o resultado. Por isso, para reduzir o efeito da temperatura e umidade, as pesagens devem ser realizadas em ambientes controlados com temperatura entre 20 e 25°C e umidade variando não mais que 10% entre a mínima e a máxima durante o ano. Para minimizar a influência da carga eletrostática, os filtros devem ser estabilizados em uma caixa de estabilização de vidro, descrita na NHO-03, por no mínimo 3 horas antes de serem pesados. Ainda, a balança analítica e os materiais como pinças e suportes todos devem ser limpos com álcool etílico e lenço de papel (FUNDACENTRO, 2001).

A Figura 5 mostra um lote de porta-filtros já com suas codificações abertos na bancada durante sua preparação, à direita pode-se ver os dois filtros testemunhos dentro de seus respectivos porta-filtros.

Figura 5 - Preparação dos Filtros



Fonte: Arquivo Pessoal

Os filtros devem ser cuidadosamente colocados nos porta-filtros com pinça, dois filtros devem ser selecionados como testemunhos, e os porta-filtros devem ser codificados, e colocados na caixa de estabilização. Após isto, os porta-filtros, em grupos de 10, são colocados na bancada próxima à balança, juntamente com os dois testemunhos. A balança analítica deve ser zerada. Os filtros são pesados um a um, iniciando com os testemunhos, e devem ser muito cuidadosamente colocados na balança e devolvidos ao porta-filtro logo após a pesagem de cada filtro (FUNDACENTRO, 2001).

Então, todos os filtros devem ser pesados uma segunda vez, e a diferença entre a primeira e a segunda pesagem não pode exceder 0,02 mg, os filtros em que isso

ocorrer devem ser pesados uma terceira vez. A massa será determinada pela média das massas medidas, considerando apenas as pesagens com diferença máxima de 0,02 mg (FUNDACENTRO, 2001).

Com as massas iniciais determinadas, os porta-filtros devem ser fechados com uma prensa específica ou com auxílio de placa de madeira, e então, os encaixes devem ser vedados com três camadas de fita teflon ou bandagem especial para essa finalidade (FUNDACENTRO, 2001).

Parte-se para a verificação da vedação através da medição de perda de carga em um manômetro de coluna em “U”, somente podem ser aceitos filtros com perda dentro da faixa de aceitabilidade para o método. Para filtro de membrana de PVC de 37 mm de diâmetro e 5 µm de poro, para vazão de bomba de amostragem de 1,7 L/min, a perda de carga é aceitável somente entre 30 e 50 mmCA, os que ficarem fora desta faixa, não são aceitos (FUNDACENTRO, 2001).

Com isto, os filtros estão prontos para a realização da coleta. Para a pesagem após a coleta, o procedimento é similar, os filtros devem ser mantidos na caixa de estabilização por no mínimo três horas, a pesagem deve ocorrer em grupos de 10, juntamente aos dois filtros testemunho, todavia o cuidado do operador deve ser muito maior pois os filtros irão conter material particulado, portanto devem ser mantidos sempre na horizontal e toda cautela deve ser empregada na transferência do filtro do porta-filtro à balança e vice-versa para impedir qualquer perda de amostra (FUNDACENTRO, 2001).

Deve ser determinado um fator de correção a partir das medições dos filtros testemunhos. Calcula-se a diferença entre a massa inicial e a massa final de cada filtro testemunho. E o fator de correção será a média dessas duas diferenças. Se o fator for positivo (ou seja, houve um acréscimo entre as medições), esse valor deve ser subtraído das massas encontradas para as amostras para se obter a massa corrigida. Se o fator for negativo (ou seja, houve um decréscimo entre as medições), o fator deve ser somado às massas encontradas para as amostras para se obter a massa corrigida (FUNDACENTRO, 2001).

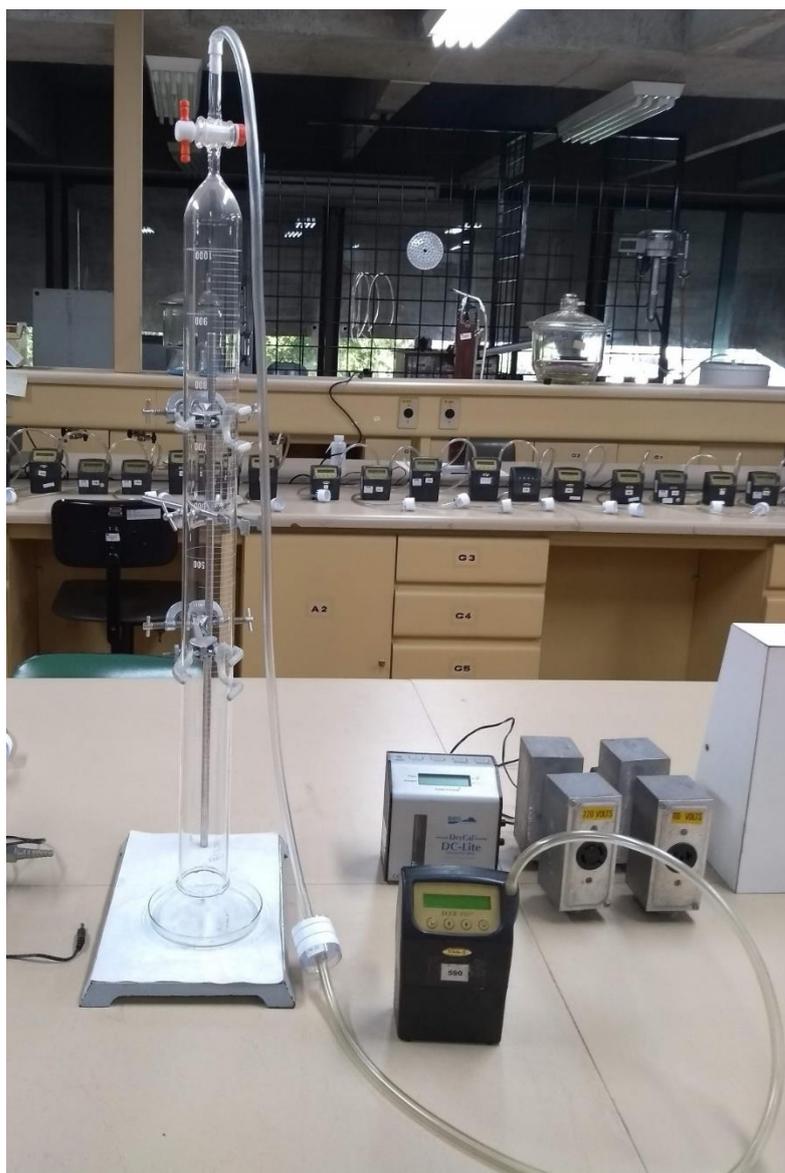
2.3.3 Norma de Higiene Ocupacional 07 (NHO-07)

A NHO-07, denominada de Calibração de Bombas de Amostragem Individual por Método da Bolha de Sabão, estabelece o procedimento técnico que permite verificar e ajustar a vazão de ar de bombas de amostragem. Segundo a Norma, essas bombas devem ser portáteis, permitir o fornecimento de uma vazão de ar constante de até 6 L/min, possuir bateria recarregável e ser blindada para utilização em ambientes com risco de explosão (FUNDACENTRO, 2002).

Para tal, utiliza-se uma bureta de vidro graduada, pode ser de 100 mL (para calibração de até 0,2 L/min), 500 mL (para até 2L/min) ou 1000 mL (para até 6 L/min). Uma mangueira flexível conectada à bomba é acoplada ao topo da bureta, fazendo com o fluxo de ar da bomba passe por dentro da bureta. Então, uma solução de água e sabão, dentro de um frasco compatível com a bureta, é colocada na parte inferior da bureta, gerando uma bolha. Em função do volume da bureta e da vazão de calibração desejada, calcula-se o tempo em que a bolha deveria percorrer este volume, por exemplo, se a vazão desejada é de 2,0 L/min, e o volume da bureta for de 1000 mL, o tempo que a bolha deve levar para percorrer estes 1000 mL com esta vazão de 2,0 L/min deve ser de 30 segundos. Então, utilizando a graduação da bureta e um cronômetro, verifica-se o tempo decorrido para que a bolha suba pelo volume da bureta, e fazem-se ajustes na bomba até que a bolha percorra o volume estipulado no tempo desejado. O procedimento deve ser repetido até que se consiga obter o tempo desejado por três vezes com uma variação máxima de 0,2 s. Quando isto ocorre, a bomba estará calibrada, e a vazão de calibração será a média das três vazões calculadas com os tempos medidos (FUNDACENTRO, 2002).

A Figura 6 ilustra a calibração segundo realizada segundo a NHO-07, mostrando a bureta, o frasco com a solução de água e sabão e a mangueira conectada ao conjunto da bomba e porta-filtro.

Figura 6 - Calibração de Bomba de Amostragem conforme NHO-07



Fonte: Arquivo Pessoal

2.3.4 Método de Análise Santos (1989)

O método denominado na NHO-08 de Santos (1989) foi desenvolvido na Fundacentro, e se intitula Determinação Quantitativa de Sílica Livre Cristalizada por Difração de Raios X. Após a realização da análise gravimétrica, são selecionadas as amostras que possuam, no mínimo, 0,10 mg de massa, pois amostras com massa menor que esta teriam a precisão de sua medição prejudicada devido à incerteza associada ao método. Essas amostras são enviadas para a preparação.

Esta inicia-se pela calcinação dos filtros em cadinhos de porcelana (Figura 7) dentro de uma estufa à temperatura de 800 °C por 2 horas. Se as amostras contiverem calcita, deve ser realizada uma lavagem com ácido clorídrico detalhada no método.

Figura 7 - Cadinhos dentro da Estufa



Fonte: Arquivo Pessoal

Água destilada é adicionada ao cadinho após a calcinação (Figura 8), e este é raspado com uma bagueta de vidro para soltar todas as partículas e transferir o conteúdo para um *erlenmeyer* de 50 mL, o cadinho deve ser lavado com água destilada repetidas vezes para garantir que todo o conteúdo seja transferido.

Figura 8 - Transferência para o Erlenmeyer



Fonte: Arquivo Pessoal

O *erlenmeyer* é coberto por uma tampa de vidro ou vidro de relógio, e agitado em banho ultrassônico por 30 minutos para a dispersão do aglomerado. Então, adiciona-se 1 mL de suspensão padrão de fluorita e realiza-se uma filtração a vácuo como controle de taxa de filtração para transferir a mistura para filtros analíticos, que serão encaminhados ao difratômetro de raios X.

No difratômetro, devem ser feitas varreduras nas regiões dos picos mais intensos de quartzo, cristobalita e tridimita. Além de analisar as amostras, são analisados padrões que contêm massas específicas de quartzo. Como a massa de fluorita, é constante em todos, utiliza-se a relação entre a área da curva sob o pico da fluorita e o pico do quartzo e a massa de quartzo dos padrões para a construção de uma curva de calibração. Esta curva deve apresentar na forma de uma reta, cuja equação obtida por regressão será utilizada para determinar as massas de quartzo das amostras analisadas.

2.4 LEGISLAÇÃO E NORMAS APLICÁVEIS

2.4.1 Norma Regulamentadora Nº 15 (NR-15)

A Norma Regulamentadora Nº 15, da atual Secretaria do Trabalho do Ministério da Economia, trata de “Atividades e Operações Insalubres”. Ela estabelece “Limites de Tolerância” que são valores de concentração ou intensidade máxima ou mínima, que se respeitados, acredita-se que não ocorrerá dano à saúde do trabalhador, durante sua vida laboral (BRASIL, 2018b).

Em seu Anexo nº. 12, “Limites de Tolerância para Poeiras Minerais”, a NR-15 estabelece os limites de tolerância para sílica livre cristalizada, válidos para jornadas de até 48 horas por semana, através de três fórmulas (BRASIL, 2018b).

A primeira fórmula (1) é válida para amostras realizadas na zona respiratória do trabalhador com impactador (*impinger*) e contadas pela técnica de campo claro. Fornece o limite de tolerância em mppdc (milhões de partículas por decímetro cúbico)

em função do percentual de quartzo, que a norma esclarece que deve ser entendido como sílica livre cristalizada, ou seja, não somente quartzo, mas também outros polimorfos como cristobalita e tridimita (BRASIL, 2018b).

$$L.T. = \frac{8,5}{\% \text{ quartzo} + 10} \text{ mppdc} \quad (1)$$

A segunda fórmula (2) refere-se ao limite de tolerância para poeira respirável em mg/m^3 , na aplicação deste limite, considera-se tanto para a concentração quando para a percentagem de quartzo apenas a fração respirável das partículas, passando por um seletor que obtenha uma distribuição granulométrica descrita na NR-15 (BRASIL, 2018b).

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

A terceira e última fórmula (3) da NR-15 para o limite de tolerância de sílica refere-se à exposição a poeira total (total de partículas respiráveis ou não), e também é dado em mg/m^3 (BRASIL, 2018b).

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

Gruenzner (2003) explica que essas fórmulas são originadas a partir de uma fórmula preconizada pela ACGIH para considerar-se efeitos combinados e de misturas de agentes químicos. As fórmulas são basicamente rearranjos de uma soma de doses em que cada dose é calculada pela razão entre a concentração de exposição de uma substância e seu limite de tolerância, de forma que a soma destas doses não pode ultrapassar 100%. Isso deve ser feito sempre que suspeitar-se que as substâncias podem possuir efeito aditivo se estiverem combinadas. A fórmula (4) ilustra essa soma de doses de substâncias para obtenção de uma dose total para a mistura, onde C_i é a concentração da substância i e LT_i é o limite de tolerância da substância i .

$$\frac{C_1}{LT_1} + \frac{C_2}{LT_2} + \frac{C_3}{LT_3} + \dots + \frac{C_n}{LT_n} = dose\ total \leq 100\% \quad (4)$$

Sabe-se que os limites de tolerância da NR-15 foram obtidos a partir dos *Threshold Limit Values* (TLVs), ou seja, dos limites de exposição ocupacional que são publicados anualmente pela ACGIH, no ano de elaboração da norma, ou seja, de 1977. Como os TLVs da ACGIH foram estabelecidos para jornadas de 40 horas semanais, e a jornada brasileira era de 48 horas semanais, foi utilizada o modelo de Brief e Scala para reduzir os limites de maneira compatível com a jornada mais extensa, o que resultou em uma multiplicação por um fator de 0,78 dos TLVs para obtenção dos LTs (USP, 2019).

Na época, o limite da ACGIH para sílica também era obtido por uma fórmula (5) similar à encontrada na NR-15. A fórmula originou-se da fórmula de misturas considerando um limite de 5,0 mg/m³ para partículas respiráveis de modo geral, e 0,1 mg/m³ para partículas respiráveis de sílica (GRUENZNER, 2003).

$$T.L.V. = \frac{10}{\% \text{ quartzo} + 2} \text{ mg/m}^3 \quad (5)$$

Com base nestas informações, e rearranjando a fórmula de sílica respirável da NR-15, é possível determinar que a NR-15 utilizou os limites de 4,0 mg/m³ para poeira respirável de modo geral e de 0,8 mg/m³ para poeira respirável de sílica, e que estes limites são originados da multiplicação do fator de 0,78 sobre os limites da ACGIH da época.

2.4.2 ACGIH

Além da NR-15, existem diversas outras Normas Regulamentadoras da Secretaria do Trabalho no Brasil, uma destas, a Norma Regulamentadora nº 9 (NR-9) estabelece que na ausência de limites de tolerância na NR-15, devem ser adotados os limites de exposição ocupacional da ACGIH - *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (BRASIL, 2017).

A ACGIH é uma associação de higienistas que é referência nas áreas de Segurança, Saúde e Higiene Ocupacional. Ela publica anualmente um livreto chamado “*Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices*” que apresenta valores de limites de exposição ocupacional definidos por consenso de diversos grupos de especialistas, levando em conta todas as informações disponíveis e pesquisas realizadas sobre cada substância (USP, 2019).

A ACGIH afirma que os TLVs são apenas orientações, diretrizes a serem utilizadas por higienistas e profissionais da área para tomar decisões sobre a segurança da exposição a certos níveis ou concentrações de agentes físicos e químicos. “Representam as condições às quais a ACGIH acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar repetidamente exposta sem sofrer efeitos adversos à saúde” (ACGIH, 2018).

No livreto de 2018 da ACGIH, o TLV apresentado para a sílica cristalina é de 0,025 mg/m³ para sua fração respirável. Sendo que no anexo C da seção dos TLVs para Substâncias Químicas, a ACGIH detalha a distribuição granulométrica que deve ser considerada para as frações inalável, torácica e respirável (ACGIH, 2018).

2.4.3 Programa de Proteção Respiratória

O Programa de Proteção Respiratória é uma obrigação de todas as empresas em que os trabalhadores estejam expostos a riscos respiratórios como gases, fumos, poeiras, entre outros. Ele foi instituído em 1994 por uma Instrução Normativa do antigo Ministério do Trabalho e Emprego, e os requisitos para sua elaboração estão descritos em publicação realizada pela Fundacentro, denominada “Programa de proteção respiratória: recomendações, seleção e uso de respiradores” (TORLONI et al., 2016).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 A EMPRESA

A empresa estudada é uma mineradora de agregados, popularmente conhecida como pedreira, localizada no interior do estado de São Paulo. Esta unidade possui cerca de trinta colaboradores diretos e produz aproximadamente 30.000 toneladas por mês de agregados, o que inclui diversas faixas granulométricas de pedra britada e areia de brita.

Faz parte de um grupo que possui outras cinco pedreiras, das quais quatro estão também no estado de São Paulo e uma encontra-se no estado do Espírito Santo. Na missão e nos valores do grupo, reforça-se o compromisso de trabalhar de forma sustentável e segura, promovendo o desenvolvimento econômico e social das comunidades onde atua, sempre observando a preservação do meio ambiente e o progresso pessoal e familiar de seus funcionários.

Toda operação de britagem e classificação é realizada com umectação, objetivando a redução da emissão de material particulado. As vias internas e a estrada de acesso à pedreira são umidificadas diversas vezes ao dia por um caminhão pipa, buscando minimizar a poeira levantada pelo tráfego de caminhões e máquinas.

Os caminhões de transporte de minério na lavra e as escavadoras possuem cabine fechada e ar condicionado, de modo a reduzir a exposição a poeiras durante as atividades. A britagem e rebitagem são controladas de dentro de cabines fechadas, também buscando reduzir a exposição dos operadores, que, todavia, ficam expostos à material particulado quando precisam sair da cabine para realizar alguma atividade na britagem, rebitagem, ou próximo delas.

A descrição das funções dos trabalhadores, fornecida pela empresa, é apresentada no Anexo 1.

3.2 INSTRUMENTAÇÃO

Para a realização da coleta de amostras de poeira respirável, foram utilizadas bombas de amostragem, dispositivos amostradores, porta-filtros e filtros. Antes da coleta, é necessário realizar a calibração das bombas e os filtros precisam passar por pesagem, vedação e verificação de vazamento por medição da perda de carga.

Como bombas de amostragem foram utilizados os modelos VSS-5 e VSS-12 da Buck. Ambos atendem aos requisitos da NHO-07 e NHO-08 de serem portáteis, leves, possui bateria recarregável, ser blindada contra explosão e possuir um sistema automático de controle de fluxo que regula a vazão para mantê-la constante dentro de um intervalo de $\pm 5\%$ durante o tempo necessário para a coleta.

As bombas foram calibradas com a vazão de 1,7 L/min utilizando uma técnica análoga à da NHO-07, porém ao invés de uma bureta de vidro, foi utilizado um calibrador Gillibrator, que também gera a bolha de sabão, mas mede automaticamente a vazão, facilitando o processo de calibração. Foram utilizados ciclones separadores de partículas Dorr-Oliver, de nylon, de 10 mm, com vazão de 1,7 L/min conforme NHO-08. Como o ciclone fica aberto durante a coleta, para conseguir fechar o circuito do fluxo de ar e realizar a calibração, o porta-filtros e o ciclone foram encaixados dentro de um pote fechado, criando vácuo. Na tampa do pote, há duas conexões: a primeira, onde estão encaixados o porta-filtro e o ciclone, é conectada por uma mangueira à bomba de amostragem que puxa o fluxo de ar, fazendo com que ele passe pelo porta-filtros, pelo ciclone e puxe o ar dentro do pote. Com o pote fechado, cria-se vácuo que puxa o ar pela segunda conexão, que é ligada à entrada do calibrador digital, fechando o circuito. A Figura 9 ilustra este processo de calibração.

Figura 9 - Calibração das Bombas



Fonte: Arquivo Pessoal

Foram utilizados filtros de membrana de PVC, com 37 mm de diâmetro e poro de 5 μ m, conforme recomendado pela NHO-08 para o método Santos (1989) com bombas de amostragem calibradas para vazão de 1,7 L/min. A montagem dos porta-filtros, pesagem dos filtros e verificação da vedação seguiu fielmente à NHO-03.

A Figura 10 mostra a montagem do sistema de coleta conforme preconizado pela NHO-08.

Figura 10 - Montagem do Sistema de Coleta



Fonte: Arquivo Pessoal

3.3 METODOLOGIA

Com o objetivo de realizar a análise mais abrangente possível das funções e setores da pedreira, buscou-se, nos três dias de amostragem, realizar a coleta em pelo menos um trabalhador de cada função. Isto nem sempre é possível, uma vez que depende da disponibilidade do trabalhador e em alguns casos, o trabalhador iria realizar atividades que o uso da bomba na cintura e do porta-filtros na zona respiratória poderia atrapalhá-lo ou comprometer sua segurança.

Os dias de amostragem foram escolhidos em função da disponibilidade dos equipamentos e dos técnicos da Fundacentro que acompanhariam a coleta, deste modo, estabeleceu-se os dias 06, 22 e 27 de novembro. Nos dias 06 e 27, ocorreram desmontes na pedreira, o que altera o trabalho do setor de lavra, que fica parada,

então estes trabalhadores realizam outras atividades, ou auxiliam na preparação para o desmonte. Desmontes costumam ocorrer entre semanalmente e quinzenalmente, pois dependem essencialmente da necessidade de produção. Assim, embora não correspondam às atividades realizadas na maioria dos dias, não fogem da rotina da mina. No dia 22 de novembro, estava sendo realizada uma manutenção de toda a britagem, rebitagem e classificação, isto ocorre anualmente, desta forma, poderia ser considerado com um dia atípico.

Os trabalhadores que puderam participar da coleta foram instruídos a ir ao refeitório antes de iniciar suas atividades pela manhã, onde estavam montados os sistemas de coleta. Os equipamentos foram colocados nos trabalhadores conforme NHO-08. A Figura 11 mostra a colocação do porta-filtro na zona respiratória do trabalhador e a Figura 12 mostra a colocação da bomba no cinto do trabalhador.

Figura 11 - Colocação do Porta-Filtros e Ciclone



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 12 - Colocação da Bomba de Amostragem



Fonte: Arquivo Pessoal

Após a colocação do sistema de coleta, os trabalhadores realizavam suas tarefas normalmente, e antes do almoço, o sistema de coleta era retirado, com as bombas sendo desligadas, e após o almoço era colocado novamente, religando-se as bombas. Ao final da tarde, o sistema de coleta era retirado, desmontado, e os filtros eram apropriadamente fechados e guardados.

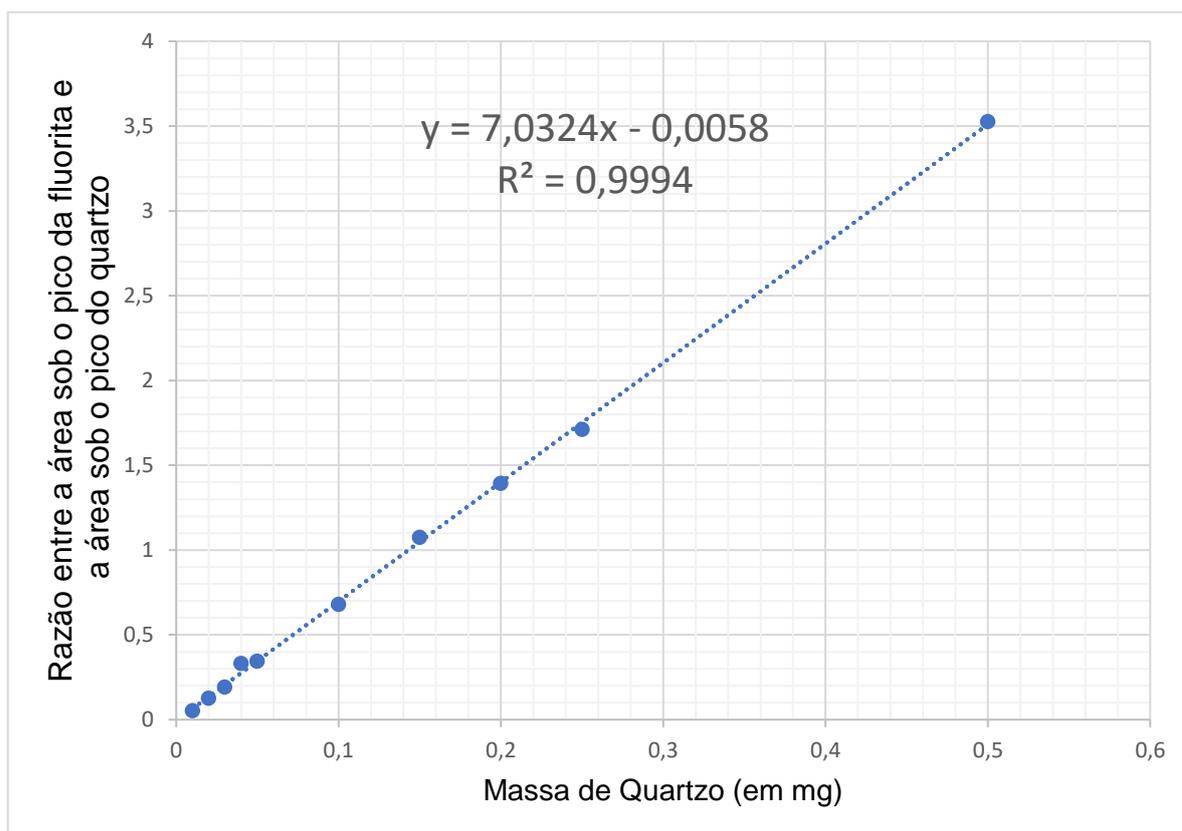
Buscou-se sempre que possível atingir 336 minutos de tempo de coleta quando possível, que é o tempo mínimo recomendado para atingir-se 70% da jornada de trabalho de 8 h. Nos casos em que isso não foi possível, a representatividade da amostra quanto à jornada completa de trabalho pode ficar comprometida, porém não é uma amostra perdida, já que pode, por exemplo, auxiliar a determinar se há exposição e uma indicação de sua intensidade no período amostrado.

Nos momentos iniciais e finais de cada período, eram anotados o horário e volume indicado pela bomba em planilha de campo, além dos códigos dos filtros e bombas, identificação do trabalhador, função ou setor, e observações de campo.

Após os três dias de coleta, os filtros foram encaminhados para a análise gravimétrica conforme NHO-03, o relatório desta análise está apresentado no Anexo 2. As amostras obtiveram massa acima de 0,1 mg (massa mínima para o método) foram encaminhadas para a análise de sílica no difratômetro de raios X pelo método Santos (1989).

A curva obtida pela análise é apresentada na Figura 13, juntamente com a equação encontrada que apresentou R^2 de 0,9994.

Figura 13 - Curva de calibração



Fonte: Arquivo Pessoal

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PRIMEIRO DIA DE MEDIÇÃO

No dia 06 de novembro de 2018, foram coletadas 12 amostras de poeira respirável em trabalhadores nos seguintes setores ou funções: administração, oficina mecânica, lubrificação, manutenção elétrica, expedição, ajudante de britagem, ajudante de rebitagem, caminhão pipa, serviços gerais, pátio de carga, cabo de fogo e usina de solos.

O céu estava aberto, com poucas nuvens e não houve chuva. Houve um desmonte no horário de almoço, então, algumas operações de lavra como escavadoras e caminhões não estavam funcionando no período da manhã.

O Quadro 2 apresenta a primeira parte dos dados de medição do dia, com os setores ou funções analisados, o código dos filtros utilizados para cada um destes, os horários iniciais (t1i) e finais (t2i) e o tempo calculado de medição no período da manhã (t1) e também os horários iniciais (t2i) e finais (t2f) e o tempo calculado de medição no período da tarde (t2), o tempo total que é a soma de (t1) e (t2).

Quadro 2 - Dados Primeiro Dia de Medição (Parte 1)

SETOR / FUNÇÃO	FILTRO CP-xx	manhã			tarde			tempo total
		t1i	t1f	t1	t2i	t2f	t2	
Oficina Mecânica	38	08:16	12:01	03:45	13:48	16:35	02:47	06:32
Lubrificação	39	08:28	12:01	03:33	13:49	16:44	02:55	06:28
Expedição	40	08:34	12:40	04:06	13:55	15:04	01:09	05:15
Ajudante de Rebitagem	41	08:38	11:37	02:59	12:55	15:59	03:04	06:03
Manutenção Elétrica	43	08:40	11:50	03:10	13:32	16:20	02:48	05:58
Caminhão Pipa	44	08:45	11:39	02:54	13:04	15:50	02:46	05:40
Serviços Gerais	45	08:48	11:36	02:48	12:59	16:23	03:24	06:12
Pátio de Carga	46	09:30	12:45	03:15	13:51	16:55	03:04	06:19
Ajudante de Britagem	47	09:18	12:06	02:48	13:45	16:56	03:11	05:59
Cabo de Fogo	48	08:50	12:51	04:01	13:31	16:20	02:49	06:50
Usina de Solos	49	09:35	12:39	03:04	13:29	16:45	03:16	06:20
Administração	52	08:18	10:38	02:20			00:00	02:20

Fonte: Arquivo Pessoal

No Quadro 2, pode-se observar que algumas células estão em negrito e sublinhados, esses cinco horários estão em destaque pois foram casos em que a bomba de amostragem parou de funcionar por algum problema na bomba ou na bateria. Então estes horários foram determinados por estimativa, levando em conta o tempo que os trabalhadores informaram aos técnicos que sentiram que a bomba não estava mais vibrando e o volume medido indicado pela bomba. O funcionário da Administração teve de se ausentar da mina para realizar um trabalho externo, portanto neste dia, só foi possível medir 2 horas e 20 minutos de exposição para este trabalhador.

O Quadro 3 apresenta a segunda parte dos dados de medição do dia, com os setores ou funções analisados, o código dos filtros utilizados para cada um destes, o volume inicial (vi), o volume final (vf) e a diferença entre (vi) e (vf) que representa o volume medido pela bomba (vb), o volume calculado multiplicando a vazão calibrada das bombas de 1,7 L/min e o tempo total de medição, a diferença percentual entre o volume calculado e o volume medido pela bomba, e por fim, a massa de particulados encontrada na análise gravimétrica de cada filtro feita pelo laboratório.

Quadro 3 - Dados Primeiro Dia de Medição (Parte 2)

SETOR / FUNÇÃO	FILTRO CP-xx	volume da bomba (L)			volume calculado (L)	diferença	massa (mg)
		vi	vf	vb			
Oficina Mecânica	38	1,2	687,3	686,1	666,40	-3,0%	0,071
Lubrificação	39	1,4	670,6	669,2	659,60	-1,5%	0,014
Expedição	40			536,3	535,50	-0,1%	0,015
Ajudante de Rebritagem	41	1,4	623,8	622,4	617,10	-0,9%	0,122
Manutenção Elétrica	43	2,6	566,4	563,8	608,60	7,4%	0,263
Caminhão Pipa	44	3	464,6	461,6	578,00	20,1%	0,043
Serviços Gerais	45	3,9	638	634,1	632,40	-0,3%	0,141
Pátio de Carga	46	1,3	648,6	647,3	644,30	-0,5%	0,024
Ajudante de Britagem	47	1,7	614,6	612,9	610,30	-0,4%	0,018
Cabo de Fogo	48	1,4	699,2	697,8	697,00	-0,1%	0,019
Usina de Solos	49	1,5	625,9	624,4	646,00	3,3%	0,016
Administração	52	1,4	263,2	261,8	238,00	-10,0%	0,015

Fonte: Arquivo Pessoal

No Quadro 3, pode-se observar que há uma célula em negrito e sublinhada, referente ao (vb) do setor de expedição, pois o volume indicado pela bomba não pode ser determinado, em função de um mal funcionamento da bomba utilizada no período da

manhã, o volume referente ao período da manhã foi estimado em função do tempo de medição, calculado pelo horário de início da medição e do horário em que o funcionário percebeu que a bomba parou de funcionar. A bomba foi trocada no período da tarde, porém, houve um problema na bateria da segunda bomba, fazendo que o horário de término de medição da tarde também fosse estimado pelo trabalhador, o volume indicado pela bomba no período da tarde, contudo, pode ser obtido. Com estas ocorrências, tanto o volume como o tempo de medição desta amostra ficaram com exatidão prejudicada.

As amostras referentes à função de Manutenção Elétrica, Caminhão Pipa e setor de Administração apresentaram uma diferença percentual significativa entre o volume indicado pela bomba e o volume calculado pelo tempo de medição. O volume a ser utilizado para cálculo da exposição, segundo NHO-08, é o calculado pelo tempo de medição. Contudo a NHO-08 também pede que a bomba seja capaz de manter a vazão constante, não variando mais que $\pm 5\%$. Como cada uma destas três amostras tiveram horário final estimado, devido à falta de bateria, não é possível determinar se o erro estaria na indicação da bomba ou na estimativa pelo trabalhador do momento em que a bomba parou de funcionar, assim, a exatidão do valor de volume coletado destas amostras também ficou prejudicada.

Na coluna de “massa” no Quadro 3, notam-se três células coloridas de amarelo, elas estão em destaque, pois estas três foram encaminhadas para a análise de sílica, já que obtiveram massa acima de 0,1 mg, que é o mínimo necessário para que seja realizada a análise por difratometria de raios X pelo método de Santos (1989).

4.2 SEGUNDO DIA DE MEDIÇÃO

No dia 22 de novembro de 2018, foram coletadas 15 amostras de poeira respirável em trabalhadores nos seguintes setores ou funções: administração, oficina mecânica, lubrificação, manutenção elétrica, expedição, ajudante de britagem, ajudante de rebritagem, caminhão pipa, pátio de carga, usina de solos, caminhão de transporte, escavadeira, perfuração, ajudante de perfuração e cabo de fogo, sendo que neste dia,

como não havia desmonte, o cabo de fogo estava executando outras atividades pela pedreira.

Pela manhã, o céu estava nublado e houve uma curta chuva, não muito forte. À tarde, o céu se abriu com algumas nuvens, não choveu. Neste dia, estavam realizando manutenção na britagem, rebritagem e em alguns caminhões.

O Quadro 4 apresenta a primeira parte dos dados de medição do dia, contendo as informações relativas ao tempo, similarmente ao Quadro 2.

Quadro 4 - Dados Segundo Dia de Medição (Parte 1)

SETOR / FUNÇÃO	FILTRO CP-xx	manhã			tarde			tempo total
		t1i	t1f	t1	t2i	t2f	t2	
Manutenção Elétrica	42	07:35	12:14	04:39	13:16	16:07	02:51	07:30
Ajudante de Rebritagem	50	07:38	11:58	04:20	13:02	16:16	03:14	07:34
Lubrificação	51	07:51	12:02	04:11	12:59	15:08	02:09	06:20
Cabo de Fogo (*)	53	07:59	13:13	05:14	13:54	15:03	01:09	06:23
Usina de Solos	54	08:03	12:05	04:02	13:04	16:10	03:06	07:08
Perfuração	55	08:07	12:55	04:48	13:47	15:50	02:03	06:51
Administração	56	08:14	11:58	03:44	14:00	16:18	02:18	06:02
Oficina Mecânica	57	08:18	13:13	04:55	13:59	15:07	01:08	06:03
Caminhão Pipa	58	08:15	<u>10:55</u>	02:40	12:39	16:01	03:22	06:02
Ajudante de Britagem	59	08:20	12:05	03:45	13:10	16:10	03:00	06:45
Ajudante de Perfuração	60	08:07	12:56	04:49	13:57	16:21	02:24	07:13
Pátio de Carga	68	08:31	13:09	04:38	13:51	16:13	02:22	07:00
Caminhão Transporte	69	09:08	12:17	03:09	13:15	16:25	03:10	06:19
Expedição	70	09:29	11:57	02:28	12:58	16:46	03:48	06:16
Escavadeira	71	09:13	12:13	03:00	13:13	16:27	03:14	06:14

Fonte: Arquivo Pessoal

No Quadro 4, observa-se que a célula referente ao horário final de medição da manhã da função de Caminhão Pipa está em negrito e sublinhada, ela foi destacada, pois a bateria da bomba acabou antes do final da coleta do período da manhã, e este horário final foi determinado por estimativa levando em conta o tempo que o trabalhador informou aos técnicos que sentiu que a bomba não estava mais vibrando e o volume medido indicado pela bomba.

O Quadro 5 apresenta a primeira parte dos dados de medição do dia, contendo as informações relativas ao volume e massa, similarmente ao Quadro 3.

Quadro 5 - Dados Segundo Dia de Medição (Parte 2)

SETOR / FUNÇÃO	FILTRO CP-xx	volume da bomba (L)			volume calculado (L)	diferença	massa (mg)
		vi	vf	vb			
Manutenção Elétrica	42	1,3	769,8	768,5	765,00	-0,5%	0,121
Ajudante de Rebitagem	50	2,5	782,7	780,2	771,80	-1,1%	0,016
Lubrificação	51	1,2	653,8	652,6	646,00	-1,0%	0,019
Cabo de Fogo (*)	53	1,2	660	658,8	651,10	-1,2%	0,149
Usina de Solos	54	3,2	732,8	729,6	727,60	-0,3%	0,036
Perfuração	55	4,5	702,8	698,3	698,70	0,1%	0,053
Administração	56	1,7	620,4	618,7	615,40	-0,5%	0,039
Oficina Mecânica	57	1,4	605,9	604,5	617,10	2,0%	0,018
Caminhão Pipa	58	3	628,8	625,8	615,40	-1,7%	0,025
Ajudante de Britagem	59	1,8	692,9	691,1	688,50	-0,4%	0,208
Ajudante de Perfuração	60	2,5	718,3	715,8	736,10	2,8%	0,035
Pátio de Carga	68	1,3	721,4	720,1	714,00	-0,9%	0,033
Caminhão Transporte	69	1,4	650	648,6	644,30	-0,7%	0,017
Expedição	70	1,5	646,8	645,3	639,20	-1,0%	0,021
Escavadeira	71	2,6	640	637,4	635,80	-0,3%	0,026

Fonte: Arquivo Pessoal

Todas amostras coletadas neste dia apresentaram uma diferença percentual menor que $\pm 5\%$. Até mesmo a amostra referente ao Caminhão Pipa, cuja bomba apresentou problema na bateria no período da manhã.

Na coluna de “massa” no Quadro 5, notam-se três células coloridas de amarelo, elas estão em destaque, pois estas três foram encaminhadas para a análise de sílica, já que obtiveram massa acima de 0,1 mg, que é o mínimo necessário para que seja realizada a análise por difratometria de raios X pelo método de Santos (1989).

4.3 TERCEIRO DIA DE MEDIÇÃO

No dia 27 de novembro de 2018, foram coletadas 13 amostras de poeira respirável em trabalhadores nos seguintes setores ou funções: administração, oficina mecânica, lubrificação, manutenção elétrica, expedição, ajudante de britagem, ajudante de rebitagem, caminhão pipa, pátio de carga, usina de solos, perfuração, ajudante de perfuração e cabo de fogo.

O dia foi ensolarado durante todo período de coleta. Houve um desmonte no horário de almoço, portanto, algumas operações de lavra como escavadoras e caminhões não estavam funcionando no período da manhã.

O Quadro 6 apresenta a primeira parte dos dados de medição do dia, contendo as informações relativas ao volume e massa, similarmente ao Quadro 2 e ao Quadro 4.

Quadro 6 - Dados Terceiro Dia de Medição (Parte 1)

SETOR / FUNÇÃO	FILTRO CP-xx	manhã			tarde			tempo total
		t1i	t1f	t1	t2i	t2f	t2	
Manutenção Elétrica	72	08:03	11:40	03:37			00:00	03:37
Caminhão Pipa	73	08:11	11:57	03:46	12:52	16:04	03:12	06:58
Perfuração	74	08:04	12:46	04:42	13:49	15:05	01:16	05:58
Ajudante de Perfuração	75	08:17	12:46	04:29	13:48	16:49	03:01	07:30
Oficina Mecânica	76	08:21	11:37	03:16	12:50	15:06	02:16	05:32
Usina de Solos	77	08:42	12:07	03:25	13:06	17:10	04:04	07:29
Lubrificação	78	08:35	11:34	02:59	12:52	16:06	03:14	06:13
Ajudante de Rebritagem	79	08:46	11:37	02:51	12:51	16:01	03:10	06:01
Pátio de Carga	80	08:53	13:10	04:17	14:07	16:59	02:52	07:09
Cabo de Fogo	81	07:41	13:38	05:57	14:16	16:58	02:42	08:39
Administração	82	07:54	12:04	04:10	14:10	16:10	02:00	06:10
Expedição	83	08:53	11:50	02:57	14:04	17:15	03:11	06:08
Ajudante de Britagem	84	09:04	12:07	03:03	14:18	16:59	02:41	05:44

Fonte: Arquivo Pessoal

No Quadro 6, pode-se observar que há duas células em negrito e sublinhadas, ambas referentes aos horários finais de medição do setor de Expedição, pois a bateria da bomba acabou antes do final da coleta do período da manhã e no período da tarde, então, os horários finais foram determinados por estimativa levando em conta o tempo que o trabalhador informou aos técnicos que sentiu que a bomba não estava mais vibrando e o volume medido indicado pela bomba. Todavia, como isto ocorreu duas vezes, a exatidão do tempo de coleta e do volume calculado para esta amostra ficou prejudicada.

O Quadro 7 apresenta a primeira parte dos dados de medição do dia, contendo as informações relativas ao volume e massa, similarmente ao Quadro 3 e ao Quadro 5.

Quadro 7 - Dados Terceiro Dia de Medição (Parte 2)

SETOR / FUNÇÃO	FILTRO CP-xx	volume da bomba (L)			volume calculado (L)	diferença	massa (mg)
		vi	vf	vb			
Manutenção Elétrica	72	1,6	374	372,4	368,90	-0,9%	0,167
Caminhão Pipa	73	1,9	720,9	719	710,60	-1,2%	0,023
Perfuração	74	2	615,5	613,5	608,60	-0,8%	0,134
Ajudante de Perfuração	75	1,2	772,8	771,6	765,00	-0,9%	0,025
Oficina Mecânica	76	4,2	570,6	566,4	564,40	-0,4%	0,02
Usina de Solos	77	377	1130	753,1	763,30	1,3%	0,089
Lubrificação	78	1,3	640	638,7	634,10	-0,7%	0,021
Ajudante de Rebitagem	79	16	624,7	608,8	613,70	0,8%	0,025
Pátio de Carga	80	1,3	737,2	735,9	729,30	-0,9%	0,022
Cabo de Fogo	81	1,8	887,6	885,8	882,30	-0,4%	0,064
Administração	82	1,9	644,2	642,3	629,00	-2,1%	0,108
Expedição	83	3	626,5	623,5	625,60	0,3%	0,051
Ajudante de Britagem	84	1,5	594,3	592,8	584,80	-1,4%	0,122

Fonte: Arquivo Pessoal

Todas amostras coletadas neste dia apresentaram uma diferença percentual menor que $\pm 5\%$. Todavia a amostra da Expedição ficou com este dado prejudicado, já que o volume indicado pela bomba foi utilizado para a estimativa do horário de término de medição duas vezes.

Na coluna de “massa” no Quadro 7, notam-se quatro células coloridas de amarelo, elas estão em destaque, pois estas três foram encaminhadas para a análise de sílica, já que obtiveram massa acima de 0,1 mg, que é o mínimo necessário para que seja realizada a análise por difratometria de raios X pelo método de Santos (1989).

4.4 ANÁLISE DE SÍLICA

As dez amostras que apresentaram massa de material particulado acima de 0,1 mg, ou seja, dentro da faixa adequada de massa para realização do método analítico Santos (1989) foram encaminhadas para difratometria de raios X. Estas foram três amostras do primeiro dia de coleta, três amostras do segundo dia, e quatro amostras do terceiro dia.

O Quadro 8 apresenta os dados da análise de sílica, incluindo os códigos dos filtros, o setor ou função analisado, o tempo de coleta, a massa de particulado (em mg), a volume coletado (em m³), a relação massa por volume (m/v) em (mg/m³), a massa de sílica determinada pelo método de difração de raios X (em mg), a relação massa de sílica por volume (em mg/m³) e o percentual de sílica na amostra (determinado pela razão entre a massa de sílica e a massa de particulado).

Quadro 8 - Dados da Análise de Sílica

FILTRO CP-xx	SETOR / FUNÇÃO	tempo de coleta	massa (mg)	volume (m ³)	m/v (mg/m ³)	massa de sílica (mg)	m/v sílica (mg/m ³)	%sílica
41	Ajudante de Rebitagem 6/nov	06:03	0,122	0,6171	0,198	0,041	0,066	33,4%
43	Manutenção Elétrica 6/nov	05:58	0,263	0,6086	0,432	0,095	0,155	36,0%
45	Serviços Gerais 6/nov	06:12	0,141	0,6324	0,223	0,016	0,026	11,7%
42	Manutenção Elétrica 22/nov	07:30	0,121	0,7650	0,158	0,012	0,016	10,3%
53	Cabo de Fogo (*) 22/nov	06:23	0,149	0,6511	0,229	0,006	0,009	4,1%
59	Ajudante de Britagem 22/nov	06:45	0,208	0,6885	0,302	0,077	0,112	36,9%
72	Manutenção Elétrica 27/nov	03:37	0,167	0,3689	0,453	0,003	0,007	1,5%
74	Perfuração 27/nov	05:58	0,134	0,6086	0,220	0,008	0,014	6,3%
82	Administração 27/nov	06:10	0,108	0,6290	0,172	0,000	0,000	0,0%
84	Ajudante de Britagem 27/nov	05:44	0,122	0,5848	0,209	0,009	0,016	7,7%

Fonte: Arquivo Pessoal

As células em amarelo, referentes à massa de sílica das amostras cujos códigos dos filtros são CP-43 e CP-59 estão em destaque pois apresentam os dois maiores valores encontrados tanto de massa de material particulado respirável, como de massa de sílica respirável.

4.5 COMPARAÇÃO COM OS LIMITES DA ACGIH E NR-15

Com os dados do Quadro 8, foi possível construir o Quadro 9, que apresenta a relação (em percentual) entre a exposição a sílica encontrada nas análises e os limites de exposição da ACGIH e NR-15. O limite da ACGIH é sempre 0,025 mg/m³ de sílica, enquanto que o limite da NR-15 é sobre a exposição de poeira respirável, e varia, devendo ser calculado em função do percentual de massa de sílica.

Quadro 9 - Comparação com Limites da ACGIH e NR-15

FILTRO	SETOR / FUNÇÃO	tempo de coleta	m/v sílica (mg/m ³)	%sílica	ACGIH	LIMITE NR-15	NR-15
41	Ajudante de Rebitagem 6/nov	06:03	0,066	33,4%	264%	0,2262	87%
43	Manutenção Elétrica 6/nov	05:58	0,155	36,0%	622%	0,2107	205%
45	Serviços Gerais 6/nov	06:12	0,026	11,7%	104%	0,5850	38%
42	Manutenção Elétrica 22/nov	07:30	0,016	10,3%	65%	0,6529	24%
53	Cabo de Fogo (*) 22/nov	06:23	0,009	4,1%	37%	1,3210	17%
59	Ajudante de Britagem 22/nov	06:45	0,112	36,9%	446%	0,2056	147%
72	Manutenção Elétrica 27/nov	03:37	0,007	1,5%	27%	2,2748	20%
74	Perfuração 27/nov	05:58	0,014	6,3%	56%	0,9606	23%
82	Administração 27/nov	06:10	0,000	0,0%	0%	4,0000	4%
84	Ajudante de Britagem 27/nov	05:44	0,016	7,7%	64%	0,8238	25%

Fonte: Arquivo Pessoal

Com isto, vê-se que a ACGIH é mais restritiva que a NR-15, já que o limite de tolerância da ACGIH foi excedido para quatro amostras: a amostra do Ajudante de Rebitagem em 6 de novembro do Ajudante de Britagem em 22 de novembro, a amostra do trabalhador de Manutenção em 6 de novembro e a amostra do trabalhador de Serviços Gerais também em 6 de novembro, enquanto que o limite da NR-15 foi excedido para duas amostras: a amostra do Ajudante de Britagem em 22 de novembro e a amostra do trabalhador de Manutenção Elétrica em 6 de novembro.

O nível de ação da ACGIH também foi excedido nas amostras do trabalhador de Manutenção Elétrica em 22 de novembro, do trabalhador de Perfuração em 27 de novembro e do Ajudante de Britagem em 27 de novembro.

4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Das 40 amostras coletadas, apenas 10 apresentaram a massa mínima suficiente para que fosse determinada massa de sílica cristalina nas amostras. Isso pode indicar que as medidas de controle da empresa como umidificação das vias com caminhão pipa durante toda a jornada de trabalho e umectação do material na britagem e classificação estão surtindo efeito.

Todavia, como o limite da ACGIH foi excedido em quatro casos, e o nível de ação foi excedido em outros três casos, recomenda-se que mais análises sejam realizadas com os trabalhadores destas funções para caracterizar melhor o perfil de exposição, e ao se confirmar que estas exposições estão acima do nível de ação, é imprescindível que sejam aplicadas medidas corretivas para o controle da exposição destes trabalhadores conforme a NR-9.

Analisando a máscara recomendada a ser utilizada, a maior exposição encontrada entre as análises foi 622% do limite de tolerância da ACGIH, ou seja, 6,22 vezes o limite. Frente a isso, acredita-se que as exposições estejam abaixo de até 10 vezes o limite de tolerância, caso em que o Programa de Proteção Respiratória da Fundacentro indica que seja selecionado no mínimo uma máscara de proteção semifacial PFF2, que de fato é a máscara fornecida aos trabalhadores pela empresa.

A Dra. Ana Maria Tibiriçá Bon, em sua tese de doutorado, afirma que os PFF3 seriam mais adequados para exposições à sílica (BON, 2006) e em entrevista (informação verbal¹), ela reitera essa recomendação, devido à carcinogenicidade da sílica cristalina. Por outro lado, o Prof. MsC. Antonio Vladimir Vieira, coautor do livro Manual de Proteção Respiratória (TORLONI; VIEIRA, 2003) e do Programa de Proteção Respiratória da Fundacentro (TORLONI et al., 2016) comenta (informação verbal²) que as PFF3, embora possam oferecer um maior fator de proteção se utilizadas adequadamente, possuem maior resistência mecânica, e desta forma, seu uso durante atividades de trabalho que requerem muita movimentação poderia acarretar o deslocamento da máscara, e fazer com que a vedação não seja adequada.

Sabe-se, no entanto que EPIs são o menor nível de uma hierarquia de controles, sendo que a eliminação, redução e controles ou barreiras de engenharia são todos mais efetivos. De fato, para a operação de uma pedreira, a eliminação do risco se tornaria impraticável. E a redução da exposição tem sido tentada pela empresa, ao se criar cabines de operação para a britagem primária e secundária. E os controles de engenharia tem sido aplicados, por exemplo, ao escolher caminhões e escavadeiras

¹ Conversa por telefone com a Dra. Ana Maria Tibiriçá Bom realizada em março de 2019.

² Considerações feitas pelo Prof. MsC. Antonio Vladimir Vieira em sua arguição durante a defesa desta monografia realizada em maio de 2019.

com cabine fechada, com ar condicionado, para separar fisicamente o trabalhador do agente.

A grande movimentação dos trabalhadores dentro da pedreira dificulta o estabelecimento de controles apenas para algumas funções, e como a dispersão da poeira depende fortemente de variáveis de pouco controle como temperatura, umidade, precipitação e ventos, a indicação mais adequada seria da utilização de máscara pelos trabalhadores sempre que não estiverem em ambiente fechado.

Esta movimentação e a variabilidade da dispersão do material particulado também podem explicar a variação encontrada nos percentuais de sílica das amostras, dado que foram encontrados percentuais variando de 1,5% até 36,9%. No setor de administração, não foi encontrada sílica pela difratometria de raios X, porém como esta foi somente uma amostra, não é suficiente para afirmar que não há exposição neste setor.

5 CONCLUSÃO

O objetivo do trabalho de realização de uma análise da exposição de trabalhadores de uma pedreira à sílica respirável foi atingido.

Para estudos futuros, recomenda-se fazer coletas de período mais extenso que seis horas, para tentar atingir massa suficiente para determinação do percentual de sílica em mais amostras.

REFERÊNCIAS

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNAMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH). **Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs)** – Documentation. Tradução da Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais (ABHO). São Paulo: ABHO, 2018. 296 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7211:** Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9935:** Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO (ANEPAC). **O Mercado de Agregados no Brasil** – Panorama e Perspectivas para o Setor de Agregados para Construção. 2015. Disponível em: < http://www.anepac.org.br/agregados/mercado/item/download/69_04062b071b7171f3481b7a0e8f36f5ac >. Acesso em: 05 mar. 2019.

BEZERRA, M. E. P. A. **Caracterização da Exposição Ocupacional à Poeira de Pedra Sabão Gerada na Produção de Artesanatos na Região de Ouro Preto e Mariana, Minas Gerais**. 2018. 107 p. Dissertação (Mestrado) – Fundacentro, São Paulo, 2018.

BON, A. M. T. **Exposição ocupacional à sílica e silicose entre trabalhadores de marmorarias, no Município de São Paulo**. 2006. 188 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BRASIL. **Decreto nº 4.882, de 18 de novembro de 2003**. Altera dispositivos do Regulamento da Previdência Social, aprovado pelo Decreto nº 3.048, de 6 de maio de 1999. Brasília: Governo Federal, 2003. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4882.htm > . Acesso em: 09 mar. 2019

BRASIL. **Anuário Estatístico da Previdência Social 2017**. Brasília: Secretaria de Previdência, 2018a.

BRASIL. **Norma Regulamentadora nº 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**. Estabelecida pela Portaria MTb n.º 3.214, de 08 de junho de 1978. Última alteração/atualização pela Portaria MTb nº 871, de 06 de julho de 2017. Brasília: Secretaria do Trabalho do Ministério da Economia, 2017. Disponível em: < https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-09.pdf >. Acesso em: 10 mar. 2019.

BRASIL. **Norma Regulamentadora nº 15 – Atividades e Operações Insalubres**. Estabelecida pela Portaria MTb n.º 3.214, de 08 de junho de 1978. Última alteração/atualização pela Portaria MTb nº 1.084, de 18 de dezembro de 2018. Brasília: Secretaria do Trabalho do Ministério da Economia, 2018b. Disponível em:

<https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-15.pdf>.
Acesso em: 10 mar. 2019.

CAZALI, G. C. **Implementação da Ferramenta Workplace Risk Assessment and Control (WRAC) para Avaliação de Riscos em uma Pedreira**. 2018. 42 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Minas – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

DARLING, D. **Encyclopedia of Science - Pneumoconiosis**. The Worlds of David Darling. 2014. Disponível em: <<http://www.daviddarling.info/encyclopedia/P/pneumoconiosis.html>>. Acesso em: 06 mar. 2019

DAVIS, G. S. **The Pathogenesis of Silicosis**. CHEST Journal - American College of Chest Physicians, v. 89, n. 3, p. 166s-169s, 1986. Disponível em: <[https://journal.chestnet.org/article/S0012-3692\(15\)43752-3/fulltext](https://journal.chestnet.org/article/S0012-3692(15)43752-3/fulltext)>. Acesso em: 05 mar. 2019.

FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional 03 (NHO-03): Análise Gravimétrica de Aerodispersóides Sólidos Coletados sobre Filtros e Membrana**. São Paulo, Fundacentro, 2001.

FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional 07 (NHO-07): Calibração de Bombas de Amostragem pelo Método da Bolha de Sabão**. São Paulo, Fundacentro, 2002.

FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional 08 (NHO-08): Coleta de Material Particulado Sólidos Suspenso no Ar de Ambientes de Trabalho**. São Paulo, Fundacentro, 2007.

GOMES, L. S.; FURTADO, A. C. R.; SOUZA, M. C. **A Sílica e suas Particularidades**. Revista Virtual de Química, v. 10, n. 4, p. 1018-1038, 2018. Disponível em: <<http://rvq.sbq.org.br/imagebank/pdf/v10n4a19.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2019.

GRUENZNER, G. **Avaliação da Poeira de Sílica: Um Estudo de Caso em uma Pedreira na Região Metropolitana de São Paulo**. 2003. 93 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

HEISERMAN, D. L. **Exploring Chemical Elements and Their Compounds**. Blue Ridge Summit, PA, Estados Unidos da América: TAB Books, 1992. 388 p. Disponível em: <https://openlibrary.org/books/OL1539191M/Exploring_chemical_elements_and_their_compounds>. Acesso em 05 mar. 2019.

LEVORSEN, A. I. **Geology of Petroleum**. 1. Ed. New Delhi: CBS Publisher & Distributors, 1985. p. 3-13.

LINS, F. A. F. Panorama da Produção e Consumo de Rochas e Minerais Industriais no Brasil. In: LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. (Org.). **Rochas e Minerais Industriais**. Rio de Janeiro: CETEM, 2005, cap. 1, p. 11-30.

LUZ, A. B. Introdução. In: LUZ, A. B.; ALMEIDA, S. L. M. (Org.). **Manual de Agregados para Construção Civil**. Rio de Janeiro: CETEM, 2012, cap. 1, p. 1-6.

LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M. (Org.). **Tratamento de Minérios**. Rio de Janeiro: CETEM, 2004.

NICKEL, E. H. **The Definition of a Mineral**. The Canadian Mineralogist, v. 33, p. 689-690, 1995.

OLIVEIRA, M. de. **Minerais e Rochas**. 2018. Disponível em: <<http://moises-de-oliveira.blogspot.com/2018/06/recursos-minerais.html>>. Acesso em: 16 fev. 2019.

PECK, D. B. **What is a mineral?** Hudson Institute of Mineralogy, 2017. Disponível em: <https://www.mindat.org/a/what_is_a_mineral>. Acesso em: 16 fev. 2019.

REVISTA AREIA E BRITA. Belo Horizonte: Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção (ANEPAC), ed. 69, out. - dez. 2016. 44 p.

SANTOS, A. M. A. **Determinação Quantitativa de Sílica Livre Cristalizada por Difração de Raios X**. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, n. 65, v. 17, p. 55-59, 1989.

TEIXEIRA, W. et al (Org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

TORLONI, M.; VIEIRA, A. V. **Manual de Proteção Respiratória**. São Paulo: Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais (ABHO), 2003.

TORLONI, M. et al. **Programa de Proteção Respiratória: recomendações, seleção e uso de respiradores**. São Paulo: Fundacentro, 2016.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica Programa de Educação Continuada. **Higiene do Trabalho- Parte A**. Epusp- EAD/ PECE, 2019. 157p.

VALVERDE, F. M. Agregados para Construção Civil. In: DNPM. **Balanco Mineral Brasileiro 2001**. 2001. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/dnpm/paginas/balanco-mineral/arquivos/balanco-mineral-brasileiro-2001>>. Acesso em: 04 mar. 2019.

VALVERDE, F. M. **Desafios da Mineração de Agregados para Construção no Brasil**. In: 3ª Semana "ABM WEEK" da Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração. São Paulo: 05 out. 2017 Disponível em: < <https://www.abmbrasil.com.br/download/file/desafios-da-mineracao-de-agregados-para-construcao-no-brasil>>. Acesso em: 04 mar. 2019.

VALVERDE, F. M. **Mercado de Agregados no Estado de São Paulo**. In: Reunião Plenária do Departamento da Indústria da Construção (DECONCIC) da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP). São Paulo: nov. 2018. Disponível em: <<http://www.anepac.org.br/palestras/Mercado-de-Agregados-SP-Fernando-Valverde-Deconcic2018.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2019.

ANEXO 1 – DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DOS TRABALHADORES

Ajudante de Britagem

Executar serviços de Ajudante de Britagem a ser realizado conforme capacitação, permissões e demais treinamentos. Ajudar nos diversos setores da britagem conforme necessidade do dia-a-dia, obedecendo sempre os limites de capacitação física, capacitação intelectual, as regras de segurança do setor e/ou GHE, e estando sob a orientação do encarregado ou responsável local. Auxiliar na rotina de produção, manutenção preventiva e corretiva da instalação, na troca de telas, roletes, mandíbulas, raspadores e outros itens de desgaste. Realizar ajustes, sinalizações, limpezas e outras tarefas de auxílio que lhe forem atribuídas relacionadas e organização, manutenção e limpeza das áreas da britagem. Em momentos em que não houver disponibilidade ou necessidade de atuação como Ajudante, poderá executar treinamento em operação ou serviços externos de apoio na britagem ou em outras áreas da empresa, obedecendo sempre os limites de capacitação física, capacitação intelectual, as regras de segurança do setor e/ou GHE, e estando sempre sob a orientação do encarregado ou responsável local para futura capacitação.

Operador de Britagem

Executar serviços de Operador de Britagem a ser realizado conforme capacitação, permissões e demais treinamentos. Operar os comandos da britagem na cabine de operação, seguindo a coordenação do encarregado e auxiliando na orientação dos demais funcionários na produção de brita e/ou areia. Verificar as condições dos transportadores, britadores, peneiras e qualidade do produto produzido. Auxiliar na limpeza e manutenção preventiva e corretiva da instalação, na troca de telas, roletes, mandíbulas e outros itens de desgaste.

Eletricista

Executar serviços de Eletricista a ser realizado conforme capacitação, permissões e demais treinamentos. Executar a manutenção preventiva e corretiva de máquinas, instalações e equipamentos elétricos, ajustando, reparando ou substituindo peças, conjuntos ou componentes elétricos com o uso de ferramentas apropriadas e instrumentos de medição. Realizar os trabalhos preferencialmente nas instalações desenergizadas e caso ocorram trabalhos em ambiente energizado e em manutenções em cabine primárias, executar sempre sob orientação do engenheiro elétrico e com todos os equipamentos de proteção individual e coletivos obrigatórios para este tipo de serviço. Executar acompanhamento do rendimento dos equipamentos e vida útil dos materiais elétricos de desgaste, e trabalhar junto com a engenharia e produção em atividades em novas instalações e em manutenções, participando no desenvolvimento de processos, realizando projetos e sistemas elétricos. Como possui o conhecimento da instalação e seus componentes operacionais, poderá executar serviços de apoio no beneficiamento na operação dos painéis de comando internamente nas cabines da britagem, monitorando o processo por vídeo e controlando equipamentos por botões de acionamento.

Lubrificador

Executar serviços de Lubrificador a ser realizado conforme capacitação, permissões e demais treinamentos. Executar as rotinas de lubrificação de veículos, máquinas e equipamentos. Executar conferências de nível e trocas de óleo e graxa, lavagem e limpeza dos equipamentos e componentes, conferência e acerto de calibragem de pneus e abastecimento da frota com diesel no posto ou no comboio. Manter a área de trabalho e a caixa de separação água e óleo(SAO) limpas e organizadas, obedecendo as normas ambientais para o manuseio e descarte de graxas e óleos, inclusive seus recipientes. Auxiliar os mecânicos com a investigação e avaliação de possíveis problemas nos equipamentos. Executar acompanhamento do rendimento dos equipamentos e vida útil do material de desgaste, e trabalhar junto com a engenharia, encarregados, depts. da produção e almoxarifado nos contatos com fornecedores e determinação de itens com melhor custo benefício para a empresa.

Mecânico

Executar serviços de Mecânico a ser realizado conforme capacitação, permissões e demais treinamentos. Executar rotina de mecânico na manutenção preventiva e corretiva de caminhões e máquinas, reparando, calibrando, substituindo e ajustando peças e componentes, utilizando ferramentas, bancadas ou outros equipamentos adequados para assegurar a esses equipamentos condições de funcionamento regular. Preparar e preencher controles de manutenção. Manter as áreas de trabalho limpas e organizadas, obedecendo as normas ambientais para o manuseio e descarte de graxas e óleos, inclusive seus recipientes. Trabalhar em conjunto com os encarregados e lubrificadores

com a investigação, avaliação e correção de possíveis problemas nos equipamentos. Trabalhar junto à encarregados, depts. da produção e almoxarifado para solicitações de peças e avaliação de durabilidade e qualidade de peças de desgaste.

Motorista

Executa serviços de Motorista em veículo específico conforme capacitação que possui em carteira (CNH) e demais treinamentos. Quando lotado no setor de Lavra, executa a condução de veículo automotor tipo "Fora de Estrada" abastecido de pedra oriunda das frentes produtivas destinadas ao beneficiamento. Quando lotado no setor do beneficiamento executa o serviço de descarregamento dos silos e desgarga em pilhas de estoque. Pode também conduzir veículo automotivo tipo irrigadeira para umidificação das vias internas e externas da empresa. Executa seu trabalho seguindo orientação do encarregado do setor a que estiver subordinado e realizar corretamente a marcação do serviço executado e dos problemas encontrados em relatórios específicos diários de operação e manutenção.

Operador de máquinas

Executar serviços de Operador de máquinas a ser realizado conforme capacitação que possui na carteira de habilitação (CNH), permissões e demais treinamentos. Operar máquinas ou equipamentos (carregadeira, escavadeiras) montados sobre rodas ou esteiras e providos de caçamba móvel. Conduzir tais equipamentos e operar seus comandos de escavação e elevação, para movimentar terra, pedra, areia, cascalho e materiais análogos. Quando capacitado, operar escavadeira provida de rompedor hidráulico para quebra de blocos de rocha na área de lavra. Executar seu trabalho seguindo orientação do encarregado do setor a que estiver subordinado e realizar corretamente a marcação do serviço executado e dos problemas encontrados em relatórios específicos diários de operação e manutenção.

Operador de Perfuratriz

Executar serviços de Operador de Perfuratriz conforme capacitação, permissões e demais treinamentos. Operar a perfuratriz para executar serviços de perfuração de rocha em bancada ou blocos (matacos), seguindo informações de malha descritas pelo encarregado ou pela engenharia no plano de perfuração. Executar o processo de perfuração de rocha, limpando a área a ser perfurada, na manobra e posicionamento das máquinas e das ferramentas de perfuração. Executar a manutenção preventiva das máquinas e ferramentas de perfuração (brocas, bits, punhos e hastes). Auxiliar na marcação e no nivelamento da malha de perfuração.

Ajudante de Serviços Gerais

Executar serviços de Ajudante a ser realizado conforme capacitação, permissões e demais treinamentos, seguindo a orientação do encarregado de serviços gerais. Ajudar nos diversos setores da empresa conforme necessidade do dia-a-dia, obedecendo sempre os limites de capacitação física, capacitação intelectual, as regras de segurança do setor e/ou GHE, e estando sob a orientação do encarregado ou responsável local. Auxiliar na rotina, operação, manutenção, pinturas, cortes, montagens, construções, ajustes, sinalizações e outras tarefas de auxílio que lhe forem atribuídas relacionadas e organização e limpeza dos diversos setores. Em momentos em que não houver disponibilidade ou necessidade de atuação como Ajudante, poderá executar treinamento em operação ou serviços externos de apoio em outras áreas da empresa, obedecendo sempre os limites de capacitação física, capacitação intelectual, as regras de segurança do setor e/ou GHE, e estando sob a orientação do encarregado ou responsável local para futura capacitação.

Soldador

Executar serviços de Soldador a ser realizado conforme capacitação, permissões e demais treinamentos. Executar serviços de solda, corte e acabamentos em geral com máquinas de solda, maçaricos e lixadeiras. Atuar em oficina de manutenção ou na manutenção e nos diversos setores da produção obedecendo sempre as regras de segurança do setor e/ou GHE. Seguir orientações da engenharia ou dos encarregados dos trabalhos e dos locais onde os serviços serão executados. Auxiliar na manutenção preventiva e corretiva nas instalações de Britagem nas trocas de telas, chaparias, mandíbulas e outros materiais de desgaste das instalações.

Cabo de Fogo

Executar serviços de Cabo de Fogo conforme capacitação, permissões e demais treinamentos. Avaliar condições da bancada, realizar marcação da malha, trabalhar nos processos de preparação, execução e controle do desmonte de rocha em bancadas ou blocos (matacos). Seguir os procedimentos do Plano de Segurança para utilização de explosivos. Realizar acompanhamento e suporte do processo de perfuração. Trabalhar sempre sob orientação do Encarregado local e/ou Engenheiro responsável. Excepcionalmente, poderá executar serviços de apoio na perfuração ou em outras áreas da empresa, obedecendo sempre os limites de capacitação física, capacitação intelectual, as regras de segurança do setor e/ou GHE, e estando sob a orientação do encarregado, responsável local ou segurança.

ANEXO 2 – RELATÓRIO DA ANÁLISE GRAVIMÉTRICA

Laboratório de Microscopia,
Gravimetria e Difratomia de Raios X

RESULTADO DE ANÁLISE GRAVIMÉTRICA	Nº 00644 Folha 01/03
--	-------------------------

SOLICITANTE			
<small>UNIDADE/REGIONAL</small> CHT/Setor de Instrumentação			
<small>TÉCNICO SOLICITANTE</small> Teresa C. Nathan O. Pinto	<small>DATA DE COLETA DAS AMOSTRAS</small> 06, 22 e 27/11/2018	<small>DOCUMENTO DE REFERÊNCIA</small> Solicitação de Análise	<small>DATA DA ENTRADA</small> 04/12/2018
<small>MATERIAL RECEBIDO</small> Amostras ambientais de poeira, coletadas sobre filtros de membrana de PVC, pré-pesados, preparados e codificados pelo Laboratório de Microscopia, Gravimetria e Difratomia de Raios X da CHT/FUNDACENTRO/CTN, recebidas sem sinais de violação.			
<small>LOCAL DA COLETA</small> ██████████ Pedreira de Granito ██████████			
<small>INFORMAÇÕES COMPLEMENTARE</small> Projeto de atendimento à demanda não prevista. DTe 001.2018 “Plano de Apoio Técnico da Diretoria Técnica – PATC – Programa de Apoio Técnico e Científico.			

PROCEDIMENTOS ADOTADOS
<ol style="list-style-type: none"> 1. Métodos analíticos utilizados: <ul style="list-style-type: none"> • NHO-03: Análise gravimétrica de aerodispersóides sólidos coletados sobre filtros de membrana. 2. As amostras são guardadas por 6 meses a partir da data da emissão dos resultados.

Laboratório de Microscopia,
Gravimetria e Difractometria de Raios X

RESULTADO DE ANÁLISE GRAVIMÉTRICA				Nº 00644 Folha 02/03
LOCAL/PONTO/FUNÇÃO	CÓD. DO FILTRO	TIPO DE POEIRA	MASSA (mg)	OBSERVAÇÕES
Oficina Mecânica	Cp-38	R	0,071	-
Lubrificação	Cp-39	R	0,014	-
Expedição	Cp-40	R	0,015	-
Ajud. Rebrit.	Cp-41	R	0,122	-
Manut. Elétrica	Cp-42	R	0,121	-
Manut. Elétrica	Cp-43	R	0,263	-
Caminhão Pipa	Cp-44	R	0,043	-
Serviços Gerais	Cp-45	R	0,141	-
Pátio Carga	Cp-46	R	0,024	-
Ajud. Britagem	Cp-47	R	0,018	-
Cabo de Fogo	Cp-48	R	0,019	-
Usina de Solos	Cp-49	R	0,016	-
Ajud. Rebrit.	Cp-50	R	0,016	-
Lubrificação	Cp-51	R	0,019	-
Administrativo	Cp-52	R	0,015	-
Encarregado	Cp-53	R	0,149	-
Usina de Solos	Cp-54	R	0,036	-
Perfuratriz	Cp-55	R	0,053	-
Adm.	Cp-56	R	0,039	-
Oficina Mecânica	Cp-57	R	0,018	-
Caminhão Pipa	Cp-58	R	0,025	-
Ajud. Britagem	Cp-59	R	0,208	-
Ajud. Perfuratriz	Cp-60	R	0,035	-
Pátio Carga	Cp-68	R	0,033	-
Caminhão	Cp-69	R	0,017	-
Expedição	Cp-70	R	0,021	-
Escavadeira	Cp-71	R	0,026	-
Manut. Elétrica	Cp-72	R	0,167	-
Caminhão Pipa	Cp-73	R	0,023	-
Perfuratriz	Cp-74	R	0,134	-

Laboratório de Microscopia,
Gravimetria e Difractometria de Raios X

RESULTADO DE ANÁLISE GRAVIMÉTRICA				Nº 00644 Folha 03/03
<i>LOCAL/PONTO/FUNÇÃO</i>	<i>COD. DO FILTRO</i>	<i>TIPO DE POEIRA</i>	<i>MASSA (mg)</i>	<i>OBSERVAÇÕES</i>
Ajud. Perfuratriz	Cp-75	R	0,025	-
Oficina Mecânica	Cp-76	R	0,020	-
Britagem	Cp-77	R	0,089	-
Lubrificação	Cp-78	R	0,021	-
Ajud. Rebrit	Cp-79	R	0,025	-
Pátio Carga	Cp-80	R	0,022	-
Cabo de Fogo	Cp-81	R	0,064	-
Administrativo	Cp-82	R	0,108	-
Expedição	Cp-83	R	0,051	-
Ajud. Britagem	Cp-84	R	0,122	-

COMENTÁRIOS:

NOTA

A coleta, a estratégia de amostragem e a representatividade das amostras são de inteira responsabilidade do solicitante.

EQUIPE DE ANÁLISE:

Leila Cristina Alves Lima
Ana Maria Tibiriçá Bon (Interpretação dos resultados – trabalho voluntário)

São Paulo, 11 de janeiro de 2019

Patricia Moura Dias
Coordenadora do LMGD

Walter dos Reis Pedreira Filho
Gerente da CHT