

MURILO BELLATO BIRAL

AVALIAÇÃO E ANÁLISE QUÍMICA DE SILICA CRISTALIZADA
NAS ATIVIDADES EM PEDREIRA

SÃO PAULO

2018

MURILO BELLATO BIRAL

AVALIAÇÃO E ANÁLISE QUÍMICA DE SILICA CRISTALIZADA
NAS ATIVIDADES EM 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

2018

Dedico este trabalho a minha família,
em especial aos meus pais, e a todos
que direta ou indiretamente me
apoiaram nesta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço este trabalho primeiramente a Deus, e a minha família pelo apoio e condições que propiciaram a elaboração deste trabalho.

Especialmente aos meus pais, Vera e Evandro, que diante de todos os obstáculos e adversidades, colaboraram para que se torne possível este trabalho.

A minha namorada pela paciência e compreensão.

A minha tia, Josete, pela colaboração ao presente trabalho.

Aos professores do curso de pós-graduação de Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade de São Paulo, através da Escola Politécnica, que passaram seus conhecimentos e experiências.

A empresa Ambiental, por ter fornecido informações e conhecimentos, contribuindo relevantemente para a elaboração do trabalho.

O trabalho com qualidade, respeito ao meio ambiente e segurança, gera progresso e confiança.

(Fabricio Angelis Pires)

RESUMO

A atividade de mineração existe há milênios, bem como os acidentes e doenças ocupacionais inerentes a essa prática e ao material a ser extraído. Mesmo com a evolução tecnológica e científica dos conhecimentos relacionados ao ambiente de trabalho, ainda no ano de 2018, milhares de pessoas sofrem problemas respiratórios ou encontram-se expostas com risco a sua saúde e vida. Por esse caminho, este trabalho objetiva verificar, de modo quantitativo, as condições de trabalho em que se encontram os trabalhadores expostos à sílica cristalizada nas atividades de um empreendimento de mineração de pedra britada, basalto. A forma mais comum de sílica livre encontrada na natureza é o quartzo, sendo extremamente tóxica para o macrófago alveolar, sendo classificada como suspeita de ser cancerígena para o ser humano. Utilizou-se para isso o método de amostragem de químicos, utilizado e aprovado pela NIOSH, sendo realizada a análise química em um laboratório especializado. Diante dos resultados das análises, verificou-se que as atividades encontram-se atendendo à normatização brasileira, Norma Regulamentadora 15, e as recomendações da ACGIH. Nessas circunstâncias, cumprem as recomendações para os casos em que as atividades encontram-se acima do nível de ação estabelecido, com ações de eliminação, redução, engenharia, administrativas e no indivíduo, atendendo à hierarquia de controle. Conclui-se que, para alguns casos de trabalhadores em exposição ao risco de sílica cristalizada e poeiras respiráveis, são necessárias ações de controle e monitoramento, ambiental/ocupacional e biológico.

Palavra-chave: NR 15; Sílica Cristalizada; Mineração de Pedra Britada.

ABSTRACT

Mining activity has existed for millennia, as well as the occupational accidents and diseases inherent in this practice and the material to be extracted. Even with the technological and scientific evolution of knowledge related to environmental preservation, still in the year 2018, thousands of people suffer respiratory problems or are exposed - in work environments - at risk to their health and lives. In this thus, this study aims to verify, in a quantitative way, the working conditions and workers who are exposed to crystallized silica in the activities of the enterprise of mining of stone brita. The most common form of silica is quartz, being extremely toxic to the alveolar macrophage, being classified as suspected to be a cancer for the human being. The chemical sampling method, used and approved by NIOSH, was used for this purpose, and a chemical analysis was performed in a specialized laboratory. In view of the results of the analyzes, it was verified that the activities are meeting Brazilian standards, Regulatory Standard 15, and the ACGIH recommendations. In these circumstances, they comply with the recommendations for cases where activities are above the established level of action, with elimination, reduction, engineering, administrative and individual actions, taking into account the hierarchy of control. It is concluded that, for some cases of workers exposed to the risk of crystallized silica and respirable dust, control and monitoring actions, environmental / occupational and biological.

Keyword: NR 15; Crystallized Silica; Mining of Britada stone.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Número de beneficiados pelo auxílio-acidente pela Previdência Social. .	16
Figura 02 - Número de beneficiados pelo auxílio doença pela Previdência Social. ..	16
Figura 03 - Valor dos beneficiados pelo auxílio-acidente da Previdência Social.....	17
Figura 04 - Valor dos beneficiados pelo auxílio-doença da Previdência Social.	17
Figura 05 - Índices de doenças exclusivamente no aparelho respiratório.....	17
Figura 06 - Comparativo dos Limites de Tolerância da NR-15 e ACHIG para Algumas Substâncias Químicas.....	26
Figura 07 - Figura Aérea da Mineradora em Estudo.	32
Figura 08 - Imagens da lavra de mineração.....	33
Figura 09 - Perfil da lavra.	33
Figura 10 - Carregamento do caminhão com escavadeira.....	34
Figura 11 - Figura de um dos britadores	34
Figura 12 - Britador em operação.....	35
Figura 13 - Produto final da pedra britada e caminhão para carregamento.	35
Figura 14 - Carregamento da carreta com pá carregadeira.	36
Figura 15 - Carregamento de caminhão carreta com pá carregadeira.....	36
Figura 16 - Calibração da bomba de amostragem para ciclone de nylon.	39
Figura 17 - Calibração da bomba de amostragem para ciclone de alumínio.	39
Figura 18 - Foto dos equipamentos instalados nos colaboradores.	42
Figura 19 - Vazão das bombas de amostragem.	43
Figura 20 - Resultados das avaliações de químicos.	45
Figura 09 - Comparativo dos limites de tolerância, NR-15 e ACGIH.....	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVO.....	11
1.2	JUSTIFICATIVA	12
2	REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DAS DOENÇAS DE TRABALHO.....	13
2.2	ACIDENTES E DOENÇAS OCUPACIONAIS NO BRASIL.....	15
2.3	SEGURANÇA, HIGIENE E SAÚDE DO TRABALHO	18
2.3.1	Segurança do trabalho	18
2.3.2	Higiene ocupacional.....	18
2.3.3	Conceituação de Saúde	19
2.4	DOENÇA OCUPACIONAL	19
2.5	CATEGORIA DE RISCO	20
2.6	SÍLICA LIVRE CRISTALIZADA	22
2.7	AERODISPERSÓIDES.....	23
2.8	LIMITES DE TOLERÂNCIA E NÍVEL DE AÇÃO	25
2.9	LOCAL DE ESTUDO.....	32
3	MÉTODOS E EQUIPAMENTOS	32
3.1	NORMATIZAÇÃO PARA ANÁLISE E RESULTADOS	28
3.2	CALCULOS DE AMOSTRAGEM, CORREÇÕES E LIMITES	29
3.2.1	Exposição média ponderada pelo tempo (TWA).....	29
3.2.2	Correção dos limites de exposição pela ACGIH	29
3.2.3	Calculo da porcentagem de quartzo	30
3.3	FUNÇÕES A SEREM AVALIADAS.....	37
3.4	ESTRUTURAÇÃO E CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	38
3.4.1	Equipamentos utilizados	38

3.4.2	Metodologia de calibração.....	38
3.4.2.1	Calibração inicial.....	38
3.4.2.2	Calibração final.....	40
3.5	LEVANTAMENTO DE CAMPO	41
3.6	RESULTADOS PRÉ-LABORATORIAL	Error! Bookmark not defined.
3.6.1	Verificação de atendimento à calibração	43
3.6.2	Calculo dos volumes amostrados.....	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
5	CONCLUSÃO.....	49
	REFERÊNCIAS.....	51
	ANEXO I.....	54

1 INTRODUÇÃO

A problemática acerca das atividades desenvolvidas em mineradoras, abrangendo diversificados métodos de mineração e de minerais extraídos, é relatada e conhecida há milênios. Os acidentes do trabalho e as doenças ocupacionais compõem, até hoje, um dos maiores problemas relatados e registrados no Ministério do Trabalho, apresentando alto custo e impactos para o Estado brasileiro e sua sociedade. (BRASIL, 2016).

Embora os problemas das atividades de mineração sejam bastante explorados, divulgados e de factíveis detecções, são muito difíceis ou quase impossíveis de serem eliminados. E mesmo sendo mensuráveis e apresentando mecanismos de eliminação, redução e proteção, apresentam complexo procedimento de manuseio visto que os elementos tóxicos desses materiais minerados ficam em suspensão no ar, muitas vezes, por um período longo de tempo (VALE V. F., 2015).

Entre as doenças ocupacionais, destacou-se a “Asma dos Mineiros”, silicose, doença provocada pela inalação de poeiras com concentrações significativas de sílica cristalizada. (FREITAS, 2016). A sílica é o material mais abundante na terra, representando cerca de 60% da crosta terrestre (DIAS et al., 2017). Esse material está presente em diversos processos industriais e em produtos comercializados, e pode ser encontrado em outros metais, expondo os trabalhadores que realizam operações de lixamento, esmerilhamento, polimento, moldagem e desmoldagem, cortes, entre outros. (NETO et al., 2010)

A sílica é classificada como um material com suspeita cancerígena (A2), pela ACGIH – Association Advancing Occupational and Environmental Health, o que torna a exposição ao elemento uma situação preocupante para as empresas e seus colaboradores (ACGIH, 2017).

1.1 OBJETIVO

Este trabalho possui o objetivo de analisar o processo de avaliação da exposição a sílica cristalizada de trabalhadores em atividades no empreendimento de mineradora de pedra britada, rocha basalto, e propor medidas de controle quando

necessárias, avaliando o atendimento técnico e legal das exposições referentes às legislações brasileiras e os limites ocupacionais indicados e recomendados pela ACGIH de 2017.

1.2 JUSTIFICATIVA

No contexto da problemática das doenças ocupacionais providas pela exposição ao agente químico sílica cristalizada, nas atividades em mineradoras, torna-se propícia para ocorrência de cenários resultantes de lesões e doenças ocupacionais. Na ótica da engenharia de segurança e higiene ocupacional sobre o tema, releva-se a atuação do engenheiro de segurança nas organizações para identificar atividades insalubres e perigosas executadas pelos colaboradores. Nesse sentido, considerando ainda a ausência de fiscalização rotineira nas mineradoras, ressalta-se a importância de ações preventivas.

Sobre esse assunto apresenta-se o interesse do autor com este trabalho, a fim de se aprofundar e entender as técnicas aplicáveis, visando ainda verificar se os colaboradores se encontram ou não em atividade insalubre. Ponderando essa perspectiva, consideram-se grandes as possibilidades de adquirirem uma doença ocupacional, afetando sua vida profissional, pessoal, familiar e também sua longevidade.

O interesse do autor ainda vai ao encontro dos objetivos profissionais, principalmente o de se especializar como assistente técnico em organizações, indicando os problemas e os mecanismos de eliminação, redução, engenharia, administrativos e de proteção diante de problemas identificados, em que os colaboradores se encontram expostos aos agentes de risco, insalubres ou perigosos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DAS DOENÇAS DE TRABALHO.

Os acidentes e as doenças ocupacionais constituem um problema relatado e acompanhado no desenvolvimento das atividades humanas no decorrer da história. Nesse sentido, o homem primitivo já sofria ameaça a sua integridade física na busca de alimentos, nas atividades de caça, pesca e na busca pela sobrevivência em situações de guerra. Posteriormente, com o início da atividade de artesanato, o homem passou a trabalhar em minas, coletando, transportando e manipulando os metais, para forjar equipamentos e materiais, que possibilitavam e ampliavam outras profissões como pedreiro, tecelão, lavadeira, entre outros. Como consequência, essas atividades começaram a gerar os primeiros relatos escritos de doenças de trabalho (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2016a).

O chamado Papiro Seller II, papiro egípcio datado de 2360 a.C., expressa:

Eu jamais vi ferreiros em embaixadas e fundidores em missões. O que eu vejo sempre é o operário em seu trabalho; ele se consome nas goelas de seus fornos. O pedreiro exposto a todos os ventos, enquanto a doença o espreita, constrói sem agasalho, seus dois braços se gastam no trabalho; seus alimentos vivem misturados com os detritos, ele se come a si mesmo, porque só tem como pão os seus dedos. O barbeiro cansa os seus braços para encher o ventre. O tecelão vive encolhido, joelho ao estômago, ele não respira. As lavadeiras sobre as bordas do rio são vizinhas do crocodilo. O tintureiro fede a morrinha do peixe; seus olhos são abatidos de fadiga, suas mãos não param e suas vestes vivem em desalinho.

Conhecido como o “Pai da Medicina Moderna”, Hipócrates, nascido em 460 a.C., foi provavelmente o primeiro médico a falar de acidentes e doenças do trabalho, com o enfoque no trabalho em relação ao clima, alimentação e a algumas doenças. Esse médico definiu o saturnismo como envenenamento por chumbo e relatou que os trabalhadores da extração do metal apresentavam contrações do estômago e endurecimento do abdômen (FREITAS, 2016) (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2016a).

Entre os anos de 23 e 79 d.C., Plínio, o Velho, descreve os aspectos dos trabalhadores expostos ao óxido de chumbo vermelho nas atividades em minas, indicando a utilização de guisa de máscaras, panos ou membranas (de bexiga de

animal) em seus rostos para atenuar a inalação das substâncias (FREITAS, 2016) (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2016a) (TORLONI; VIEIRA, 2003).

Georg Bauer, conhecido pelo nome latino de Georgius Agrícola, publica, em 1556, seu livro em latim “De Re Metallica”, apresentando seus estudos sobre os diversos aspectos relacionados à extração e fundição de metais argentíferos e auríferos, e os acidentes e doenças do trabalho comuns entre os mineiros. Como destaque entre as doenças do trabalho, Agrícola chama “Asma dos Mineiros” à doença provocada pela poeira (descrevendo-a como corrosiva), conhecida como silicose. Entre os relatos, Agrícola aponta que, em algumas regiões, as mulheres chegavam a casar 7 (sete) vezes, pela morte prematura de seus maridos, devido à ocupação que exerciam. Agrícola ainda propõe a utilização de máscaras de proteção e sistemas de ventilação para diminuir o impacto dos contaminantes (FREITAS, 2016) (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2016a).

Onze anos mais tarde, é publicado “Dos Ofícios e das Doenças da Montanha”, por Paracelso (Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim), que nasceu e viveu durante anos em região de minas na Boêmia. Paracelso relata numerosas observações de substâncias manuseadas e doenças relacionadas, destacando-se as intoxicações pelo mercúrio e sílica (FREITAS, 2016) (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2016a).

Em 1700, o professor italiano Bernardino Ramazzini, conhecido como o “Pai da Medicina do Trabalho”, publicou o seu livro “De Morbis Artificum Diatriba”. A partir da observação e análise de 52 (cinquenta e duas) profissões diferentes, Ramazzini examinava a relação da doença com os produtos químicos manuseados pelos trabalhadores, como arsênico, gesso, calcário, talco, cereais em grãos e poeiras resultantes dos cortes de pedras (FREITAS, 2016) (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2016a) (TORLONI; VIEIRA, 2003).

Antes da primeira guerra mundial (1914 a 1918), permaneceu a prática de controlar os acidentes e as doenças ocupacionais de modo isolado, sendo que no início e durante o conflito iniciou dos primeiros intuítos científicos de proteção diretamente com foco no trabalhador com viés de estudar as doenças ocupacionais e as condições ambientais, levando em conta o desenho das máquinas e equipamentos, as proteções necessárias aos equipamentos e nas máquinas para evitar acidentes, etc. Com o advento da segunda guerra mundial (1939 a 1945), surgiram novas técnicas e novos materiais para utilização dos combatentes e nas

fábricas, e com isto novos problemas e novas soluções, sendo que esta foi a época que ocorreram os avanços mais rápidos de proteções respiratórias (máscaras) com a devida finalidade de uso militar (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2016a) (TORLONI; VIEIRA, 2003).

O prevencionismo apresentou considerável desenvolvimento durante a Segunda Guerra Mundial, quando os países começaram a compreender que o vencedor da guerra seria aquele que tivesse uma melhor capacidade industrial, e, para isso, deveriam conseguir manter um maior número de trabalhadores em produção ativa e soldados aptos para a batalha. Torna-se importante ressaltar que foi o período em que ocorreu o maior desenvolvimento de máscaras para fins militares, como as de aviação (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2016a) (TORLONI; VIEIRA, 2003).

Desde modo, se tornou óbvio que as instituições devam se debruçar a tomar ações necessárias para fins prevencionistas, evitando que o acidente e doença sejam concretizados, instituindo a concepção de Segurança e Higiene Ocupacional.

2.2 ACIDENTES E DOENÇAS OCUPACIONAIS NO BRASIL

Os acidentes de trabalho e as doenças ocupacionais decorrem de condições irregulares de trabalho, de equipamentos e máquinas mal projetadas e planejadas no layout empresarial, de ferramentas inadequadas, além de trabalhadores não capacitados e treinados para se engajarem na cultura de segurança, compreendendo as consequências e riscos da sua falta de atenção ou negligência. Existem casos, ainda, em que o trabalhador sofre um acidente de trabalho intencionalmente, com o objetivo de adquirir estabilidade por um longo período de tempo; e isso ocorre, principalmente, em sua iniciação na corporação ou quando ele acredita que será dispensado pelo seu empregador.

Os acidentes com afastamento e doenças ocupacionais provocam um alto custo para os cofres públicos, por meio da Previdência Social. Seu anuário estatístico traz os dados de solicitações, custos, e números de auxílios fornecidos ao longo dos anos. Conforme a Previdência Social, o “Auxílio Acidentário” é compreendido como:

O benefício acidentário é devido ao segurado acidentado, ou ao(s) seu(s) dependente(s), quando o acidente ocorre no exercício do trabalho a serviço da empresa, (...), provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a redução da capacidade para o trabalho. (BRASIL, 2016).

Nessas circunstâncias, ainda de acordo com a Previdência Social, o “auxílio-doença, espécie 91, é devido ao segurado que fica incapacitado, por motivo de doença decorrente de acidente do trabalho” (BRASIL, 2016).

A quantidade de benefícios concedidos no Brasil para auxílio-acidente do trabalho e para auxílio-doença previdenciária, para trabalhadores em atividade de área rural e urbana entre os anos de 2013 a 2015 são apresentados a seguir.

Figura 01- Número de beneficiados pelo auxílio-acidente pela Previdência Social.

ANO	AUXÍLIO-ACIDENTE DO TRABALHO		
	TOTAL	RURAL	URBANO
2013	304.217	18.938	285.279
2014	279.868	16.383	263.485
2015	196.761	10.763	185.998

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2016.

Figura 02 - Número de beneficiados pelo auxílio doença pela Previdência Social.

ANO	AUXÍLIO-DOENÇA PREVIDENCIÁRIA		
	TOTAL	RURAL	URBANO
2013	2.273.074	209.376	2.063.698
2014	2.328.151	216.120	2.112.031
2015	1.828.337	162.403	1.665.934

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2016.

Observa-se que o número de acidentes e doenças caíram ao longo dos anos, o que simboliza uma melhora dos indicadores nacionais referentes à quantidade. No entanto, embora tenha ocorrido uma queda dos valores de benefícios concedidos ao auxílio-acidente e auxílio-doença, verifica-se que a redução do custo não é tão significativa em comparação à redução da quantidade de beneficiários. Isso pode ser conferido nas Figuras a seguir, com os valores gastos pelo Estado para os benefícios concedidos para auxílio-acidente do trabalho e

auxílio-doença, para trabalhador em atividade de área rural e urbana nos anos de 2013 a 2015.

Figura 03 - Valor dos beneficiados pelo auxílio-acidente da Previdência Social.

ANO	VALOR DE BENEFÍCIO CONCEDIDO DE AUXÍLIO-ACIDENTE DO TRABALHO (R\$ Mil)		
	TOTAL	RURAL	URBANO
2013	334.822	12.834	321.988
2014	333.602	11.861	321.741
2015	260.260	8.480	251.780

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2016.

Figura 04 - Valor dos beneficiados pelo auxílio-doença da Previdência Social.

ANO	VALOR DE BENEFÍCIO CONCEDIDO DE AUXÍLIO-DOENÇA PREVIDENCIÁRIA (R\$ Mil)		
	TOTAL	RURAL	URBANO
2013	2.358.466	141.916	2.216.550
2014	2.574.725	156.501	2.418.224
2015	2.192.930	127.991	2.064.939

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2016.

Um modo de compreender essa relação – a quantidade de beneficiários bastante reduzida em confronto com a pouca redução de custo aos cofres públicos – deve-se à dedução de que os acidentes e doenças foram mais custosos.

Dentro dos valores apresentados na Figura 2 e na Figura 4, apresenta-se a seguir, a quantidade e o custo aos cofres públicos específicos para auxílio-doença do aparelho respiratório.

Figura 05 - Índices de doenças exclusivamente no aparelho respiratório.

DOENÇAS DO APARELHO RESPIRATÓRIO						
ANO	NÚMERO DE AUXÍLIOS-DOENÇA			CUSTO DOS AUXÍLIOS-DOENÇA (R\$ Mil)		
	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL
2013	25.696	23.643	2.053	26.487	25.098	1.392
2014	24.023	22.236	1.787	26.596	25.302	1.294
2015	16.514	15.273	1.241	19.702	18.724	978

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2016.

Observa-se que o Estado despendeu em 2013 quase 26,5 milhões de reais com auxílios-doença e, em 2014, ocorreu um aumento para 26,6 milhões; contudo, em 2015, houve uma queda expressiva para 18,7 milhões de reais. A previdência social não lançou as informações referentes aos anos de 2016 e 2017. Ainda assim, verificamos que os valores de incidência de doenças ocupacionais são altos. Esses indicadores apontam que o Brasil precisa desenvolver na área de saúde e segurança do trabalho, priorizando a busca por acidentes e doenças zero.

2.3 SEGURANÇA, HIGIENE E SAÚDE DO TRABALHO

2.3.1 Segurança do trabalho

A engenharia de segurança do trabalho é uma parte da engenharia que trata de antecipar, reconhecer, avaliar e controlar as condições perigosas e os fatores humanos no ambiente de trabalho. Tudo isso com o intuito de evitar incidentes e danos estruturais e principalmente ao trabalhador, objetivando a atenuação dos riscos, com a utilização de recursos tecnológicos, treinamentos, assim como a busca da conscientização dos trabalhadores em relação às condições perigosas e seus riscos associados em seu ambiente de trabalho. Lago (2006) expressa que a segurança como sinônimo de prevenção de acidente evoluiu, englobando cada vez mais fatores e atividades, desde as primeiras ações de reparação de danos até um conceito mais amplo marcado pela busca da prevenção de todas as situações geradoras de efeitos indesejados para o trabalho.

2.3.2 Higiene ocupacional

Higiene Ocupacional, Higiene Industrial e Higiene do Trabalho são as ciências que se dedicam ao estudo dos ambientes de trabalho e à prevenção das doenças causadas por estes. A terminologia “Higiene Ocupacional” contempla os termos da Higiene Industrial e Higiene do Trabalho, devido ao fato de não se referir delimitadamente apenas ao ambiente de trabalho ou ao ambiente industrial. Assim, a higiene ocupacional abrange ambos os campos de atuação, além de vir se expandindo no campo da ciência, fazendo interface com a: Medicina, Segurança, Ergonomia e a Sociologia, visando uma forma ampla e completa para melhorar as condições do ambiente de trabalho e a saúde do trabalhador. A Higiene Ocupacional

é uma ciência com base nos fatos comprováveis, empíricos e analisáveis, utilizando métodos científicos da Física, Química, Bioquímica, Toxicologia, Medicina, Engenharia e Saúde Pública, considerando os pontos de individualidade dos trabalhadores e dos locais de trabalho (SANTOS et al., 2004).

Para a ABHO – Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais, a Higiene Ocupacional é definida como:

a ciência e a arte dedicada ao estudo e ao gerenciamento das exposições ocupacionais aos agentes físicos, químicos e biológicos, por meio de ações de antecipação, reconhecimento, avaliação e controle das condições e locais de trabalho, visando à preservação da saúde e bem-estar dos trabalhadores, considerando ainda o meio ambiente e a comunidade. (ABHO, 2017).

2.3.3 Conceituação de Saúde

Em 1948, a OMS – Organização Mundial da Saúde – estabeleceu o conceito de que a saúde é “o completo bem-estar físico, mental e social, e não somente a ausência de afecções ou enfermidades”, e que é direito fundamento de todo ser humano. Nesse sentido, a Saúde Ocupacional consiste na promoção e prevenção da saúde dos trabalhadores. (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2016b).

Percebe-se que o conceito de Higiene, qualquer que seja, está diretamente associado à preservação da saúde. Segundo Rouquayrol apud Santos (2004, p. 45):

Para tanto, a saúde pode ser vista como um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não meramente a ausência de doença ou defeito, de acordo com a Organização Mundial de Saúde – OMS, que adota este conceito amplo desde 1957. Para atingir esta meta, o ser humano estabelece uma batalha contínua, com o intuito de manter um balanço positivo contra as forças biológicas, físicas e químicas, mentais e sociais que tendem a romper o equilíbrio (SANTOS, 2004).

2.4 DOENÇA OCUPACIONAL

Diversos riscos ambientais podem causar doenças ocupacionais aos trabalhadores. E esse tipo de doença é adquirida, normalmente, quando um trabalhador é exposto a algum agente físico, químico, biológico ou ergonômico nos ambientes de trabalho, que, em função de sua natureza, concentração/intensidade,

tamanho de partícula e do tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador. Entende-se como os agentes:

- ✓ **Físicos:** aqueles que, em suas diversas formas de energia, podem apresentar no ambiente o risco de exposição aos trabalhadores, tais como: ruído, vibração, pressão anormal, temperatura extrema, radiação ionizante, radiação não ionizante (BRASIL, 2018a).
- ✓ **Químicos:** as substâncias químicas, compostos ou produtos, na condição de matéria prima, produto intermediário, final ou auxiliar, as quais em função das condições da utilização poderão penetrar no corpo humano, pelas formas de poeira, fumo, névoa, neblina, gás ou vapor, ou que, possam ter contato ou ser absorvido pelo organismo por meio da pele ou por ingestão. Essas substâncias podem provocar infecções, impacto no sistema nervoso, câncer, entre outros (BRASIL, 2018a).
- ✓ **Biológicos:** as bactérias, fungos, bacilos, protozoários, vírus, entre outros microrganismos que, ao entrar em contato com a pele, na corrente sanguínea ou órgãos do corpo humano, provocam doenças (BRASIL, 2018a).
- ✓ **Ergonômicos:** estão relacionados à organização do trabalho e à relação entre o mobiliário, máquinas e equipamentos com a atividade a ser executada pelo colaborador, atividades com pesos incorretos, iluminação e movimentos repetitivos, sempre levando em consideração os aspectos pessoais (BRASIL, 2018a; BRASIL, 2017b).

O entendimento de risco abordado na segurança do trabalho e nos agentes de exposição é bem divulgado e concretizado nas áreas do conhecimento, e fica assim definido: é a relação entre probabilidade de ocorrência e o evento, seja este desejado ou indesejado.

2.5 CATEGORIA DE RISCO

O risco encontra-se presente em todas as atividades, ações e momentos do cotidiano, podendo ser apontado de modo qualitativo ou quantitativo. Para o modo quantitativo, requer estudos de probabilidades de determinado evento ocorrer, por

exemplo, um sensor de temperatura falhar; contudo, para uma avaliação qualitativa, basta à capacidade de observação, percepção, compreensão da situação e experiência da pessoa que realiza a análise (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2017).

Ao analisar um cenário em uma empresa, um trajeto onde transitam pessoas, sendo este feito de concreto, piso áspero, e encontrando-se molhado devido um evento de chuva, e com todos os funcionários da empresa sendo obrigados a utilizar sapato de segurança com sola emborrachada.

Avaliando o risco de escorregão das pessoas nessas circunstâncias, temos de modo qualitativo, várias percepções pessoais intuitivas ou de experiência presenciada. Alguns analisaram este cenário convergindo para o pensamento de risco baixo ou irrisório, uma vez que o piso é áspero e o sapato de sola de borracha não escorrega. Outros analisaram a situação como risco alto, seja por uma experiência pessoal de ter presenciado um acidente desse modo, ou por uma análise em que se acredita que as condições do piso e calçado tenham risco representativo quando há água no solo, aumento significativamente a probabilidade de escorregão.

Com a devida compreensão de risco, tem-se que este sempre irá existir, não importando quantas ou quais ações foram realizadas para reduzir a probabilidade de ocorrência do evento. Para a devida eliminação do risco, deve se retirar o agente causador do evento (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2017).

No cenário apresentado, pode-se observar que, mesmo o piso encontrando-se seco e o local sendo bem iluminado e sinalizado, o risco da ocorrência do escorregão nunca deixará de existir.

O risco de explosão de um tanque com produto inflamável, sempre existirá, mesmo que a empresa possua o mais sofisticado sistema de segurança, com os melhores equipamentos existentes e com uma manutenção excepcional. Estas ações provocam uma redução da probabilidade da concretização do evento indesejado, contudo não sua eliminação. Para a devida eliminação deste risco, a empresa deveria não possuir o tanque, ou não trabalhar mais com o material inflamável (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2017).

2.6 SÍLICA LIVRE CRISTALIZADA

Durante as atividades em mineradora, os trabalhadores estão expostos a diversos riscos, em especial, à exposição ao silício (Si), normalmente apresentado na forma de dióxido de silício, mais conhecido como sílica, podendo ser encontrados nas formas: cristalina ou cristalizada (quartzo, cristobalita, tridimita e tripoli), na forma criptocristalina (calcedônia, jaspe e sílex) ou na forma amorfa (terra diatomácea). Outra forma de classificação, e a mais conhecida na área de segurança e saúde ocupacional, é a que divide a sílica em duas classes, sílica cristalina livre e a sílica combinada. (TORLONI; VIEIRA, 2003).

A forma da sílica livre cristalizada, também chamada de sílica livre, apresenta este nome pelo fato de não estar ligada quimicamente à outra substância. O quartzo é a forma mais comum de sílica livre encontrada na natureza, sendo extremamente tóxica para o macrófago alveolar e representando o principal constituinte das rochas ígneas e dos arenitos sedimentares formados pelas erosões dessas rochas. A sílica amorfa praticamente não apresenta ação tóxica para os pulmões, e, devido a isso, não é foco de grandes preocupações na área de saúde ocupacional. (TORLONI; VIEIRA, 2003).

A sílica livre cristalizada é classificada, por enquanto, pela ACGIH (Association Advancing Occupational and Environmental Health) como suspeita de ser cancerígena para o ser humano (A2) (ACGIH, 2017). É encontrada no material particulado das operações de lavra, perfuração, desmonte, carregamento, transporte, lixamento, esmerilhamento, polimento, moldagem e desmoldagem, cortes e etc.. Também é a substância causadora de uma das doenças mais conhecidas na área, a silicose, e ainda é considerada responsável pelo aumento dos casos de bronquite e tuberculose. (NETO et al., 2010).

A silicose é:

uma doença incurável causada pelo acúmulo de poeira contendo sílica nos pulmões e a consequente reação dos tecidos pulmonares. Ela leva ao endurecimento dos pulmões e dificulta a respiração, podendo levar à morte. (NETO et al., 2010).

Além da já mencionada silicose, exposições crônicas à poeira contendo sílica cristalizada aumentam o risco de doença pulmonar obstrutiva crônica, enfisema e tuberculose pulmonar. Na verdade, os fatores que influenciam diretamente na intensidade do dano aos tecidos pulmonares (fibrogênico) para os tipos de materiais particulados estão relacionados à quantidade de poeira inalada, à concentração de sílica, à forma das partículas (cristalizada ou amorfa), ao tamanho das partículas, ao tempo de duração da exposição ao material particulado e à suscetibilidade pessoal.

O tamanho (diâmetro) das partículas é de extrema importância para compreender onde a partícula pode se depositar no organismo humano. As partículas menores, representando as com maior potencial de passagem pelos mecanismos de interceptação (defesa) do corpo humano, passam pelo sistema respiratório e podem se depositar na região alveolar (onde ocorre a troca gasosa). Denominadas de “Partícula Respirável” ou “Fração Respirável”, possuem o diâmetro de corte para 50% da massa das partículas igual a 4 μm (micrômetro); as partículas maiores com diâmetro de corte para 50% da massa das partículas igual a 100 μm são denominadas de “Partículas Inaláveis” ou “Fração Inalável” e podem ficar depositadas em qualquer região do trato respiratório. As “Partículas Torácicas” ou “Fração Torácica” são as que podem se depositar nas vias aéreas (região traqueobrônquica) com diâmetro de corte para 50% da massa das partículas igual a 10 μm . A somatória de toda a suspensão no ar, independentemente do seu tamanho, são as “Partículas Totais” (TORLONI; VIEIRA, 2003).

2.7 AERODISPERSÓIDES

Uma suspensão de partícula no ar recebe o nome genérico de aerossol, ou aerodispersóide. O aerossol é um termo amplamente utilizado para qualquer suspensão de partículas sólidas ou líquidas em um gás, sendo que os diâmetros dessas partículas podem variar de 0,001 μm até 100 μm e as concentrações de 10^{-9} g/m^3 a 10 g/m^3 de ar. (TORLONI; VIEIRA, 2003). Vale ressaltar que certas palavras utilizadas na higiene ocupacional possuem uma significação precisa e importante para a área, como poeiras, névoas, neblina, fumos e fumaça. Desse modo, essas

terminologias encontram-se definidas de acordo com a norma da ABNT NBR 12543:1999, conforme apresentado na sequência.

As poeiras são aerodispersóides gerados mecanicamente, constituídos por partículas sólidas formadas por ruptura mecânica de um sólido. As poeiras são geradas no manuseio de sólidos a granel, como grãos; na forma de pó, como óxido de zinco ou negro de fumo; na britagem ou moagem de minérios; na detonação para desmonte de rochas; no corte de madeira por serra circular; no lixamento de madeira ou concreto; no peneiramento de materiais orgânicos ou inorgânicos. As poeiras possuem normalmente o diâmetro de 0,1 μm a 25 μm (ABNT NBR 12543:1999) (TORLONI; VIEIRA, 2003).

Na realização de um trabalho como, por exemplo, a detonação de rocha na escavação de poços, geram partículas que permanecem por muito tempo no ar, é sinal que as pequenas prevalecem, e, por esta razão, deve-se guardar mais tempo para continuar o serviço, como fazer a explosão no fim de tarde e continuar o serviço no dia seguinte. A retomada do serviço logo após a explosão é a causa da alta incidência de silicose entre os cavadores de poços no nordeste brasileiro. (TORLONI; VIEIRA, 2003).

As nevoas são aerodispersóides constituídos por partículas líquidas formadas por ruptura mecânica de um líquido (ABNT NBR 12543:1999). “as névoas estão sempre acompanhadas pelo vapor do líquido que a constituiu, pois as gotículas, com grande área superficial, geram o vapor.” (TORLONI; VIEIRA, 2003).

Os fumos são aerodispersóides gerados termicamente, constituídos por partículas sólidas formadas por condensação de vapores, geralmente após volatilização de substância fundida (por exemplo: solda), frequentemente acompanhada de reação química, tal como a oxidação. Assim, as partículas presentes são óxidos do metal, os quais são mais solúveis nos fluidos corpóreos que o metal não oxidado (ABNT NBR 12543:1999) (TORLONI; VIEIRA, 2003).

As partículas de fumos são extremamente pequenas, apresentando geralmente diâmetro menor que 1 μm . A ACGIH explica que os fumos pertencem à categoria de “substância de composição variável”, uma vez que tanto a composição como a quantidade de fumos gerada dependem da liga a ser soldada, do processo e dos eletrodos usados. Não é possível fazer análise confiável de fumos sem levar em consideração a natureza do processo de solda e o sistema a ser soldado.

As neblinas são aerodispersóides constituídos por partículas líquidas formadas por condensação. Na indústria a ocorrência de neblina por um agente

químico é extremamente rara, devido à condensação do vapor no ar somente ocorrer quando este fica saturado pelo vapor do líquido, seguindo-se da diminuição da temperatura do ar, condensando o excesso de vapor presente. Desse modo, a neblina é mais comum como um fenômeno meteorológico (ABNT NBR 12543:1999) (TORLONI; VIEIRA, 2003).

As fumaças representam dispersão de partículas, gases e vapores no ar, resultante de combustão incompleta (ABNT NBR 12543:1999).

2.8 LIMITES DE TOLERÂNCIA E NÍVEL DE AÇÃO

A Constituição da República de 1988 aponta a saúde do trabalhador em seu ordenamento jurídico, expressando que a saúde é considerada como um direito social, ficando garantida aos trabalhadores a redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança (BRASIL, 1988).

A fim de verificar e atender os riscos aceitáveis a que os trabalhadores poderiam estar expostos em seus ambientes de trabalho, o Ministério do Trabalho e Emprego, por meio da Portaria 3.214/78, fixa os limites de tolerância para as substâncias químicas e físicas conforme a Norma Regulamentadora (NR) nº 15, que trata das Atividades e Operações Insalubres (BRASIL, 2014).

O Limite de Tolerância é a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente químico ou físico presente no ambiente de trabalho, no qual a maioria das pessoas expostas, não sofrerá efeitos adversos à sua saúde, durante sua vida laboral. Esses limites possuem o objetivo de garantir a proteção e integridade da saúde dos trabalhadores, de acordo com o conhecimento científico até o momento (SOTO et al., 1994).

Os limites de tolerância podem sofrer alterações ao longo dos anos, de acordo com a evolução do conhecimento do agente. Entre as principais instituições que analisam e divulgam esses estudos e alterações, encontram-se a National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Occupational Safety and Health Administration (OHSAS) e a Association Advancing Occupational and Environmental Health (ACGIH).

Embora o conhecimento dos perigos e riscos dos agentes a que os trabalhadores estão expostos nos ambientes de trabalho seja atualizado

constantemente, a legislação, em especial a brasileira, fica muito longe de acompanhar essa corrida evolutiva. Os valores dos limites de tolerância apresentados no anexo 11 da NR-15 foram baseados nos valores dos TLVs (Threshold Limit Value – Valor de Limite de Exposição) da ACGIH do ano de 1978. A última atualização realizada na NR-15 foi a Portaria MTE n.º 1.297, de 13 de agosto de 2014, que trouxe alterações na parte de vibração. Anterior a esta, encontra-se a Portaria SIT n.º 291, de 08 de dezembro de 2011, que faz alteração para o anexo 13 da NR-15, referente a agentes químicos (BRASIL, 2014).

Assim, além da falta de atualização dos limites de tolerância, temos dezenas de produtos químicos, estudados há décadas, que sequer são citados e avaliados pela normatização brasileira. Como exemplo de metais, temos: o Ródio (CAS 7440-16-6) estudado e com limite de tolerância, pela ACGIH desde 1981, de 1 mg/m³ para compostos insolúveis e 0,01mg/m³ para compostos solúveis, o Índio (CAS 7440-74-6) desde 1990, com limite de tolerância de 0,1mg/m³. Esses elementos não são mencionados na NR-15 (BRASIL, 2014; ACHIG, 2017).

Apresenta-se a seguir um comparativo dos limites de tolerância utilizado para alguns elementos químicos presentes na NR-15 com os da ACGIH de 2017.

Figura 06 - Comparativo dos Limites de Tolerância da NR-15 e ACHIG para Algumas Substâncias Químicas.

PRODUTO QUÍMICO	NR-15 (44 horas/semana)	ACGIH (40 horas/semana)
Acetona	780 ppm	250 ppm
Chumbo	0,10 mg/m ³	0,05 mg/m ³
Clorofórmio	20 ppm	10 ppm
Etilbenzeno	78 ppm	20 ppm
Manganês	5 mg/m ³ ou 1 mg/m ³ (Anexo 12)	0,02 mg/m ³ - Respirável 0,01 mg/m ³ - Inalável
Sílica Cristalina	Deve-se realizar o cálculo de poeiras respiráveis e totais, conforme Anexo 12	0,025 mg/m ³ - Respirável

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2014 e ACGIH 2017.

Para a devida avaliação de exposição à sílica cristalizada, deve-se examiná-la de modo quantitativo. A avaliação quantitativa refere-se à comprovação da

exposição, controle ou da inexistência dos riscos identificados na etapa de reconhecimento, por meio mensurável, atendendo a requisitos técnicos e científicos.

A NR-15 não possui limite de tolerância específico para sílica cristalizada. A norma adota um limite para as poeiras respiráveis e totais, sendo que a concentração de sílica presente nesta poeira afeta diretamente o limite de exposição. Assim, têm-se as fórmulas do limite de tolerância para poeiras respiráveis: (BRASIL, 2014).

$$L.T = \frac{8,0}{\% \text{ quartzo} + 2} \text{ mg/m}^3$$

E, para o limite de tolerância para as poeiras totais, deve-se utilizar a devida fórmula: (BRASIL, 2014).

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

Ambos os limites de tolerância são fixados para as jornadas de trabalho de até 48 horas semanais. (BRASIL, 2014).

A ACGIH possui um limite específico para a sílica cristalizada, conforme apresentado, bem como um valor específico para as poeiras respiráveis ou inaláveis. O valor para as poeiras não é apresentado como um limite de exposição, e sim como recomendações, sendo estes apresentados na forma de PNOS - Partículas não especificadas de outra maneira (ACGIH, 2017). A ACGIH expressa que:

as partículas insolúveis, ou de baixa solubilidade, mesmo que biologicamente inertes, podem causar efeitos adversos e recomenda-se as concentrações ambientais sejam mantidas abaixo de 3 mg/m³, para partículas respirável, e de 10 mg/m³, para partículas inaláveis, até que seja estabelecido um limite de exposição para uma substância específica (ACGIH, 2017).

Desse modo, a organização não pode deixar que seus funcionários estejam expostos acima dos limites ou recomendações, ocasionando um grande potencial de risco a sua saúde. Ainda, a organização deve iniciar as práticas preventivas quando o agente físico ou químico for superior ao nível de ação, a fim de minimizar que os riscos dos agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição. As ações devem incluir monitoramento periódico da exposição, informação aos trabalhadores e

controle médico. Além disso, deverá ser objeto de controle sistemático as situações que apresentem exposição ocupacional acima dos níveis de ação, adotando-se a dose de 0,5 (dose acima de 50%) do limite de tolerância. Assim, tomando como exemplo o agente ruído, o nível de ação é igual ou superior a 80 dB(A); e para agentes químicos, por exemplo, o etilbenzeno cujo nível de ação é igual ou superior a 39 ppm de exposição ocupacional (BRASIL, 2014; BRASIL, 2017a; ACGIH, 2017).

2.9 NORMATIZAÇÃO PARA ANÁLISE E RESULTADOS

No Brasil, para os agentes químicos que tiverem ausência de citação na NR 15, Anexo 11, quadro nº 01, deve-se adotar os Limites de Tolerância da ACGIH. Conforme já mencionado, a NR-15 não define um limite de tolerância exclusivo para sílica, sendo adotado o limite para poeira respirável e poeiras totais; quanto mais a concentração de sílica na poeira, menor será o limite de tolerância (BRASIL, 2014).

Para o devido levantamento técnico legal de ensaio, calibração e coleta de material utilizaram-se as normas da FUNDACENTRO:

- ✓ Norma de Higiene Ocupacional (NHO) nº 03/2000 - FUNDACENTRO: Método de Ensaio: Análise gravimétrica de Aerodispersóides sólidos coletados sobre filtros e membrana (FUNDACENTRO, 2000).
- ✓ Norma de Higiene Ocupacional (NHO) nº 07/2002 - FUNDACENTRO: Calibração de bombas de amostragem individual pelo método da bolha de sabão (FUNDACENTRO, 2002).
- ✓ Norma de Higiene Ocupacional (NHO) nº 08/2009 - FUNDACENTRO: Coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho (FUNDACENTRO, 2009).

O método de análise quantitativa, utilizado pelo laboratório especializado, atende ao referido pela norma NIOSH 0600 - Gravimétrico, o qual requer que sejam utilizados os seguintes equipamentos e diretrizes para levantamento em campo:

- ✓ Amostrador: Tipo cassete de poliestireno de 37 mm com porosidade de 5,0 µm, sendo pré-pesado em uma microbalança eletrônica com sensibilidade de 0,001 mg, atendendo à referência SKC 225-2250;

- ✓ A vazão de amostragem deve atender o volume de 1,7 litros/min para ciclone de nylon e 2,5 litros/min para ciclone de alumínio;
- ✓ O volume máximo deve ser de 400 litros para 5 mg/m³ de material ou máximo de 2.000 litros para 1 mg/m³ de material;
- ✓ Atendimento dos Brancos de Campo recomendados são de 10% do número de amostras;
- ✓ O limite de quantificação utilizado pelo laboratório para a presente análise a ser realizada é de 30 µg.

2.10 CALCULOS DE AMOSTRAGEM, CORREÇÕES E LIMITES

2.10.1 Exposição média ponderada pelo tempo (TWA)

No ambiente de trabalho, o trabalhador pode se encontrar exposto a variadas concentrações médias diferentes durante seu período laboral. Para isso se desenvolveu um método de cálculo da exposição média diária pela ponderação das diferentes concentrações médias pelo tempo de exposição denominada “Exposição média ponderada pelo tempo (TWA)”. Essa média representa o equivalente a integrar os valores de concentração à base total de tempo da TWA e é determinada pela seguinte fórmula:

$$MPT = \frac{(R1 \times T1) + (R2 \times T2) + (Rn \times Tn)}{\text{Tempo total de amostragem}} \quad (1)$$

Onde:

MPT: Média Ponderada no Tempo;

R: Resultado da Amostra;

T: Tempo da amostragem;

2.10.2 Correção dos limites de exposição pela ACGIH

A correção do limite de exposição para diferentes exposições de jornadas de trabalho semanais é realizada pela equação de Brief e Scala, conforme um modelo matemático que converge o limite de exposição adotado na ACGIH, 40 horas semanais, multiplicado pelo fator de correção. Para o Brasil, normalmente utilizam-se 44 horas semanais, bem como o caso estudado. Assim, temos:

$$LE \text{ corrigido} = FC \times LE \text{ para } 40h \quad (2)$$

Onde:

LE: Limite de Exposição;

FC: Fator de Correção;

Para horas trabalhadas por semana (hs) temos:

$$FC = \frac{40}{h} \times \frac{168-h}{128} \quad (3)$$

Onde:

FC: Fator de Correção;

h: Hora semanal;

Dessa forma, para empresas que utilizam a carga horária de 44 h/s, temos:

$$FC = \frac{40}{44} \times \frac{168-44}{128} \rightarrow FC = 0,88 \quad (4)$$

Assim, o limite corrido é:

$$LE \text{ corrigido} = 0,88 \times LE \text{ para } 40h \quad (5)$$

Utilizando a sílica como exemplo, temos na ACGIH 2017, o limite de tolerância de 0,025 mg/m³ para fração respirável. Desse modo, o limite corrido é a multiplicação de 0,88 por 0,025, resultando no limite de tolerância para 44 horas de jornada semanal de 0,022 mg/m³.

2.10.3 Cálculo da porcentagem de quartzo

Conforme já comentado, A NR-15 não apresenta o limite de tolerância (LT) de sílica cristalizada especificamente, e sim para poeiras respiráveis e totais, sendo que a sílica é um fator que influencia diretamente no LT (BRASIL, 2014). Para poeiras respiráveis, tem-se a fórmula:

$$L.T = \frac{8,0}{\% \text{ quartzo} + 2} \text{ mg/m}^3 \quad (6)$$

Para poeiras totais, tem-se a fórmula:

$$L.T = \frac{24}{\% \text{ quartzo} + 3} \text{ mg/m}^3 \quad (7)$$

A porcentagem de quartzo para a devida realização do cálculo do LT é obtida conforme a fórmula expressa a seguir:

$$\frac{MPT\ Poeira\ (respirável\ ou\ total)}{MPT\ sílica\ livre\ cristalizada} = \frac{100\%}{\%quartzo} \quad (8)$$

Quando realizada mais de uma amostragem em mesma função ou grupo de exposição similar, deve-se utilizar a Média Geométrica como resultado único de um grupo.

$$MG = \sqrt[n]{MPT1 \times MPT2 \times MPTn} \quad (9)$$

Onde:

MG: Média Geométrica;

MPT: Média Ponderada no Tempo;

Embora tecnicamente essa média geométrica seja aceita para a segurança do trabalho, neste trabalho, utilizando o conceito do prevencionismo e de higiene ocupacional, utilizar-se-á, como valor de exposição para a atividade, o maior resultado obtido do laboratório para cada função.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE ESTUDO

A fim de atender ao objetivo proposto neste trabalho, realizaram-se análises quantitativas do agente químico poeiras respiráveis contendo sílica cristalizada em uma mineradora de pedra britada, sendo a rocha extraída o basalto, a empresa fica localizada no estado de São Paulo. Com uma produção anual média de 440 mil toneladas ano e com uma área de abertura de escavação média de 120 mil metros quadrados, a pedreira é classificada como uma mineradora de pequeno porte.

A mineradora encontra-se em perímetro urbano, a uma distância de quase 350 metros da residência mais próxima. Operam as atividades de explosão da rocha, carregamento, moagem das rochas e transporte, com a jornada de trabalho de 09 horas de segunda a quinta e 08 horas de sexta, totalizando 44 horas semanais.

Figura 07 - Figura Aérea da Mineradora em Estudo.



Fonte: GOOGLE, 2017.

A mineradora estudada utiliza o método de lavra a céu aberto, com bancadas, ou seja, os caminhões realizam a descida e a subida por rampas, com uma declividade compatível ao maquinário.

Figura 08 - Imagens da lavra de mineração.



Fonte: Arquivo pessoal.

Esse método é justificado quando são identificados depósitos de material de interesse (rochas ou minerais) em profundidade relativamente. A lavra a céu aberto é realizada até o esgotamento do recurso mineral de interesse, ou até que seus custos, como o transporte, se tornem não interessantes ou inviáveis. Atualmente a profundidade média da mina encontra-se com 50 metros.

Figura 09 - Perfil da lavra.



Fonte: Arquivo pessoal.

O caminhão é carregado de rocha, por uma pá carregadeira, com o modelo de cabine fechada, contendo ar condicionado e filtro de ar, reduzindo a quantidade de partículas que entram em contato direto com a via respiratória do operador.

Os motoristas dos caminhões são treinados para que, no procedimento de carregamento e descarregamento da rocha ou da pedra já fragmentada, bem como

no cruzamento entre caminhões, todos os vidros do caminhão estejam fechados. Com isso, o intuito é evitar que as partículas entrem na cabine do motorista, uma vez que todos os caminhões possuem filtros de ar, eliminando e/ou reduzindo a chance de entrada de partículas no trato respiratório do colaborador.

Figura 10 - Carregamento do caminhão com escavadeira



Fonte: Arquivo pessoal.

Após o carregamento do caminhão com a rocha, é realizado o transporte do material até os britadores, a mineradora possui 3 (três) britadores, sendo todos o mesmo modelo, conforme a figura 5.

Figura 11 - Figura de um dos britadores



Fonte: Arquivo pessoal.

A tarefa dos britadores é de fragmentar a rocha em granulométricas menores, de acordo com a finalidade desejada. Na operação dos britadores, ao

fragmentar a rocha, há uma grande liberação de partículas que são dispersas no ar, conforme se buscou apresentar na figura 6.

Figura 12 - Britador em operação



Fonte: Arquivo pessoal.

A rocha britada é automaticamente encaminhada do britador a uma esteira rolante, que despeja a pedra britada em um único ponto, conforme a granulometria esperada em cada etapa da britagem, formando uma “pilha” das rochas de cordo com o interesse pretendido.

Figura 13 - Produto final da pedra britada e caminhão para carregamento.



Fonte: Arquivo pessoal.

Na sequência, essa pedra britada será coletada por uma máquina de pá carregadeira, realizando o carregamento do caminhão, que seguirá ao destino desejado.

Figura 14 - Carregamento da carreta com pá carregadeira.



Fonte: Arquivo pessoal.

Vale salientar que a máquina da pá carregadeira possuiu a cabine fechada, com ar condicionado e filtros para partículas dispersas no ar. Os filtros são trocados conforme o manual de manutenção da empresa, evitando a saturação. O mesmo procedimento também é realizado para a máquina escavadeira.

Figura 15 - Carregamento de caminhão carreta com pá carregadeira.



Fonte: Arquivo pessoal.

A atividade de carregamento do caminhão pela escavadeira, a britagem da rocha e o carregamento do caminhão com a pá carregadeira da pedra britada, conforme se buscou apresentar nas imagens, são atividades que geram, visivelmente, uma grande quantidade de material particulado, com concentrações de sílica cristalizada, foco deste trabalho.

O empreendimento em estudo, de acordo com o seu CNAE, 08.10-0, “extração de pedra, areia e argila”, encontra-se classificado de acordo com a NR-04 - Serviços especializados em engenharia de segurança e em medicina do trabalho, como Grau de Risco 04. A empresa possui pouco mais de 35 colaboradores diretos e não possui profissional na área de segurança, profissional que, de acordo com o quadro II desta NR, não teria sua contratação obrigatória, a menos que o empreendimento tivesse de 50 a 100 funcionários.

Contudo a empresa já realiza atividades preventivas e corretivas conforme o seu programa de ação de segurança e saúde ocupacional, realizado, há mais de 5 (cinco) anos, por uma empresa especializada na área.

Entre as atividades realizadas, possui uma já muito disseminada no setor: o procedimento de umectação, o qual se refere a molhar o chão para que não ocorra a suspensão de partículas quando os veículos passarem pelas vias. Esse procedimento é realizado constantemente por um caminhão pipa em todas as vias da mineração, de sua lavra até a via de saída da empresa.

3.2 FUNÇÕES A SEREM AVALIADAS

Após o levantamento das legislações e compreensão da aplicação das normas de levantamento técnico legal de ensaio, calibração e coleta de material, foi realizada a verificação de quantas análises serão realizadas em campo, a fim de verificar o número de equipamentos a serem separados e calibrados.

Para este estudo, serão avaliadas 10 análises, respectivamente nas atividades de:

- ✓ Operador de Máquina – 2 análises;
- ✓ Cabo de Fogo – 2 análises;
- ✓ Britador – 2 análises;
- ✓ Motorista – 2 análises;
- ✓ Serviços Gerais – 2 análises.

3.3 ESTRUTURAÇÃO E CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

3.3.1 Equipamentos utilizados

Após o levantamento do número de análises a serem realizadas, foi solicitado ao laboratório especializado, o envio dos amostradores. Assim, para este estudo serão necessários os devidos equipamentos e materiais:

- ✓ Amostrador cassete 3 seções de poliestireno de 37 mm, com porosidade de 5,0 μm ;
- ✓ Suporte do cassete;
- ✓ Ciclone Nylon e Alumínio;
- ✓ Bombas de Amostragem gravimétrica da SKC e Casella;
- ✓ Calibrador de Fluxo Bios Defender 510- 12292;
- ✓ Jarra de calibração;
- ✓ Calibrador de ciclone de alumínio;
- ✓ E conexões das entradas e saídas dos equipamentos (mangueiras flexíveis de plástico inerte, tipo Tygon).

3.3.2 Metodologia de calibração

3.3.2.1 Calibração inicial

Para a devida calibração atendendo às normas técnicas vigentes, inicialmente, liga-se a bomba de amostragem, mantendo-a por pelo menos 20 minutos, antes de iniciar o procedimento de calibração, a fim de estabilizar a tensão das baterias. Assim, encaixa-se devidamente o amostrador cassete no ciclone a ser utilizado. Caso seja o ciclone de nylon, utilizar-se-á a jarra de calibração, conectando adequadamente as conexões de entrada e saída desses equipamentos, sendo fechado o amostrado com o ciclone dentro da jarra, devidamente vedada. Caso seja o ciclone de alumínio, utilizar-se-á o calibrador de ciclone de alumínio, substituindo-o pela jarra de calibração.

Após devidamente conectadas a saída de ar, da jarra ou calibrador do ciclone de alumínio, é conectada via mangueira esta saída à bomba de amostragem, e para a entrada de ar, será conectada via mangueira, ao calibrador de fluxo, conforme a figura 16 e 17.

Figura 16 - Calibração da bomba de amostragem para ciclone de nylon.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 17 - Calibração da bomba de amostragem para ciclone de alumínio.



Fonte: Arquivo pessoal.

Assim sendo, o fluxo de ar inicia-se pelo calibrador de fluxo, passando pela jarra ou calibrador do ciclone de alumínio, passando pelo ciclone e pelo amostrador, chegando à bomba de amostragem, que se encontra realizando a sucção do fluxo.

A vazão da bomba é aumentada ou diminuída conforme amostrado pelo calibrador, a fim de atender os 1,7 L/min ou 2,5 L/min, conforme os ciclones utilizados. Após a vazão estar conforme, são realizadas 10 (dez) novas amostragens

da calibração do fluxo da bomba, calculando assim o valor da vazão média, conforme a fórmula a seguir:

$$Q_i = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_n}{n}$$

Onde:

Q_i: vazão média inicial nas condições de calibração, em L/min;

Q₁, Q₂ Q_n: Vazão pontual;

Esse procedimento é realizado para todas as bombas que serão utilizadas no levantamento de campo. Todas as bombas utilizadas neste levantamento encontram-se aprovadas e com o registro RBC (Registro Brasileiro de Certificação).

3.3.2.2 Calibração final

Após o levantamento de campo, no escritório é recolocado o amostrador nas devidas bombas e realizada a verificação da vazão, conforme o procedimento descrito anteriormente. O valor da variação da vazão final em relação à vazão inicial, não deve ultrapassar 5%, significando uma confiabilidade de 95%. Caso ocorra a ultrapassagem do valor definido pela FUNDACENTRO, a amostragem realizada não deverá ser considerada. Assim sendo, será invalidada.

A verificação da confiabilidade é dada pela fórmula a seguir:

$$\Delta Q = \frac{Q_f - Q_i}{Q_i} \times 100$$

Onde:

ΔQ: variação, em %, das vazões;

Q_f: vazão média final nas condições de calibração, em L/min;

Q_i: vazão média inicial nas condições de calibração, em L/min;

Com isso, é realizado o cálculo do volume de ar amostrado, para cada levantamento realizado, de acordo com a seguinte expressão:

$$V = Q_m \times t$$

Onde:

V: volume de ar amostrado em litros

Q_m: vazão média nas condições de calibração, em L/min

t: tempo total de coleta em minutos

A vazão média para o cálculo do volume é a razão da média aritmética entre a vazão média inicial e a vazão média final. Pode-se ainda, para fins de obter o volume em m³, dividir o volume de ar em litros por mil.

3.4 LEVANTAMENTO DE CAMPO

Após devidamente realizada a calibração inicial das bombas de amostragem, são instaladas nos trabalhadores conforme o atendimento à Norma de Higiene Ocupacional (NHO) nº 08/2009 - FUNDACENTRO: Coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho.

E realizado o preenchimento da ficha de levantamento, coletando as informações pessoais, profissionais e ambientais como:

- ✓ Nome completo;
- ✓ Função;
- ✓ Atividade que ele realiza e que realizará;
- ✓ Utiliza-se máscara de proteção e tipo;
- ✓ Horário de entrada e saída;
- ✓ Horário de almoço;
- ✓ Número da Bomba de amostragem utilizada;
- ✓ Número do Amostrador utilizado
- ✓ Número do branco de campo;
- ✓ Condições climáticas;
- ✓ Entre outros.

Com as informações preenchidas, é instalado o equipamento, anotado o número da bomba de amostragem e do amostrador. Também é realizado um registro fotográfico do equipamento instalado no colaborador, conforme as imagens a seguir, atendendo aos requisitos técnicos, administrativos, bem como manter o registro. Assim, a bomba de amostragem é ligada e, por fim, anotado o horário de início da coleta da amostragem.

Figura 18 - Foto dos equipamentos instalados nos colaboradores.



Fonte: Arquivo pessoal.

Após instalar o equipamento em todos os colaboradores a serem avaliados, realiza-se uma verificação, in loco, das atividades que os colaboradores estão executando, a fim de verificar se estão agindo conforme o previsto, normalmente, ou estão buscando alterar o ambiente de trabalho a fim de impactar as amostragens.

No horário de almoço, são desligados e retirados os equipamentos, e assim que ocorrer o retorno às atividades normais, novamente são reinstalados e ligados às bombas. Em todos esses momentos, há controle de horário, o que é imprescindível em todo o período de coleta e anotações de horários. De acordo com a FUNDACENTRO, deve-se atender a jornada de trabalho completa do colaborador, ou pelo menos 70% de sua jornada.

Ao final do processo, os portas filtros são retiradas e os orifícios de entrada e saída de ar do amostrador são tampadas, para que não ocorra contaminação externa. Os porta-filtros são guardados com a face amostrada voltada para cima, em caixa apropriada para o transporte, de maneira a evitar o desprendimento do material coletado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO À CALIBRAÇÃO

Conforme descrito anteriormente, as bombas de amostragem são calibradas antes e após o levantamento de químicos, e a variação das vazões não pode ultrapassar 5%. Desse modo, após levantamento de campo, realiza-se a calibração final, a fim de verificar as vazões.

Neste trabalho foram realizadas 10 análises, sendo que, para cada calibração média, são realizadas 10 calibrações pontuais; assim sendo, foram efetuadas 100 calibrações pontuais. Devido à grande quantidade de calibrações executadas, serão apresentados a seguir dois casos de calibração das bombas de amostragem até a etapa de verificação da variação das vazões.

Figura 19 - Vazão das bombas de amostragem.

Calibração Inicial – Bomba nº 1									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2,502	2,497	2,498	2,511	2,499	2,509	2,498	2,502	2,505	2,511
Calibração Final – Bomba nº 1									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2,490	2,489	2,491	2,499	2,501	2,501	2,495	2,499	2,501	2,505
Calibração Inicial – Bomba nº 2									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,710	1,700	1,707	1,705	1,699	1,703	1,710	1,710	1,708	1,703
Calibração Final – Bomba nº 2									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,703	1,705	1,709	1,702	1,699	1,702	1,700	1,705	1,703	1,701

Fonte: Arquivo pessoal.

Para a Bomba nº 1:

> Média da calibração inicial

$$Q_i = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_n}{n} \rightarrow Q_i = \frac{25,032}{10} \rightarrow Q_i = 2,503 \text{ L/min}$$

> Média da calibração final

$$Q_f = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_n}{n} \rightarrow Q_f = \frac{24,971}{10} \rightarrow Q_f = 2,497 \text{ L/min}$$

- Verificação da variação da vazão

$$\Delta Q = \frac{Q_f - Q_i}{Q_i} \times 100 \rightarrow \Delta Q = \frac{0,006}{2,497} \times 100 \rightarrow \Delta Q = 0,24\%$$

Para a bomba nº 2:

- Média da calibração inicial.

$$Q_i = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_n}{n} \rightarrow Q_i = \frac{17,055}{10} \rightarrow Q_i = 1,706 \text{ L/min}$$

- Média da calibração final.

$$Q_f = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_n}{n} \rightarrow Q_f = \frac{17,029}{10} \rightarrow Q_f = 1,703 \text{ L/min}$$

- Verificação da variação da vazão da Bomba

$$\Delta Q = \frac{Q_f - Q_i}{Q_i} \times 100 \rightarrow \Delta Q = \frac{0,003}{1,706} \times 100 \rightarrow \Delta Q = 0,18\%$$

4.1.1 Cálculo dos volumes amostrados

Para o devido cálculo do volume amostrado nos dois levantamentos, conforme informado no item 3.4.2, com as devidas vazões médias, tem-se:

Para a Bomba nº 1:

$$V = Q_m \times t \rightarrow V = \left(\frac{Q_i + Q_f}{2} \right) \times t \rightarrow V = 2,5 \times 480 \rightarrow V = 1.200 \text{ Litros}$$

Para a Bomba nº 2:

$$V = Q_m \times t \rightarrow V = \left(\frac{Q_i + Q_f}{2} \right) \times t \rightarrow V = 1,705 \times 449,8 \rightarrow V = 766,9 \text{ Litros}$$

Com a verificação da variação da vazão atendida e com o devido volume amostrado calculado, é encaminhado para o laboratório especializado em análises de químicos ocupacionais, para a devida realização da análise dos amostradores.

Após a devida análise química do laboratório especializado, este emite os relatórios de ensaios. Desse modo, apresentam-se as datas de envio e recebimento dos amostradores, o número de identificação da amostra, a matriz e o tipo de amostrador utilizado, a data de realização da análise de ensaio, os limites de quantificação dos equipamentos utilizados pelo laboratório e os valores detectados no ensaio.

Os resultados obtidos do laboratório para as atividades levantadas foram:

Figura 20 - Resultados das avaliações de químicos.

Função	Quantificação de Poeira Respirável (mg/m³)	Concentração de Sílica Cristalina (mg/m³)
Operador de Máquina – 1	0,142	<0,0042
Operador de Máquina – 2	<0,025	<0,0042
Cabo de Fogo – 1	0,145	<0,0042
Cabo de Fogo – 2	0,115	<0,0066
Britador – 1	0,702	<0,0042
Britador – 2	0,864	<0,0042
Motorista – 1	<0,04	<0,0067
Motorista – 2	0,146	<0,0067
Serviços Gerais – 1	0,462	<0,0042
Serviços Gerais – 2	2,135	<0,0042

Fonte: Arquivo pessoal.

Para a legislação brasileira NR-15, o limite de tolerância à sílica cristalizada não existe especificamente; assim sendo, deve-se utilizar o limite de tolerância para poeiras respiráveis ou totais. Neste trabalho foi levantado o volume de poeiras respiráveis, para o qual, deve-se utilizar a forma a seguir:

$$L.T = \frac{8,0}{\% \text{ quartzo} + 2} \text{ mg/m}^3$$

Observa-se que a concentração de sílica detectada no laboratório encontra-se inferior ao limite de detecção do instrumento; por esse motivo, o laboratório utiliza a simbologia do indicativo “<” (menor que). Essa informação confirma a possibilidade de que no ambiente não foi nem possível detectar a sua concentração; enfim, ela apresenta-se quantitativamente tão baixa ao ponto de nem o instrumento de precisão conseguir detectar.

Ainda assim e mesmo que não exista a presença de sílica, a nossa legislação debruça sua atenção para a concentração de poeiras em suspensão. Nessas circunstâncias, deve-se realizar a verificação dos ambientes de trabalho: encontram-se acima do limite de tolerância ou em nível de ação para as poeiras? O mesmo vale para a higiene ocupacional, que deve levar em conta a ACGIH em seus limites de tolerância e suas recomendações.

Desse modo, tem-se como comparativo a diferença entre os limites para a NR-15 e ACGIH no que tange à sílica cristalizada e poeiras respiráveis, para os devidos percentuais de sílica presente na concentração dos aerodispersóides do ar.

Figura 09 - Comparativo dos limites de tolerância, NR-15 e ACGIH.

% de Sílica na Poeira Respirável	LT - NR-15 Poeira Respirável (Fórmula)	TLV - Partículas Respiráveis ACGIH (PNOS)	TLV - Sílica Cristalina Respirável ACGIH
0,00	4,0 mg/m ³	3,0 mg/m ³	0,025 mg/m ³
0,50	3,2 mg/m ³	3,0 mg/m ³	0,025 mg/m ³
1,00	2,6 mg/m ³	3,0 mg/m ³	0,025 mg/m ³
1,50	2,2 mg/m ³	3,0 mg/m ³	0,025 mg/m ³
2,00	2,0 mg/m ³	3,0 mg/m ³	0,025 mg/m ³

Fonte: Arquivo pessoal.

Realizando uma análise dos resultados obtidos pelo laboratório com os limites de tolerância registrados na Figura anterior, verificamos prontamente que nenhuma função revelou concentração de sílica acima de definida pela ACGIH, ou mesmo o nível de ação, que é 50% do limite, neste caso seria 0,0125 mg/m³.

Sendo a concentração de sílica praticamente zero, tem-se que o L.T da poeira respirável é de 4,0 mg/m³, verificando que todas as funções encontram-se abaixo do L.T definido pela legislação brasileira, NR-15. Contudo, observa-se neste ponto que seu nível de ação é de 2,0 mg/m³; assim, para a função de serviços gerais, ocorreu que, em um dos levantamentos, essa concentração no ar foi superada, atingindo valores de 2,135 mg/m³. Neste caso específico, deverão ocorrer ações preventivas específicas para que se garanta a redução de partículas no ambiente.

Observando o LTV da ACGIH para os PNOS, vemos que o valor de limite é inferior ao da legislação brasileira, bem como o seu nível de ação: 1,5 mg/m³.

Embora o valor seja inferior, neste estudo, a única função que ultrapassou esse valor de ação ocorreu em um levantamento da função serviços gerais.

Diante desses dados e informações, temos que: para a função de serviços gerais, necessita-se de uma ação, que deve respeitar para fins de eficácia e eficiência a hierarquia de controle: eliminação, redução, engenharia, administrativa, proteção individual. Assim, a empresa deverá buscar métodos e mecanismos de melhoria e desenvolvimento do seu processo.

No que tange à eliminação, temos que a concentração de sílica no ambiente se mostrou extremamente baixa, dispensando preocupação com esse agente e seus problemas à saúde dos trabalhadores. No entanto, a organização deve continuar realizando o monitoramento dos ambientes de trabalho, para que possa ter mais análises de quantificação. Em relação à concentração de poeira em suspensão, temos que, embora abaixo do nível de ação, existem pontos críticos, no momento do carregamento, descarregamento e britagem do material; sendo assim, a empresa deve levantar um estudo para uma possível umectação do material, com o objetivo de evitar que tenha o acúmulo da suspensão das partículas. Essa ação pode ser feita com chuveiros fixos, na esteira após britagem e com esguichos na “pilha” de rocha.

Para um sistema de engenharia ou proteção coletiva, são métodos que em sua maioria requerem um valor de investimento mais elevado, como exemplo um exaustor com filtro nos britadores, evitando a liberação dos particulados. Esses projetos não se tornaram interessantes num primeiro momento, devido à concentração de material particulado e sílica ter se encontrado abaixo do L.T e em apenas uma avaliação no nível de ação. Assim, não são vistos como prioridade e/ou como um bom investimento.

Como ação administrativa, podemos apresentar como indicação um controle e rotina de fluxo de umectação pelo motorista do caminhão pipa. Também restringir a área nas proximidades dos equipamentos e das atividades que provoquem grande liberação de material particulado no ar de modo concentrado, por exemplo, a explosão da rocha e a manutenção dos britadores. Além disso, devem ser realizados simultaneamente, uma vez que toda a equipe de manutenção, ao entrar no local, encontrará os equipamentos sem liberar materiais no ambiente.

Por fim, vale ressaltar a proteção no colaborador, a organização poderá disponibilizar proteções respiratórias tipo PFF1, para os colaboradores que

desejarem utilizá-las. Essa ação não se faz obrigatória, devido os limites de exposição não terem sido atingidos, superados ou próximos do limite.

Por se tratar de uma mineração, a organização deverá atender todos os itens pertinentes da NR-22 – Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração, sendo que entre eles apresenta a necessidade de um sistema de umidificação das vias, atividades de perfuração e corte, além de sinalização, plano de fogo, implantação de treinamento, entre outros.

A organização pode, pensando no prevencionismo, realizar o acompanhamento médico periódico para os colaboradores que se encontram com risco de exposição a poeiras de sílica cristalizada, mesmo que essas concentrações sejam insignificantes. Essa ação, além de ser positiva para a segurança e saúde do colaborador, e importante para a própria organização.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou os riscos ocupacionais a que os trabalhadores de mineradoras encontram-se expostos, aprofundando-se no risco do agente químico causador da silicose, a sílica cristalizada. Foi realizado um levantamento de campo das condições de trabalho presentes nas atividades, e os equipamentos utilizados, efetuando uma análise quantitativa de poeiras respiráveis contendo a sílica cristalizada, buscando a exposição ocupacional dos colaboradores.

A empresa estudada realiza, um programa de ações na organização, com condutas de segurança e de saúde ocupacional, há mais de 5 (cinco) anos, elaboradas por uma empresa especializada.

Conforme verificação na discussão e dos resultados das análises quantitativas, no item anterior, apontou-se que, para todas as análises, encontram-se abaixo do limite de tolerância expresso pela NR-15 e pela ACGIH, tanto para o agente poeiras respiráveis como para a sílica cristalizada. Assim sendo, nenhum colaborador encontra-se em um ambiente com um grande potencial de dano a sua saúde.

Contudo, verificou-se que em uma das análises quantitativas, na função de serviços gerais, o nível de ação de poeiras respiráveis, $2,0 \text{ mg/m}^3$ pela NR-15, quanto, $1,5 \text{ mg/m}^3$ pela ACGIH, foram superados. Assim sendo, para este profissional em especial ou para esta função, indica-se uma necessidade de realizar ações preventivas e corretivas, bem como ações de monitoramento.

Como observado na outra análise da função serviços gerais, o valor quantificado foi mais de 4 (quatro) vezes menor que o anterior, indica-se que seja verificado mais a fundo os aspectos das atividades em ambos os colaboradores, o tempo de duração para cada atividade, local em que foi realizada a atividade, entre outros pontos que podem divergir entre estes.

Desse modo, conclui-se que a organização estudada apresenta de para as devidas análises quantitativas que, seus colaboradores com potencial de exposição a poeiras respiráveis e de sílica cristalizada, encontram-se em um ambiente com o risco controlado, assim sendo, não apresentando o potencial risco a suas saúdes, conforme as diretrizes atuais da NR-15 e da ACGIH.

Conclui-se ainda, que as ações de segurança e saúde ocupacional realizadas pela organização proporcionaram condições em que os ambientes de

trabalho não superaram os limites de tolerância, bem como o nível de ação. No caso específico da função de serviços gerais, verificou-se que, embora acima do nível de ação, a função encontra-se dentro de uma condição aceitável, haja vista encontrar-se abaixo do limite de exposição, sendo recomendado uma ação de proteção do colaborador, seja esta uma proteção individual ou coletiva.

Esta pesquisa aponta a necessidade de realizar mais amostragens nos trabalhadores, mesmo para os trabalhadores em que a sílica cristalizada ou poeira respirável não obteve concentração suficiente para sua devida quantificação laboratorial. A necessidade de mais amostragens nos trabalhadores reflete devido ao risco exposto ao agente e a carência de mais informações de quantificação, podendo assim avaliar e apontar com convicção que os ambientes de trabalho possuem ou não o agente sílica cristalizada.

REFERÊNCIAS

ACGIH. American Conference of Government Industrial Hygienists. **Threshold limiting values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices**. Cincinnati, Ohio, USA. Technical Affairs Office ACGIH 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12543: **Equipamentos de proteção respiratória - Terminologia**. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HIGIENISTAS OCUPACIONAIS, **Definição de Higiene Ocupacional**, 2017. Disponível em: <<http://www.abho.org.br>> acesso em 03 de jan. 2018.

BRASIL, **Anuário Estatístico da Previdência Social AEPS 2015**, v.24, pág.1-917, Ministério da Fazenda II. DATAPREV, 2016.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho. **NR 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**, 2017a.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho. **NR 15 - Atividades e Operações Insalubres**, 2014.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho. **NR 17 - Ergonomia**, 2017b.

DIAS, C.E; et al. **Atenção à saúde dos trabalhadores expostos à poeira de sílica e portadores de Silicose, pelas equipes da Atenção Básica/Saúde da Família**, Belo Horizonte, Nescon, Universidade Federal de Minas Gerais, 2017.

FREITAS, C. L. **Manual de Segurança e Saúde do Trabalho**, 3. ed., Lisboa, Sílabo, 2016.

FUNDACENTRO, **NHO 03 Método de Ensaio: Análise gravimétrica de Aerodispersóides sólidos coletados sobre filtros e membrana**, Ministério do Trabalho e Emprego, FUNDACENTRO, 2000.

FUNDACENTRO, **NHO 07 Calibração de bombas de amostragem individual pelo método da bolha de sabão**, Ministério do Trabalho e Emprego, FUNDACENTRO, 2002.

FUNDACENTRO, **NHO 08 Coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho**, Ministério do Trabalho e Emprego, FUNDACENTRO, 2009.

GOOGLE. **Google Earth**. Version PRO 7.3.1.4507. Ano 2017. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth>> acesso em 14 de jan. 2018.

LAGO, E. M. G. **Proposta de sistema de gestão em segurança no trabalho para empresas de construção civil**. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em engenharia civil, Unicap. Recife, 2006.

NETO, K. F., et al., **Sílica: manual do trabalhador** 2. ed., São Paulo, Fundacentro, 2010.

SANTOS, A. M. A. et al. **Introdução à higiene ocupacional**. São Paulo: FUNDACENTRO, 2004. 84 p. Segurança e Medicina do Trabalho. 13. ed. atual. - São Paulo: Saraiva, 2014.

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

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. **Gerência de Riscos**. Apostila para a disciplina do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, eST-701, 2017.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. **Higiene do Trabalho**. Apostila para a disciplina do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, eST-103, 2016a.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. **Introdução a Engenharia de Segurança**. Apostila para a disciplina do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, eST-101, 2016b.

VALE V. F. **Levantamento das Doenças Ocupacionais e Impactos Ambientais na Produção de Pedra Britada**. Dissertação Pós-Graduação em engenharia segurança do trabalho, Universidade de São Paulo, 2015.

ANEXO I

A.14 - Quantidade de benefícios concedidos, por clientela, segundo as Grandes Regiões e Unidades da Federação - 2013/2015

GRANDES REGIÕES E UNIDADES DA FEDERAÇÃO	QUANTIDADE DE BENEFÍCIOS CONCEDIDOS								
	Total			Clientela					
				Urbana			Rural		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015
BRASIL	5.207.629	5.211.030	4.344.701	4.169.903	4.214.863	3.546.427	1.037.726	996.167	798.274
NORTE	283.844	285.668	236.877	153.273	155.852	140.793	130.571	129.816	96.084
Rondônia	42.032	43.018	39.324	24.810	25.526	24.264	17.222	17.492	15.060
Acre	16.342	16.316	13.023	6.901	7.233	6.264	9.441	9.083	6.759
Amazonas	56.644	55.280	49.288	33.386	32.765	31.773	23.258	22.515	17.515
Roraima	8.735	9.109	7.035	4.754	4.848	3.879	3.981	4.261	3.156
Pará	121.019	125.830	97.737	61.247	64.288	55.849	59.772	61.542	41.888
Amapá	11.117	10.909	10.080	6.267	6.097	5.965	4.850	4.812	4.115
Tocantins	27.955	25.206	20.390	15.908	15.095	12.799	12.047	10.111	7.591
NORDESTE	1.199.073	1.185.329	958.918	649.140	661.172	544.846	549.933	524.157	414.072
Maranhão	152.696	147.340	107.143	44.006	46.782	36.372	108.690	100.558	70.771
Piauí	82.314	83.919	71.023	33.468	35.630	30.081	48.846	48.289	40.942
Ceará	180.336	178.250	145.740	103.919	109.532	88.431	76.417	68.718	57.309
Rio Grande do Norte	81.958	80.445	71.842	50.608	51.569	46.046	31.350	28.876	25.796
Paraíba	89.552	89.592	72.336	52.181	54.050	45.038	37.371	35.542	27.298
Pernambuco	184.297	184.732	156.461	120.186	122.747	104.665	64.111	61.985	51.796
Alagoas	67.084	61.820	53.341	43.066	39.436	33.626	24.018	22.384	19.715
Sergipe	49.858	49.642	39.137	29.825	29.878	24.816	20.033	19.764	14.321
Bahia	310.978	309.589	241.895	171.881	171.548	135.771	139.097	138.041	106.124
SUDESTE	2.328.450	2.345.871	1.975.580	2.179.380	2.199.218	1.849.755	149.070	146.653	125.825
Minas Gerais	624.656	639.424	530.566	532.255	546.083	452.570	92.401	93.341	77.996
Espírito Santo	99.788	100.848	88.293	79.948	81.397	71.256	19.840	19.451	17.037
Rio de Janeiro	389.556	392.995	333.878	384.396	387.627	329.203	5.160	5.368	4.675
São Paulo	1.214.450	1.212.604	1.022.843	1.182.781	1.184.111	996.726	31.669	28.493	26.117
SUL	1.031.002	1.025.238	871.671	878.419	880.900	750.535	152.583	144.338	121.136
Paraná	329.869	324.537	279.294	281.208	279.122	241.041	48.661	45.415	38.253
Santa Catarina	288.025	286.811	243.859	252.693	254.031	215.974	35.332	32.780	27.885
Rio Grande do Sul	413.108	413.890	348.518	344.518	347.747	293.520	68.590	66.143	54.998
CENTRO-OESTE	365.260	368.924	301.655	309.691	317.721	260.498	55.569	51.203	41.157
Mato Grosso do Sul	74.367	76.085	64.760	63.940	65.736	55.746	10.427	10.349	9.014
Mato Grosso	80.335	83.498	60.824	62.166	65.594	48.193	18.169	17.904	12.631
Goiás	134.325	133.823	114.903	111.970	115.525	99.302	22.355	18.298	15.601
Distrito Federal	76.233	75.518	61.168	71.615	70.866	57.257	4.618	4.652	3.911

Fonte: DATAPREV, SUB, SÍNTESE.

A.15 - Valor de benefícios concedidos, por clientela, segundo as Grandes Regiões e Unidades da Federação - 2013/2015

GRANDES REGIÕES E UNIDADES DA FEDERAÇÃO	VALOR DE BENEFÍCIOS CONCEDIDOS (R\$ Mil)								
	Total			Clientela					
	2013	2014	2015	Urbana			Rural		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015
BRASIL	5.142.737	5.485.224	5.038.458	4.438.965	4.763.422	4.408.752	703.771	721.803	629.706
NORTE	241.357	259.470	240.628	152.934	165.566	165.007	88.423	93.905	75.621
Rondônia	35.667	38.934	39.263	24.020	26.293	27.424	11.647	12.641	11.839
Acre	13.004	13.830	12.307	6.625	7.285	7.013	6.379	6.545	5.294
Amazonas	51.898	53.332	53.732	36.130	37.032	39.930	15.768	16.300	13.802
Roraima	7.277	8.095	6.888	4.579	5.011	4.402	2.697	3.084	2.487
Pará	101.347	113.119	98.544	60.864	68.583	65.567	40.483	44.536	32.977
Amapá	9.142	9.655	9.864	5.853	6.173	6.621	3.288	3.482	3.243
Tocantins	23.024	22.505	20.030	14.863	15.189	14.050	8.161	7.316	5.979
NORDESTE	979.123	1.036.949	928.387	606.710	657.720	602.393	372.413	379.229	325.994
Maranhão	114.542	119.598	96.718	40.927	46.847	41.001	73.615	72.752	55.717
Piauí	63.518	69.399	64.627	30.446	34.474	32.396	33.072	34.926	32.231
Ceará	144.368	153.752	137.952	92.659	104.059	92.886	51.709	49.693	45.066
Rio Grande do Norte	68.395	71.765	70.585	47.190	50.907	50.298	21.205	20.858	20.288
Paraíba	71.896	77.314	68.883	46.592	51.605	47.402	25.304	25.710	21.481
Pernambuco	157.580	168.701	159.502	114.124	123.795	118.680	43.456	44.906	40.822
Alagoas	55.659	54.814	51.830	39.359	38.581	36.269	16.300	16.232	15.562
Sergipe	42.365	44.510	39.143	28.790	30.214	27.874	13.575	14.296	11.269
Bahia	260.799	277.096	239.147	166.622	177.239	155.587	94.177	99.857	83.560
SUDESTE	2.562.580	2.739.702	2.523.404	2.460.853	2.632.745	2.423.436	101.727	106.957	99.968
Minas Gerais	574.487	631.075	577.893	511.729	563.349	516.274	62.757	67.726	61.619
Espírito Santo	95.522	102.515	98.686	82.090	88.441	85.268	13.432	14.073	13.418
Rio de Janeiro	431.839	463.208	433.226	428.335	459.304	429.522	3.504	3.905	3.704
São Paulo	1.460.732	1.542.905	1.413.599	1.438.698	1.521.651	1.392.372	22.034	21.253	21.227
SUL	1.005.883	1.066.556	1.000.596	902.477	962.061	905.065	103.405	104.495	95.531
Paraná	317.291	331.641	312.746	284.258	298.714	282.500	33.034	32.927	30.246
Santa Catarina	285.282	303.360	285.690	261.438	279.729	263.798	23.844	23.631	21.892
Rio Grande do Sul	403.309	431.555	402.160	356.781	383.618	358.767	46.527	47.937	43.393
CENTRO-OESTE	353.793	382.547	345.442	315.991	345.330	312.851	37.802	37.217	32.591
Mato Grosso do Sul	68.747	75.149	70.370	61.623	67.595	63.196	7.125	7.554	7.173
Mato Grosso	74.145	82.906	65.915	61.813	69.927	55.938	12.331	12.979	9.976
Goiás	125.134	134.268	126.983	109.932	120.958	114.628	15.202	13.310	12.355
Distrito Federal	85.768	90.224	82.175	82.623	86.851	79.088	3.144	3.373	3.087

Fonte: DATAPREV, SUB, SINTESE.

Nota: As diferenças porventura existentes entre soma de parcelas e totais são provenientes de arredondamento.