



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
FACULDADE INTERDISCIPLINAR EM CIENCIA E TECNOLOGIA
(ÊNFASE EM TECNOLOGIA MINERAL)

MAYARA MENEZES DE ALCÂNTARA

**O PAPEL DA SEGURANÇA DO TRABALHO NA PREVENÇÃO DA
SILICOSE**

Ananindeua-Pará
2024

MAYARA MENEZES DE ALCÂNTARA

**O PAPEL DA SEGURANÇA DO TRABALHO NA PREVENÇÃO DA
SILICOSE**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Pará Campus Ananindeua, em cumprimento as exigências para a obtenção do Grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia – Ênfase em tecnologia mineral.

Orientadora: Prof^a Dr^a Camila Nascimento Alves

Ananindeua - Pará
2024

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)**

A347p Alcântara, Mayara Menezes de.
O papel da segurança do trabalho na prevenção da
silicose / Mayara Menezes de Alcântara, . — 2024.
lxv, 65 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Camila Nascimento Alves
Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade
Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua,
Curso de Ciência e Tecnologia, Ananindeua, 2024.

1. Silicose. 2. Segurança do trabalho. 3. Doença
ocupacional. I. Título.

CDD 620.86

MAYARA MENEZES DE ALCÂNTARA

O PAPEL DA SEGURANÇA DO TRABALHO NA PREVENÇÃO DA SILICOSE

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Pará Campus Ananindeua, em cumprimento as exigências para a obtenção do Grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia – Ênfase em tecnologia mineral.

Orientadora: Prof^a Dr^a Camila Nascimento Alves.

Data da apresentação: 29/11/2024

Banca Examinadora:

Orientadora: Profa. Dra. CAMILA NASCIMENTO ALVES

Membro de banca: Profa. Esp. PATRÍCIA RAQUEL BATISTA SOBRINHO

Membro de banca: Prof. Dr. DANIEL JOSE LIMA DE SOUSA

Membro de banca: Prof. Dr. VITOR LEÃO SANTANA

Ananindeua – Pará

2024

Dedico este trabalho à minha querida avó, a quem amo incondicionalmente e sou eternamente grata por tudo que fez por mim. Também dedico a minha irmã de vida, Tayná Feitosa (*in memorian*), com todo o meu amor e saudade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tornar este sonho possível. Meus sinceros agradecimentos aos meus pais, Doranei Menezes e Mário Alcântara, e aos meus irmãos, Harrison Alcântara e William Alcântara, pelo apoio incondicional ao longo da minha jornada. À minha avó, Joana Menezes, amada e incentivadora, sou eternamente grata por estar ao meu lado em cada escolha e passo. Sinto-me extremamente feliz e privilegiada por ser sua neta.

Um agradecimento especial à minha prima e amiga, Priscila Meneses, que me acompanhou durante todos esses anos. Sou muito grata pelo seu incentivo e por estar ao meu lado desde os meus primeiros passos até aqui.

Ao meu companheiro de vida, Itallo Botelho, que me apoiou no final dessa trajetória; sem seu apoio e companheirismo, essa jornada teria sido muito mais difícil.

Aos meus amigos de curso, Beatriz Gusmão, Carlos Adriano e Cristina Barral, reconheço que sem vocês não teria conseguido concluir esta etapa. Agradeço pelo apoio constante e pela companhia durante essa longa trajetória.

Aos amigos Jhonathan Serra e João Albernaz, expresse minha gratidão pelo apoio nos momentos mais desafiadores, que me fizeram sentir segura e confiante.

Por fim, agradeço aos professores, em especial à minha orientadora, Camila Alves, pela colaboração em minha formação acadêmica e pessoal.

RESUMO

Existe uma crescente preocupação com a saúde dos trabalhadores expostos a ambientes com particulados silicosos, especialmente em setores como a mineração e da construção civil. Este trabalho abordou a relevância da segurança do trabalho na mitigação dos riscos associados à silicose, uma doença ocupacional grave causada pela inalação de partículas de sílica em trabalhadores da mineração. A silicose é uma condição irreversível que pode levar a complicações severas, e a implementação de medidas de segurança adequadas é crucial para prevenir essa doença. O estudo buscou contribuir para a conscientização sobre a importância da segurança do trabalho e a necessidade de políticas eficazes de prevenção. O objetivo geral do trabalho foi analisar o papel da segurança do trabalho na prevenção da silicose, buscando compreender como práticas de segurança podem reduzir a incidência dessa doença entre os trabalhadores expostos. Os objetivos específicos incluíram identificar as principais características da sílica e os ambientes de trabalho que apresentam risco de exposição, examinar as doenças ocupacionais pulmonares, com foco na silicose, avaliar as Normas Regulamentadoras relacionadas à segurança do trabalho e sua aplicação na prevenção da silicose, e propor meios de prevenção e proteção para os trabalhadores expostos à sílica. Observou-se que a implementação de medidas de segurança eficazes, como o uso de Equipamentos de Proteção Individual e a adoção de práticas de segurança no ambiente de trabalho, é fundamental para a prevenção da silicose. Além disso, o estudo enfatiza a importância da formação e conscientização dos trabalhadores sobre os riscos da exposição à sílica e a necessidade de um ambiente de trabalho seguro. Conclui-se que, com a aplicação adequada das normas de segurança e a promoção de uma cultura de prevenção, é possível reduzir significativamente a incidência da silicose e proteger a saúde dos trabalhadores.

Palavras-chave: Silicose; Segurança do trabalho; Doença ocupacional.

ABSTRACT

This study addressed the relevance of occupational safety in mitigating the risks associated with silicosis, a serious occupational disease caused by the inhalation of silica particles. The rationale for the study highlights the growing concern for the health of workers exposed to environments with silica, especially in sectors such as mining and construction. Silicosis is an irreversible condition that can lead to severe complications, and the implementation of adequate safety measures is crucial to prevent this disease. The study sought to contribute to raising awareness about the importance of occupational safety and the need for effective prevention policies. The general objective of the study was to analyze the role of occupational safety in preventing silicosis, seeking to understand how safety practices can reduce the incidence of this disease among exposed workers. The specific objectives included identifying the main characteristics of silica and the work environments that present a risk of exposure, examining occupational lung diseases, with a focus on silicosis, evaluating the Regulatory Standards related to occupational safety and their application in the prevention of silicosis, and proposing means of prevention and protection for workers exposed to silica. It was observed that the implementation of effective safety measures, such as the use of Personal Protective Equipment and the adoption of safety practices in the workplace, is essential for the prevention of silicosis. In addition, the study emphasizes the importance of training and raising awareness among workers about the risks of exposure to silica and the need for a safe work environment. It is concluded that, with the adequate application of safety standards and the promotion of a culture of prevention, it is possible to significantly reduce the incidence of silicosis and protect the health of workers.

Key Word: Silicosis; Workplace safety; Occupational disease.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma metodológico do presente trabalho.	14
Figura 2. Representação cristalográfica do quartzo	19
Figura 3. Representação cristalográfica da cristalobalita.	20
Figura 4. Funções mais suscetíveis à exposição de sílica livre.	22
Figura 5. Pulmão de paciente com silicose	30
Figura 6. Modelo de riscos do Queijo Suíço.	42
Figura 7. Tipos de EPIs.	45

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	11
2.1. Objetivos Gerais	11
2.2. Objetivos Específicos	11
3. JUSTIFICATIVA	11
4. METODOLOGIA	12
5. REFERENCIAL TEÓRICO	15
5.1 Caracterização da sílica	16
5.2 Caracterização da doença e do ambiente de trabalho	20
5.3 Silicose em trabalhadores da mineração	22
5.4 Caracterização da doença silicose	27
5.5 Doenças ocupacionais pulmonares	31
5.6 Legislação e Segurança do Trabalhador	33
5.7 O que são NR's?	36
5.8 Programa de Gerenciamento de Riscos na Prevenção da Silicose	42
5.9 EPIs, EPCs e a proteção do trabalhador	43
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
7. CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS	61

1. INTRODUÇÃO

A silicose é uma doença pulmonar incurável causada pela inalação de poeira contendo sílica cristalina livre. Apesar de todos os esforços de prevenção, a silicose ainda afeta diversos trabalhadores em ocupações perigosas em milhares de pessoas todos os anos vem à óbito. A doença torna o indivíduo suscetível à incapacidade física progressiva e permanente, e a silicose continua sendo uma das doenças ocupacionais mais importantes do mundo (Cunha, 2014).

A experiência adquirida em alguns países demonstra que é possível reduzir significativamente a incidência desta doença adotando programas de prevenção bem organizados, como é o caso de países como a Austrália, Bélgica, Canadá, Finlândia, França, Alemanha, Suíça, Suécia, Reino Unido e Estados Unidos. Na ausência de um tratamento específico eficaz para a silicose, a única forma de proteger a saúde dos trabalhadores é controlar a exposição à poeira contendo sílica. Para ser eficaz, o sistema de prevenção deve basear-se em toda uma gama de medidas preventivas (Becker, 2023).

A nível nacional, com base na legislação e regulamentação, a aplicação de limites de exposição e normas técnicas no local de trabalho, serviços de assessoria técnica, um sistema de inspeção eficaz, um sistema de notificação bem organizado, bem como um programa nacional de planos de ação envolvendo agências governamentais, empresas e sindicatos são elementos necessários para estabelecer a infra-estrutura necessária para prevenir eficazmente a silicose (Cunha, 2022).

Ao nível empresarial a aplicação de tecnologias apropriadas para evitar a formação de poeira contendo sílica, o uso de soluções de engenharia para controle de poeira, cumprimento dos limites de exposição e normas técnicas, monitoramento do ambiente de trabalho para avaliar a eficácia das medidas preventivas, monitoramento do estado de saúde dos trabalhadores para garantir a detecção precoce da silicose, a utilização de equipamentos de proteção individual (em caráter temporário), bem como a educação para a saúde, informação e formação, são absolutamente essenciais para garantir uma prevenção eficaz (Azevedo & Schutz, 2021).

Portanto, além de sua importância para limitar a propagação da silicose, a segurança do trabalhador é fundamental para a identificação precoce da doença. Se os especialistas em saúde e segurança ocupacional observarem indícios da doença durante as triagens normais, eles podem ser recomendados aos indivíduos para a realização de testes extras. Medidas preventivas e de monitoramento adicionais devem ser desenvolvidas para evitar danos futuros aos trabalhadores expostos, e a descoberta precoce permite tratamento e gerenciamento eficazes do curso da doença. A segurança no trabalho não só ajuda a evitar a silicose, mas também a diagnosticá-la e tratá-la precocemente, garantindo um local de trabalho saudável e sem riscos (SILICOSIS, 2019).

Dentro deste contexto, o presente trabalho buscou compreender o papel da Segurança do Trabalho na prevenção da silicose com foco nos trabalhadores da indústria mineral.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

Investigar os impactos da exposição à sílica no ambiente de trabalho mineiro e analisar o papel das medidas de segurança do trabalho na prevenção e mitigação da silicose, visando contribuir para o aprimoramento das práticas de saúde ocupacional e segurança laboral.

2.2. Objetivos Específicos

- Conceituar a silicose
- Conceituar e definir a Segurança do Trabalho
- Analisar a importância dos EPI's na prevenção da silicose
- Analisar o papel da Segurança do Trabalho na prevenção da silicose

3. JUSTIFICATIVA

A presente pesquisa justificou-se pela necessidade premente de investigar os fatores relacionados à exposição da sílica no ambiente de trabalho, com ênfase nos trabalhadores atuantes na indústria da mineração, bem como e compreender o papel que as medidas de segurança do trabalho desempenham na prevenção e no combate à silicose. Ademais, a partir do referido tema buscou-se contribuir para a conscientização sobre os riscos

associados à exposição à sílica, promovendo a implementação de medidas preventivas mais eficazes nas empresas e órgãos reguladores.

Além disso, a falta de informações detalhadas sobre a prevalência da silicose e as práticas de segurança do trabalho em determinados setores industriais justifica a realização do presente estudo, que pode fornecer *insights* importantes para a formulação de políticas de saúde ocupacional mais abrangentes e eficazes. Portanto, este trabalho não visou apenas ampliar o conhecimento científico sobre a silicose, mas também possuiu o propósito de discutir e contribuir para a proteção da saúde e segurança dos trabalhadores expostos à sílica em diversos contextos laborais, com ênfase na indústria mineira.

Dessa maneira, compreendendo a complexidade da silicose, torna-se necessário estudar um pouco mais sobre as demais doenças ocupacionais pulmonares (ou pneumoconioses) para que assim fosse possível construir novas estratégias para preveni-las e garantir a saúde do trabalhador.

4. METODOLOGIA

A metodologia adotada na formulação do trabalho foi baseada em pesquisas bibliográficas, através de consultas em livros, dissertações, Trabalho de Conclusão de Curso (TCC's), além de artigos publicados em revistas científicas indexadas. O principal objetivo desta modalidade foi realizar uma investigação documental, ou seja, coletar informações já existentes sobre o tema e analisá-las sob o ponto de vista do estado da arte e interpretá-las de acordo com a realidade local (Gil, 2002).

Com relação aos artigos científicos foram utilizadas publicações localizadas a partir das bases de dados SciELO® e Google Acadêmico™. Já as normas técnicas regulamentadoras (NR's) relacionadas ao tema foram consultadas na Fundacentro e nos sites próprios do governo (gov.br).

Para a realização da pesquisa, adotou-se o método qualitativo. Nesse contexto, o foco do pesquisador recai sobre a forma como determinado fenômeno se manifesta nas atividades e interações cotidianas (Godoy, 1999). Do ponto de vista qualitativo, o pesquisador é o instrumento fundamental para que o trabalho ocorra plenamente.

A pesquisa qualitativa realizada possui natureza bibliográfica, conforme definido por Gil (2002) e caracteriza-se pelo uso de material previamente elaborado, predominantemente composto por livros e artigos científicos. Embora a realização desse tipo de trabalho seja comum em praticamente todos os estudos, há casos em que as pesquisas são conduzidas exclusivamente com base em fontes bibliográficas. Dessa forma, a pesquisa em questão foi conduzida com base em estudos anteriores, analisando-os detalhadamente para obter um diagnóstico do objeto de estudo.

A análise de conteúdo é uma metodologia de pesquisa empregada para descrever e interpretar o conteúdo de diferentes tipos de documentos e textos. Essa abordagem, que resulta em descrições sistemáticas, tanto qualitativas quanto quantitativas, permite a reinterpretção das análises e possibilita uma compreensão mais profunda, superando a mera leitura superficial. Como parte de uma investigação teórica e prática a análise de conteúdo possui um papel significativo nas pesquisas sociais. Trata-se de uma metodologia que vai além de uma técnica simples de análise de dados, configurando-se como uma abordagem metodológica com características e potencialidades próprias (Godoy, 1999). Assim, entende-se que tal metodologia é fundamental para contextualizar o problema de pesquisa, identificar lacunas no conhecimento existente, embasar argumentos e fundamentar as conclusões alcançadas, conforme Gil (2002).

No presente trabalho foram considerados alguns critérios para a execução da pesquisa. Considerou-se critérios de inclusão e exclusão. Sob a perspectiva de critérios de inclusão considerou-se os artigos e publicações científicas de até 20 anos de publicação. Ademais, foram utilizadas NBR's que estão em vigor, independente de quando foram publicadas, além de termos técnicos e definições clássicas, portanto, atemporais.

Além disso, construiu-se de uma tabela como número de casos de silicose no Brasil registrados oficialmente pelo governo federal, a partir das informações disponíveis no banco de dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS e configura-se como uma fonte oficial de informações relativas à saúde pública no Brasil. Os dados foram coletados, organizados e sistematizados com o objetivo de identificar a incidência de

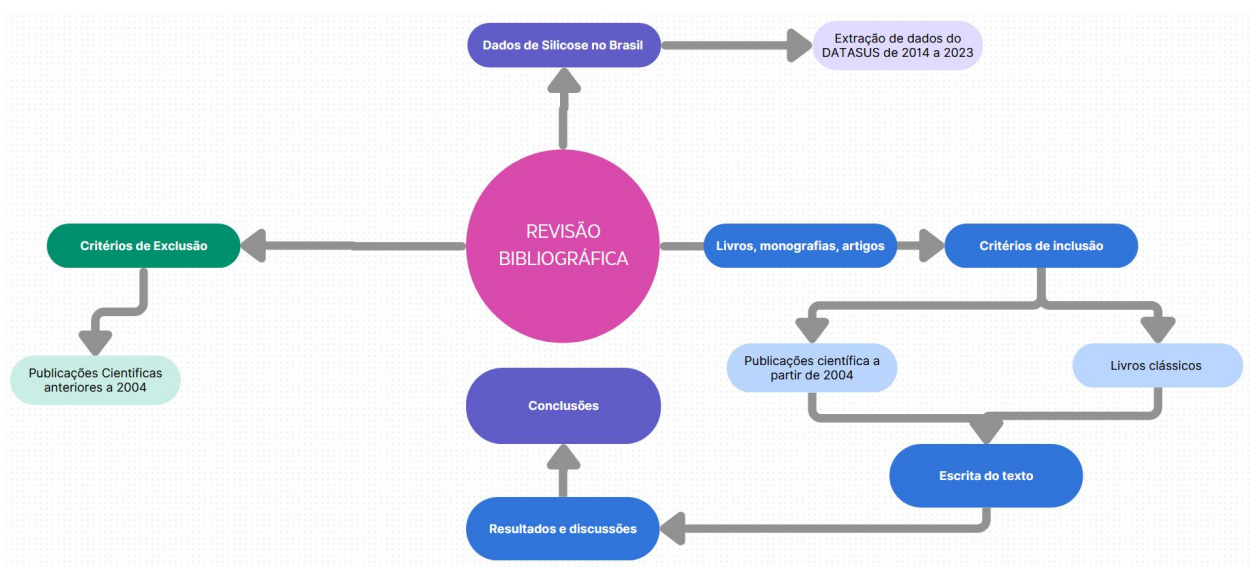
casos de silicose em diversas regiões e períodos distintos, viabilizando uma análise minuciosa da distribuição espacial e temporal dessa patologia.

O DATASUS gerencia informações de saúde, incluindo indicadores de saúde, assistência médica, dados epidemiológicos e de morbidade, informações sobre a rede de assistência à saúde, estatísticas vitais, e dados demográficos e socioeconômicos. Essas bases de dados estão disponíveis para consulta no portal <https://datasus.saude.gov.br/>.

A partir de dados extraídos do DATASUS, do período do ano de 2014 até 2023 foi possível coletar dados referentes às pneumoconioses que ocorreram no Brasil e foram oficialmente registradas.

Na Figura 1, tem-se o fluxograma metodológico utilizado na presente pesquisa.

Figura 1. Fluxograma metodológico do presente trabalho.



Fonte: Autor, 2024.

Na base de dados SciELO® e Google Acadêmico™ foram utilizadas as seguintes palavras-chave:

- “Silicose”
- “Doenças Ocupacionais”
- “Segurança do Trabalho”

Ademais, também se utilizou a mescla entre as palavras-chave citadas. A quantidade de documentos encontrados e a base de dados pode ser vista no Quadro 1.

Quadro 1 – Plataformas de buscas e referências encontradas.

PLATAFORMA DE BUSCA	PALAVRA-CHAVE	QUANTIDADE DE DOCUMENTOS ENCONTRADOS	DOCUMENTOS SELECIONADOS
Google Acadêmico	Silicose	10300	15
	Silicose + Doença Ocupacional	1930	8
	Silicose + Segurança do Trabalho	2450	7
SciELO	Silicose	40	3
	Doença Ocupacional	178	3
	Segurança do Trabalho	1430	5

Fonte: Autor, 2024.

5. REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Santos et., al, (2022) o termo "Silicose" foi empregado pela primeira vez por Visconti em torno de 1870, embora já houvesse descrições dessa condição em algumas múmias do antigo Egito e Grécia. Hipócrates possivelmente a mencionou em trabalhadores de metais no século XVI e em cortadores de pedra no século XVIII. Alguns pesquisadores defendem que os primeiros registros de Silicose foram feitos em 1556 pelo médico alemão Giorgius, que a denominou "asma dos mineiros". Muitos pesquisadores consideram-na a doença ocupacional mais antiga.

A Silicose é uma doença pulmonar fibronodular intersticial difusa, provocada pela inalação de sílica cristalina. É comumente associada ao

quartzo, mas também à cristobalita, tridimita, stishovita e coesita (Santos et., al 2022). O autor cita que, inicialmente, a doença é assintomática, porém tende a ser progressiva e incurável. O diagnóstico se baseia parcialmente no histórico profissional de exposição. A Silicose é mais prevalente em países com altas taxas de desemprego e/ou pouca vigilância de saúde e segurança no trabalho.

5.1 Caracterização da sílica

A sílica é um dos minerais mais abundantes na Terra e é encontrada em várias formas, tanto cristalinas quanto amorfas. Sua forma cristalina mais comum é o quartzo (SiO_2), mas também pode ocorrer como cristobalita, tridimita e outros polimorfos (Santos et., al, 2022).

O quartzo é o segundo mineral mais abundante na crosta terrestre, encontrado em uma vasta gama de ambientes geológicos, incluindo rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. Já a cristobalita e tridimita são encontradas em ambientes de alta temperatura, como em rochas vulcânicas e depósitos hidrotermais. A sílica apresenta variedades como opala, comumente encontrado em depósitos sedimentares e em áreas de atividade hidrotermal (Miceli & Schnellrath, 2024).

O SiO_2 é um componente essencial de muitas rochas eruptivas, plutônicas, sedimentares e metamórficas. Além disso, o quartzo é encontrado em veios pneumatolíticos e hidrotermais, frequentemente associado a minérios. Os cristais mais bonitos de quartzo são encontrados em cavidades (como geodos e amígdalas) de rochas efusivas a hipoabissais, pegmatitos e veios hidrotermais (Azevedo & Schutz, 2021).

Os principais polimorfos naturais de SiO_2 enquadram-se em três categorias estruturais: α -quartzo, com a mais baixa simetria e a estrutura mais compacta; α -tridimita, com maior simetria e estrutura mais aberta e α -cristobalita, com a maior simetria e a estrutura mais expandida dos três polimorfos. Esses polimorfos relacionam-se entre si por transformações reconstrutivas, processo que requer considerável energia. A lentidão e os requisitos de energia das transformações reconstrutivas admitem a existência de fases metaestáveis por longos períodos de tempo. As temperaturas das inversões reconstrutivas variam amplamente, dependendo principalmente da taxa e da direção da mudança de temperatura. Cada um dos três tipos de

estruturas mencionados previamente possui uma inversão alta-baixa temperatura (T) como é mostrado pela existência de quartzo de alta T e quartzo de baixa T, tridimita de alta T e tridimita de baixa T e cristobalita de alta T e cristobalita de baixa T. Estas transformações são deslocáveis. Elas acontecem rápida e reversivelmente em uma temperatura de inversão bastante constante e definida e podem se repetir inúmeras vezes sem que haja desintegração física do cristal (Cornelis & Dutrow, 2012).

De acordo com o Museu Heinz Ebert® (2024), quanto ao hábito, o quartzo pode se apresentar em massas compactas ou em agregados com granulação variada. Seus cristais são geralmente prismáticos, com faces estriadas horizontalmente e seção basal hexagonal.

De acordo com Dana (1981) os cristais de quartzo são comuns em grande variedade de formas. Desde o cristalino de grão fino ao grosso, ou pederneira ou criptocristalino, dando lugar a numerosas denominações. Também pode formar massas concrecionadas. Possui fratura conchoidal e brilho vítreo, e em algumas amostras, gorduroso, lustroso. Geralmente incolor ou branco, mas frequentemente colorido por diversas impurezas, podendo então assumir qualquer cor. A cor dá origem a diversas variedades. Transparente a translúcido. Possui fortes propriedades piezoelétricas e piroelétricas. Sua composição é SiO_2 , com Si sendo 46,7% e O sendo 53,3%. Entre todos os minerais, o quartzo é um composto químico quase puro e tem propriedades constantes. No entanto, a análise petrográfica revelou que até os cristais mais perfeitos contêm impurezas de lítio, sódio, potássio, alumínio, ferro férrico, manganês divalente e titânio, sendo possível observar com medições muito precisas que as propriedades físicas variam com a presença dessas impurezas.

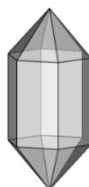
Forma vidro claro ao fundir o mineral em pó fino com um volume igual de carbonato de sódio. Solúvel em ácido fluorídrico. Distingue-se da calcita por sua maior dureza e das variedades brancas do berilo por sua dureza menor. Existe uma grande variedade de formas do quartzo, às quais foram dados nomes distintos (Dana, 1981). As variedades mais importantes, com uma breve descrição de cada uma, são as seguintes:

- Cristal de rocha: Quartzo incolor, comumente em cristais independentes.

- Ametista: Quartzo colorido de púrpura ou violeta, em cristais. Parece que a impureza que origina a cor são pequenas quantidades de ferro férrico.
- Quartzo rosa: Quartzo colorido de rosa, geralmente em massas, raramente em cristais. Parece que a cor rosada é originada pela presença de manganês.
- Quartzo fumê: Quartzo de cor marrom escuro ou negro, em cristais transparentes ou translúcidos. Parece que a cor é originada por pequenas quantidades de hidrocarbonetos ou alguma combinação orgânica.
- Quartzo citrino: Quartzo de cor amarela clara.
- Quartzo leitoso: Quartzo opaco e branco leitoso, devido a inclusões infinitesimais de líquidos ou gases com brilho gorduroso.
- Olho de gato: Variedade de quartzo em massas ou em forma arredondada com cabochões, que apresenta uma faixa branca brilhante e cintilante de um lado ao outro do campo visual; esta faixa é causada por inclusões fibrosas orientadas de amianto, crocidolita $[\text{NaFe}^{2+}3\text{Fe}^{3+}2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]_n$ ou actinolita $[\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]_n$, ambos anfibólios. Principais ocorrências em Java, Ceilão e outros países tropicais.
- Olho de tigre: Variedade de olho de gato com cores mais vivas e finamente listradas de marrom e amarelo. Procede da alteração da crocidolita, mantendo os mesmos caracteres fibrosos do amianto.
- Aventurina: Variedade de quartzo com inclusões minúsculas de mica verde ou anidrita que lhe conferem um brilho peculiar. As mais apreciadas provêm da Sibéria.

O quartzo possui partição romboédrica, com fratura conchoidal e tenacidade quebradiço. Sua dureza é alta, da ordem de 7 na escala de Mohs e possui densidade leve, da ordem de 2,65 g/cm³. Na Figura 2 temos a representação cristalográfica do quartzo (Dana, 1981). Outra apresentação comum de sílica se dá na forma das cristobalitas, também na fórmula SiO₂.

Figura 2. Representação cristalográfica do quartzo



Fonte: Dana, 1981

A cristobalita é um tectossilicato e um dos polimorfos do quartzo (SiO_2), encontrada em rochas ígneas em áreas de atividade vulcânica, e é usada em estudos científicos. Seus cristais fornecem informações essenciais sobre a formação e transformação dos cristais em diferentes ambientes. A cristobalita se forma em condições de alta temperatura e baixa pressão, sendo metaestável à temperatura ambiente. Ela sofre uma transição paramorfa de cristobalita de alta temperatura (cúbica) para cristobalita de baixa temperatura (tetragonal). A cristobalita pode estar intercrescida com tridimita e conter teores variados de Ca, Na, Fe, Mg, Al, K, Ti, Mn e P (Santos *et al.*, 2014).

De acordo com Miceli & Schnellrath (2013) a cristobalita ocorre principalmente em rochas magmáticas ácidas e intermediárias que passaram por um rápido processo de resfriamento, podendo preencher cavidades (vesículas ou lithophysae) ou fraturas. Também se forma como resultado da alteração hidrotermal dessas rochas. É um componente comum de certos tipos de opala (opala-C e opala-CT), com cristobalita e tridimita, respectivamente, encontradas em sedimentos marinhos ricos em sílica biogênica, podendo ser precipitada por fontes termais.

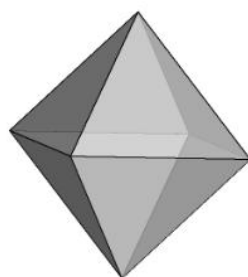
A cristobalita também é encontrada em buchitos de combustão, que são rochas metamórficas raras formadas pelo impacto térmico de derrames de lava ou erupções de escória sobre rochas sedimentares ou solos. A fusão dessas rochas resulta em uma rocha com mais de 20% de vidro vulcânico, chamada buchito. Além disso, a cristobalita se forma em arenitos submetidos ao metamorfismo de contato, podendo ser gerada durante a diagênese ou pela

recristalização de rochas sedimentares silicosas. Ela também ocorre em meteoritos (Santos, 2014).

Quanto ao hábito, a cristobalita normalmente apresenta formas dendríticas, esqueléticas, fibrosas ou microcristalinas, e esferulíticas. Forma pequenos cristais pseudo-octaédricos, e raramente pseudo-cúbicos. A geminação ocorre sendo interpenetrante, polissintética e repetitiva.

A dureza da cristobalita é alta, da ordem de 6 a 7 na escala de Mohs e possui densidade baixa, da ordem de 2,32 g/cm³ (Dana, 1981). Na Figura 3 tem-se uma representação da cristobalita.

Figura 3. Representação cristalográfica da cristobalita.



Fonte: Dana, 1981.

De acordo com Cunha (2014), o dióxido de silício, conhecido como sílica e representado pelo símbolo SiO₂ é um mineral de grande dureza que está amplamente presente na natureza, sendo encontrado em abundância nas areias e na maioria das rochas. Os depósitos de sílica estão distribuídos por todo o mundo e podem ter origem em diversas eras geológicas. É conhecido que a sílica é o principal componente da areia, composta por dois elementos químicos abundantes na crosta terrestre: oxigênio e silício. Portanto, é comum encontrá-la na poeira gerada durante o processamento de minerais ou materiais rochosos, especialmente quando são cortados, perfurados, triturados ou escavados.

5.2 Caracterização da doença e do ambiente de trabalho

Dentre os setores com maior risco ocupacional de silicose estão a indústria da mineração e siderurgia, tanto subterrânea quanto à céu aberto, que

abrange atividades como perfuração de rochas, extração e beneficiamento de minérios e rochas que contenham o mineral quartzo.

De acordo com Kulcsar Neto (1995) a poeira contendo sílica pode surgir em diversos processos ou atividades de diferentes setores industriais, tais como:

MINERAÇÃO

- Durante as operações de lavra com uso de explosivos e na mineração contínua.
- Nas atividades de perfuração, corte e extração de minérios da frente de lavra.
- Nas etapas de transporte, britagem, moagem, peneiramento e ensacamento de minérios.

CERÂMICA E VIDRO

- Durante as operações de manuseio de matérias-primas e preparação de massa.
- Nas atividades de rebarbação, furação, torneamento, esmerilhamento e lixamento de peças secas.
- Na esmaltação a revolver e por outros métodos de esmaltação.
- Na preparação de moldes refratários, britagem, peneiramento, carregamento de fornos e corte de tijolos refratários.

METALURGIA, FUNDIÇÃO E SIDERURGIA

- Durante o esmerilhamento, polimento e jateamento abrasivo com areia.
- Nas atividades de moldagem e desmoldagem com o uso de areia.
- Durante as trocas, reparos e cortes de revestimentos refratários.

QUÍMICA

- Nas operações que utilizam materiais com sílica na produção de tintas, cosméticos, produtos farmacêuticos e inseticidas.
- Nos processos de fabricação de polidores e abrasivos, tanto domésticos quanto industriais.
- Nos processos de produção de cimento, entre outros.

CONSTRUÇÃO CIVIL

- Na escavação de túneis e poços, e nas atividades de corte, furação e polimento de blocos de pedra, granito e quartzo, entre outras.

entre os trabalhadores que atuaram até 5 anos no subsolo, enquanto no grupo com mais de 20 anos de trabalho subterrâneo, essa taxa subiu para 44,2%.

A prevalência de silicose entre os ex-mineiros variou significativamente de acordo com a década de início da exposição à sílica no subterrâneo da mineração. Os dados indicam que a prevalência de silicose foi observada em relação ao ano de início da exposição, mostrando um gradiente de risco. Aqueles que iniciaram a exposição à sílica até 1985 apresentaram formas mais graves da doença, como grandes opacidades e profusão grau 3 de pequenas opacidades (Silva *et al.*, 2018).

Especificamente, 26 indivíduos com grandes opacidades tinham o ano de início da exposição até 1985, enquanto 9 indivíduos classificados na categoria 3 iniciaram a exposição até 1979. Isso sugere que a duração e a intensidade da exposição à sílica estão diretamente relacionadas à gravidade da silicose. O estudo também indicou uma nítida queda na prevalência de silicose ao longo do tempo, com uma redução significativa nos casos diagnosticados entre aqueles que começaram a trabalhar em décadas mais recentes. Isso pode ser atribuído a melhorias nas condições de trabalho e na conscientização sobre a saúde ocupacional. A pesquisa reforçou que a silicose é uma doença dose-dependente, onde a duração da exposição e a concentração de poeira inalada são fatores críticos. A diminuição dos níveis de exposição à sílica, resultante de melhorias nas condições de trabalho, refletiu-se nos resultados positivos da pesquisa (Silva *et al.*, 2018).

Outro trabalho que relaciona a silicose com a atividade de mineração é o de Carneiro *et al.* (2006), cujo objetivo principal foi propor um índice que sintetize a exposição cumulativa à sílica, levando em conta a intensidade, duração e época da exposição, e testá-lo em relação à presença e gravidade da silicose em ex-mineiros.

O estudo foi realizado como um estudo transversal, envolvendo 140 ex-mineiros de ouro que residiam em duas localidades do Estado de Minas Gerais. Os participantes foram examinados entre novembro de 1997 e dezembro de 1999. Foram coletadas informações sobre a história clínica e ocupacional dos participantes por meio de entrevistas e questionários padronizados. Isso incluiu a anamnese clínica e ocupacional. Os participantes realizaram radiografias de tórax, que foram avaliadas de acordo com os padrões da Organização

Internacional do Trabalho (OIT). As leituras das radiografias foram feitas de forma independente por três leitores experientes, e somente exames de qualidade 1 ou 2 foram aceitos

O índice de exposição à sílica foi calculado a partir da soma dos escores extraídos da transformação logarítmica das taxas de concentração de sílica respirável nas diversas funções, minas e períodos trabalhados. Isso permitiu quantificar a exposição cumulativa de cada indivíduo.

O índice proposto pelos autores representa um avanço significativo na síntese da exposição ocupacional dos participantes, permitindo uma avaliação mais clara e prática da exposição à sílica. O índice demonstrou ser discriminativo em relação ao desfecho principal (silicose) e aos desfechos secundários (enfisema e tuberculose pulmonar) no grupo total de ex-mineiros, com resultados estatisticamente significativos (Carneiro et., al, 2006).

Para mostrar que a silicose está presente nas mais diversas áreas da mineração, temos o trabalho de Souza (2015) que aborda a prevalência de silicose e suas repercussões na qualidade de vida de mineradores de pedras preciosas e semipreciosas. A pesquisa abordou a relação entre silicose e a qualidade de vida dos mineradores através de um estudo transversal que avaliou 348 mineradores expostos à poeira de sílica. O diagnóstico de silicose foi estabelecido com base na história de exposição e nas alterações observadas nas radiografias de tórax. Para avaliar a qualidade de vida relacionada à saúde (QVRS) dos trabalhadores, foram utilizados questionários específicos, como o *World Health Organization Quality of Life (WHOQoL-Bref)* e o *Saint George's Hospital Respiratory Questionnaire (SGHRQ)*.

A conclusão do referido trabalho destaca que a prevalência de silicose entre os mineradores de pedras preciosas e semipreciosas na região estudada é significativa e que a doença impacta negativamente a qualidade de vida relacionada à saúde desses trabalhadores. Os resultados indicam que os mineradores acometidos por silicose apresentam uma qualidade de vida inferior em comparação aos que não têm a doença, corroborando a hipótese inicial da pesquisa. Além disso, a pesquisa enfatiza a necessidade de medidas de prevenção e controle da exposição à poeira de sílica, bem como a importância de programas de saúde ocupacional que visem monitorar e tratar os trabalhadores afetados (Souza, 2015).

No trabalho de Moura (2009), o autor aborda a importância das políticas públicas na proteção da saúde dos trabalhadores informais da mineração, focando na prevenção da silicose. O autor concluiu que políticas fundamentadas em pressupostos democráticos que incentivam a participação popular podem resultar em ações mais eficazes e direcionadas às necessidades dos trabalhadores, facilitando o monitoramento e a prevenção de doenças como a silicose.

A gestão pública pode promover a educação dos trabalhadores sobre os riscos da silicose e as medidas de prevenção, ajudando a aumentar a conscientização sobre a saúde respiratória e as condições de trabalho. A implementação de políticas que garantam o acesso a exames periódicos e orientações de saúde pode ajudar na detecção precoce da silicose e na promoção de práticas de trabalho seguras. Políticas que incentivam melhorias nas condições de trabalho, como a utilização de equipamentos de proteção individual (EPIs) e a adoção de práticas seguras, podem reduzir a exposição dos trabalhadores à poeira silicosa. A relação entre saúde e meio ambiente é crucial. Políticas que abordam a saúde ambiental e suas repercussões sobre a saúde dos trabalhadores podem contribuir para a prevenção de doenças ocupacionais, incluindo a silicose (Moura, 2009).

Esses aspectos demonstram que a eficácia das políticas públicas de saúde do trabalhador é fundamental para a prevenção da silicose e para a promoção de um ambiente de trabalho mais seguro e saudável.

No trabalho de Souza & Monteiro (2019), observa-se que, apesar de o setor mineral representar uma parte importante da economia brasileira, as iniciativas tanto do setor público quanto do privado para manter a saúde e prevenir o adoecimento decorrente da exposição à sílica cristalina ainda parecem ser ineficazes. O artigo enfatiza que a exposição ocupacional dos trabalhadores de mineração a agentes patogênicos, especialmente à sílica, é alarmante e que o número de trabalhadores expostos é significativo.

Além disso, a conclusão aponta que a redução do aparecimento de novos casos de silicose depende do investimento em estratégias de prevenção que sejam efetivas e que visem à educação dos trabalhadores. Assim, é considerada essencial a implementação dessas estratégias na realidade do

setor mineral para proteger a saúde dos trabalhadores e prevenir doenças relacionadas à silicose.

Já no trabalho de Gusso (2016), observou-se que a falta de ventilação nas galerias subterrâneas, o uso de perfuração a seco e o tempo prolongado de exposição foram os fatores relacionados a um maior risco de desenvolvimento de silicose, enquanto o nível de escolaridade demonstrou um efeito protetor contra a doença.

No estudo de Rezende (2014), foram observadas algumas técnicas que atuaram para reduzir a silicose no setor de mineração, que seriam:

- Implementar medidas de controle ambiental, como ventilação adequada e umidificação do ar, para reduzir a quantidade de poeira de sílica no ambiente de trabalho. A umidificação e ventilação são reconhecidas como eficazes na diminuição da poeira respirável.
- Proporcionar treinamento regular aos trabalhadores sobre os riscos da exposição à sílica e a importância do uso de EPIs. A conscientização sobre os efeitos da silicose e as práticas seguras de trabalho é fundamental
- Quando possível, substituir substâncias potencialmente nocivas por alternativas menos perigosas. Isso pode incluir a escolha de materiais que não liberem poeira de sílica.
- Proporcionar treinamento regular aos trabalhadores sobre os riscos da exposição à sílica e a importância do uso de EPIs. A conscientização sobre os efeitos da silicose e as práticas seguras de trabalho é fundamental.
- Seguir as normas regulamentadoras, como a NR 22, que estabelece diretrizes para a segurança e saúde ocupacional na mineração e outras indústrias com risco de exposição à sílica

De acordo com Ferreira (2018) vários tipos de ambiente de trabalho podem causar silicose. Isso inclui trabalhos na indústria extrativista, fundições de ferro, aço ou outros metais que usam moldes de areia, cerâmicas, produção de tijolos refratários, fabricação de vidros (tanto na preparação quanto no uso de jateamento de areia para opacificação), perfuração de rochas na indústria

da construção, decapagem com jateamento de areia, trabalho com mármore, ardósia, granito e outras pedras decorativas, fabricação de materiais abrasivos, produção de cimento, escavação de poços, construção civil, tratamento de jeans com jateamento de areia e trabalho com próteses dentárias.

Ferreira (2008) verificou a presença de poeira de sílica em operários e verificou que a quantidade de poeira e de ruído que trabalhadores da área de mineração estavam envolvidos. Na conclusão do trabalho do autor, o mesmo observou que devido aos procedimentos de umidificação e máscaras respiratórias, a exposição à poeira foi grandemente reduzida. Contudo, a exposição ao ruído ainda era um problema, onde os abafadores não eram suficientes.

5.4 Caracterização da doença silicose

No Brasil a silicose mostrou-se uma patologia tão presente que justificou a criação de um Programa Nacional de Eliminação da Silicose. Tal programa foi lançado com a meta ambiciosa de eliminar a doença como um problema de saúde pública até 2030. No âmbito do programa, o uso de areia como jateamento foi proibido em 2005. No ano de 2008 a utilização de água tornou-se obrigatória nas operações de perfuração de minas e no corte, moagem, aparagem e acabamento de rochas ornamentais, de modo a evitar a disseminação da poeira de sílica pelo local (Algranti et. al, 2021).

Contudo, apesar de esforços da Fundacentro e do Ministério do Trabalho e do Ministério da Saúde, o programa acabou sendo encerrado sem grandes avanços na pesquisa da prevenção da silicose no país. A silicose é considerada uma doença ocupacional comum em trabalhadores de setores como mineração, construção civil e pedreiras, onde há exposição à poeira contendo sílica. A prevenção da silicose envolve o controle da exposição à sílica no ambiente de trabalho, o uso de equipamentos de proteção individual adequados e a adoção de práticas seguras no manuseio de materiais que contenham sílica (Azevedo & Schutz, 2021).

De acordo com Santos et. al, (2022), até 1997, a *International Agency for Research on Cancer* (IARC), não havia confirmação de que a sílica cristalina era cancerígena para humanos, mesmo tendo algumas evidências da relação da silicose para com animais desde 1986. Contudo, a *American Thoracic*

Society (ATS) considerou, nesse mesmo ano, que a sílica cristalina poderia causar câncer pulmonar, especialmente em fumantes. Posteriormente, a IARC classificou a sílica cristalina inalada como cancerígena para humanos (grupo I), provavelmente devido a danos celulares, inflamação, estresse oxidativo e inibição da depuração pulmonar. Em contraste, a sílica amorfa não é considerada cancerígena para humanos.

Para Azevedo & Schutz (2021) a exposição mais comum a essas poeiras ocorre no ambiente de trabalho, sendo considerada uma doença ocupacional com efeitos tóxicos de longo prazo. A mineração, especialmente a operação de lavra de mina em minas à céu aberto ou subterrânea é um dos processos com maior risco ocupacional. Quando detectada, o trabalhador deve ser imediatamente afastado da atividade de risco, submetido a avaliação para determinar o grau de comprometimento de sua saúde, passar por perícia para avaliar a incapacidade e, ao longo da vida, ser acompanhado em sua evolução e eventuais complicações clínicas por médicos e outros profissionais de saúde.

Doenças ocupacionais são condições de saúde relacionadas ao trabalho ou às condições do ambiente de trabalho. Elas são causadas ou agravadas por fatores presentes no local de trabalho, como exposição a substâncias tóxicas, ergonomia inadequada, estresse físico ou emocional, entre outros. Essas doenças podem se manifestar de diversas formas, incluindo lesões musculoesqueléticas, problemas respiratórios, distúrbios mentais, dermatites, entre outros. As doenças ocupacionais podem afetar a saúde e o bem-estar dos trabalhadores, além de terem impacto nos sistemas de saúde e na produtividade das empresas (Fernandes & Marziale, 2014).

Como mecanismo inicial da patologia, Moura (2015) descreve que ao inalar areia ou poeira as partículas de sílica são predominantemente retidas nos bronquíolos e nos alvéolos pulmonares. Caso os mecanismos naturais de depuração pulmonar não consigam eliminar essas partículas, pode ocorrer uma resposta inflamatória inicial, manifestando-se como irritação dos alvéolos. Progressivamente, essa irritação pode evoluir para fibrose pulmonar, caracterizada pela formação de cicatrizes no tecido pulmonar.

Na fase inicial do desenvolvimento da doença as partículas de sílica induzem a formação de radicais livres, seja por contato direto com a água e lipoproteínas da camada de revestimento bronquíolo alveolar, seja pela

ativação de macrófagos e células epiteliais. De acordo com Terra Filho & Santos (2006), caso a quantidade de radicais livres gerados exceda a capacidade dos mecanismos de defesa antioxidantes, como as enzimas superóxido dismutase, glutathione peroxidase, catalase e transferrina, podem ocorrer lesão das células epiteliais tipo I, aumento da ativação de macrófagos e indução da proliferação de células epiteliais tipo II.

Para Terra Filho & Santos (2006), se a inalação de partículas persistir, o processo se intensifica com a liberação de enzimas proteolíticas, a formação de mais espécies reativas de oxigênio e nitrogênio, e a liberação de citocinas inflamatórias como o fator de necrose tumoral α , o fator de transformação de crescimento β , interleucina 1 e a proteína inflamatória de macrófago. Essas substâncias recrutam macrófagos, neutrófilos e linfócitos, resultando em alveolite e na perda da integridade da barreira epitelial. Com isso, as partículas se intersticializam, estimulando macrófagos e a proliferação de fibroblastos, o que amplia o processo inflamatório no interstício. O resultado final é o aumento descontrolado da proliferação de fibroblastos e da produção de colágeno, levando à fibrose intersticial.

Fatores como a presença de água e lipídios, reatividade química, propriedades higroscópicas e eletrostáticas, temperatura, velocidade do ar e atividade física do trabalhador influenciam a exposição a partículas. A suscetibilidade individual também é importante e depende de aspectos como gênero, área corporal, idade, estado geral de saúde, doenças prévias e tabagismo (Moura, 2015).

Cunha (2014) afirma que os sintomas da silicose podem variar desde tosse persistente e dificuldade para respirar até complicações respiratórias graves, como insuficiência respiratória. A gravidade da doença em muitos casos está relacionada à intensidade e duração da exposição à sílica. Trabalhadores que lidam com altos níveis de sílica e que estão expostos por longos períodos têm maior probabilidade de desenvolver formas mais graves de silicose, conforme:

(...) Clinicamente pode ser dividida em três formas evolutivas: crônica, subaguda e aguda. A forma crônica é a mais comum e ocorre após muitos anos de exposição a níveis relativamente baixos de poeira. Silicose subaguda é um termo clínico aplicado a uma condição que tem a velocidade intermediária de progressão entre a silicose aguda e a doença nodular crônica clássica, requerendo, em média, de cinco a

dez anos de exposição à poeira para o aparecimento das alterações radiológicas. A forma aguda da doença é bastante rara e acomete trabalhadores expostos a concentrações excepcionalmente altas de finas partículas de sílica cristalina recentemente fraturadas, como ocorre no jateamento de areia e na moagem de pedra (Cunha, 2014, p.5).

A identificação das diferentes formas — crônica, subaguda e aguda — reforça a necessidade de medidas de segurança rigorosas para proteger os trabalhadores, especialmente aqueles em indústrias de alto risco como o jateamento de areia e a moagem de pedra. Promover a conscientização e implementar práticas de saúde e segurança no trabalho são essenciais para prevenir a ocorrência de silicose e assegurar a saúde a longo prazo dos trabalhadores.

Dessa forma, observa-se que o mecanismo da silicose se trata de uma contínua degradação dos alvéolos, danificando os pulmões como um todo bem como a respiração e qualidade de vida do indivíduo.

Na Figura 5 observa-se o processo de formação de fibroses no pulmão com a doença de silicose em desenvolvimento. Pode-se observar a formação de uma massa escura e disforme nas áreas onde a sílica foi inalada.

Figura 5. Pulmão de paciente com silicose



Fonte: EHS Segurança do Trabalho, 2022.

A condição respiratória pode se deteriorar entre dois a cinco anos após cessar o trabalho com sílica. Tais prejuízos até o momento são irreversíveis para o pulmão, onde essa insuficiência respiratória causa uma reação em cadeia em todo o corpo do paciente ao longo dos anos. O pulmão danificado sobrecarrega o coração, podendo resultar em insuficiência cardíaca e até mesmo em óbito. Além disso, os indivíduos com silicose que foram expostos ao microorganismo responsável pela tuberculose (*Mycobacterium tuberculosis*) têm três vezes mais chances de desenvolver a doença em comparação com aqueles que não têm silicose (Moura, 2015).

5.5 Doenças ocupacionais pulmonares

A prevenção da silicose é fundamental e envolve uma série de medidas, incluindo o controle adequado da poeira no ambiente de trabalho, o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) como máscaras respiratórias e a implementação de programas de monitoramento da saúde dos trabalhadores expostos. Além disso, legislações em muitos países estabelecem limites de exposição ocupacional à sílica e exigem que as empresas adotem medidas para proteger a saúde de seus funcionários.

Contudo, este tipo de doença ocupacional também possui outro nome: pneumoconiose. As pneumoconioses são um conjunto de doenças ocupacionais causadas pela inalação de poeiras minerais, sejam fibras ou partículas, e pela reação do pulmão a essa inalação. Milhões de trabalhadores continuam a realizar suas atividades diárias com um alto risco de desenvolver pneumoconioses, especialmente silicose, asbestose e pneumoconiose associada ao trabalho com carvão. Essas condições também estão frequentemente ligadas a outras doenças, como câncer de pulmão, tuberculose e doença pulmonar obstrutiva crônica, resultando em níveis significativos de incapacidade (Ferreira, 2018).

De acordo com Tasca (2020) as pneumoconioses são doenças causadas pela inalação de poeira, principalmente no ambiente de trabalho. Diferentes tipos de pneumoconiose podem se desenvolver, dependendo da poeira mineral inalada:

- Asbestose: causada pela inalação de pó de amianto.
- Silicose: associada à inalação de sílica.

- Antracose: causada pela inalação de partículas de carbono de carvão ou grafite.
- Siderose: causada pela exposição a partículas de ferro.
- Talcoose: geralmente resultante de processos de mineração e moagem de talco.

Vale ressaltar que condições como neoplasias, enfisema e reações respiratórias como asma e bronquite não são consideradas pneumoconioses. Na pneumoconiose, a inalação repetida de pequenas partículas de poeira pode causar um processo inflamatório crônico nos pulmões, levando ao desenvolvimento de fibrose e comprometendo a eficiência das trocas gasosas.

Os efeitos da pneumoconiose nos pulmões podem variar de acordo com fatores como o tipo e a quantidade de poeira inalada, a presença de outros tipos de poeira e outras condições, como tabagismo e doenças pulmonares preexistentes. Inicialmente, o paciente pode não apresentar sintomas. Quando os sintomas ocorrem, os mais comuns são tosse (produtiva ou seca), chiado no peito e falta de ar ao esforço. Em estágios mais avançados, o paciente pode apresentar dificuldades respiratórias graves, cianose (azulamento dos lábios e unhas) e inchaço nas pernas.

De acordo com Castro (2010), os sintomas respiratórios nas pneumoconioses fibrogênicas podem variar conforme o tipo de poeira. Por exemplo, na silicose, o paciente pode desenvolver tosse e dificuldade para respirar. A pneumoconiose de carboneto pode causar fadiga, tosse seca, falta de ar, dor, febre e perda de peso. Na asbestose, além da tosse, podem ocorrer hipoxemia, alterações pleurais e dispneia aos esforços, evoluindo para dispneia em repouso.

É crucial que trabalhadores expostos a substâncias potencialmente nocivas usem equipamentos de proteção individual e realizem exames de monitoramento pulmonar, como testes de função pulmonar e exames de tórax. É importante lembrar que os sintomas respiratórios nas pneumoconioses fibrogênicas podem se assemelhar aos de outras doenças respiratórias. Portanto, a exposição a poeiras é um fator chave no diagnóstico dessas patologias.

O diagnóstico da pneumoconiose é fundamentalmente baseado na história clínica de exposição a fatores de risco, na presença de alterações

compatíveis com a doença na imagem de tórax, como opacidades na radiografia, e na exclusão de outros diagnósticos possíveis. Os exames de imagem podem ser avaliados conforme a escala internacional de avaliação de radiografia da Organização Internacional do Trabalho (OIT), que é a escala predominante na maioria dos estudos (Tasca, 2020).

Embora existam diversos estudos sobre pneumoconiose, ainda não há um tratamento específico para a doença. A principal medida para pacientes já afetados é a eliminação da exposição ao fator de risco. Os pacientes devem cessar o tabagismo, pois fumar está associado a uma maior mortalidade. Além disso, é recomendável receber as vacinas contra influenza e pneumococo, conforme as orientações do Ministério da Saúde, e utilizar oxigênio complementar, se necessário, para aliviar os sintomas (Tasca, 2020).

5.6 Legislação e Segurança do Trabalhador

A saúde e segurança do trabalhador são aspectos fundamentais em qualquer ambiente de trabalho, pois garantem o bem-estar físico, mental e emocional dos funcionários, além de contribuírem para a produtividade e o sucesso da organização como um todo. Para assegurar esses aspectos, existem diversas medidas e práticas que devem ser adotadas. Além disso, para uma plena implementação da saúde e segurança do trabalhador, deve-se buscar minimizar ou zerar totalmente os acidentes de trabalho que ocorrem em determinada empresa (IMBRAEP, 2017).

De acordo com Freitas (*et. al*, 2020), ao longo dos anos, observou-se que houve mudanças no conceito de Saúde e Segurança do Trabalho. Esta evolução foi influenciada por mudanças sociais, tecnológicas e econômicas. O ponto de partida para muitas dessas transformações foi o advento da Revolução Industrial, que começou no final do século XVIII e se estendeu pelo século XIX.

Durante este período, a rápida industrialização levou a um aumento substancial na produção e no uso de maquinários pesados, bem como na urbanização. Inicialmente, as condições de trabalho nas fábricas eram extremamente precárias, com jornadas de trabalho longas, ambientes insalubres e uma alta incidência de acidentes e doenças ocupacionais. A necessidade de força de trabalho constante fez com que empregadores

negligenciassem frequentemente a segurança e o bem-estar de seus trabalhadores.

Com o passar do tempo, a crescente conscientização sobre os direitos dos trabalhadores e a pressão de movimentos sindicais e sociais começaram a provocar mudanças. Leis e regulamentações foram gradualmente implementadas para melhorar as condições de trabalho. Isso incluiu a introdução de medidas de segurança, regulamentações de horas de trabalho, e a obrigatoriedade de fornecer equipamentos de proteção individual.

No século XX a compreensão de saúde e segurança no trabalho continuou a se expandir, abrangendo não apenas a prevenção de acidentes físicos, mas também a promoção do bem-estar mental e emocional dos trabalhadores. A ciência e a tecnologia desempenharam um papel crucial neste processo, proporcionando melhores ferramentas e métodos para avaliar e mitigar riscos no ambiente de trabalho.

Para combater as péssimas condições de trabalho que vieram com a Revolução Industrial, o Parlamento inglês, pressionado, promulgou em 1802 a Lei de Saúde e Moral dos Aprendizes. Esta legislação estabeleceu um limite de doze horas de trabalho por dia, proibiu o trabalho noturno e implementou medidas sanitárias nas fábricas (Chibinski, 2011).

Entretanto, a implementação adequada da lei não ocorreu como esperado, forçando o Parlamento Britânico a aprovar a "Lei das Fábricas" em 1833. Esta nova legislação introduziu inspeções nas fábricas, definiu a idade mínima para o trabalho como nove anos, proibiu o trabalho noturno para menores de dezoito anos e limitou a jornada de trabalho a doze horas por dia, não excedendo 69 horas semanais.

No Brasil observa-se que em 1930 haviam as seguintes legislações referentes à saúde e segurança do trabalhador:

- *Lei nº. 3724, de 15/01/1919, sobre acidentes do trabalho, tornando compulsório o seguro contra o risco profissional;*
- *Decreto nº. 16027, de 30/04/1923, que criou o Conselho Nacional do Trabalho;*
- *Lei nº. 4682, de 24/01/1923, que instituiu uma Caixa de Aposentadoria e pensões;*

- *Lei nº. 5109, de 20/12/1926, que estendeu o regime das Caixas de Aposentadoria às empresas portuárias*

É notável como o conceito de saúde e segurança do trabalhador se transformou ao longo do tempo, refletindo as mudanças nas relações de trabalho e no desenvolvimento da sociedade. À medida que a sociedade evoluiu, passando de uma economia agrária para uma industrial e, mais recentemente, para uma baseada no conhecimento e serviços, as condições de trabalho também mudaram drasticamente. Com o desenvolvimento tecnológico e a crescente complexidade das atividades econômicas, a necessidade de proteger os trabalhadores contra novos tipos de riscos se tornou evidente. Isso levou a uma ampliação das políticas e práticas de saúde e segurança, não apenas para prevenir acidentes físicos, mas também para promover o bem-estar mental e emocional dos trabalhadores. Consequentemente, a saúde e a segurança no trabalho se tornaram componentes essenciais de um ambiente de trabalho saudável e produtivo, refletindo uma valorização crescente da qualidade de vida dos trabalhadores.

Em resumo, as mudanças no conceito de saúde e segurança no decorrer do tempo refletem um processo contínuo de adaptação e melhoria, iniciado com a Revolução Industrial e moldado por uma combinação de avanços tecnológicos, mudanças legais, e a crescente valorização do bem-estar integral dos trabalhadores.

Neste contexto, no mês de junho de 1978, foram oficialmente aprovadas no Brasil as Normas Regulamentadoras (NR's) referentes à Segurança e Medicina do Trabalho. Estas normas, possuindo força de lei, impõem às empresas a obrigação de cumpri-las integralmente.

De acordo com o artigo 19 da Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991, o conceito de acidente de trabalho é:

É o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço de empresa ou de empregador doméstico ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta Lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho (BRASIL, 1991, p. 13).

Desse modo, seriam acidentes relacionados à atividade de trabalho de cada indivíduo, existindo uma possibilidade imensa de acidentes que podem

ocorrer, nas mais diversas atividades humanas. Utiliza-se então, as NR's (Normas Regulamentadoras) para buscar prever e agrupar algumas destas situações.

5.7 O que são NR's?

As Normas Regulamentadoras (NR's) são diretrizes estabelecidas pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores em diversas áreas de atividade. Essas normas definem padrões mínimos de segurança que empresas e gestores precisam seguir para proteger seus funcionários contra riscos ocupacionais, como acidentes de trabalho, doenças relacionadas ao trabalho e exposição a agentes químicos e biológicos, entre outros (Bernardino, 2014).

As NR's são fundamentais no ambiente de trabalho, pois ajudam a prevenir acidentes e doenças ocupacionais, protegendo a integridade física e a saúde dos trabalhadores.

Atualmente, existem 37 Normas Regulamentadoras (NRs) em vigor no Brasil (BRASIL, 2024). São elas:

- NR-1 - DISPOSIÇÕES GERAIS E GERENCIAMENTO DE RISCOS OCUPACIONAIS
- NR-2 - INSPEÇÃO PRÉVIA (REVOGADA)
- NR-3 - EMBARGO E INTERDIÇÃO
- NR-4 - SERVIÇOS ESPECIALIZADOS EM SEGURANÇA E EM MEDICINA DO TRABALHO
- NR-5 - COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES
- NR-6 - EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL - EPI
- NR-7 - PROGRAMA DE CONTROLE MÉDICO DE SAÚDE OCUPACIONAL
- NR-8 - EDIFICAÇÕES
- NR-9 - AVALIAÇÃO E CONTROLE DAS EXPOSIÇÕES OCUPACIONAIS A AGENTES FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS
- NR-10 - SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE
- NR-11 - TRANSPORTE, MOVIMENTAÇÃO, ARMAZENAGEM E MANUSEIO DE MATERIAIS

- NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS
- NR-13 - CALDEIRAS, VASOS DE PRESSÃO E TUBULAÇÕES E TANQUES METÁLICOS DE ARMAZENAMENTO
- NR-14 - FORNOS
- NR-15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES
- NR-16 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES PERIGOSAS
- NR-17 - ERGONOMIA
- NR-18 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO
- NR-19 - EXPLOSIVOS
- NR-20 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO COM INFLAMÁVEIS E COMBUSTÍVEIS
- NR-21 - TRABALHOS A CÉU ABERTO
- NR-22 - SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL NA MINERAÇÃO
- NR-23 - PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS
- NR-24 - CONDIÇÕES SANITÁRIAS E DE CONFORTO NOS LOCAIS DE TRABALHO
- NR-25 - RESÍDUOS INDUSTRIAIS
- NR-26 - SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA
- NR-27 - REGISTRO PROFISSIONAL DO TÉCNICO DE SEGURANÇA DO TRABALHO (REVOGADA)
- NR-28 - FISCALIZAÇÃO E PENALIDADES
- NR-29 - NORMA REGULAMENTADORA DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO PORTUÁRIO
- NR-30 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO AQUAVIÁRIO
- NR-31 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO NA AGRICULTURA, PECUÁRIA SILVICULTURA, EXPLORAÇÃO FLORESTAL E AQUICULTURA
- NR-32 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO EM SERVIÇOS DE SAÚDE
- NR-33 - SEGURANÇA E SAÚDE NOS TRABALHOS EM ESPAÇOS CONFINADOS

- NR-34 - CONDIÇÕES E MEIO AMBIENTE DE TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, REPARAÇÃO E DESMONTE NAVAL
- NR-35 - TRABALHO EM ALTURA
- NR-36 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO EM EMPRESAS DE ABATE E PROCESSAMENTO DE CARNES E DERIVADOS
- NR-37 - SEGURANÇA E SAÚDE EM PLATAFORMAS DE PETRÓLEO
- NR-38 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO NAS ATIVIDADES DE LIMPEZA URBANA E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

As normas regulamentadoras são definidas por uma Comissão Tripartite Paritária Permanente (CTPP) que reúne trabalhadores, membros do governo e representantes de empresas. Esse método de definição das NRs está previsto na Portaria Nº 1.127, de outubro de 2003.

A portaria diz o seguinte:

“Art.1º A metodologia de regulamentação na área de segurança e saúde no trabalho e em questões relacionadas às condições gerais de trabalho, competência da Secretaria de Inspeção do Trabalho, terá como princípio básico a adoção do Sistema Tripartite Paritário – Governo, Trabalhadores e Empregadores – e será estabelecida observando-se as seguintes etapas:

I – Definição de temas a serem discutidos na Comissão Tripartite Paritária Permanente – CTPP;

II – Elaboração de texto técnico básico;

III – Publicação de texto técnico básico no Diário Oficial da União – DOU;

IV – Instalação do Grupo de Trabalho Tripartite – GTT; e

V – Aprovação e publicação da norma no Diário Oficial da União – DOU.”

Além disso, no Brasil também temos a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, que de acordo com Freitas et. al, (2020), é uma instituição que contribui para a implementação de políticas públicas e a promoção do desenvolvimento, além de garantir a melhoria contínua na saúde e segurança dos trabalhadores brasileiros. Sua criação foi motivada pelo

aumento dos índices de acidentes de trabalho em diversos setores industriais do país.

A ABNT é o órgão responsável pela normalização técnica no Brasil, fornecendo insumos essenciais para o desenvolvimento tecnológico nacional. Fundada em 1940, a ABNT é uma entidade privada, sem fins lucrativos e de utilidade pública. Ela é também membro fundador da *International Organization for Standardization* (ISO), da *Comisión Panamericana de Normas Técnicas* (COPANT), da *Asociación Mercosul de Normalización* (AMN) e da *International Electrotechnical Commission* (IEC).

De acordo com Rodrigues & Faiad (2018) um dos objetivos das NRs é a prevenção de acidentes, garantia de um ambiente de trabalho seguro, implementação de ações de prevenção de acidentes e promoção da saúde mental, além de corrigir possíveis falhas na execução das tarefas, diminuir as chances de processos trabalhistas, preservar a boa reputação da empresa no mercado.

Assim, as Normas Regulamentadoras (NR) são de cumprimento obrigatório para as empresas privadas e a não observância dessas normas pode resultar em infrações graves passíveis de multa. Atualmente, existem 37 NRs em vigor, cada uma abordando um tema específico e atendendo a um segmento particular. Entre as normas mais conhecidas estão a NR 7 - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) e a NR 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), que todas as empresas devem implementar (BRASIL, 1978). O não cumprimento das Normas Regulamentadoras (NRs) pode acarretar diversas consequências para as empresas, desde multas até ações trabalhistas. Em casos mais graves, o local de trabalho pode ser interditado.

Mesmo com tais obrigações, ainda existem empresas que não fornecem a segurança necessária para seus colaboradores. Nas pesquisas de Maas *et. al* (2018), foram realizada uma revisão de trabalhos que falam da aplicação das Normas Regulamentadoras nº7 (PCMSO) e nº9 (PPRA), como conclusão, os autores identificaram fragilidades que podem comprometer a eficácia das políticas de saúde e segurança do trabalhador. A pesquisa, de caráter qualitativo e exploratório, revela que as normas apresentam lacunas significativas, como a falta de clareza nas ações de promoção da saúde, a

ausência de definição explícita de responsáveis pela elaboração dos documentos e informações imprecisas sobre os documentos que devem ser produzidos.

Além disso, os autores destacam a falta de envolvimento dos trabalhadores na elaboração dos documentos, o que pode resultar em programas ineficientes e, conseqüentemente, na deterioração da saúde dos trabalhadores. A desatualização de aspectos importantes das normas também é apontada como uma fragilidade que pode levar a interpretações errôneas e ao descumprimento da legislação, aumentando o risco de doenças e lesões ocupacionais.

A conclusão do estudo enfatiza a necessidade urgente de revisão e atualização das Normas Regulamentadoras, a fim de garantir a promoção efetiva da saúde do trabalhador e a proteção de seus direitos. Os autores sugerem que a discussão e a análise dos textos normativos são essenciais para esclarecer ambigüidades e facilitar a aplicação da legislação, contribuindo assim para a construção de um ambiente de trabalho mais seguro e saudável. A escassez de literatura sobre a legislação em segurança e saúde do trabalhador é um indicativo da necessidade de um debate mais aprofundado e da urgência de melhorias nas normas existentes.

As principais fragilidades encontradas na aplicação das NRs foram: a falta de esclarecimento nas ações de promoção da saúde; definição não explícita de responsáveis pela elaboração de documentos; informações imprecisas em relação aos documentos que devem ser realizados; falta de indicação de participação do trabalhador para elaboração dos documentos; e desatualização de aspectos importantes (MAAS *et. al*, 2018, p.12).

Dessa forma, pode-se observar que sempre existe espaço para melhorias das normas existentes, frente às rápidas inovações do mundo do trabalho.

Além disso, talvez sejam necessários meios mais eficazes de verificação de cumprimento das normas. Na pesquisa desenvolvida por Costa (2018), onde o autor analisou o atendimento às normas regulamentadoras em obras de construção na cidade de Mossoró-RN, observou que a obra que mais obedeceu às normas obteve apenas 62,9% de atendimento às normas e a obra que apresentou menor percentual de conformidade, teve cerca de 51,56% de

conformidade com as NRs. Isso implica em possíveis problemas judiciais e de segurança pros trabalhadores.

Para Sousa & Rodolpho (2020) é crucial discutir diariamente a importância da segurança no trabalho nas empresas, pois isso é fundamental para garantir a proteção e a prevenção de acidentes. No dia a dia, muitos trabalhadores podem não reconhecer ou até mesmo desconhecer os riscos associados às suas funções profissionais. A segurança no trabalho promove um ambiente mais organizado, aumenta a produtividade e contribui para um ambiente laboral mais agradável.

No item 9 da NR-15, temos o seguinte limite para partículas totais em suspensão: IX - Partículas Totais em Suspensão - PTS: partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 50 micrômetros.

Contudo, além das NRs, para parametrizar de maneira internacional as atividades de trabalho, foram criadas as ISOs. ISO significa *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização). Seu objetivo é promover o desenvolvimento de normas, testes e certificações para estimular o comércio de bens e serviços. A organização é composta por representantes de 91 países, cada um representado por um organismo nacional de normas, testes e certificação. Por exemplo, o *American National Standards Institute* (ANSI) é o representante dos Estados Unidos na ISO.

Dentre elas, temos a ISO 45.001. A ISO 45.001 é uma norma internacional para o Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional (SGSSO), com foco na melhoria do desempenho das empresas em relação à Saúde e Segurança no Trabalho (SST). Desenvolvida com base em dados da Organização Internacional do Trabalho (OIT), essa norma surgiu para enfrentar o alarmante número estimado de 2,3 milhões de mortes anuais devido a doenças e acidentes relacionados ao trabalho (Proteção, 2018).

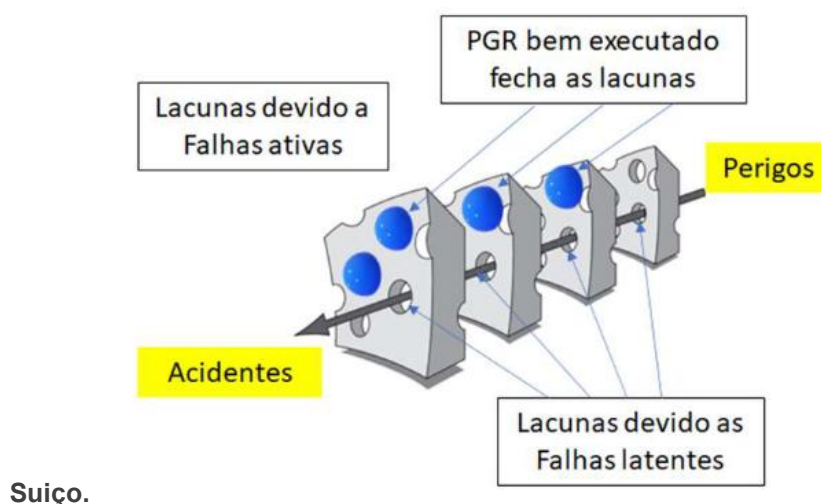
Organizações que já implementam padrões ISO, como a ISO 9001 (gestão da qualidade) e a ISO 14001 (gestão ambiental), terão maior facilidade em adotar a ISO 45001. Isso ocorre porque a norma foi projetada para se integrar com outros padrões de sistema ISO. Contudo, quando realizamos uma

PGR (Plano de Gerenciamento de Riscos) nos moldes da NR 1, estaremos atendendo boa parte que a ISSO 45001 pede (Luciano *et. al*, 2020).

5.8 Programa de Gerenciamento de Riscos na Prevenção da Silicose

O Programa de Gerenciamento de Riscos abrange todos os tipos de riscos, destaca a importância de realizar um inventário de riscos e elaborar um Plano de Ação, com o objetivo de identificar, avaliar e mitigar os riscos que possam impactar negativamente os objetivos da organização, garantindo a continuidade dos processos e a proteção dos ativos e recursos envolvidos. Esse programa pode transformar as atitudes reativas das empresas (após um acidente) em ações proativas. Um exemplo desse enfoque é o modelo do "Queijo Suíço" proposto por James Reason (Luciano *et. al*, 2020), que afirma que os acidentes ocorrem quando as defesas entre condições perigosas e os danos são perfuradas. Quando um evento adverso acontece, o foco não deve ser em quem cometeu o erro, mas em como e por que as defesas falharam. Em outras palavras, os acidentes estão frequentemente relacionados a falhas latentes presentes em tudo, desde decisões gerenciais até o design de equipamentos e procedimentos (Luciano *et. al*, 2020).

Figura 6. Modelo de riscos do Queijo



Fonte: Luciano *et. al*, (2020).

De acordo com Ferreira (2018), a prevenção da silicose começa com o controle dos níveis de concentração de sílica livre no ambiente de trabalho, especialmente na poeira respirável, por meio de medidas como umidificação e

exaustão. Em segundo lugar, é importante substituir produtos que geram poeira rica em sílica por opções menos prejudiciais.

Relacionado ao conceito do PGR, evitar sílica livre e evitar produtos que geram poeira fecham lacunas para possíveis acidentes de trabalho.

Um exemplo ilustrativo é o processo de jateamento de areia. A substituição da areia já foi implementada em grandes estaleiros na Europa, Estados Unidos da América e até mesmo no Brasil. Essas medidas têm como objetivo principal reduzir a concentração de sílica livre cristalina para níveis abaixo dos limites de tolerância estabelecidos pela legislação de cada país.

Atualmente, já existem alguns mecanismos legais de prevenção à silicose. Tendo em vista que a doença é típica de atividades que envolvam corte ou modelagem de rochas, foi instituída a Portaria SIT/DSST nº 43 de 11/03/2008, conhecida como NR 15, que trata sobre as atividades que devem ser consideradas insalubres, nos diz o seguinte: "*As máquinas e ferramentas utilizadas nos processos de corte e acabamento de rochas ornamentais devem ser dotadas de sistema de umidificação capaz de minimizar ou eliminar a geração de poeira decorrente de seu funcionamento.*"

Dessa maneira, a legislação pensa na água como um veículo para carregar as partículas de poeira, de modo que estas não fiquem suspensas no ar e não sejam inaladas pelo trabalhador.

A exposição ocupacional ocorre quando há inalação de poeira contendo sílica livre cristalina. Entende-se por poeira qualquer partícula sólida de qualquer tamanho, composição ou fonte, resultante de trituração ou outro processo de ruptura mecânica de um material sólido original, podendo permanecer suspensa no ar ou tornar-se capaz de fazê-lo (Brasil, 2001)".

5.9 EPIs, EPCs e a proteção do trabalhador

EPI é a sigla para Equipamento de Proteção Individual, que abrange todos os dispositivos de proteção usados individualmente pelos trabalhadores, com o objetivo de protegê-los de qualquer risco à saúde presente no ambiente de trabalho (Garcia, 2021).

De acordo com Lima (2018), no Brasil, o desenvolvimento dos EPIs foi lento. Desde a criação da CLT em 1943, passaram-se 23 anos até que, em

1966, fosse criada a Fundacentro, instituição dedicada ao estudo e pesquisa das condições dos ambientes de trabalho. Somente 35 anos após a criação da CLT surgiram as Normas Regulamentadoras de Segurança no Trabalho, conhecidas como NRs, dentre as quais a NR 6 trata especificamente dos Equipamentos de Proteção Individual. A NR-06 define EPI como “todo dispositivo ou produto de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho”

De acordo com a NR 6, ao empregador cabem as seguintes funções:

- Adquirir o adequado ao risco de cada atividade;
- Exigir seu uso;
- Fornecer ao trabalhador somente o aprovado pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho;
- Orientar e treinar o trabalhador sobre o uso adequado, guarda e conservação;
- Substituir imediatamente, quando danificado ou extraviado;
- Responsabilizar-se pela higienização e manutenção periódica;
- Comunicar ao MTE qualquer irregularidade observada;
- Registrar o seu fornecimento ao trabalhador, podendo ser adotados livros, fichas ou sistema eletrônico; E ao empregado cabe:
- Usar, utilizando-o apenas para a finalidade a que se destina;
- Responsabilizar-se pela guarda e conservação;
- Comunicar ao empregador qualquer alteração que o torne impróprio para uso;
- Cumprir as determinações do empregador sobre o uso adequado.

O EPI tem a função de proteger individualmente cada empregado contra possíveis lesões em caso de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais. Assim, o EPI não previne os acidentes em si, mas protege o trabalhador quando o risco está associado à sua função ou cargo e à exposição a agentes nocivos. O risco depende do tipo e quantidade do agente,

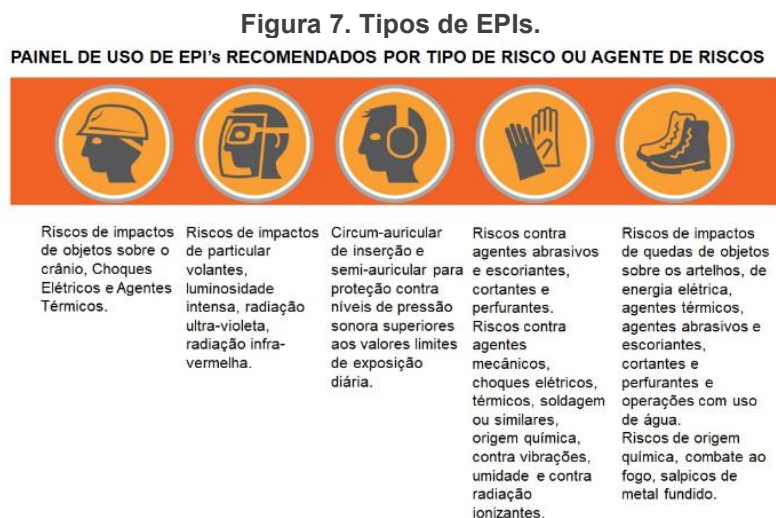
do tempo de exposição e da sensibilidade do organismo do trabalhador (EMBRAPA, 2013).

Os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) somente podem ser comercializados no Brasil se estiverem devidamente certificados, conforme estabelece a Norma Regulamentadora nº 6 (NR-6), do Ministério do Trabalho e Emprego. Essa norma determina que todos os EPIs, antes de serem colocados à venda, devem possuir o Certificado de Aprovação (CA), emitido pelo órgão competente. Esse certificado garante que o equipamento foi testado e atende aos padrões de segurança exigidos, oferecendo a proteção necessária para o trabalhador contra riscos ocupacionais. A ausência dessa certificação impede a comercialização do EPI, garantindo a segurança dos trabalhadores e a conformidade com as legislações vigentes. Conforme está descrito na Norma Regulamentadora 6:

O equipamento de proteção individual, de fabricação nacional ou importado, só poderá ser posto à venda ou utilizado com a indicação do Certificado de Aprovação – CA, expedido pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego. (NR-6, subitem 6.2).

Tais certificados de aprovação são um mecanismo de certificação de qualidade do TEM. Dessa forma, o mercado passa a saber que aquele EPI segue todas as exigências de fabricação e comercialização e que, por fim, está apto para uso.

Como os EPIs são destinados às mais variadas ocupações, também existem diversos tipos de EPIs. Na Figura 7, conseguimos ver alguns deles:



Fonte: Embrapa, 2013.

Dessa forma, observa-se que o EPI é essencial para a execução segura das atividades de qualquer trabalhador exposto à riscos, bem como para cumprimento das NRs. Contudo, é necessário verificar se os trabalhadores os conhecem e usam plenamente. No trabalho de Lima et. al, (2018), avaliou-se a utilização de EPIs por profissionais da saúde, onde os resultados foram excelentes: 95,4% dos profissionais de saúde autodeclararam o conhecimento dos conceitos de agentes biológicos, equipamentos de proteção individual e coletiva.

Contudo, no trabalho de Porto & Marziane (2016), onde foi realizado uma revisão sistêmica de 30 artigos de 2005 a 2014, concluiu-se que existe uma precariedade no uso de EPIs pela equipe de enfermagem. Os motivos da baixa adesão evidenciados relacionam-se a “práticas deficitárias de educação permanente, comportamentos de risco de trabalhadores, provisão de material e equipamentos de proteção inadequados e condições de trabalho inadequadas” (Porto & Marziane, 2016, p.5). As consequências observadas foram os acidentes e afastamentos do trabalho.

Além dos EPIs, também os EPCs, que são a abreviação de Equipamento de Proteção Coletiva, que são dispositivos fornecidos pela empresa para proteger os trabalhadores dos riscos presentes no ambiente de trabalho de forma coletiva. Em outras palavras, são equipamentos instalados para garantir a segurança dos trabalhadores enquanto executam uma determinada atividade ou tarefa em grupo (Figueiredo, 2015).

De acordo com Wrubel (2014), a Norma Regulamentadora NR 09 estabelece a obrigatoriedade de implementar o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), que tem como objetivo desenvolver, avaliar e planejar ações para prevenir qualquer risco presente no ambiente de trabalho. Uma das medidas preventivas recomendadas é o uso de Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs).

É fundamental destacar que o item 9.3.5.4 da NR 09 estabelece que as empresas devem priorizar o uso de proteção coletiva, tornando o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) necessário apenas quando os EPCs não forem viáveis ou não oferecerem proteção completa ao trabalhador.

Goes (2022) nos traz alguns exemplos de EPC:

- Kit de Primeiros Socorros: Inclui materiais e equipamentos básicos para o tratamento imediato de lesões e acidentes, tais como bandagens, antissépticos, esparadrapos, tesouras, pinças, e medicamentos essenciais, como analgésicos e anti-inflamatórios.
- Kit para Limpeza em Caso de Derramamento Biológico, Químico ou Radiativo: Contém produtos e ferramentas específicos para a contenção e descontaminação de materiais perigosos, como absorventes, neutralizadores de produtos químicos, luvas de proteção, máscaras respiratórias, roupas de proteção descartáveis e desinfetantes adequados para cada tipo de substância.
- Chuveiros de Emergência e Lava-Olhos: Equipamentos projetados para a lavagem imediata de substâncias químicas ou biológicas da pele e dos olhos. Os chuveiros de emergência permitem a lavagem completa do corpo, enquanto os lava-olhos são específicos para a irrigação ocular.
- Capela Química: Estrutura equipada com sistemas de ventilação e exaustão, projetada para proporcionar um ambiente controlado e seguro para a manipulação de substâncias químicas perigosas, minimizando a exposição a vapores tóxicos e garantindo a ventilação adequada.
- Exaustores, Sistemas de Ventilação e de Controle de Temperatura: Equipamentos destinados a manter a qualidade do ar e a temperatura adequadas nos ambientes de trabalho, garantindo a remoção eficiente de contaminantes atmosféricos e a manutenção das condições ideais para processos e experimentos.
- Redes de Proteção, Guarda-Corpo e Corrimão: Estruturas de segurança instaladas em áreas elevadas ou de risco para prevenir quedas e acidentes, garantindo a proteção dos trabalhadores e visitantes.
- Detectores de Fumaça e Sprinklers: Dispositivos de alarme e supressão de incêndios. Detectores de fumaça identificam a presença de fumaça e ativam sistemas de alarme, enquanto sprinklers são sistemas automáticos de sprinklers que dispersam água para controlar ou extinguir incêndios.

- **Isolação Acústica:** Materiais e técnicas empregados para reduzir a transmissão de som e minimizar a poluição sonora, contribuindo para um ambiente de trabalho mais confortável e seguro.
- **Sinalização (Cones, Placas, etc.):** Elementos visuais utilizados para comunicar informações importantes sobre segurança, restrições e orientações em ambientes de trabalho, incluindo cones de sinalização, placas de advertência, indicações de saída de emergência e instruções específicas de operação e segurança.

Goes (2022) destaca a importância crítica da segurança do trabalho na construção civil, especialmente em canteiros de obras, que são ambientes propensos a acidentes. A pesquisa revelou que, embora os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) mais comuns, como capacetes, calças, botas e camisas de mangas longas, sejam utilizados de forma adequada, há uma negligência significativa em relação a equipamentos mais específicos, como cintos de segurança para trabalho em altura. Essa falta de atenção a EPIs essenciais pode aumentar o risco de acidentes graves.

Além disso, o estudo apontou que o simples fornecimento de EPIs e a exigência de seu uso não garantem que os trabalhadores os utilizem corretamente. A pesquisa identificou uma rotina precária de capacitação e reuniões sobre saúde e segurança do trabalho, o que sugere que a conscientização e a formação contínua dos colaboradores são fundamentais para melhorar a adesão ao uso de EPIs e EPCs.

Os colaboradores entrevistados demonstraram conhecimento das Normas Regulamentadoras, mas a falta de orientação e capacitação adequada contribuiu para a negligência em relação à segurança. Portanto, o trabalho conclui que é necessário um esforço conjunto da empresa para promover uma cultura de segurança mais robusta, que inclua treinamentos regulares e um acompanhamento mais rigoroso do uso de equipamentos de proteção. Essa abordagem não apenas protegerá os trabalhadores, mas também contribuirá para um ambiente de trabalho mais seguro e produtivo, reduzindo a incidência de acidentes e promovendo o bem-estar dos operários no setor da construção civil.

Santos et. al (2022) nos traz algumas medidas de proteção coletiva para poeira dispersa no ar e sílica:

- humidificação (sendo vista por alguns como a medida mais eficaz); ainda que mais dispendiosa na aquisição, é mais barata na manutenção; as técnicas a seco são geralmente muito lesivas.
- potenciação da ventilação/extração - encapsulamento das áreas mais problemáticas
- evitar tarefas com jatos de areia
- troca da Sílica por outros produtos menos tóxicos, se possível
- manutenção adequada dos instrumentos de trabalho
- aperfeiçoamento dos equipamentos e/ou uso de máquinas de CNC e/ou pontes, ainda que dispendiosas
- formação
- sinalização
- vigilância médica

Em diversas situações, os Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs) demonstram ser mais eficazes do que os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), principalmente porque agem de forma coletiva, reduzindo os riscos em um ambiente de trabalho já perigoso e degradante, como em uma obra. Além disso, não exigem que cada trabalhador os utilize diretamente. No entanto, a combinação do uso de ambos os tipos de equipamentos é a abordagem mais eficaz para garantir a proteção completa dos trabalhadores (Goes, 2022).

De acordo com Figueiredo (2015), de um ponto de vista econômico e de gestão de pessoas, a equipe de Saúde e Segurança do Trabalho de uma empresa, quando precisar escolher entre utilizar um Equipamento de Proteção Individual (EPI) ou um Equipamento de Proteção Coletiva (EPC), a mesma deve dar preferência ao EPC, pois, a longo prazo, ele é mais econômico. Além disso, optar pelo EPC pode ajudar a evitar conflitos e desgastes entre a gestão e os funcionários devido à imposição do uso do EPI.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

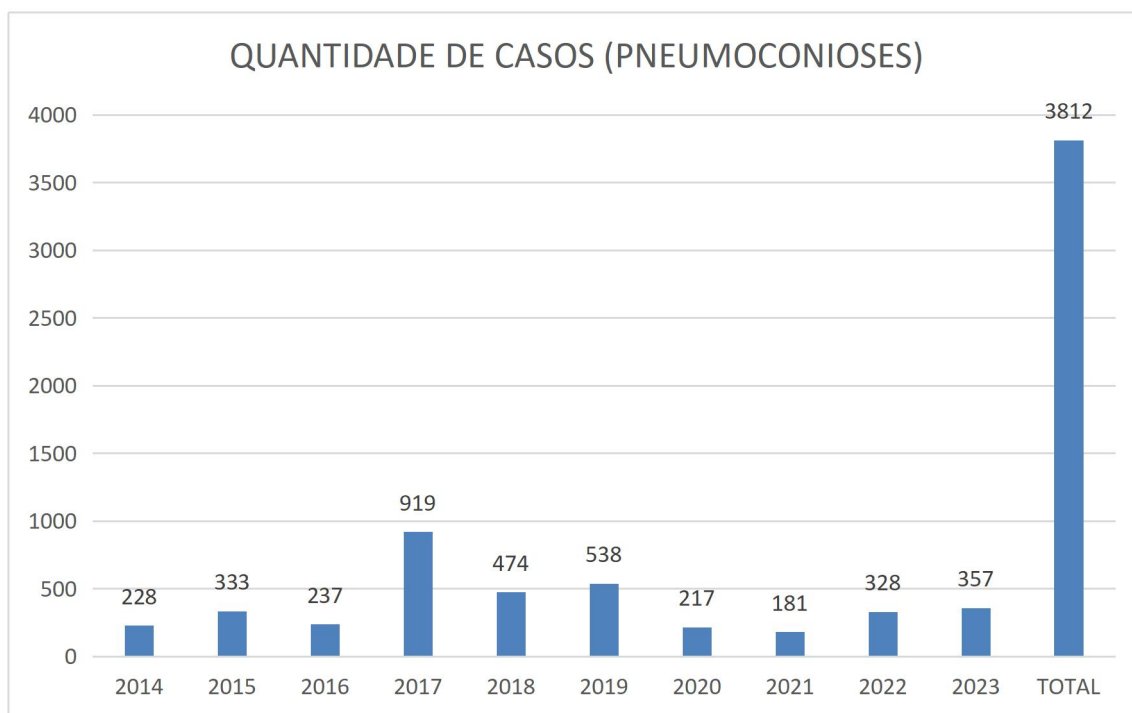
Como uma maneira de quantificar os casos de silicose no Brasil, foram extraídos dados do DATASUS dos casos de pneumoconiose registrados dentre os anos de 2014 a 2023.

Notou-se que entre os anos de 2020 e 2021 houve uma grande redução nos casos de pneumoconioses, contudo, não é possível atribuir causas exatas, mas é possível supor que o distanciamento do mundo do trabalho durante a pandemia da COVID- 19 possa ter relação com essas diminuições, ou seja, não significa que estas reduções sejam por alguma medida, pois começaram a aumentar novamente em 2022, estando sem resultados concluídos para 2024.

No ano de 2017 houve um alarmante aumento, totalizando 919 casos neste ano. O que representa um aumento de 387% em relação a 2016. Mesmo não sendo possível estabelecer uma relação direta, um dos fatores que podem ter influenciado foi justamente o fim do Programa Nacional de Eliminação da Silicose, que se encerrou devido à maioria dos membros ter se aposentado bem como falha em nível nacional em implementar ações conjuntas impulsionadas pelos ministérios inscritos no programa (Algranti, *et. al*, 2021).

No Quadro 2, é possível observar os dados compilados de pneumoconioses no Brasil, representando um total de 3812 casos no período de 2014 a 2023.

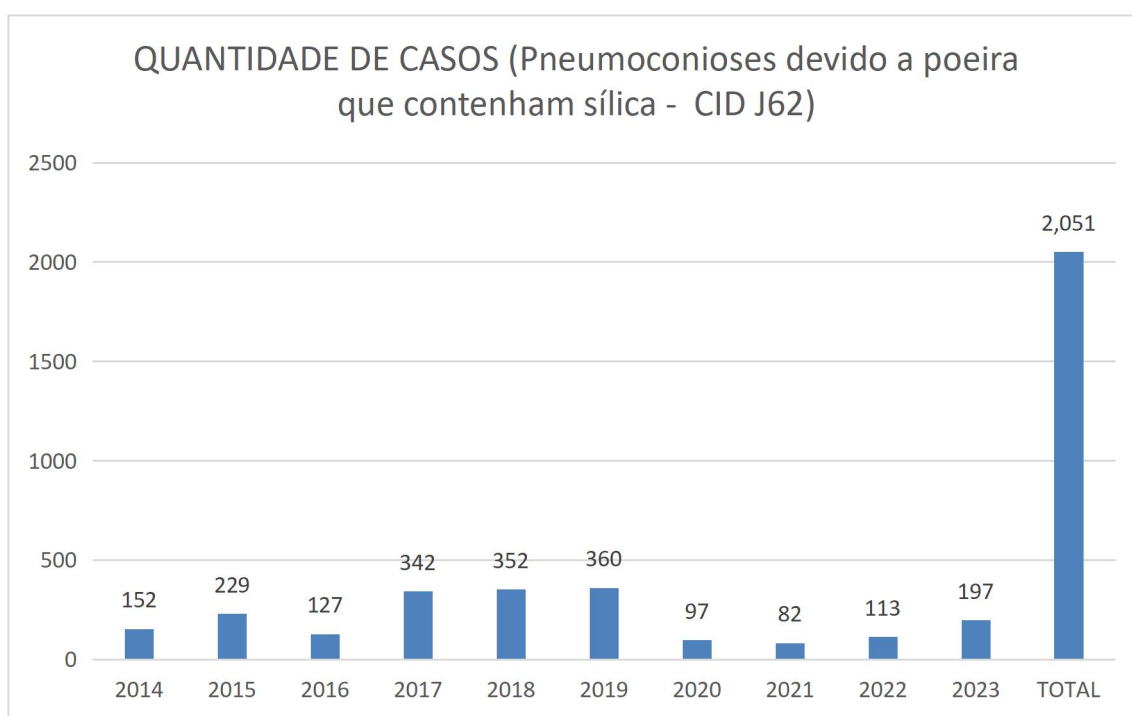
Quadro 2 - Pneumoconiose relacionada ao trabalho - Notificações registradas no Sinan Net - Brasil



Fonte: Ministério da Saúde/SVS - Sistema de Informação de Agravos de Notificação - Sinan Net, 2024.

Pelo foco da pesquisa, optou-se por enfatizar sobre a silicose, que se trata de uma pneumoconiose causada pela exposição à sílica, dessa forma, aplicou-se aos dados do Quadro 2 o filtro relacionado a silicose (CID J62), que indicou 2.051 casos no mesmo período, conforme visto no Quadro 3.

Quadro 3 - Pneumoconioses devido a poeira que contenham sílica (CIDJ62) - Notificações registradas no Sinan Net – Brasil



Fonte: Ministério da Saúde/SVS - Sistema de Informação de Agravos de Notificação - Sinan Net, 2024.

Conforme observado nos Quadros 2 e 3 os casos de silicose representam cerca de 53% dos casos de pneumoconioses registrados, o que demonstra a importância de pesquisar este tipo de ocupação. Outro dado importante retirado do DATASUS é que dos 2.051 casos de silicose de 2014 até 2023, 2.040 deste foram relatados por homens, ou seja, 99,4% dos casos ocorrem em homens.

Apesar da doença não fazer distinção de sexos, tais diferenças ocorrem pelo fato da silicose acometer indivíduos cujas profissões são compostas majoritariamente de homens (vidraceiros, serralheiros, cortadores de pedra). Isto é corroborado pela revisão sistemática realizada por Magalhães et. al. (2020), onde todos os indivíduos que foram utilizados nos estudos de casos abordados pelos autores eram homens.

É interessante analisar que mesmo em atividades que lidam diretamente com a sílica, não significa implicitamente que o trabalhador irá adquirir a silicose. No trabalho de Silva (2017), por exemplo, foi analisada a insalubridade de trabalhadores de uma fábrica de argamassa. Pelas metodologias utilizadas pela fábrica e pelo respeito às normas regulamentadoras, bem como análises de laboratórios, a autora concluiu que os trabalhadores da fábrica estavam expostos a níveis muito seguros de poeira, onde concluiu-se que os mesmos não fariam juz ao adicional de insalubridade.

O trabalho de Tasca (2020) buscou apresentar e analisar novos dados epidemiológicos sobre a Pneumoconiose no Brasil entre 2007-2016 e avaliar se as medidas trabalhistas adotadas estão de acordo com a literatura. Com este trabalho o autor concluiu que, durante o período, foram notificados 3.048 casos, sendo a maioria da região sudeste, somando 2509 (82,3%), onde 1621 (53,2%) eram de pessoas com mais de 60 anos de idade e 2909 (95,4%) do sexo masculino. Tempo médio de exposição de 13,8 anos. No estudo 844 pacientes (73,4%) não tinham o ensino fundamental completo. Dos casos notificados 675 (51,3%) tinham alteração na prova de função pulmonar e 238 (18,7%) apresentavam junto diagnóstico Tuberculose. A maioria dos pacientes foram expostos a sílica, com 1504 (79,9%) casos. Dentre todos casos analisados 467 (32,0%) foram afastados do agente de risco e 426 (30,9%) não receberam nenhuma conduta. O autor concluiu que no Brasil o perfil epidemiológico dos casos notificados de pneumoconiose é semelhante ao observado na literatura, e que apesar do conhecimento sobre a doença existem falhas no manejo adequado, acelerando a sua progressão.

Na tabela 1 observou-se que a região com maior incidência da doença é a região Sudeste do Brasil. Apesar de não ser uma região pobre como Nordeste ou Norte, os casos devem concentrar-se nessa região justamente pelo perfil de atividade econômica, pois as atividades de mineração que

possuem maior exposição ocorrem justamente no Sudeste do país. Também se observa a maior parte dos casos em indivíduos maiores de 60 anos. É possível atribuir ao fato de que é uma doença de exposição de longo prazo, que leva tempo até que de fato os pulmões estejam comprometidos e possa ser diagnosticada.

A Região Sudeste do Brasil concentra a maior parte dos casos de silicose registrados no país, apesar de a Região Norte ser conhecida pela forte presença da atividade mineradora. Essa discrepância pode ser explicada por fatores relacionados aos tipos de mineração predominantes em cada região e à subnotificação de casos no Norte.

No Sudeste, destacam-se atividades de mineração que envolvem alta exposição à sílica livre cristalina, como a exploração de pedra-sabão, quartzito e granito, frequentemente utilizadas na construção civil e em objetos de arte. Essas atividades geram poeiras finas ricas em partículas de sílica, que, quando inaladas ao longo do tempo, são as principais responsáveis pelo desenvolvimento da silicose. Além disso, o Sudeste possui maior densidade populacional e mais centros de vigilância em saúde ocupacional, o que contribui para a identificação e registro mais frequente dos casos.

Por outro lado, embora a Região Norte possua intensa atividade mineradora, incluindo a exploração de ouro, bauxita e ferro, essas operações nem sempre geram os mesmos níveis de exposição à sílica cristalina encontrados no Sudeste. Além disso, a precariedade dos sistemas de saúde, a dificuldade de acesso aos serviços médicos e a falta de treinamento de profissionais para reconhecer e notificar adequadamente os casos de silicose podem levar a uma significativa subnotificação na região. A população trabalhadora do Norte frequentemente enfrenta condições informais de trabalho, onde as proteções contra doenças ocupacionais são escassas ou inexistentes, e os diagnósticos formais raramente são realizados.

Condição estudada	Quantidade	Percentual
Região de notificação		
Norte	37	1,2%
Nordeste	234	7,7%
Sudeste	2509	82,3%
Sul	190	6,2%
Centro Oeste	78	2,6%
Total	3048	100,0%
Idade		
0-19	12	0,4%
20-39	318	10,4%
40-59	1097	36,0%
60+	1621	53,2%
Total	3048	100,0%

Fonte: Adaptado de Tasca (2020).

De acordo com informações do Ministério da Saúde, o Estado de Minas Gerais apresenta o maior registro nacional de casos de silicose, especialmente devido à mineração de ouro, que já registrou cerca de quatro mil casos. A região também é a que mais realiza internações hospitalares por pneumoconiose, ficando atrás apenas da região Sul (Tasca, 2020). Mais um fato que coopera para a região sudeste possuir o maior número de casos.

A avançada idade dos indivíduos acometidos por pneumoconioses também pode ser explicada pela dificuldade nos diagnósticos, pois dependendo da cidade pode ser que não haja centros clínicos o suficiente. Para Terra Filho & Santos (2006), não há uma boa correlação entre os achados de imagem e os funcionais. Embora a tomografia computadorizada de alta resolução apresente uma correlação melhor com a função pulmonar do que a radiografia, é comum observar extensas alterações na imagem com repercussões funcionais discretas.

De acordo com Ferreira (2018), o amianto, também conhecido como asbesto, é um termo abrangente usado para descrever um grupo variado de minerais que consistem em silicatos e hidratos de magnésio e que possuem a característica comum de se separarem em fibras. As formas principais de amianto incluem crisótila (amianto branco, de forma serpentina), crocidolita

(amianto azul), grunerita (amosita, amianto marrom), actinolita, antofilita e tremolita.

Quando essas fibras são inaladas e entram no sistema respiratório, podem causar uma variedade de problemas de saúde, incluindo formação de placas pleurais, espessamento pleural difuso, asbestose (uma pneumoconiose caracterizada por resposta fibrogênica à inalação de amianto), derrame pleural benigno induzido pelo amianto e vários tipos de câncer, como câncer de pulmão e mesotelioma pleural maligno.

O amianto, em qualquer de suas formas, é reconhecido como uma substância altamente carcinogênica, e seus efeitos na saúde daqueles expostos, seja por razões ocupacionais ou ambientais, podem ser observados em todas as fases da cadeia produtiva, desde a mineração até o manuseio de resíduos. A Organização Mundial da Saúde (OMS) também endossa a substituição do amianto sempre que viável (Castro, 2012).

Ainda de acordo com Castro (2012) em 1995, a Lei nº 9.055 estabeleceu a regulamentação do uso controlado do amianto no Brasil. No entanto, em 2011, a Associação Nacional dos Procuradores do Trabalho e a Associação Nacional dos Magistrados da Justiça do Trabalho apresentaram uma Ação Direta de Inconstitucionalidade ao Supremo Tribunal Federal, buscando que este declare o artigo 2º dessa Lei como inconstitucional, argumentando que tal disposição viola os princípios constitucionais relacionados à proteção da saúde. Esse artigo permitia a exploração comercial e industrial do amianto crisotila.

Apenas em 2017 o STF (Superior Tribunal Federal) proibiu o uso e comércio do amianto no Brasil, contudo, conforme também ocorre com a silicose, os sintomas não são imediatos, e talvez ainda veremos trabalhadores acometidos por complicações por exposição ao amianto daqui a alguns anos.

Apesar de atualmente não ser uma doença tão comum, frente às proibições do amianto no mundo, a asbestose ainda apresenta 121 casos no período de 2014 a 2023.

Santos et. al (2022) traz a reação química que acontece com a sílica após a inalação. Após a inalação, as partículas de sílica são predominantemente depositadas nos bronquíolos e alvéolos pulmonares. Caso o mecanismo de *clearance* mucociliar não seja suficiente para remover essas

partículas, ocorre uma resposta inflamatória conhecida como alveolite. Tal condição inflamatória pode evoluir para fibrose pulmonar e, em casos graves, para carcinoma pulmonar. A ativação dos macrófagos, células imunológicas responsáveis pela fagocitose das partículas inalatórias, resulta na formação de radicais livres e espécies reativas de oxigênio (EROs). Tais agentes oxidantes podem causar dano oxidativo ao tecido pulmonar e não são sempre neutralizados de forma eficaz pelos mecanismos de defesa antioxidantes endógenos.

A exposição prolongada à sílica promove a liberação exacerbada de citocinas inflamatórias, que recrutam e ativam um número crescente de macrófagos, neutrófilos e linfócitos no local da inflamação. Esse processo inflamatório crônico leva à produção excessiva de colágeno e à formação de tecido fibroso, resultando em fibrose pulmonar. A fibrose diminui a eficiência das trocas gasosas, comprometendo a função respiratória e a capacidade ventilatória dos pulmões. Além disso, a fibrose pode se estender para a pleura, a membrana que recobre os pulmões, contribuindo para um quadro clínico mais complexo e severo.

As conclusões dos autores sobre a silicose, enfatizam a gravidade da doença e suas implicações para a saúde ocupacional. A pesquisa revela que a exposição à sílica, especialmente em ambientes de trabalho como a mineração e a construção civil, continua a ser uma preocupação significativa, resultando em um número alarmante de casos e mortes ao longo dos anos. Os autores destacam que a silicose não apenas compromete a saúde respiratória dos trabalhadores, mas também afeta sua capacidade de trabalho, levando a consequências socioeconômicas.

Além disso, os autores ressaltam a importância de medidas de proteção eficazes, como o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), a implementação de práticas de controle de poeira e a realização de programas de educação e conscientização para os trabalhadores. A detecção precoce da silicose é crucial para a gestão da doença e para a redução de sua progressão, sendo necessário um acompanhamento contínuo da saúde dos trabalhadores expostos.

Doravante, os autores concluem que, apesar dos avanços na compreensão e no manejo da silicose, ainda há um longo caminho a percorrer

para garantir a saúde e a segurança dos trabalhadores em ambientes de risco. A pesquisa contínua e a formulação de políticas públicas eficazes são essenciais para mitigar os impactos da silicose e proteger a saúde dos trabalhadores expostos à sílica.

Observa-se que os perigos da sílica, são principalmente devido à sua natureza microscópica e de dispersão pelo ar. De acordo com Santos et., al (2022), as partículas de sílica podem ser inaláveis, torácicas ou respiráveis (estas últimas podem se depositar nos pulmões). A forma, tamanho e densidade das poeiras determinam seu comportamento e penetração no sistema respiratório.

A fração respirável é composta por partículas menores que 10 micrômetros, capazes de atingir a área de troca gasosa; partículas maiores geralmente ficam retidas na região nasal e torácica. Nanopartículas de sílica menores que 100 nanômetros podem alcançar a circulação sanguínea.

O tratamento da doença ainda é muito difícil, de acordo com Terra Filho e Santos (2006) a lavagem bronco alveolar tem sido sugerida como um método para remover partículas dos pulmões em indivíduos com silicose crônica e silicoproteinose, embora sua eficácia não seja bem estabelecida. Uma das razões para isso é que as partículas localizadas no interstício pulmonar são pouco acessíveis a esse procedimento, pois o retorno das partículas do interstício para o espaço alveolar é limitado.

Conforme Aragão (2015) um dos mecanismos para prevenção da silicose é o desenvolvimento do PPRA, que simboliza a Higiene Ocupacional, é descrito como uma parte integrante de um conjunto mais abrangente de iniciativas empresariais voltadas à preservação da saúde e integridade dos trabalhadores. Esse programa deve estar especialmente alinhado com o PCMSO - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional.

Cerqueira (2012) acrescenta que esses programas precisam ser implementados nas pedreiras com o propósito de identificar os perigos e analisar os riscos presentes nos ambientes de trabalho, possibilitando a adoção de medidas específicas para prevenir ou controlar esses riscos de exposição à sílica.

Segundo Luz *et al.*, (2010) as ações ambientais positivas realizadas pelas empresas ocorrem principalmente em setores onde há legislação

específica e fiscalização. Porém, na ausência dessas regulamentações, as questões ambientais tendem a ser negligenciadas. Como resultado, os funcionários acabam expostos a processos inadequados de controle e prevenção de segurança no trabalho, o que diminui a eficácia e o uso dos equipamentos de proteção individual e prejudica a conscientização sobre as doenças ocupacionais.

Perante a relevância dos estudos que abordam ações preventivas para minimizar os riscos ocupacionais em trabalhadores de pedreiras, Aragão (2015) destaca que o uso adequado e constante de EPI continua sendo a medida mais importante e eficaz no controle da inalação de poeira.

Luz *et al.*, (2010) acrescentam que a implementação de EPC representa uma ação inovadora que complementa a adesão ao uso de EPI. Esta medida visa proteger todos os funcionários expostos aos riscos do ambiente de trabalho. No caso específico das pedreiras, onde a inalação de poeira é comum, os EPC recomendados incluem telas e exaustores de poeira.

De acordo com Tasca (2020) quando pensamos no tratamento da doença, vemos que não há cura nem reversão da mesma, todos os esforços devem ser direcionados para evitar a progressão da mesma. Para pacientes expostos, é essencial remover a fonte de exposição, prevenir complicações, modificar o processo de trabalho e promover a reabilitação, além de fornecer educação sobre poeira para empregados e empregadores. Se a fonte de exposição não for identificada, devem ser adotadas medidas para isolar ou capturar a poeira, sendo os controles de engenharia os métodos mais comuns e custo-efetivos. Apesar das medidas recomendadas por diversas organizações de saúde, a doença pode continuar a progredir mesmo após a cessação da exposição.

Para Terra Filho e Santos (2006) a recomendação para o uso de máscaras ou respiradores está regulamentada pela NR-6 da Portaria 3214/78. O respirador visa prevenir a inalação de substâncias indesejáveis e fornecer uma fonte de ar respirável em ambientes com baixas concentrações de oxigênio. Contudo, de acordo com os mesmos autores, embora o uso de respiradores seja amplamente difundido, não tem se mostrado eficaz na prevenção do desenvolvimento da silicose, devido a vários inconvenientes e indicações inadequadas.

Como medidas de enfrentamento Azevedo & Schutz (2021) propõem a redução da exposição, que também requer um processo contínuo e progressivo de vigilância, com o objetivo de maximizar a proteção durante a manipulação de materiais silicogênicos. O gerenciamento de todos os riscos associados às diversas atividades de mineração é responsabilidade do engenheiro de segurança e dos demais membros do SESMT (Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho – NR 4), para garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável para os trabalhadores.

A emissão da CAT é fundamental, especialmente quando o formulário é preenchido de forma completa e precisa. As informações contidas nele são cruciais não apenas para fins previdenciários, estatísticos e epidemiológicos, mas também para aspectos trabalhistas e sociais. Esses dados são essenciais para apoiar ações de prevenção e são a principal ferramenta para a estatística de acidentes de trabalho da Previdência Social (Azevedo & Schutz, 2021).

7. CONCLUSÃO

No trabalho, foi evidenciado que diversos fatores estão diretamente relacionados ao aumento do risco de silicose entre os trabalhadores em ambientes subterrâneos, especialmente em minas e galerias com ventilação inadequada. A falta de sistemas de ventilação eficazes permite que altas concentrações de partículas de sílica se mantenham suspensas no ar, criando um ambiente insalubre e extremamente prejudicial à saúde dos trabalhadores. Essas partículas, quando inaladas repetidamente ao longo do tempo, se alojam nos pulmões, provocando inflamações que, com o passar dos anos, podem evoluir para a silicose, uma doença pulmonar grave e irreversível.

Outro fator crítico destacado no estudo foi o uso de perfuração a seco, um método que potencializa a liberação de poeira no ar. Esse tipo de perfuração, realizado sem a aplicação de água ou outras substâncias que possam reduzir a dispersão das partículas, expõe os trabalhadores a níveis elevados de poeira de sílica. Como resultado, aqueles que operam nessas condições estão submetidos a um risco significativamente maior de inalação de partículas tóxicas, acelerando o processo de degradação dos tecidos pulmonares.

O tempo de exposição também desempenha um papel crucial no desenvolvimento da silicose. No estudo, foi observado que quanto mais prolongada a exposição ao ambiente contaminado, maiores são as chances de os trabalhadores desenvolverem a doença. A silicose, sendo uma doença de caráter cumulativo, depende da quantidade de partículas inaladas e do período de exposição para se manifestar. Trabalhadores expostos por anos a essas condições têm uma probabilidade muito maior de apresentar sintomas severos da doença, o que inclui dificuldades respiratórias graves e, em casos mais avançados, insuficiência pulmonar.

Por outro lado, o trabalho destacou a importância da educação como um fator protetor contra a silicose. A pesquisa mostrou que trabalhadores com maior nível educacional tendem a ter uma compreensão mais profunda dos riscos associados à sua ocupação e, conseqüentemente, são mais propensos a seguir protocolos de segurança e utilizar equipamentos de proteção adequados. Esses indivíduos, cientes das conseqüências do não cumprimento das medidas de segurança, buscam minimizar sua exposição à poeira de sílica, utilizando máscaras de alta proteção, ventiladores portáteis e realizando pausas para reduzir o tempo de permanência em áreas de maior risco. Além disso, o nível educacional mais elevado está associado à capacidade de exigir melhores condições de trabalho, incluindo a implementação de sistemas de ventilação adequados e a realização de perfurações com o uso de técnicas úmidas, que limitam a dispersão de poeira.

Esse contraste entre os trabalhadores mais e menos escolarizados ilustra como a educação pode ser um diferencial na prevenção de doenças ocupacionais, como a silicose. Portanto, além das medidas técnicas e de engenharia para controlar a emissão de partículas e melhorar a ventilação, políticas de capacitação e conscientização dos trabalhadores podem desempenhar um papel fundamental na redução dos casos de silicose, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e saudável.

REFERÊNCIAS

ALGRANTI, E. *et al.* Mortality from silicosis in Brazil: Temporal trends in the period 1980–2017. **American journal of industrial medicine**, v. 64, n. 3, p. 178–184, 2021.

Alves B. P. V.; Vilasboas Alves M. T. S. M.; Almeida E. W. S. de; Andrade F. M.; Andrade J. M. O.; Carrasco V.; Santos V. M.; Vieira D. R.; Brito D. O.; Cabral P. H. D.; Bicalho F. A. S.; Oliveira L. B. Pneumoconiose em trabalhadores de carvoaria: um relato de caso. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, n. 19, p. e295, 10 jan. 2019.

ARAGÃO, Tainar Lima. **Ações preventivas realizadas para o controle da silicose em pedreiras**: uma revisão integrativa de literatura: uma revisão integrativa de literatura. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Enfermagem) – Faculdade Maria Milza, 2015.

AZEVEDO, Roberta Guio; SCHÜTZ, Gabriel Eduardo. **Silicose nas pedreiras: a sutil diferença entre conhecer e adoecer**. Intervenções em Saúde do Trabalhador na exploração de rochas ornamentais. *Cadernos Saúde Coletiva*, v. 29, p. 67-76, 2021.

BECKER, André Marchi. **Silicose sem sílica**: ambiente, saúde e trabalho em um processo de Insalubridade nas minas de carvão de São Jerônimo/RS (1943-1947). UFRGS, 2023.

BERNARDINO, Alexsandra Gleci. **Avaliação da aplicação das Normas Reguladoras da Mineração - NRM em uma mineração de basalto no sul de Santa Catarina**. Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Bacharel, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, 2014.

BERTOLINO, Joselane Ramos Magalhães. AVALIAÇÃO DE RUIDO AMBIENTAL E POEIRA OCUPACIONAL EM UMA PEDREIRA NA CIDADE DE MIRABELA–MINAS GERAIS. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaína, v. 09, n. 17, Jan.-Abr/2020.
br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-06.pdf. Acesso em: 02 jun. 2024.

BRASIL. **Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991**. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1991. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8213cons.htm. Acesso em: 15 MAR. 2024.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 6, de 8 de junho de 1978**: dispõe sobre os equipamentos de proteção individual (EPIs).

Última atualização Portaria TEM nº 505 de 16 de abril de 2010. Disponível em: <http://www.cefetbambui.edu.br/cipa/arquivos/nr_06.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-06: Equipamento de Proteção** CASTRO, H. A. DE. Por que o amianto ainda não foi proibido no Brasil e nos países em desenvolvimento? **Saúde em Debate**, v. 36, n. spe1, p. 98–105, jun. 2012.

CARNEIRO, Ana Pula Scalia. *et al.* Índice de exposição à sílica na atividade de mineração de ouro. **Rev Saúde Pública**, 2006;40(1):83-91.

Castro, H. A. de., GONÇALVES, K. dos S., & VICENTIN, G. (2007). Estudo das internações hospitalares por pneumoconioses no Brasil, 1993-2003. *Revista Brasileira De Epidemiologia*, 10(3), 391–400. <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2007000300010>CERQUEIRA, CMM.

Análise às condições de segurança e saúde no trabalho em pedreiras.

Revista de Tecnologia e Gestão. São Paulo, v. 10, n. 2, 2012. Disponível em: <www.scielo.org.br>. Acesso em: 25 de junho de 2024.

CHIBINKSI, Murilo. **Introdução à Segurança do Trabalho**. Escola Técnica Aberta do Brasil. Material de sala de aula, Curitiba, 2011.

CORNELIS, Klein & DUTROW, Barbara. *Manual de Ciências dos Minerais*. 23 ed. Porto Alegre, Bookman, 2012.

COSTA, Aline Beatriz de Medeiros. **VERIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO ÀS NORMAS REGULAMENTADORAS EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO NA CIDADE DE MOSSORÓ-RN**. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharel em Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Mossoró, 2018.

CUNHA, Gabriel Pereria. **Segurança do trabalho aplicada à mineração: uma revisão bibliográfica das normas vigentes**. UFOP, 2022.

CUNHA, Jefferson Anderson Araújo. **ABORDAGEM DA SILICOSE COMO DOENÇA OCUPACIONAL**. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Enfermagem do Trabalho. Universidade Estácio de Sá, 2014.

DANA, J. D. **Manual de Mineralogia** (Dana-Hurlbut). São Paulo, Livros Técnicos e Científicos Editora SA, 1981.

EMBRAPA. **Manual de equipamento de proteção individual**. Org: Teresa Alves. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/975090/1/Documentos111.pdf>. Acesso em maio de 2024.

FERREIRA, A. J. Doenças Ocupacionais Respiratórias – Perspetivas Atuais. **Revista Internacional em Língua Portuguesa**, [S. l.], n. 34, p. 53–76, 2018. DOI: 10.31492/2184-2043.RILP2018.34/pp.53-76. Disponível em:

<https://www.rilp-aulp.org/index.php/rilp/article/view/RILP2018.34.3>. Acesso em: 17 mar. 2024.

FERREIRA, L.R.; PINHEIRO, T.M.M.; SIQUEIRA, A.L.; CARNEIRO, A.P.S. Silicosis among semiprecious gem cutters in Joaquim Felício, Minas Gerais State, Brazil. **Cad Saúde Pública**, São Paulo, v. 24(7). p. 1517-1526, 2008.
FERNANDES, M. A.; MARZIALE, M. H. P.. Riscos ocupacionais e adoecimento de trabalhadores em saúde mental. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 27, n. 6, p. 539–547, nov. 2014.

FIGUEIREDO, Paula Rodrigues. **A IMPORTÂNCIA DO USO DO EPI E EPC EM UMA OBRA PERTENCENTE A UMA EMPRESA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DE NOME FICTICIO XYZ**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro de Produção, Duque de Caxias, 2015.

FILGUEIRAS, Vitor Araújo *et al.* **Saúde e segurança do trabalho no Brasil. Saúde e Segurança do Trabalho no Brasil**. Brasília, p. 19-78, 2017.

FREITAS, Carlos Alberto de; REAL SILVA, Adriano; SILVA DE AGUIAR, Diogo; MANOEL DA SILVA, Marcio; DA SILVA CARDOSO, Aline; REIS MARTINS, Deocleciano; SANTOS DE ARRUDA, Antonio Carlos. A evolução da segurança no trabalho aplicada na manutenção industrial 4.0. REMIPE - Revista de Micro e Pequenas Empresas e Empreendedorismo da Fatec Osasco, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 229–251, 2020. DOI: 10.21574/remipe.v6i2.289. Disponível em: <https://remipe.fatecosasco.edu.br/index.php/remipe/article/view/289>. Acesso em: 1 jun. 2024.

GARCIA, G. P. A. *et al.* Use of personal protective equipment to care for patients with COVID-19: scoping review. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, v. 42, n. spe, p. e20200150, 2021.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ªed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUSSO, Alaide Mezalira. **Mineração de Pedras Semipreciosas: fatores de risco para silicose**. Anais do Salão de Ciências UFRGS, 2016.

GODOY, Arilda Schmidt. **Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades**. In: Revista de Administração de Empresas – ERA. v.35, n.2, mar/abr, 1999.

GOES, Paulo Victor Diniz Rodrigues. **Avaliação do uso de EPI e EPC em construtora de médio porte de unidades habitacionais na grande Natal**. 2022. 18 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

INBRAEP - INSTITUTO BRASILEIRO DE ENSINO PROFISSIONALIZANTE (Brasil). **História Segurança do Trabalho**. Santa Catarina: Equipe INBRAEP, 27 de outubro de 2017. Disponível em:

<https://inbraep.com.br/publicacoes/historia-seguranca-do-trabalho/>. Acesso em: 2 de junho de 2024.

KULCSAR NETO, Francisco. **Sílica manual do trabalhador**. São Paulo: FUNDACENTRO, 1995.

LUCIANO, É. L. *et al.* **GERENCIAMENTO DE RISCOS OCUPACIONAIS: UMA NOVA PROPOSTA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**. South American Development Society Journal, v. 6, n. 17, p. 156, 2020.

Individual - EPI. Disponível em: [LIMA, R. J. V. *et al.* AGENTES BIOLÓGICOS E EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL E COLETIVA: CONHECIMENTO E UTILIZAÇÃO ENTRE PROFISSIONAIS. **Revista Prevenção de Infecção e Saúde**, v. 3, n. 3, 2018.](https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-LUZ, MP et al. A necessidade de ações inovadoras de educação ambiental junto aos trabalhadores de mineração. Revista de Educação Ambiental. Goiás, v. 15, n. 2, 2010. Disponível em: < www.scielo.org.br> . Acesso em: 22 de junho de 2024.</p></div><div data-bbox=)

MAAS, L.; GRILLO, L. P.; SANDRI, J. V. DE A. **A SAÚDE E A SEGURANÇA DO TRABALHADOR SOB COMPETÊNCIA DE NORMAS REGULAMENTADORAS FRÁGEIS**. Revista Brasileira de Tecnologias Sociais, v. 5, n. 1, p. 22–32, 2018.

MICELI, R. S. D.; SCHNELLRATH, J. **Nova metodologia para distinção entre opalas-C e cristobalita**. In: Jornada do Programa de Capacitação Interna do CETEM, 3., Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013.

MOURA, Karla Rhaissa da Silva. **ASPECTOS GERAIS DA SILICOSE COMO DOENÇA OCUPACIONAL**. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Enfermagem do Trabalho. Universidade Estácio de Sá, 2015.

MUSEU DE MINERAIS, MINÉRIOS E ROCHAS HEINZ EBERT. **CRISTOBALITA (Cristobalite)**. Disponível em: <<https://museuhe.com.br/mineral/cristobalita-cristobalite/>>. Acesso em: 10 dec. 2024.

MUSEU DE MINERAIS, MINÉRIOS E ROCHAS HEINZ EBERT. **QUARTZO (Quartz)**. Disponível em: <<https://museuhe.com.br/mineral/quartzo-quartz/>>. Acesso em: 10 dec. 2024.

PORTO, J. S.; MARZIALE, M. H. P. **Motivos e consequências da baixa adesão às precauções padrão pela equipe de enfermagem**. Revista Gaúcha de Enfermagem, v. 37, n. 2, p. e57395, 2016.

REZENDE, A. A. B. *et al.* Respiratory effects of silica inhalation among marble industry workers. **Revista Médica de Minas Gerais**, v. 24, n. 1, 2014.

RODRIGUES, C. M. L.; FAIAD, C. **Avaliação psicossocial no contexto das normas regulamentadoras do trabalho**: desafios e práticas profissionais. *Psicologia Revista*, v. 27, n. 2, p. 287–310, 2018.

SANTOS, M.; ALMEIDA, A.; LOPES, C. Silicose. *Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional online*, v. 13, n. 1, p. 157-171, 2022.

SANTOS, L. DOS *et al.* Pirometamorfismo ígneo na Bacia Potiguar, Nordeste do Brasil. *Geologia USP Série Científica*, v. 14, n. 2, p. 121–138, 2014.
Sílica e Silicose – EHS Segurança do Trabalho. Disponível em: <<https://ehsseguranca.com.br/silica-e-silicose/>>. Acesso em: 18 mar. 2024.

SILICOSIS, O. F. **Produção mineral no Brasil**: ensaio teórico sobre a epidemiologia da silicose. *Revista CIATEC–UPF*, v. 11, n. 1, p. 70-77, 2019.

SILVA, Eufrásio Marcos *et al.* **Pneumoconiose**. *REVISTA DE TRABALHOS ACADÊMICOS–UNIVERSO BELO HORIZONTE*, v. 1, n. 8, 2023.

SILVA, L. L. *et al.* Modificação do perfil da silicose na mineração subterrânea de ouro em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, v. 43, p. e8, 2018.

SOUSA, A. do R. F. de; RODOLPHO, D. **A IMPORTANCIA DA SEGURANÇA DO TRABALHO NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL**. *Revista Interface Tecnológica*, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 817–824, 2020. DOI: 10.31510/infa.v17i2.1008. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1008>. Acesso em: 1 ago. 2024.

SOUZA, T. P.; MONTEIRO, I. **PRODUÇÃO MINERAL NO BRASIL: ENSAIO TEÓRICO SOBRE A EPIDEMIOLOGIA DA SILICOSE**. *Revista CIATEC-UPF*, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 70-77, 2019. DOI: 10.5335/ciatec.v11i1.9295. Disponível em: <https://seer.upf.br/index.php/ciatec/article/view/9295>. Acesso em: 24 set. 2024.

TASCA, Anthony Lawrence Corrêa. **PERFIL EPIDEMIOLOGICO DA PNEUMOCONIOSE NO BRASIL ENTRE 2007-2016**. Trabalho apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a conclusão do Curso de Graduação em Medicina. Universidade Federal de Santa Catarina, 2020.

TERRA FILHO, M. SANTOS, U. **Silicose**. *J Bras Pneumol*. 2006; 32(Supl 1):S41-S7.

WRUBEL, Andréa. **A utilização de EPI´s na construção civil**: uma abordagem em duas construtoras de Curitiba. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.