

ANELIZE DE OLIVEIRA MORAES

LEVANTAMENTO DOS RISCOS QUÍMICOS DA INDÚSTRIA DE
BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

São Paulo

2022

ANELIZE DE OLIVEIRA MORAES

LEVANTAMENTO DOS RISCOS QUÍMICOS DA INDÚSTRIA DE
BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

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

São Paulo

2022

RESUMO

MORAES, Anelize de Oliveira. **Levantamento dos riscos químicos da indústria de beneficiamento de rochas ornamentais**. 2022. 70f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Programa de Educação Continuada, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

As rochas ornamentais ou ainda rochas para revestimento são pedras naturais utilizadas em construções e/ou decorações, depois de devida extração e beneficiamento. Durante o beneficiamento, além de existirem etapas de corte e desbaste, em que há geração de poeiras minerais, a aplicação de produtos químicos é fundamental para proporcionar resistência e melhor acabamento superficial, o que faz com que os trabalhadores fiquem expostos a agentes químicos em diversas etapas do processamento. Para eliminar ou reduzir tanto quanto possível os riscos para saúde, segurança e meio ambiente referentes aos agentes químicos na indústria de beneficiamento de rochas ornamentais, o conhecimento e o tratamento dos riscos químicos são essenciais, não só para cumprimento de leis e normas em vigor, como, principalmente, para proporcionar um ambiente mais seguro e saudável aos funcionários e à comunidade circunvizinha. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo investigar os riscos químicos existentes em uma indústria de beneficiamento de rochas ornamentais e recomendar medidas de controle e prevenção. De acordo com a avaliação preliminar de riscos químicos efetuada no presente estudo de caso, os agentes químicos da indústria de beneficiamento de rochas ornamentais se enquadram em diferentes graus de risco. Desta forma, desde medidas de controle e prevenção simples a medidas mais rígidas e complexas devem ser analisadas e, em caso de viabilidade técnica e econômica, devidamente adotadas ou adaptadas para garantir a integridade da saúde dos trabalhadores e das comunidades vizinhas, além da preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: Beneficiamento de rochas ornamentais. Riscos químicos. Avaliação preliminar.

ABSTRACT

MORAES, Anelize de Oliveira. **Levantamento dos riscos químicos da indústria de beneficiamento de rochas ornamentais**. 2022. 70f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Programa de Educação Continuada, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Ornamental rocks are natural stones used in constructions and decorations, after due extraction and processing. During processing, in addition to cutting and thinning, that generate mineral dust, application of chemical products is important to provide resistance and better surface finish. Therefore, workers are exposed to chemical agents at different stages of natural stone beneficiation. In order to eliminate or reduce as much as possible health, safety and environmental risks related to chemical agents in natural stone processing industry, knowledge and treatment of chemical risks are essential, not only for regulatory compliance, but mainly to provide safer and healthier environment for employees and surrounding community. In this context, the present work aims to investigate chemical risks in a natural stone processing factory and to recommend control and prevention measures. According to the preliminary assessment, chemical agents of a beneficiation industry fall into different degrees of risk. In this way, simple and/or complex measures must be analyzed and, in case of technical and economic feasibility, they must be duly adopted or adapted to guarantee health integrity of workers and surrounding communities, beyond environmental preservation.

Keywords: Processing of natural stones. Chemical risks. Preliminary assessment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Consumo interno brasileiro de rochas ornamentais por tipo de utilização em 2020	14
Figura 2: Estrutura produtiva e comercial do setor de rochas no Brasil	17
Figura 3: Evolução anual do faturamento das exportações brasileiras de rochas ornamentais no período de 2000 - 2018	19
Figura 4: Métodos de redução do risco	22
Figura 5: Teoria do queijo suíço	23
Figura 6: Etapas do processo de gerenciamento de riscos.....	28
Figura 7: Símbolos ou pictogramas de perigo do sistema de classificação GHS.....	32
Figura 8: Exposição dos trabalhadores a alguns riscos químicos (produtos químicos e poeiras minerais) presentes no beneficiamento de rochas ornamentais.....	37
Figura 9: Fluxograma do método de avaliação qualitativa ou preliminar de riscos químicos.....	43
Figura 10: Fluxograma do processo de beneficiamento de rochas ornamentais	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Perfil brasileiro de produção por tipo de rocha em 2020	14
Tabela 2: Tecnologia e capacidade instalada de serragem de chapas no Brasil em 2020	16
Tabela 3: Estimativa de empresas e distribuição de empregos do setor de rochas no Brasil em 2020	17
Tabela 4: Valores de corte ou limites de concentração para cada classe de perigo .	33
Tabela 5: Alocação do perigo de acordo com o sistema GHS	39
Tabela 6: Quantidade de produto utilizada em cada processo diariamente	40
Tabela 7: Propagação de produto químico no ambiente	41
Tabela 8: Determinação do risco químico	41
Tabela 9: Medidas de controle para cada grau de risco	42
Tabela 10: Composição química dos Produtos 1 e 2	49
Tabela 11: Composição química dos Produtos 3 e 4	49
Tabela 12: Composição química dos Produtos 5 e 6	50
Tabela 13: Composição química dos Produtos 7, 8, 9 e 10	51
Tabela 14: Composição química do Produto 11	51
Tabela 15: Composição química dos Produtos 12 e 13	52
Tabela 16: Informações referentes à poeira de quartzo gerada no beneficiamento de rochas	53
Tabela 17: Risco químico do beneficiamento de rochas ornamentais por processo de acordo com os produtos químicos aplicados	54
Tabela 18: Risco químico do beneficiamento de rochas ornamentais por processo de acordo com a geração de poeiras minerais	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
BEI	Biological Exposure Indices
C	Ceiling
CAS	<i>Chemical Abstracts Service</i>
CIPAMIN	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes na Mineração
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
ECHA	<i>European Chemicals Agency</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPR	Equipamento de Proteção Respiratória
FISPQ	Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat e Figueiredo
GHS	<i>Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals</i>
ICCT	<i>International Chemical Control Toolkit</i>
LBRO	Lama do Beneficiamento de Rochas Ornamentais
LT	Limite de Tolerância
NR	Norma Regulamentadora
OIT	Organização Internacional do Trabalho
PCMSO	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
PE	Ponto de Ebulição
PGR	Programa de Gerenciamento de Riscos Ocupacionais
POP	Procedimento Operacional Padrão
STEL	Short Time Exposure Limit
SVLE	Sistema de Ventilação Local Exaustora
TLV	Threshold Limit Value
TWA	Time Weight Average

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVO.....	11
1.2 JUSTIFICATIVA	11
2 REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1 ROCHAS ORNAMENTAIS.....	12
2.1.1 Definição	12
2.1.2 Breve Histórico	12
2.1.3 Caracterização de Rochas Ornamentais	13
2.1.4 Aplicação	14
2.1.5 Cadeia de Produção	15
2.1.6 Mercado.....	18
2.2 SAÚDE E SEGURANÇA NO TRABALHO	19
2.2.1 Breve Histórico	19
2.2.2 Legislação no Brasil.....	20
2.2.3 Conceitos e Definições	21
2.2.4 Programa de Gerenciamento de Riscos.....	24
2.3 PRODUTOS QUÍMICOS	28
2.3.1 Definição	28
2.3.2 Identificação de Substâncias Químicas	29
2.3.3 Informações Sobre Produtos Químicos	30
2.3.4 Sistema de Classificação de Perigo	31
2.3.5 Perigos à Saúde e Segurança do Trabalho	33
3 MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1 LOCAL DE ESTUDO.....	35
3.2 MAPEAMENTO DO PROCESSO	35
3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS QUÍMICOS	38
3.4 AVALIAÇÃO QUALITATIVA OU PRELIMINAR DE RISCOS QUÍMICOS	38
3.4.1 Etapa 1: Alocação do perigo	38
3.4.2 Etapa 2: Determinação da quantidade utilizada	40
3.4.3 Etapa 3: Propagação no ambiente	40
3.4.4 Etapa 4: Determinação do risco.....	41
3.4.5 Etapa 5: Determinação das medidas de controle.....	42

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
4.1 O BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS E O EMPREGO DE PRODUTOS QUÍMICOS	44
4.2 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	44
4.3 DESCRIÇÃO DAS MEDIDAS DE CONTROLE DOS RISCOS QUÍMICOS	47
4.4 CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS QUÍMICOS DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS	48
4.5 AVALIAÇÃO QUALITATIVA (PRELIMINAR) DE RISCOS QUÍMICOS	53
4.6 MÉTODOS DE CONTROLE ESPECÍFICOS	55
4.6.1 Grupo de Risco 1	55
4.6.2 Grupo de Risco 2	55
4.6.3 Grupo de Risco 3	56
4.6.4 Grupo de Risco 4	57
4.7 MÉTODOS DE CONTROLE GERAIS	58
4.7.1 Armazenamento de Produtos Químicos	58
4.7.2 Disposição	58
4.7.3 Equipamentos de Proteção Individual (EPI)	59
4.7.4 Acesso ao Local de Trabalho	60
4.7.5 Medidas de Higiene no Local de Trabalho	61
4.7.6 Treinamento	61
4.7.7 Sinalização de Segurança	62
4.7.8 Resposta à Emergência	62
4.7.9 Exames Médicos	63
4.7.10 Avaliação Quantitativa da Exposição Ocupacional aos Agentes Químicos	64
4.7.11 Outras Medidas	65
5 CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

As rochas ornamentais ou ainda rochas para revestimento são pedras naturais utilizadas pelo homem desde a antiguidade como revestimentos internos e externos, estruturas, elementos de composição arquitetônica, decoração, mobiliário e arte funerária (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013; VIDAL; AZEVEDO; CASTRO, 2013).

Genericamente, o ciclo de produção compreende a extração dos blocos das pedreiras de rochas ornamentais, o beneficiamento nos parques industriais para produção de chapas, além de cortes e montagens nas marmorarias para fabricação de utensílios de diferentes formas e tamanhos (ALENCAR, 2013; VIDAL; AZEVEDO; CASTRO, 2013).

A aplicação de produtos químicos torna-se fundamental em diversas etapas do processamento, para limpar sujidades da superfície, tratar manchas de oxidação, conferir brilho e resistência, além de impermeabilizar e auxiliar na colagem dos materiais. Além disso, os agentes químicos ainda estão presentes nos processos de corte do material rochoso e desbaste da superfície, responsáveis pela geração de poeiras minerais.

Apesar dos inúmeros benefícios oferecidos, os agentes químicos são potenciais causadores de danos à saúde, à segurança e ao meio ambiente e medidas adequadas de prevenção, controle e tratamento das emergências devem ser adotadas para correto armazenamento, transporte, manuseio e descarte (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2004).

No Brasil, uma notificação de acidente de trabalho é registrada a cada cinquenta segundos. No período de 2012 a 2020, foram somadas 5.589.837 notificações, das quais 589.962 foram relacionadas a acidentes com agentes químicos. As ocorrências envolvendo agentes químicos ficaram atrás somente daquelas referentes a máquinas e equipamentos (663.785) (SMARTLAB, 2022).

No setor econômico de aparelhamento e outros trabalhos em pedras, em que se enquadra o beneficiamento das rochas ornamentais, foram registradas 8.486 notificações de acidentes e os agentes químicos foram responsáveis pelo maior número de ocorrências, totalizando 2.256 acidentes notificados (SMARTLAB, 2022).

Neste contexto, para eliminar ou reduzir tanto quanto possível os riscos para saúde e segurança referentes aos agentes químicos na indústria de beneficiamento

de rochas ornamentais, é necessária a realização de estudos para levantamento dos riscos presentes no local de trabalho. O conhecimento e o tratamento dos riscos químicos são essenciais, não só para cumprimento de leis e normas em vigor que competem à saúde, segurança e meio ambiente, como, principalmente, para proporcionar um ambiente mais seguro e saudável aos funcionários e à comunidade.

Além disso, para que as medidas de controle e prevenção sejam praticáveis e compatíveis às necessidades do processo e para assegurar que as práticas de saúde e segurança sejam implementadas em uma organização, os programas de gerenciamento de riscos são essenciais (MURPHY, 2012).

O objetivo da gestão de riscos ocupacionais é antecipar, identificar, avaliar e controlar os riscos à saúde no ambiente de trabalho. No Brasil, as Normas Regulamentadoras (NR) definem as referências técnicas, os princípios, os requisitos e as medidas de proteção para prevenção de acidentes e doenças ocupacionais em diferentes setores (ENGLUND et al., 1999; BOLANHO; GOTTI, 2019; MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA, 2021b).

1.1 OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo investigar os riscos químicos existentes em uma indústria de beneficiamento de rochas ornamentais e recomendar medidas para controle e prevenção.

1.2 JUSTIFICATIVA

O estudo de caso pretende informar e alertar empresários e colaboradores do setor de rochas ornamentais sobre os riscos químicos do beneficiamento, muitas vezes negligenciados, e contribuir para a minimização de acidentes.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ROCHAS ORNAMENTAIS

2.1.1 Definição

As rochas ornamentais ou ainda rochas para revestimento são pedras naturais utilizadas pelo homem desde os tempos mais remotos em construções e/ou decorações depois de devida extração e beneficiamento (VIDAL; AZEVEDO; CASTRO, 2013).

De acordo com a Norma Brasileira ABNT NBR 15012 (Rochas para revestimentos de edificações – terminologia), da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), **rocha ornamental** refere-se a: “material pétreo natural, utilizado em revestimentos internos e externos, estruturas, elementos de composição arquitetônica, decoração, mobiliário e arte funerária”, enquanto **rocha para revestimento** consiste em: “rocha ornamental submetida a diferentes graus ou tipos de beneficiamento, utilizada no revestimento de superfície, especialmente pisos, paredes e fachadas”. A ABNT reconhece ainda a expressão **pedra de revestimento** como rochas utilizadas em revestimentos e/ou pedras decorativas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 1).

2.1.2 Breve Histórico

Desde períodos pré-históricos, a pedra é usada pelo ser humano para fabricação de objetos com diferentes funcionalidades, como instrumentos religiosos, utensílios domésticos e armas de caça e de guerra (ALENCAR, 2013). Devido à sua resistência e durabilidade, as rochas sempre exerceram papel essencial na história, além de registrarem a modernização dos costumes dos homens no decorrer dos anos (VIDAL; AZEVEDO; CASTRO, 2013).

Por volta de 8000 a.C., as rochas começaram a ser usadas como elementos construtivos. A função estética, por sua vez, é datada de 3000 a.C., na Mesopotâmia e no Egito, na criação de esculturas de deuses e faraós. Acredita-se que os gregos foram os responsáveis pela disseminação do uso público do mármore, nas

esculturas e na arquitetura, e os romanos foram os motivadores do uso das pedras, como atributo de luxo, nas construções privadas (ALENCAR, 2013).

No Brasil, o emprego da pedra como elemento construtivo foi apresentado pelos portugueses, inicialmente na edificação de fortes e igrejas. As construções eram feitas com materiais trazidos diretamente de Portugal e, devido à pluralidade de materiais rochosos distribuídos em todo território nacional, eram viabilizadas também com pedras brasileiras (VIDAL; AZEVEDO; CASTRO, 2013).

Já na década de 1990, com o avanço de maquinários e produtos atrelados à cadeia de produção de rochas ornamentais, como a utilização da resina epóxi na estruturação e polimento dos materiais, abriu-se um novo horizonte para as indústrias do setor e possibilitou-se a extração de novos materiais, denominados exóticos e super exóticos (VIDAL; AZEVEDO; CASTRO, 2013).

2.1.3 Caracterização de Rochas Ornamentais

As rochas ornamentais são divididas genericamente em dois grupos principais: mármore e granitos, que representam as pedras calcárias e não calcárias, respectivamente (ALENCAR, 2013). Entretanto, em termos minerais, há quatorze materiais distintos que integram o setor de rochas ornamentais, a saber: granito, pegmatito (feldspato), xisto, mármore, travertino, calcário, ônix, quartzito, quartzo, metaconglomerado, serpentinito, pedra-sabão, pedra-talco e ardósia. A rocha ornamental, em termos comerciais, é normalmente identificada por seu material e/ou por seu nome fantasia (RODRIGUES; CHIODI FILHO, 2020).

Estas rochas são caracterizadas por aspectos estéticos e técnicos. São estes fatores que, atrelados à exclusividade, definem o valor comercial de cada tipo de rocha natural. Devido ao uso decorativo, as pedras naturais destacam-se especialmente por seus atributos estéticos. Fatores como cor, harmonia do desenho e sanidade da rocha atribuem beleza ao material e impactam diretamente na comercialização. Quanto às características técnicas, as rochas ornamentais devem ter resistência suficiente para suportar solicitações químicas, físicas e mecânicas a fim de garantir a conservação de uma construção, evitando danos humanos e/ou materiais (ALENCAR, 2013; VIDAL; AZEVEDO; CASTRO, 2013).

O perfil brasileiro de produção de lavra por tipo de material rochoso no ano de 2020 é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Perfil brasileiro de produção por tipo de rocha em 2020

Tipo de Rocha	Produção (10⁶ t)	Participação
Granito e similares	4,0	44,4%
Mármore e travertino	2,3	25,6%
Quartzito maciço	1,5	16,7%
Outros	1,2	13,3%
Total	9,0	100%

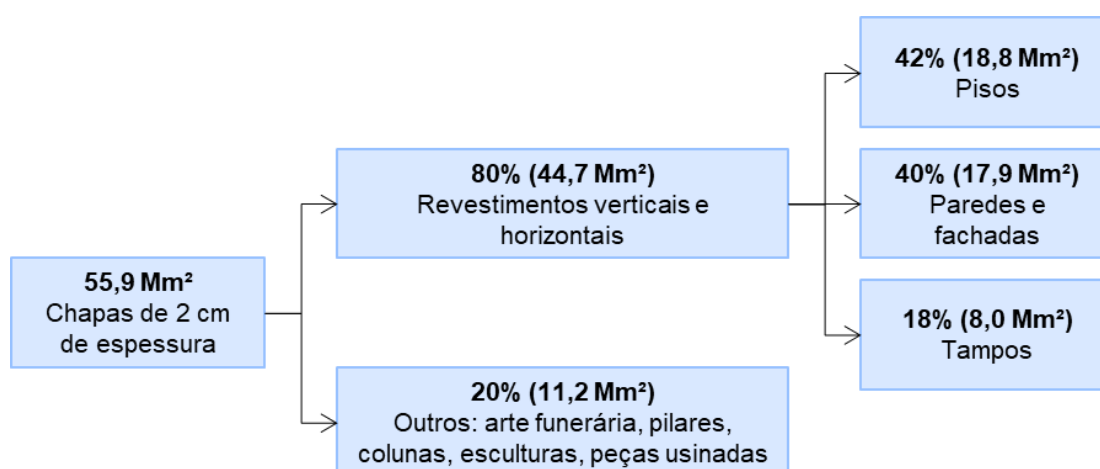
Fonte: CHIODI FILHO, 2021.

2.1.4 Aplicação

As pedras naturais são empregadas na arquitetura e na construção civil como componente estrutural. Devido ao arranjo de características técnicas e estéticas, que une beleza, durabilidade, exclusividade e facilidade de uso, destacam-se também como material de revestimento em pisos, paredes e fachadas (ALENCAR, 2013).

As rochas ornamentais apresentam uma infinidade de aplicações que podem ser agrupadas em quatro campos principais: (1) arquitetura e construção; (2) construção e revestimento urbano; (3) arte funerária; e (4) arte e decoração. Tradicionalmente, sua utilização é dividida em 75% em construções civis, 15% em artes funerárias e 10% em outras finalidades (ALENCAR, 2013).

Em 2020, o consumo interno brasileiro de rochas ornamentais (Figura 1) foi dividido em 80% para revestimentos verticais e horizontais, como pisos, tampos, paredes e fachadas, e 20% em outras finalidades, como artes funerárias, pilares, colunas e esculturas (CHIODI FILHO, 2021).

**Figura 1:** Consumo interno brasileiro de rochas ornamentais por tipo de utilização em 2020

Fonte: Adaptado de CHIODI FILHO, 2021.

2.1.5 Cadeia de Produção

O ciclo de produção de rochas ornamentais pode ser dividido em cinco etapas típicas: pesquisa mineral, lavra, beneficiamento primário, beneficiamento secundário e marmoraria, as quais serão abordadas a seguir.

PESQUISA MINERAL: A pesquisa mineral refere-se à fase em que os tipos rochosos existentes na área de interesse são identificados, quantificados e descritos, por meio de levantamentos geológicos e ensaios tecnológicos diversos (RODRIGUES; CHIODI FILHO, 2020).

EXTRAÇÃO (LAVRA): A lavra compreende a etapa de extração dos blocos rochosos das pedreiras de rochas ornamentais. O bloco deve apresentar tamanho cujo aproveitamento tanto do material pétreo quanto do maquinário do beneficiamento seja o melhor e mais lucrativo possível (ALENCAR, 2013).

Existem diferentes tecnologias de lavra e a seleção dependerá da eficiência e dos custos de cada método, além da região em que a pedreira está alocada, que influencia diretamente na mão-de-obra disponível, no fornecimento de insumos e nos serviços de manutenção (VIDAL; AZEVEDO; CASTRO, 2013).

BENEFICIAMENTO PRIMÁRIO (SERRAGEM OU DESDOBRAMENTO): Os blocos são transferidos das pedreiras para as indústrias de beneficiamento por caminhões (RODRIGUES; CHIODI FILHO, 2020).

Já no parque industrial, os blocos são preparados para a etapa de serragem: normalmente, são lavados e, quando necessário, para materiais frágeis e com muitas trincas, são envelopados a fim de se aumentar a resistência ao desdobramento (VIDAL; AZEVEDO; CASTRO, 2013). Em seguida, os blocos são serrados para obtenção de chapas, de 1 a 3 cm de espessura, dimensão próxima àquela que terá o produto acabado (RODRIGUES; CHIODI FILHO, 2020).

A serragem é realizada com maquinários e equipamentos industriais específicos: tear multilâmina de aço para granitos (tear convencional) e tear multilâmina diamantado para mármore (tear diamantado), talha-bloco multidisco diamantado ou tear multifio diamantado (VIDAL; AZEVEDO; CASTRO, 2013).

Apesar do maior custo de aquisição do tear multifio (aproximadamente o dobro do convencional), sua produtividade é quase seis vezes maior. Além disso, demanda apenas água e os fios diamantados para serragem (ao contrário do tear convencional, que requer água, lâminas, granelha de aço e cal), o que gera um

resíduo composto apenas de pó de pedra e água (VIDAL; AZEVEDO; CASTRO, 2013). A Tabela 2 mostra a tecnologia de serragem e a capacidade instalada no Brasil em 2020.

Tabela 2: Tecnologia e capacidade instalada de serragem de chapas no Brasil em 2020

Tecnologia de Serragem	Espírito Santo	Brasil	Capacidade de Serragem (m²/ano)
Tear multilâmina de aço operante	300	402	25 x 10 ⁶
Tear multifio diamantado	330	360	68 x 10 ⁶
Tear multilâmina diamantado	16	50	5 x 10 ⁶
Talha-bloco multidisco	6	23	2 x 10 ⁶

Fonte: CHIODI FILHO, 2021.

BENEFICIAMENTO SECUNDÁRIO: Após o desdobramento, as chapas seguem para o beneficiamento secundário, que tem por objetivo eliminar a rugosidade proveniente do corte e dar acabamento à face do material (VIDAL; AZEVEDO; CASTRO, 2013).

Os principais processos aos quais as chapas são submetidas são levigamento e polimento, em equipamentos denominados politrizes (automáticas ou semiautomáticas). Entretanto, existem ainda mais tipos de acabamento superficial, que incluem apicoamento, flamejamento, jateamento, escovação, ente outros (RODRIGUES; CHIODI FILHO, 2020).

Nas etapas de levigamento e polimento, são utilizados elementos abrasivos de grãos grossos e finos a extrafinos, respectivamente, para produzir superfícies regulares e brilhosas. Ambos os processos são realizados a úmido e a água auxilia na refrigeração dos equipamentos, na remoção dos resíduos gerados e no brilho da superfície. O objetivo principal do levigamento é eliminar as rugosidades e irregularidades superficiais proveniente do corte, enquanto do polimento é aperfeiçoar o acabamento e conferir brilho à face rochosa (VIDAL; AZEVEDO; CASTRO, 2013).

MARMORARIA: A marmoraria é a etapa do ciclo produtivo, em que os produtos tomam a forma, o tamanho e a aparência finais. Normalmente, o processo ocorre sob demanda em uma linha de produção altamente diversificada, com realização de corte e acabamento das peças, que incluem: ladrilhos para revestimento, bancadas, móveis, objetos de decoração, lápides, entre outros (ALENCAR, 2013).

No Brasil, o setor de rochas ornamentais contabiliza aproximadamente 10.000 empresas nas diferentes etapas do ciclo produtivo e é responsável pela geração de cerca de 120.000 empregos (CHIODI FILHO, 2021). A Tabela 3 apresenta os principais segmentos do setor de rochas ornamentais no Brasil em 2020, com estimativa de número de empresas e de distribuição dos empregos no país.

Tabela 3: Estimativa de empresas e distribuição de empregos do setor de rochas no Brasil em 2020

Segmento	Empresas	Empregos
Marmoraria	6000	60000
Beneficiamento	2000	30000
Lavra	1000	20000
Ensino e Serviços	400	4000
Exportadoras	400	2000
Indústrias de máquinas, equipamentos e insumos	100	2000
Depósitos de chapas	100	1600
Total	10000	119600

Fonte: CHIODI FILHO, 2021.

A estrutura produtiva e comercial do setor de rochas ornamentais no Brasil é resumida na Figura 2.

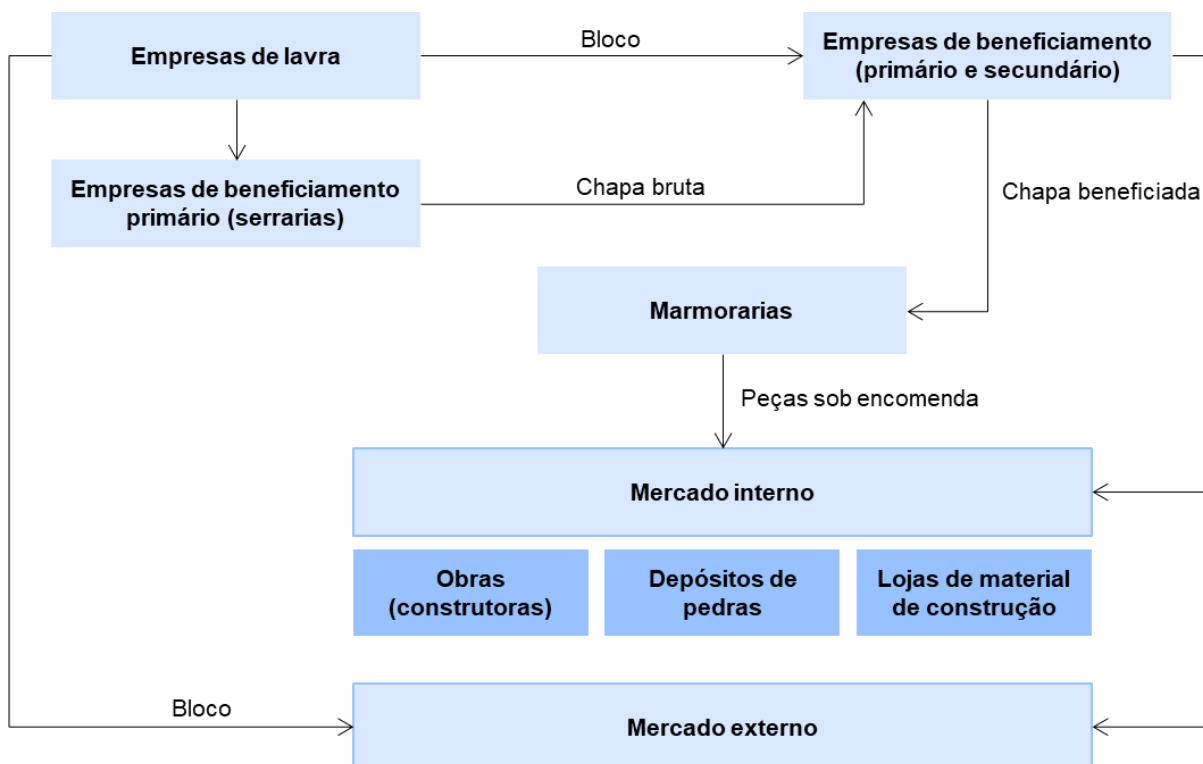


Figura 2: Estrutura produtiva e comercial do setor de rochas no Brasil

Fonte: Adaptado de CHIODI FILHO, 2021.

2.1.6 Mercado

A produção mundial de rochas ornamentais e de revestimento avançou de 1,8 Mt/ano, na década de 1920, para 154,5 Mt em 2019. No Brasil, o crescimento do setor foi experimentado a partir da década de 1990. As exportações brasileiras, por exemplo, saltaram de 0,9 Mt em 1997 para 2,087 Mt em 2019 (CHIODI FILHO, 2021).

Devido aos crescentes avanços tecnológicos no setor e à diversidade geológica brasileira, o país configura hoje a lista de principais produtores e exportadores de rochas ornamentais, sendo responsável pela inserção de novos materiais, ditos exóticos, de alto valor agregado no mercado (CHIODI FILHO, 2021).

Em 2019, os principais produtores de rochas ornamentais, nesta ordem, foram: China, Índia, Turquia, Irã e Brasil, sendo o último responsável por 8,2 Mt (equivalente a 5,3% da produção mundial) (CHIODI FILHO, 2021).

No mesmo ano, 56 Mt de rochas brutas e beneficiadas foram comercializadas no mercado internacional, representando US\$ 19,1 bilhões. O Brasil figurou a sexta posição entre os principais exportadores, sendo responsável pela exportação de 2,087 Mt de rochas (US\$ 972,1 milhões) (CHIODI FILHO, 2021).

No ano de 2020, o Brasil exportou materiais para 135 diferentes países, em todos os continentes. Os principais compradores dos produtos brasileiros foram: Estados Unidos, China e Itália. As exportações para os Estados Unidos, especialmente de chapas, corresponderam a 63% do faturamento total (US\$ 620,9 milhões e 0,887 Mt), enquanto para a China, dominadas por blocos, somaram 12,1% do faturamento das exportações brasileiras (US\$ 122 milhões e 0,763 Mt) (CHIODI FILHO, 2021).

Quanto aos principais estados exportadores de rochas ornamentais, o Espírito Santo permanece como o principal exportador em 2020, sendo responsável por 82,5% do faturamento brasileiro, com US\$ 813,7 milhões e 1,7 Mt (CHIODI FILHO, 2021).

A evolução do faturamento brasileiro do setor de rochas ornamentais, entre 2000 e 2018, é apresentada na Figura 3.

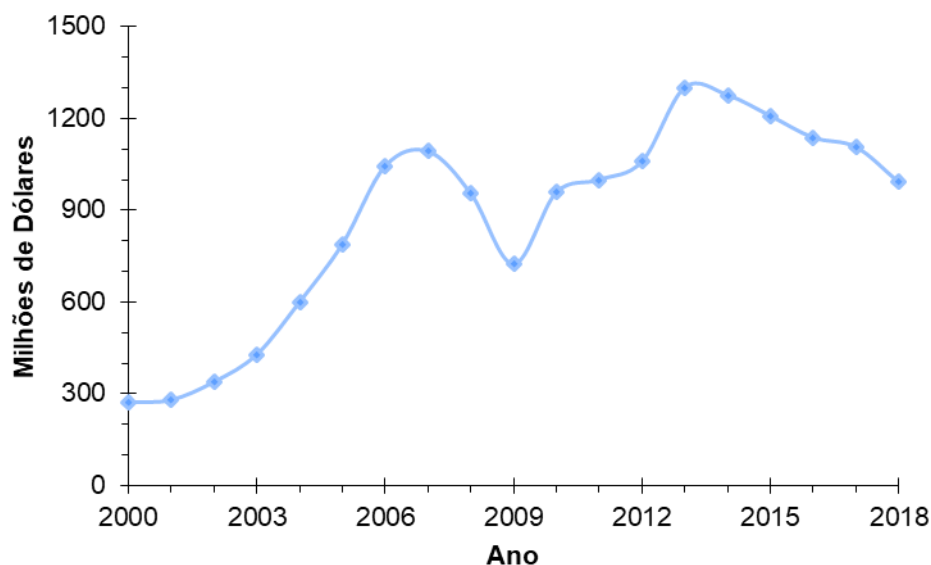


Figura 3: Evolução anual do faturamento das exportações brasileiras de rochas ornamentais no período de 2000 - 2018

Fonte: Adaptado de CHIODI FILHO, 2021.

2.2 SAÚDE E SEGURANÇA NO TRABALHO

2.2.1 Breve Histórico

Ao longo de toda a história, há relatos e documentos relacionados às doenças decorrentes do trabalho. Profissionais renomados da Medicina, em diferentes períodos e locais, observaram a existência de uma relação entre doenças e ocupações específicas e a necessidade de se conhecer o histórico profissional dos pacientes na investigação das enfermidades (MIKSCHE et al., 2005).

Em torno de 1700, o médico italiano Bernardino Ramazzini publicou o livro *De Morbis Artificum Diatriba*, em que descrevia diferentes doenças de trabalhadores e seus tratamentos e enfatizava a importância da prevenção de doenças ocupacionais e acidentes de trabalho. Por seu projeto, ficou conhecido como o Pai da Medicina Ocupacional (MIKSCHE et al., 2005).

Por um grande período, os acidentes foram considerados inerentes ao trabalho e, portanto, assim como as doenças ocupacionais, não recebiam a devida importância e tratamento. Apenas no século XVIII, devido à Revolução Industrial e à valorização do ser humano, nos princípios do pensamento iluminista, deu-se seriedade às condições insalubres do ambiente e à gravidade dos acidentes de trabalho (FERREIRA et al., 2011).

Já no século XIX, os médicos passaram a cuidar da saúde dos trabalhadores e os primeiros aspectos legais sobre proteção à saúde do trabalhador e inspeção técnica das fábricas foram convencionados em países como Alemanha e Inglaterra (MIKSCHE et al., 2005).

2.2.2 Legislação no Brasil

Assim como em outros países, no Brasil, a industrialização, já no século XX, também foi acompanhada por um aumento significativo nos acidentes de trabalho. Devido ao atraso no crescimento industrial, a evolução dos direitos trabalhistas também ocorreu tardiamente. O Ministério do Trabalho foi fundado em 1930 e, em 1943, o Decreto-lei nº 5.452 instituiu a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), que orienta as práticas relativas à Saúde e Segurança do Trabalho no país (BRASIL, 1943; TRIBUNAL SUPERIOR DO TRABALHO, 2021).

O Capítulo V (Da Segurança e da Medicina do Trabalho), do Título II da CLT (artigos 154 – 201), com redação dada pela Lei nº 6.514, de 1977, delega ao Ministério do Trabalho a responsabilidade de publicar as Normas Regulamentadoras (NR), sob os princípios, principalmente do artigo 200 (BRASIL, 1977):

Art. 200. Cabe ao Ministério do Trabalho estabelecer disposições complementares às normas de que trata este Capítulo, tendo em vista as peculiaridades de cada atividade ou setor de trabalho, especialmente sobre:

- I – Medidas de prevenção de acidentes e os equipamentos de proteção individual em obras de construção, demolição ou reparos;
- II – Depósitos, armazenagem e manuseio de combustíveis, inflamáveis e explosivos, bem como trânsito e permanência nas áreas respectivas;
- III – Trabalho em escavações, túneis, galerias, minas e pedreiras, sobretudo quanto à prevenção de explosões, incêndios, desmoronamentos e soterramentos, eliminação de poeiras, gases, etc. e facilidades de rápida saída dos empregados;
- IV – Proteção contra incêndio em geral e as medidas preventivas adequadas, com exigências ao especial revestimento de portas e paredes, construção de paredes contra fogo, diques e outros anteparos, assim como garantia geral de fácil circulação, corredores de acesso e saídas amplas e protegidas, com suficiente sinalização;
- V – Proteção contra insolação, calor, frio, umidade e ventos, sobretudo no trabalho a céu aberto, com provisão, quanto a este, de água potável, alojamento e profilaxia de endemias;
- VI – Proteção do trabalhador exposto a substâncias químicas

nocivas, radiações ionizantes e não ionizantes, ruídos, vibrações e trepidações ou pressões anormais ao ambiente de trabalho, com especificação das medidas cabíveis para eliminação ou atenuação desses efeitos, limites máximos quanto ao tempo de exposição, à intensidade da ação ou de seus efeitos sobre o organismo do trabalhador, exames médicos obrigatórios, limites de idade, controle permanente dos locais de trabalho e das demais exigências que se façam necessárias; VII – Higiene nos locais de trabalho, com discriminação das exigências, instalações sanitárias, com separação de sexos, chuveiros, lavatórios, vestiários e armários individuais, refeitórios ou condições de conforto por ocasião das refeições, fornecimento de água potável, condições de limpeza dos locais de trabalho e modo de sua execução, tratamento de resíduos industriais; VIII – Emprego das cores nos locais de trabalho, inclusive nas sinalizações de perigo.

Parágrafo único. Tratando-se de radiações ionizantes e explosivos, as normas a que se refere este artigo serão expedidas de acordo com as resoluções a respeito adotadas pelo órgão técnico.

As Normas Regulamentadoras dispõem dos direitos e deveres tanto dos empregados quanto dos empregadores para garantir a segurança e a saúde no ambiente de trabalho. Atualmente, existem 37 normas regulamentadoras e cada uma delas define as referências técnicas, os princípios, os requisitos e as medidas de proteção para prevenção de acidentes e doenças ocupacionais em setores específicos de atividade (BOLANHO; GOTTI, 2019; MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA, 2021b).

Além disso, a Legislação de Segurança e Saúde no Trabalho no Brasil ainda compreende as Convenções Ratificadas da Organização Internacional do Trabalho (OIT), Decretos, Instruções Normativas, Notas Técnicas e Portarias, dispostas no sítio eletrônico do Governo Federal (MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA, 2021a).

2.2.3 Conceitos e Definições

Eventualmente, os significados de perigo e de risco são incompreendidos e confundidos. Enquanto o perigo representa o potencial inerente de um material ou atividade de causar danos humanos, materiais e ambientais, o risco associa a probabilidade de a condição perigosa causar o dano com a gravidade do prejuízo

causado (ENGLUND et al., 1999). Desta forma, pode-se dizer que o perigo é característico de determinados materiais e atividades, mas o risco pode ser minimizado alterando-se a frequência da exposição e/ou as consequências dos danos causados pelos agentes perigosos, como ilustrado na Figura 4 (BOLANHO; GOTTI, 2019).

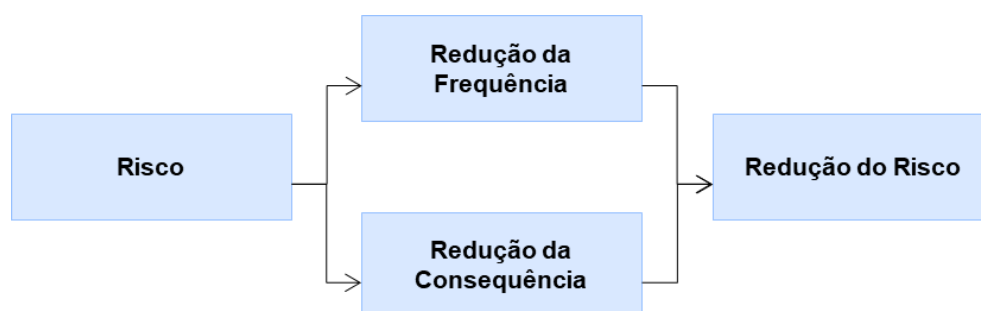


Figura 4: Métodos de redução do risco
Fonte: Adaptado de BOLANHO; GOTTI, 2019.

O incidente pode ser compreendido como o resultado com potencial de causar danos de um evento ou sequência de eventos não planejados. Quando os eventos geram uma consequência indesejada, ou seja, quando o dano, de fato, se concretiza, é dito que ocorreu um acidente (MURPHY, 2012).

A consequência do acidente é avaliada pelos efeitos à saúde e segurança, à propriedade e ao meio ambiente e as causas podem ser associadas ao funcionamento de equipamentos e máquinas, ao desempenho humano ou a ações e ocorrências externas que provocam perturbações no processo (ENGLUND et al., 1999).

Em Segurança do Trabalho, de acordo com a Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991, que dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências, o acidente de trabalho é aquele “que ocorre pelo exercício do trabalho [...], 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).

Já em Segurança de Processos, um acidente pode significar incêndio, explosão, vazamento, derramamentos, emissões tóxicas e falhas de equipamento ou interrupção do processo (MURPHY, 2012).

Na ocorrência de um acidente, os impactos causados aos trabalhadores, à empresa, ao meio ambiente e à sociedade são inúmeros. Aos trabalhadores, o

acidente pode resultar em morte e, em caso de sobrevivência, incapacidade para o trabalho, traumas psicológicos e redução do poder aquisitivo, devido ao desemprego e à necessidade de gastos com assistência médica e psicológica. À empresa, há perda de produção e de insumos, danos a máquinas e equipamentos e necessidade de treinamento de um novo colaborador, fatores que geram perda de tempo e dinheiro. Os prejuízos ao meio ambiente incluem contaminação do ar, do solo e de ambientes aquáticos, enquanto à sociedade incluem a perda de entes queridos, além de doenças e destruição de moradias, a depender da proporção dos acidentes (FERREIRA et al., 2011).

James Reason propôs a Teoria do Queijo Suíço (Figura 5), em que compara os buracos do queijo aos eventos causadores de incidentes. Em sua teoria, James sugeriu que quando os buracos se alinhavam, havia a ocorrência do acidente. Desta forma, para reduzir o número de acidentes, seria necessária a criação de barreiras para remoção ou minimização dos buracos, a fim de reduzir o risco, ou seja, a probabilidade ou a gravidade de um perigo provocar danos. Neste contexto, as barreiras representariam os sistemas de prevenção, de controle e de recuperação e seriam o objetivo do gerenciamento de riscos (MURPHY, 2012).

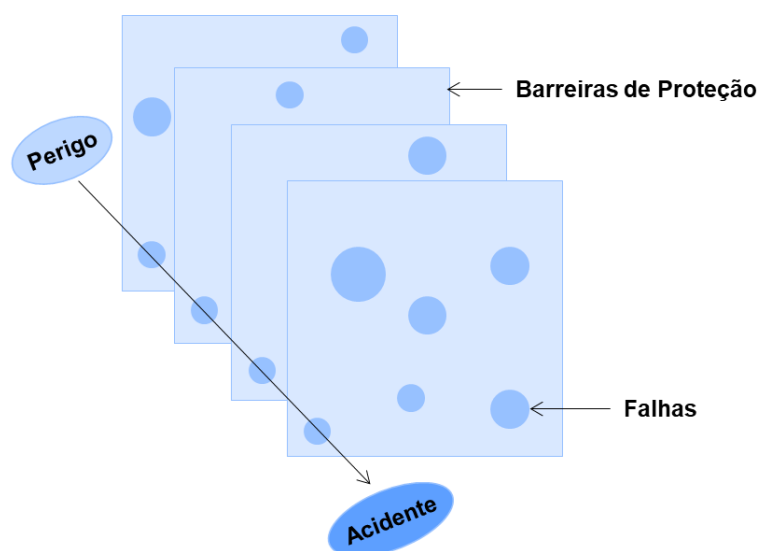


Figura 5: Teoria do queijo suíço
Fonte: Adaptado de MURPHY, 2012.

O risco deve ser gerenciado a um nível aceitável (tolerável) pela aplicação de estratégias e ferramentas de análise que visem um ambiente de trabalho mais seguro e sadio (MURPHY, 2012). As ferramentas de avaliação de perigos e riscos

variam com o estágio do projeto e incluem diversas técnicas tanto qualitativas quanto quantitativas (ENGLUND et al., 1999).

Em Segurança do Trabalho, o gerenciamento de riscos tem por objetivo prevenir os acidentes de trabalho e as doenças ocupacionais, a fim de garantir a integridade da saúde física e mental dos trabalhadores. Já em Segurança do Processo, previnem-se e controlam-se os incêndios, explosões, vazamentos, derramamentos, emissões tóxicas e falhas de equipamento ou interrupção do processo que podem ou não ferir ou resultar em fatalidades para os trabalhadores ou outras pessoas (MURPHY, 2012).

Os riscos ambientais são agrupados em cinco categoriais principais e distintas. Os riscos físicos incluem ruído, vibrações, radiações ionizantes e não ionizantes, frio, calor, pressões anormais e umidade. Os riscos químicos são poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases, vapores e substâncias compostas ou produtos químicos em geral. Os riscos biológicos compreendem os vírus, bactérias, protozoários, fungos, parasitas e bacilos. Os riscos ergonômicos são esforço físico intenso, levantamento e transporte manual de peso, postura inadequada, controle rígido de produtividade, imposição de ritmos excessivos, trabalho em turno e noturno, jornada de trabalho prolongada, monotonia e repetitividade e outras situações de estresse físico e mental. Por último, os riscos de acidentes ou mecânicos englobam arranjos físicos inadequados, máquinas e equipamentos sem proteção, ferramentas inadequadas ou defeituosas, iluminação inadequada, eletricidade, possibilidade de incêndio ou explosão, armazenamento inadequado, animais peçonhentos e outras situações de risco que contribuem para a ocorrência de acidentes (FERREIRA et al., 2011).

2.2.4 Programa de Gerenciamento de Riscos

Os programas de gerenciamento são necessários para assegurar que as práticas de segurança sejam implementadas em uma organização (MURPHY, 2012).

No Brasil, o Programa de Gerenciamento de Riscos Ocupacionais é regimentado pela Norma Regulamentadora NR-01 (Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais), que é amparada pela NR-09 (Avaliação e Controle das Exposições Ocupacionais a Agentes Físicos, Químicos e Biológicos)

quanto às medidas de prevenção aos riscos físicos, químicos e biológicos (BRASIL, 2020a; BRASIL, 2021a).

A NR-22 (Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração), que enquadra o processamento de rochas ornamentais, estabelece que (BRASIL, 2019b, p. 3):

22.3.7.1 O Programa de Gerenciamento de Riscos – PGR deve incluir as seguintes etapas: a) antecipação e identificação de fatores de risco, levando-se em conta, inclusive, as informações do Mapa de Risco elaborado pela CIPAMIN, quando houver; b) avaliação dos fatores de risco e da exposição dos trabalhadores; c) estabelecimento de prioridades, metas e cronograma; d) acompanhamento das medidas de controle implementadas; e) monitorização da exposição aos fatores de riscos; f) registro e manutenção dos dados por, no mínimo, vinte anos e g) análise crítica do programa, pelo menos, uma vez ao ano, contemplando a evolução do cronograma, com registro das medidas de controle implantadas e programadas.

De modo geral, o objetivo da gestão de riscos ocupacionais é antecipar, identificar, avaliar e controlar os riscos à saúde no ambiente de trabalho (ENGLUND et al., 1999).

ANTECIPAÇÃO: A fase de antecipação consiste em identificar e corrigir as fontes ou situações potenciais de perigo ainda na fase de projeto, em instalações novas ou em modificação. Apesar de econômica e conceitualmente simples, a previsão e minimização dos fatores de risco do empreendimento ainda na planta pode ser uma tarefa complexa (MIKSCHE et al., 2005).

IDENTIFICAÇÃO: A etapa de identificação dos perigos consiste em coletar informações, documentos e relatórios que permitem a caracterização das fontes e das situações perigosas (MIKSCHE et al., 2005).

Na Norma Regulamentadora NR-01, a identificação de perigos (BRASIL, 2020a, p. 5):

1.5.4.3.1 A etapa de identificação de perigos deve incluir: a) descrição dos perigos e possíveis lesões ou agravos à saúde; b) identificação das fontes ou circunstâncias; e c) indicação do grupo de trabalhadores sujeitos aos riscos. 1.5.4.3.2 A identificação dos perigos deve abordar os perigos

externos previsíveis relacionados ao trabalho que possam afetar a saúde e segurança no trabalho.

AVALIAÇÃO: A avaliação de riscos ocupacionais pode ser qualitativa (avaliação preliminar) ou quantitativa e consiste em avaliar os riscos associados aos perigos identificados. A etapa deve levar em consideração fatores como: o tipo de perigo, a probabilidade de ocorrência do dano, que é diretamente proporcional ao grau de exposição à condição perigosa, e os efeitos e agravos à saúde (MIKSCHE et al., 2005).

A avaliação preliminar define a ordem prioritária de condições perigosas que necessitam análise e controle, enquanto a avaliação quantitativa deve ser realizada para comprovar a exposição aos agentes perigosos e dimensionar e monitorar a exposição (MIKSCHE et al., 2005).

Na avaliação quantitativa, o perfil da exposição aos agentes perigosos (físicos, químicos e biológicos) é comparado com os limites de tolerância estabelecidos na NR-15 e seus anexos (Atividades e Operações Insalubres) e, em caso de ausência, aos limites de exposição previstos pela Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*, ACGIH), para determinação das medidas de prevenção (BRASIL, 2021a).

Pelo exposto na NR-15 (BRASIL, 2019a, p. 1):

15.1.5 Entende-se por "Limite de Tolerância", para os fins desta Norma, a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará danos à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral.

Se, durante a avaliação, for constatado que a exposição ocupacional está acima da metade do limite de tolerância (para agentes químicos) ou da metade da dose (para o agente físico ruído), valor este denominado nível de ação, as ações necessárias para eliminação ou controle da exposição ocupacional devem ser adotadas (BRASIL, 2021a).

Se a exposição está acima do limite de tolerância previsto na norma (entre outros adendos) e a insalubridade for comprovada no exercício do trabalho, é direito do trabalhador, apoiado na NR-15, o recebimento de adicional equivalente a 40%,

20% e 10% sobre o salário mínimo da região, a depender do grau da insalubridade: máximo, médio e mínimo, respectivamente. É importante frisar que o pagamento da insalubridade não exclui a necessidade de aplicação de medidas para controle dos riscos ocupacionais (BRASIL, 2019a).

CONTROLE E PREVENÇÃO: No Programa de Gerenciamento de Riscos Ocupacionais, o controle dos riscos e a redução da exposição aos agentes perigosos a níveis toleráveis é etapa fundamental (MIKSCHE et al., 2005).

Os métodos de controle de exposição são divididos em três categorias principais, as quais são ordenadas em ordem decrescente de efetividade no controle de riscos: (1) controles de engenharia, como eliminação ou substituição do perigo, contenção, ventilação e automação do processo; (2) controles administrativos, como rotação de tarefas, treinamentos e sinalizações; e (3) equipamentos de proteção individual (ENGLUND et al., 1999).

A seleção do método de controle de exposição mais apropriada deve levar em consideração urgência, relação custo-benefício, confiabilidade, manutenção e conforto dos colaboradores. Entretanto, considera-se que a eliminação da fonte de perigo ou a substituição por uma fonte menos perigosa são alternativas mais eficazes no controle de risco e devem ser sempre priorizadas. O uso de EPI, apesar de útil, deve ser considerado apenas quando os outros métodos são impraticáveis (MIKSCHE et al., 2005).

A Norma Regulamentadora NR-06 (Equipamento de Proteção Individual – EPI) descreve o 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” (BRASIL, 2018, p. 1).

De acordo com o Anexo I da referida norma, os equipamentos de proteção individual são categorizados de acordo com o tipo de proteção: da cabeça, dos olhos e face, auditiva, respiratória, do tronco, dos membros superiores, dos membros inferiores, do corpo inteiro e, por fim, contra quedas com diferença de nível (BRASIL, 2018).

Para o gerenciamento efetivo dos riscos, algumas práticas empresariais úteis incluem: (1) elaboração de procedimentos operacionais padrão (POP); (2) implantação de políticas de segurança e cumprimento de leis e normas em vigor que competem à saúde, segurança e meio ambiente; (3) manutenção regular de equipamentos e funcionamento de acordo com as especificações; (4) garantia de

treinamento e de pessoal qualificado para os trabalhos; (5) reconhecimento e gerenciamento de mudanças; (6) gerenciamento de emergências (MURPHY, 2012).

Além disso, o programa de gestão deve ser revisado regularmente para identificação e correção de deficiências e implementação de melhorias sempre que necessárias (MURPHY, 2012).

A Figura 6 sumariza as etapas do processo de gerenciamento de riscos, de acordo com a Norma Brasileira ABNT NBR ISO 31000: Gestão de riscos – diretrizes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018).



Figura 6: Etapas do processo de gerenciamento de riscos
Fonte: Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018.

2.3 PRODUTOS QUÍMICOS

2.3.1 Definição

Uma substância química pode ser definida como uma matéria de propriedades físico-químicas fixas e inerentes à sua composição, incapaz de se desagregar por métodos mecânicos ou físicos. A substância química pura ou a mistura de duas ou mais substâncias químicas é denominada como um produto químico (BUSCHINELLI; KATO, 2012).

De acordo com definição da NR-01, o agente químico é definido como (BRASIL, 2020a, p. 12):

Substância química, por si só ou em misturas, quer seja em seu estado natural, quer seja produzida, utilizada ou gerada no processo de trabalho, que em função de sua natureza, concentração e exposição, é capaz de causar lesão ou agravo à saúde do trabalhador.

Os produtos químicos estão presentes em todas as áreas do nosso cotidiano e, além da enorme relevância, trazem inúmeros benefícios às nossas atividades. Entretanto, deve ser dada a devida importância ao fato de que os agentes químicos são potenciais causadores de danos à saúde, à segurança e ao meio ambiente (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2004).

Todos os produtos químicos são potencialmente perigosos. Mesmo o sal ou o açúcar, a depender da quantidade ingerida (dose), podem ser tóxicos ao ser humano. Além da toxicidade, alguns produtos químicos ainda podem provocar incêndios e explosões, corrosão e/ou ser prejudiciais ao meio ambiente (DEL BINO et al., 2005).

Estima-se que cerca de mil novos produtos químicos entram no mercado a cada ano e cerca de 100 mil substâncias químicas são utilizadas em escala global em diferentes produtos comerciais (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2004).

O ciclo de vida de um produto químico inclui o armazenamento, transporte, manuseio e descarte. Todas as etapas devem ser levadas em consideração na identificação de perigos e análise de riscos químicos para garantir que as medidas de controle adequadas sejam adotadas, tanto na prevenção quanto na mitigação e no tratamento das emergências (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2004).

2.3.2 Identificação de Substâncias Químicas

Os compostos químicos podem ser caracterizados de diversas formas, como por fórmulas moleculares, estruturas químicas, nomes sistemáticos, comuns e comerciais. Para facilitar a identificação das substâncias químicas e permitir uma

comunicação internacional clara e sem equívocos, a *Chemical Abstracts Service* (CAS), uma divisão da Sociedade Americana de Química (*American Chemical Society*), desenvolveu uma base de dados de substâncias químicas, classificando-as por um número de registro (CHEMICAL ABSTRACT SERVICE, 2022).

O sistema de identificação CAS é o mais importante e antigo do mundo e o número de registro CAS é um identificador único para cada substância específica (BUSCHINELLI; KATO, 2012).

Atualmente, o sistema CAS conta com mais de 260 milhões de substâncias registradas (193 milhões de substâncias químicas orgânicas e inorgânicas e 70 milhões de proteínas e sequências de ácidos nucleicos) e é atualizado diariamente com milhares de novas substâncias (CHEMICAL ABSTRACT SERVICE, 2022).

2.3.3 Informações Sobre Produtos Químicos

A Convenção nº 170 (Segurança no Trabalho com Produtos Químicos) da Organização Internacional do Trabalho, adotada pela OIT em 1990 e ratificada pelo Brasil em 1996, determina, em seu artigo oitavo, que (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO, 1990):

Os empregadores que utilizam produtos químicos perigosos deverão receber fichas com dados de segurança que contenham informações essenciais detalhadas sobre a sua identificação, seu fornecedor, a sua classificação, a sua periculosidade, as medidas de precaução e os procedimentos de emergência.

No Brasil, a elaboração da Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) segue os critérios estabelecidos na norma ABNT NBR 14725 (Produtos Químicos – Informações sobre Segurança, Saúde e Meio Ambiente), dividida em quatro partes: (1) terminologia; (2) sistema de classificação de perigo; (3) rotulagem; e (4) ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009, 2014, 2017, 2019).

A FISPQ deve ser a principal referência de saúde e segurança dos produtos químicos e deve conter as seguintes informações, nesta ordem: (1) identificação do produto e da empresa; (2) identificação de perigos; (3) composição e informações

sobre os ingredientes; (4) medidas de primeiros-socorros; (5) medidas de combate a incêndio; (6) medidas de controle para derramamento ou vazamento; (7) manuseio e armazenamento; (8) controle de exposição e proteção individual; (9) propriedades físicas e químicas; (10) estabilidade e reatividade; (11) informações toxicológicas; (12) informações ecológicas; (13) considerações sobre destinação final; (14) informações sobre transporte; (15) informações sobre regulamentações; (16) outras informações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

Entre as informações fornecidas na FISPQ, a composição e as informações sobre os ingredientes constituem o item de maior importância, já que a classificação do perigo é dependente das substâncias químicas presentes no produto químico (BUSCHINELLI; KATO, 2012).

De acordo com a Norma Regulamentadora NR-26 (Sinalização de Segurança) (BRASIL, 2015, p. 1):

26.2.1 O produto químico utilizado no local de trabalho deve ser classificado quanto aos perigos para a segurança e a saúde dos trabalhadores de acordo com os critérios estabelecidos pelo Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS), da Organização das Nações Unidas.

O Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS, *Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals*) é adotado pela ABNT NBR 14725.

2.3.4 Sistema de Classificação de Perigo

O sistema GHS identifica os perigos intrínsecos a substâncias e misturas com base em requisitos técnico-científicos e dá orientação uniforme e globalizada quanto à comunicação de perigos e às medidas de prevenção, de resposta à emergência, de armazenamento e de disposição. Os produtos químicos são classificados de acordo com os perigos físicos, à saúde e segurança e ao meio ambiente (UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021).

Quanto aos perigos físicos, o sistema GHS divide os produtos químicos em 17 diferentes categorias: explosivos, gases inflamáveis, aerossóis e químicos sob

pressão, gases oxidantes, gases sob pressão, líquidos inflamáveis, sólidos inflamáveis, substâncias e misturas autorreativas, líquidos pirofóricos, sólidos pirofóricos, substâncias e misturas sujeitas a autoaquecimento, substâncias e misturas que, em contato com a água, emitem gases inflamáveis, líquidos oxidantes, sólidos oxidantes, peróxidos orgânicos, corrosivo para os metais e explosivos dessensibilizados (UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021).

Quanto aos perigos à saúde e segurança, as substâncias e misturas são classificadas em: toxicidade aguda (oral, dérmica e inalação), corrosão/ irritação à pele, lesões oculares graves/ irritação ocular, sensibilização respiratória, sensibilização à pele, mutagenicidade em células germinativas, carcinogenicidade, toxicidade à reprodução, toxicidade para órgãos-alvo específicos (exposição única e repetida) e perigo por aspiração (UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021).

E quanto aos perigos ao meio ambiente, as substâncias são segmentadas em: perigoso ao ambiente aquático (agudo e crônico) e perigoso à camada de ozônio (UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021).

Para que o perigo possa ser facilmente reconhecido, o sistema GHS aplica os chamados símbolos de perigo ou pictogramas (Figura 7) como elemento de sua comunicação de perigo (UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021).

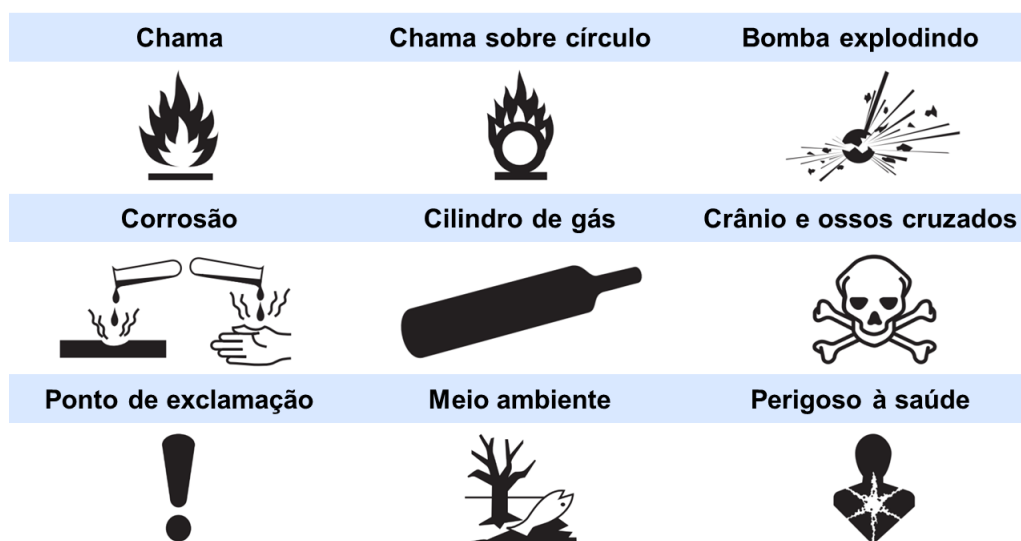


Figura 7: Símbolos ou pictogramas de perigo do sistema de classificação GHS
Fonte: Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017 e UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021.

Além disso, a classificação de perigos é influenciada pela concentração de cada substância química na mistura e o sistema GHS determina valores de corte ou limites de concentração para cada classe de perigo, conforme indicado na Tabela 4 (UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021).

Tabela 4: Valores de corte ou limites de concentração para cada classe de perigo

Classe de Perigo	Valor de corte
Toxicidade aguda	≥ 1,0%
Corrosão/ irritação à pele	≥ 1,0%
Lesões oculares graves/ irritação ocular	≥ 1,0%
Sensibilização respiratória/ à pele	≥ 0,1%
Mutagenicidade em células germinativas (Categoria 1)	≥ 0,1%
Mutagenicidade em células germinativas (Categoria 2)	≥ 1,0%
Carcinogenicidade	≥ 0,1%
Toxicidade à reprodução	≥ 0,1%
Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição única	≥ 1,0%
Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição repetida	≥ 1,0%
Perigo por aspiração (Categoria 1)	≥ 1,0%
Perigo por aspiração (Categoria 2)	≥ 1,0%
Perigoso ao ambiente aquático	≥ 1,0%

Fonte: UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021.

2.3.5 Perigos à Saúde e Segurança do Trabalho

Para que as substâncias químicas perigosas provoquem efeitos deletérios no organismo, é necessário que ocorra exposição. As quatro principais formas de exposição ou vias de entrada dos compostos no corpo humano são por inalação, absorção (através da pele e dos olhos), ingestão e transferência de uma mulher grávida para o feto através da placenta (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2004).

Grande parte dos produtos químicos está presente no ambiente de trabalho na forma de poeiras, névoas, fumaças, gases e vapores. Portanto, mesmo os trabalhadores que não manuseiam diretamente os produtos químicos podem estar expostos a eles por meio do ar. Independente da rota de entrada, os produtos químicos podem atingir a corrente sanguínea, onde ocorre a distribuição por todo o corpo, possibilitando o aparecimento de danos em órgãos diversos do organismo (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2004).

Os danos provocados pelas substâncias químicas à saúde dependem da toxicidade e da exposição. Enquanto a toxicidade é uma propriedade do agente químico e representa sua capacidade de provocar danos biológicos, a exposição varia de acordo com a forma como o produto é usado e sua dose, que é função da concentração e do tempo de exposição ao agente químico (ENGLUND et al., 1999; INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2004).

Os produtos podem provocar efeitos agudos e/ou crônicos. Enquanto o efeito agudo manifesta-se imediatamente, após uma curta exposição, o efeito crônico requer exposição repetida e os danos à saúde podem demorar a aparecer. As lesões provocadas por exposição a substâncias de efeito agudo ou crônico podem ser temporárias ou permanentes (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2004).

Os efeitos provocados ainda podem ser definidos como efeitos locais, quando a ação danosa ocorre no local de entrada no organismo, ou efeitos sistêmicos, quando a substância perigosa é distribuída na corrente sanguínea e sua ação é observada em outro órgão (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2004).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE ESTUDO

O estudo de caso foi delineado de acordo com o funcionamento de uma indústria de grande porte do setor de beneficiamento de rochas ornamentais, localizada no interior do estado do Espírito Santo (Brasil).

3.2 MAPEAMENTO DO PROCESSO

Primeiramente, o beneficiamento de rochas ornamentais foi mapeado e todas as etapas, dos beneficiamentos primário e secundário e da marmoraria, desde a chegada do bloco no pátio da empresa até a saída do produto final, foram englobadas.

No beneficiamento primário, realiza-se a serragem ou o desdobramento dos blocos para produção das chapas de rochas ornamentais. Assim que o bloco chega ao pátio de blocos, são feitas a conferência e a anotação no sistema (**recebimento**) e, então, a **estocagem**. Anteriormente ao corte, é feita a **lavagem** do bloco com detergentes ácidos, genericamente denominados Limpa Bloco. Quando se trata de material frágil ou muito fraturado, normalmente o bloco dito exótico, também é realizado seu **envelopamento** com uma mistura de resina epóxi, cargas minerais (talco e dolomita) e manta de fibra de vidro. Em seguida, ocorre a **serragem** e o bloco é convertido em chapas brutas.

No beneficiamento secundário, as chapas brutas são transformadas em chapas beneficiadas por uma série de procedimentos. Quando o material apresenta manchas amarelas ou alaranjadas de oxidação, é realizado o **tratamento para remoção de oxidação** com soluções aquosas ácidas. Em seguida, quando se trata de material frágil, o ganho de resistência é conferido pela etapa de **telagem**, em que se faz uso de resina epóxi e tela de fibra de vidro. No caso de materiais oxidados muito frágeis, a telagem pode ser inclusive realizada antes do tratamento para remoção de oxidação. Caso o material esteja muito fraturado, resina epóxi pode ser ainda utilizada para cobrir as fraturas da chapa no processo de **estruturação**.

Em seguida, a rugosidade e as imperfeições provenientes da serrada são eliminadas no **levigamento**. Quando se deseja intensificar o brilho e/ou a cor do

material ou ainda impermeabilizar, a chapa passa pelo processo de **resinagem**, em que, após passagem em um forno para desidratação, efetua-se a aplicação de resina epóxi na face beneficiada do material. Para uniformizar a resina, quando aplicada, e conferir brilho ao material, o **polimento** e o **lustro** são realizados.

Quando se deseja proteger o material que não foi resinado, pode ser realizada a **impermeabilização** com ceras ou outros tipos de impermeabilizantes ao final do beneficiamento secundário. O **controle de qualidade** é executado para aferir o padrão das chapas. Nesta etapa, pequenos reparos podem ser realizados, como polimento com lixadeira ou reaplicação de impermeabilizante em regiões específicas do material.

Caso seja necessária a realização de cortes especiais, as peças sob encomenda são produzidas na marmoraria.

As chapas beneficiadas passam por processos de **corte**, **acabamento** (em que podem ser utilizadas ceras para impermeabilização das superfícies) e **montagem ou colagem** (com colas específicas para este tipo de processo) para resultar no produto final, que passa novamente pelo **controle de qualidade**.

A cadeia produtiva das rochas ornamentais finaliza-se com a **embalagem**, **estocagem** e **venda**, tanto das chapas beneficiadas quanto dos produtos da marmoraria, nos mercados nacional e internacional.

Toda a água utilizada passa por tratamento de efluente e recirculação ao processo. A título deste trabalho, esta etapa não será contemplada, apenas o beneficiamento propriamente dito.

Para determinação dos riscos químicos, foram especificadas as fases nas quais os trabalhadores estavam expostos a agentes químicos em geral, tanto produtos químicos quanto poeiras minerais geradas no processamento das rochas. Para melhor compreensão, as etapas e as medidas de controle já adotadas no empreendimento, referentes aos riscos químicos, foram descritas sucintamente.

A Figura 8 exemplifica algumas etapas do processo em que os trabalhadores são expostos aos agentes químicos (produtos químicos e poeiras minerais).



Figura 8: Exposição dos trabalhadores a alguns riscos químicos (produtos químicos e poeiras minerais) presentes no beneficiamento de rochas ornamentais.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS QUÍMICOS

Todos os produtos químicos utilizados no beneficiamento de rochas ornamentais foram listados e as Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) foram coletadas junto ao Departamento de Segurança do Trabalho.

De acordo com a FISPQ, foram determinadas propriedades físico-químicas das formulações, como estado físico, cor, odor, pH, ponto de ebulição e ponto de fulgor. Além disso, foram estabelecidas quantidades aproximadas de agentes químicos utilizadas em cada etapa do beneficiamento de rochas ornamentais.

Conforme informações existentes em cada FISPQ sobre a composição química das formulações, para cada substância química citada, estipularam-se ainda: (1) frases de perigo (frases H), de acordo com o sistema GHS, disponíveis no sítio eletrônico da Agência Europeia de Substâncias Químicas (ECHA, *European Chemicals Agency*), sob consulta do número de registro CAS; (2) ponto de ebulição (PE) de cada substância (especialmente, líquidos), também encontrado no site da ECHA; (3) anotações e limites de exposição ocupacional tanto da NR-15 quanto do livreto da ACGIH (BRASIL, 2019a; AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 2021; EUROPEAN CHEMICALS AGENCY, 2022).

3.4 AVALIAÇÃO QUALITATIVA OU PRELIMINAR DE RISCOS QUÍMICOS

O gerenciamento qualitativo para determinação de riscos químicos foi fundamentado na ferramenta *International Chemical Control Toolkit* (ICCT), disseminada pela Organização Internacional do Trabalho (OIT) e traduzida pela Fundação Jorge Duprat e Figueiredo (Fundacentro), em 2012 (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2006; RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

3.4.1 Etapa 1: Alocação do perigo

Conforme os princípios da metodologia ICCT, os agentes químicos podem ser alocados em cinco categorias principais (A, B, C, D e E), que abrangem os produtos que podem causar danos à saúde por inalação ou ingestão. Existe ainda um grupo

especial (S), no qual são classificadas as substâncias químicas que podem causar danos em contato com a pele ou com os olhos (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2006; RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

É importante mencionar que, entre as categorias A – E, há uma ordem crescente de perigo, em que uma substância do grupo E apresenta maior potencial de provocar danos à saúde que uma substância do grupo A (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2006; RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

Neste trabalho, a classificação dos produtos químicos quanto ao perigo foi realizada de acordo com as frases H do sistema GHS, conforme procedimento apresentado na Tabela 5.

Tabela 5: Alocação do perigo de acordo com o sistema GHS

Frases GHS	
	H303, H313, H333 Toxicidade aguda, qualquer rota, classe 5.
A	H315, H316 Irritação à pele, classe 2 ou 3.
	H319, H320 Irritação ocular, classe 2.
	Todas as poeiras e os vapores não alocados nos grupos B-E.
B	H302, H312, H332 Toxicidade aguda, qualquer rota, classe 4.
	H371 Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição única, qualquer rota, classe 2.
	H301, H311, H331 Toxicidade aguda, qualquer rota, classe 3.
C	H370 Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição única, qualquer rota, classe 1.
	H314 Corrosão, subclasse 1A, 1B ou 1C.
	H318 Lesões oculares graves, classe 1.
	H317 Sensibilização à pele.
	H373 Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição repetida, qualquer rota, classe 2.
D	H300, H310, H330 Toxicidade aguda, qualquer rota, classe 1 ou 2.
	H351 Carcinogenicidade, classe 2.
	H372 Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição repetida, qualquer rota, classe 1.
	H360, H361 Toxicidade à reprodução, classe 1 ou 2.
	H340, H341 Mutagenicidade, classe 1 ou 2.
E	H350 Carcinogenicidade, classe 1.
	H334 Sensibilização respiratória.
S	H310, H311, H312 Toxicidade aguda – dérmica, classe 1, 2, 3 ou 4.
	H370, H371 Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição única, dérmica, classe 1 ou 2.
	H314 Corrosão, subclasse 1A, 1B ou 1C.
	H315 Irritação à pele, classe 2.
	H318, H319, H320 Lesões oculares graves/ irritação ocular, classe 1 ou 2.
	H317 Sensibilização à pele.
	H372, H373 Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição repetida, dérmica, classe 1 ou 2.
Fonte: INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2006; RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017; UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021.	

Para a identificação do perigo, ainda levou-se em consideração o comparativo entre a concentração de cada substância química na mistura e os valores de corte para cada classe de perigo determinados pelo sistema GHS (Tabela 4). Por outro

lado, a título deste estudo de caso, não foram considerados os efeitos sinérgicos ou antagônicos entre os agentes químicos de cada mistura para avaliação preliminar dos riscos.

3.4.2 Etapa 2: Determinação da quantidade utilizada

Para avaliação do risco, é necessário definir a quantidade diária de agente químico presente em cada uma das etapas do processo de beneficiamento de rochas ornamentais, já que este fator influencia diretamente na exposição ao perigo (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2006; RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

A quantidade de agente químico foi dividida em pequena, média e grande, como mostrado na Tabela 6.

Tabela 6: Quantidade de produto utilizada em cada processo diariamente

Quantidade	Sólidos	Líquidos
Pequena	< 1 kg	< 1 litro
Média	1 – 1000 kg	1 – 1000 litros
Grande	> 1000 kg	> 1000 litros

Fonte: INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2006; RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012.

3.4.3 Etapa 3: Propagação no ambiente

A propagação de uma substância química representa sua capacidade de dispersão pelo ambiente e pode ser determinada pela volatilidade de um líquido ou pelo grau de empoeiramento de um sólido. A propagação está associada ao estado físico e relaciona-se com a exposição a um agente químico perigoso e, consequentemente, com a possibilidade de provocar danos (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2006; RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

A classificação dos agentes químicos quanto à propagação na atmosfera, para trabalhos em temperatura ambiente, foi realizada de acordo com o exposto na Tabela 7.

Tabela 7: Propagação de produto químico no ambiente

Propagação	Sólidos (Empoeiramento)	Líquidos (Volatilidade)
Pequena	Escamas grandes ou grânulos grossos	Ponto de ebulição: > 150°C
Média	Sólidos granulares e cristalinos	Ponto de ebulição: 50°C - 150°C
Grande	Poeiras finas e leves	Ponto de ebulição: < 50°C

Fonte: INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2006; RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012.

3.4.4 Etapa 4: Determinação do risco

O risco químico resultante de cada fase do beneficiamento foi determinado a partir dos dados de alocação de perigo, quantidade de agente e propagação no ambiente (etapas 1, 2 e 3 da metodologia, respectivamente), conforme exibido na Tabela 8.

Tabela 8: Determinação do risco químico

Quantidade	Propagação pequena	Volatilidade média	Empoeiramento médio	Propagação grande
Grupo A				
Pequena	1	1	1	1
Média	1	1	1	2
Grande	1	1	2	2
Grupo B				
Pequena	1	1	1	1
Média	1	2	2	2
Grande	1	2	3	3
Grupo C				
Pequena	1	2	1	2
Média	2	3	3	3
Grande	2	4	4	4
Grupo D				
Pequena	2	3	2	3
Média	3	4	4	4
Grande	3	4	4	4
Grupo E				
Pequena	4	4	4	4
Média	4	4	4	4
Grande	4	4	4	4

Fonte: INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2006; RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012.

O risco químico foi classificado em quatro diferentes categorias (1, 2, 3 e 4), em ordem crescente de probabilidade de causar danos e gravidade dos danos causados. Desta forma, os agentes químicos causariam maior risco à saúde e as

medidas de controle adotadas tenderiam a ser mais rígidas quanto maior o número da classificação do produto químico (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2006; RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

3.4.5 Etapa 5: Determinação das medidas de controle

Ao final da análise de riscos químicos, medidas de controle e prevenção foram propostas. Métodos específicos foram sugeridos para cada etapa do processo de acordo com o grau do risco químico determinado (1, 2, 3 e 4). As medidas de controle específicas que podem ser adotadas no local de trabalho para prevenir ou minimizar a exposição aos agentes químicos são apresentadas resumidamente na Tabela 9 (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2006; RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

Métodos gerais de controle também foram indicados, em conformidade com as sugestões da própria metodologia ICCT, as frases de precaução do sistema GHS e as Normas Regulamentadoras brasileiras.

Tabela 9: Medidas de controle para cada grau de risco

Medida de Controle	
1	Ventilação Geral: Medidas básicas de ventilação geral e boas práticas de trabalho
2	Controle de Engenharia: Sistemas típicos de ventilação local exaustora
3	Enclausuramento: Restringir a utilização de substâncias perigosas ou enclausurar o processo
4	Especial: Necessária assessoria especializada para definir as medidas a serem tomadas
Fonte: INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2006; RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012.	

Finalmente, a Figura 9 apresenta um fluxograma com uma síntese da metodologia aplicada para desenvolvimento do presente trabalho.

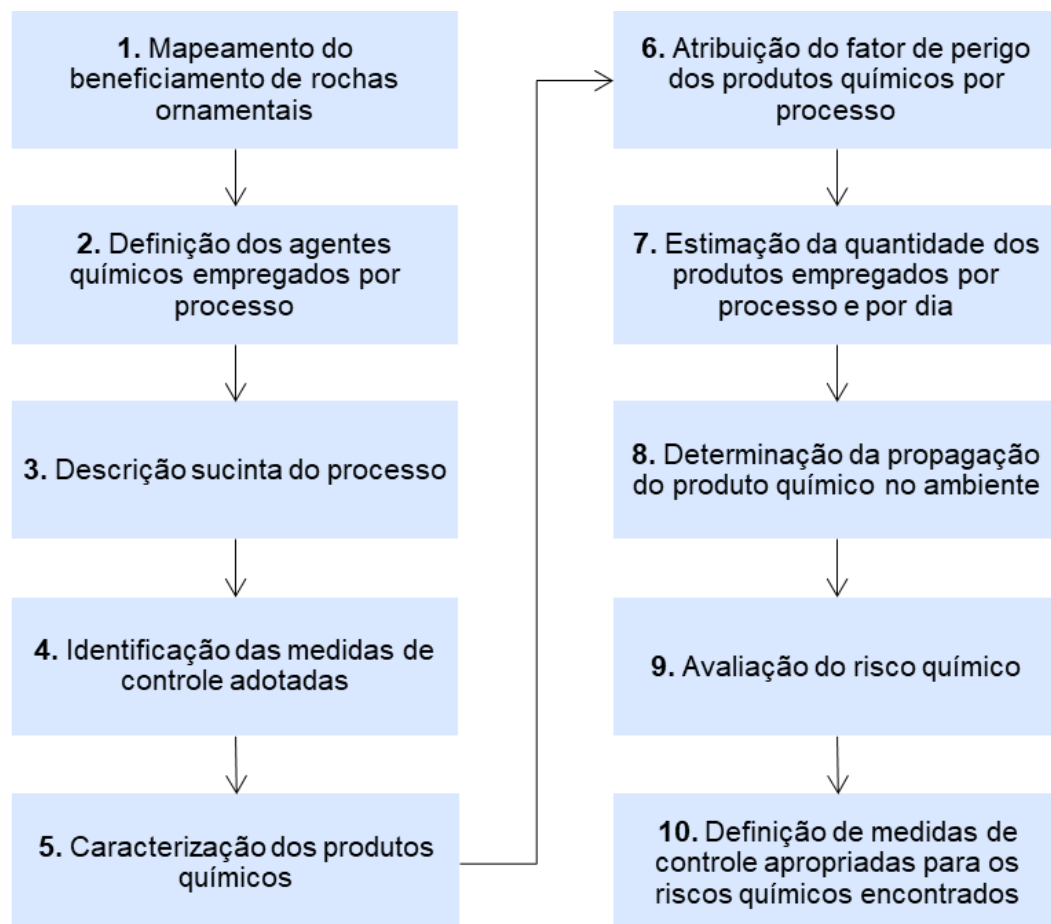


Figura 9: Fluxograma do método de avaliação qualitativa ou preliminar de riscos químicos

Fonte: Adaptado de RIBEIRO, 2021.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 O BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS E O EMPREGO DE PRODUTOS QUÍMICOS

A Figura 10 apresenta o fluxograma do processo de beneficiamento de rochas ornamentais, dividido em três fases distintas: beneficiamento primário, beneficiamento secundário e marmoraria, conforme as etapas descritas no item 3.2 MAPEAMENTO DO PROCESSO.

As etapas em verde indicam a utilização de produtos químicos e as etapas em vermelho apontam os processos de corte e desbaste de pedra, em que são geradas as poeiras minerais, que também representam risco químico à saúde e à segurança do trabalho. As demais etapas são apresentadas em azul. Especificamente na etapa de controle de qualidade, tanto no beneficiamento secundário quanto na marmoraria, pequenos reparos podem ser demandados, como polimento (geração de poeiras minerais) e reaplicação de impermeabilizantes para dar acabamento às chapas ou às peças.

4.2 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

LAVAGEM DE BLOCOS: O produto (Limpa Bloco) é derramado em um recipiente e, com o auxílio de um rolo de pintura, é espalhado por todo o bloco. Após aplicação completa, o produto é removido com água pressurizada para limpeza efetiva da superfície. De modo geral, os agentes químicos da lavagem de blocos são utilizados em pequena quantidade por dia.

ENVELOPAMENTO DE BLOCOS: Prepara-se uma mistura de resina epóxi e endurecedor, à qual, em seguida, são adicionadas as cargas minerais (talco e dolomita). O bloco é revestido com camadas da mistura pronta (aplicada com o auxílio de uma desempenadeira) e de mantas de fibra de vidro para aumentar sua resistência ao corte. Quando o envelopamento de blocos é realizado, os agentes químicos são utilizados em média quantidade, devido ao material necessário para cobrir um único bloco. Entretanto, a etapa não é realizada diariamente.

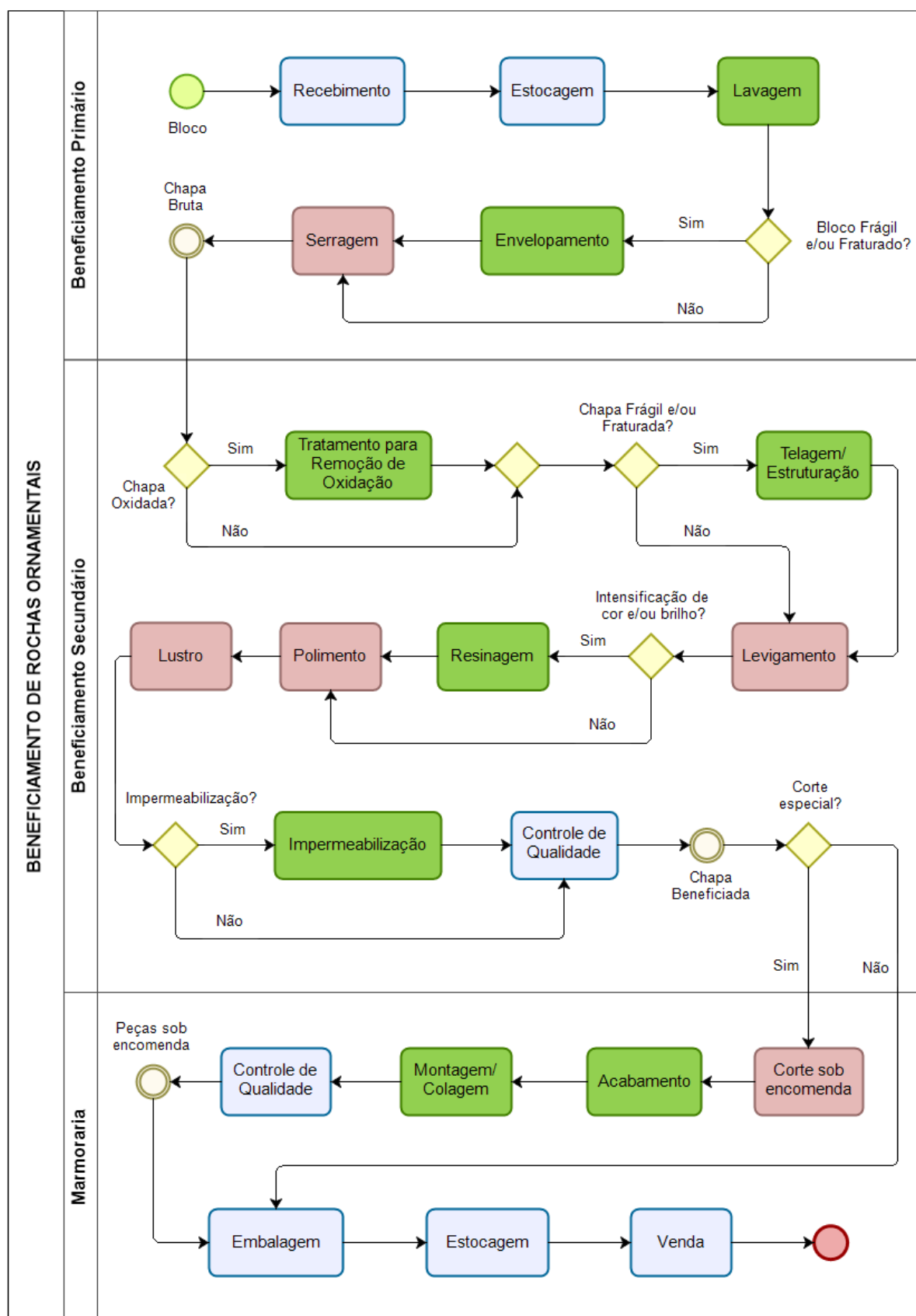


Figura 10: Fluxograma do processo de beneficiamento de rochas ornamentais
Legenda: VERDE. Utilização de produtos químicos; VERMELHO. Geração de poeiras minerais; AZUL. Demais etapas.

TRATAMENTO PARA REMOÇÃO DE OXIDAÇÃO DE CHAPAS: O produto (Removedor de Oxidação) é derramado em um recipiente e, com o auxílio de um rolo de pintura, é espalhado por toda a chapa (deitada ou em pé, a depender do nível da oxidação do material a ser tratado). Após o tempo de ação (que pode variar de algumas horas a alguns dias), as chapas são lavadas com água pressurizada para remoção completa do produto. No tratamento, os agentes químicos são aplicados em quantidade pequena a média por dia.

TELAGEM, ESTRUTURAÇÃO E RESINAGEM DAS CHAPAS: Prepara-se uma mistura de resina epóxi e endurecedor. Primeiro, as chapas passam por um forno para desidratação. Na telagem, a mistura é aplicada na parte de trás das chapas (com auxílio de um rolo de pintura) para fixação da tela de fibra de vidro. Na estruturação, a mistura pode ser aplicada na parte da frente das chapas para cobrir as fraturas do material. E, por fim, na resinagem, a resina é aplicada na parte da frente das chapas para intensificar a cor e/ou o brilho e ainda impermeabilizar o material. Em todos os casos, é necessário aguardar o tempo de cura da resina para dar continuidade ao processo. As etapas em que há uso de resina epóxi são desempenhadas na mesma linha de produção e os colaboradores são expostos a uma quantidade diária média dos agentes químicos.

IMPERMEABILIZAÇÃO, ACABAMENTO E CONTROLE DE QUALIDADE: O produto (cera) é aplicado para impermeabilizar e dar acabamento às chapas ou às peças. O excesso é removido. Na impermeabilização, os agentes químicos são aplicados em quantidade média por dia, enquanto no acabamento e no controle de qualidade, a quantidade é pequena.

MONTAGEM/ COLAGEM: Uma mistura de massa plástica e catalisador para massa plástica é preparada e, em seguida, é utilizada para montagem e colagem das peças produzidas. É necessário aguardar o tempo de cura para finalizar o processo. Como se trata de procedimento sob encomenda, os agentes químicos da colagem são empregados em pequena quantidade por dia.

SERRAGEM/ LEVIGAMENTO/ POLIMENTO/ LUSTRO/ CORTE: As etapas de corte e desbaste da superfície geram poeiras minerais e também devem ser levadas em consideração na avaliação de riscos químicos. Os processos são efetuados em maquinários automáticos ou semiautomáticos específicos, a úmido. A serragem é feita em tear multifio diamantado e o corte é conduzido em uma cortadeira. O levigamento, o polimento e o lustro são realizados na mesma linha de

produção em uma polideira e, portanto, devem ser analisados em conjunto. Exceto o corte, as demais etapas do processo são responsáveis diariamente por uma geração grande de resíduos minerais. O corte responde por uma quantidade média. Como as etapas são realizadas a úmido, a quantidade propagada de poeira é pequena.

CONTROLE DE QUALIDADE: Tanto no beneficiamento secundário quanto na marmoraria, pode ser necessário que o inspetor de qualidade refaça pequenos trabalhos de polimento, além da já citada reaplicação de impermeabilizante. Neste processo especificamente, o polimento é feito a seco e manualmente com o auxílio de uma lixadeira. A quantidade de poeira gerada diariamente pode ser classificada como pequena. Entretanto, sua dispersão no ambiente é grande.

4.3 DESCRIÇÃO DAS MEDIDAS DE CONTROLE DOS RISCOS QUÍMICOS

O armazenamento dos produtos químicos é feito em almoxarifado compartilhado com os demais insumos da indústria. O piso não é impermeabilizado e não há projeto de contenção em caso de ocorrência de vazamentos. A ventilação e a iluminação do galpão são insuficientes e não há cuidados especiais na estocagem de produtos químicos perigosos, como corrosivos ou inflamáveis.

Quanto à disposição, a lama do beneficiamento de rochas ornamentais (LBRO) é destinada para aterros específicos e o efluente passa por uma estação própria de tratamento e é recirculado ao processo. Os resíduos de produtos químicos perigosos são coletados por uma empresa idônea de tratamento de resíduos.

Durante o uso de produtos químicos, os colaboradores devem utilizar equipamentos de proteção individual, como luva nitrílica para proteção química, respirador semifacial com cartucho para vapores e gases ácidos e botina de couro. Na etapa de polimento a seco, o trabalhador deve utilizar respirador semifacial com cartucho para poeiras.

O acesso à área industrial é restrito com ressalvas, uma vez que não há fiscalização quanto à entrada de pessoas. Quanto à higienização, a limpeza é realizada periodicamente, mas não com a frequência adequada, visto que há acúmulo de poeiras, tanto no almoxarifado quanto na indústria. É proibido comer, beber ou fumar na área industrial e, para tanto, há refeitório específico para descanso e realização de refeições.

Com relação à sinalização existente, não há nenhuma específica para presença de produtos químicos perigosos ou para geração de poeiras minerais na área industrial. A maioria dos produtos químicos apresenta rotulagem preventiva. Entretanto, ocorrem situações em que as formulações são mudadas de recipiente e o mesmo não é adequadamente rotulado.

Periodicamente, os funcionários passam por monitoramento médico e treinamento para manuseio seguro de produtos químicos. Além disso, em tempos regulares, medições para avaliação quantitativa da exposição ocupacional aos principais agentes químicos são realizadas.

Como medida de resposta à emergência, a empresa dispõe de material necessário para os primeiros socorros e de uma lista de contatos a serem acionados em situações de acidente. A fábrica ainda conta com sistema de proteção contra incêndios em todos os setores.

Como medida de controle de geração de poeiras, as etapas de corte e desbaste das rochas ornamentais são conduzidas a úmido. Por fim, de modo geral, a indústria não apresenta barreiras físicas para separação dos setores, o piso não é à prova de vazamentos e não há sistema de ventilação local exaustora.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS QUÍMICOS DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

No total, foram encontradas 13 (treze) formulações químicas atualmente empregadas no beneficiamento de rochas ornamentais. Neste trabalho, os produtos químicos serão descritos por meio de números, sem divulgação de nomes e de fornecedores, e as substâncias pelo respectivo número do produto acompanhado das letras do alfabeto, a fim de não publicar informações confidenciais do empreendimento.

O **Produto 1** e o **Produto 2**, genericamente denominados Limpa Bloco, são utilizados na lavagem de blocos. Enquanto o **Produto 1** é aplicado em quartzitos e granitos, o **Produto 2** é empregado especificamente em mármore. Ambos são soluções aquosas ácidas, de pH inferior a 2, e, normalmente, são armazenados em embalagens de 20 ou 50 litros. Informações a respeito da composição química, com classificação de perigo e notações da NR-15 e da ACGIH, são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10: Composição química dos Produtos 1 e 2

Composição	Teor (%)	PE (°C)	Classificação de Perigo (Frases H)
1.A	0 – 5%	189°C	H302 Nocivo se ingerido H314 Provoca queimadura severa à pele e dano aos olhos H412 Nocivo para os organismos aquáticos, com efeitos prolongados
1.B	0 – 1%	290°C	Não classificado como perigoso no teor do Produto 1.
2.A	0 – 5%	295°C	H302 Nocivo se ingerido H315 Provoca irritação à pele H319 Provoca irritação ocular grave H411 Tóxico para os organismos aquáticos, com efeitos prolongados
2.B	0 – 5%	-85°C	Não classificado como perigoso no teor do Produto 2.
NR-15	1.B Insalubridade grau médio (anexo 13). 2.B LT: 4 ppm ou 5,5 mg/m ³ (até 48 h semanais). Insalubridade grau máximo no caso de caracterização (anexo 11).		
ACGIH	1.B TLV-TWA: 0,2 mg/m ³ . Carcinogênico humano suspeito. Função pulmonar 2.B TLV-STEL: C 2 ppm. Não classificável como carcinogênico humano. Irritação do trato respiratório superior.		

Fonte: BRASIL, 2019a; AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 2021; EUROPEAN CHEMICALS AGENCY, 2022.

O **Produto 3** e o **Produto 4**, referem-se, respectivamente, ao talco e à dolomita (Tabela 11) utilizados na etapa de envelopamento de blocos e são pós finos e leves estocados em sacos de 25 kg. O **Produto 5** e o **Produto 6**, são, nesta ordem, a resina epóxi e o endurecedor para resina epóxi (Tabela 12), utilizados no envelopamento de blocos e na telagem, estruturação e resinagem de chapas. A resina epóxi é um líquido não muito viscoso e o endurecedor é um líquido amarelo claro, insolúvel em água, de ponto de ebulição maior que 200°C, ponto de fulgor maior que 100°C e densidade relativa entre 1,10 – 1,15 g/mL. Os dois são adquiridos em containers de 1000 litros.

Tabela 11: Composição química dos Produtos 3 e 4

Composição	Teor (%)	PE (°C)	Classificação de Perigo (Frases H)
3.A	> 97,5%	-	Não classificado como perigoso.
3.B	< 2,5%	-	Não classificado como perigoso.
3.C	< 2,5%	-	Não classificado como perigoso.
3.D	< 2,5%	-	Não classificado como perigoso.
4.A	100%	-	Não classificado como perigoso.
ACGIH	3.A TLV-TWA: 2 mg/m ³ . Não classificável como carcinogênico humano. Fibrose pulmonar. Função pulmonar.		

Fonte: AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 2021; EUROPEAN CHEMICALS AGENCY, 2022.

Tabela 12: Composição química dos Produtos 5 e 6

Composição	Teor (%)	PE (°C)	Classificação de Perigo (Frases H)
5.A	70 – 80%	-	H315 Provoca irritação à pele H317 Pode provocar reações alérgicas na pele H319 Provoca irritação ocular grave
5.B	10 – 13%	-	H315 Provoca irritação à pele H317 Pode provocar reações alérgicas na pele
5.C	5 – 7%	-	H315 Provoca irritação à pele H317 Pode provocar reações alérgicas na pele H319 Provoca irritação ocular grave H411 Tóxico para os organismos aquáticos, com efeitos prolongados
5.D	5 – 7%	205 °C	H302 Nocivo se ingerido H332 Nocivo se inalado
5.E	5 – 7%	-	H315 Provoca irritação à pele H317 Pode provocar reações alérgicas na pele H319 Provoca irritação ocular grave H412 Nocivo para os organismos aquáticos, com efeitos prolongados
6.A	70 – 80%	253 °C	H302 Nocivo se ingerido H314 Provoca queimadura severa à pele e dano aos olhos H317 Pode provocar reações alérgicas na pele H412 Nocivo para os organismos aquáticos, com efeitos prolongados
6.B	20 – 25%	205 °C	H302 Nocivo se ingerido H332 Nocivo se inalado
6.C	1 – 3%	230 °C	H302 Nocivo se ingerido H314 Provoca queimadura severa à pele e dano aos olhos

Fonte: EUROPEAN CHEMICALS AGENCY, 2022.

Para tratamento e remoção da oxidação dos materiais, são empregados 4 (quatro) diferentes produtos químicos (Tabela 13). O **Produto 7** e o **Produto 8** são removedores de oxidação para quartzitos e granitos, pronto para uso e concentrado, respectivamente. Os dois são soluções aquosas ácidas (estado físico líquido), de pH inferior a 2. Para a remoção de oxidação de mármore, são utilizados juntamente e, nesta ordem, o **Produto 9** e o **Produto 10**. Enquanto o primeiro se trata de uma solução aquosa de pH entre 4 e 5, o segundo, que também é uma solução aquosa, possui pH inferior a 2. Em geral, são armazenados em embalagens de 20 ou 50 litros.

O **Produto 11** (Tabela 14) é uma cera para impermeabilização de superfícies rochosas e é aplicada na impermeabilização de chapas e no acabamento de peças cortadas sob encomenda. Refere-se a um líquido incolor inflamável, solúvel em solventes orgânicos, de ponto de ebulição inicial maior que 35°C e densidade relativa de 0,95 g/mL. É armazenado em recipientes de 1 litro.

Tabela 13: Composição química dos Produtos 7, 8, 9 e 10

Tabela 13. Composição química dos Produtos 7, 8, 9 e 10			
Composição	Teor (%)	PE (°C)	Classificação de Perigo (Frases H)
7.A	5 – 10%	-	H302 Nocivo se ingerido H312 Nocivo em contato com a pele
8.A	5 – 10%	-	H302 Nocivo se ingerido H312 Nocivo em contato com a pele
8.B	20 – 30%	296 °C	H314 Provoca queimadura severa à pele e dano aos olhos
9.A	10 – 25%	208 °C	H301 Tóxico se ingerido H311 Tóxico em contato com a pele H314 Provoca queimadura severa à pele e dano aos olhos H331 Tóxico se inalado
10.A	15 – 25%	-	H319 Provoca irritação ocular grave
NR-15	7.A/ 8.A/ 8.B Insalubridade grau médio (anexo 13).		
ACGIH	7.A/ 8.A TLV-TWA: 1 mg/m³. TLV-STEL: 2 mg/m³. Irritação de olhos, pele e trato respiratório superior. 8.B TLV-TWA: 1 mg/m³. TLV-STEL: 3 mg/m³. Irritação de olhos, pele e trato respiratório superior.		
Fonte: BRASIL, 2019a; AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 2021; EUROPEAN CHEMICALS AGENCY, 2022.			

Tabela 14: Composição química do Produto 11

Tabela 14: Composição química do Produto 11			
Composição	Teor (%)	PE (°C)	Classificação de Perigo (Frases H)
11.A	20 – 30%	77 °C	H225 Líquido e vapores altamente inflamáveis H319 Provoca irritação ocular grave H336 Pode provocar sonolência ou vertigem
11.B	10 – 20%	-	H304 Pode ser fatal se ingerido e penetrar nas vias respiratórias H340 Pode provocar defeitos genéticos H350 Pode provocar câncer
11.C	1 – 3,5%	126 °C	H226 Líquido e vapores inflamáveis H336 Pode provocar sonolência ou vertigem
11.D	0,2 – 0,3%	-	H360d Pode prejudicar a fertilidade ou o feto
11.E	0,1 – 0,2%	65 °C	Não classificado como perigoso no teor presente no Produto 10.
NR-15	11.A LT: 310 ppm ou 1090 mg/m³ (até 48 h semanais). Insalubridade grau mínimo no caso de caracterização (anexo 11).		
	11.B Insalubridade grau máximo (anexo 13).		
ACGIH	11.E LT: 156 ppm ou 200 mg/m³ (até 48 h semanais). Insalubridade grau máximo no caso de caracterização (anexo 11).		
	11.A TLV-TWA: 400 ppm. Irritação de olhos e trato respiratório superior		
	11.C TLV-TWA: 50 ppm. TLV-STEL: 150 ppm. Irritação de olhos e trato respiratório superior		
	11.E TLV-TWA: 200 ppm. TLV-STEL: 250 ppm. Perigo de absorção cutânea. Dor de cabeça, dano aos olhos, tontura e náusea. BEI: 15 mg/L. Determinante: metanol na urina. Horário de coleta: final da jornada.		
Fonte: BRASIL, 2019a; AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 2021; EUROPEAN CHEMICALS AGENCY, 2022.			

O **Produto 12** e o **Produto 13** (Tabela 15) são, nesta ordem, a cola plástica e o catalisador para a cola plástica, aplicados na etapa de montagem e colagem das

peças produzidas sob medida. O Produto 12 é uma pasta branca inflamável, armazenada em recipiente de até 1 kg, insolúvel em água e solúvel em solventes orgânicos, de ponto de fulgor superior a 32°C e densidade relativa entre 1,78 e 1,88 g/mL. Já o Produto 13 é um líquido, também inflamável, levemente ácido, estocado em embalagem de até 14 g, parcialmente solúvel em água, com ponto de fulgor menor que 10°C e densidade relativa entre 1,1 e 1,2 g/mL.

Tabela 15: Composição química dos Produtos 12 e 13

Composição	Teor (%)	PE (°C)	Classificação de Perigo (Frases H)
12.A	13 – 18%	145 °C	H226 Líquido e vapores inflamáveis H315 Provoca irritação à pele H319 Provoca irritação ocular grave H332 Nocivo se inalado H361d Suspeita-se que prejudique a fertilidade ou o feto H372 Provoca danos aos órgãos por exposição repetida ou prolongada
12.B	< 0,05%	185 °C	Não classificado como perigoso no teor presente no Produto 11.
13.A	20 – 40%	-	H242 Pode incendiar sob ação do calor H302 Nocivo se ingerido H314 Provoca queimadura severa à pele e dano aos olhos
13.B	50 – 70%	283 °C	Não classificado como perigoso.
13.C	1 – 21%	80 °C	H225 Líquido e vapores altamente inflamáveis H319 Provoca irritação ocular grave H336 Pode provocar sonolência ou vertigem
NR-15	12.A LT: 78 ppm ou 328 mg/m ³ (até 48 h semanais). Insalubridade grau médio no caso de caracterização (anexo 11). 12.B Insalubridade grau médio (anexo 13). 13.C LT: 155 ppm ou 460 mg/m ³ (até 48 h semanais). Insalubridade grau médio no caso de caracterização (anexo 11).		
ACGIH	12.A TLV-TWA: 10 ppm. TLV-STEL: 20 ppm. Carcinogênico animal confirmado com relevância desconhecida para seres humanos. Distúrbios auditivos (ototóxico). Comprometimento do sistema nervoso central e da audição, irritação do trato respiratório superior, neuropatia periférica e distúrbios visuais. BEI: 400 mg/g creatinina. Determinante: ácido mandélico + ácido fenilglicólico na urina. Ou 40 µg/L. Determinante: estireno na urina. Horário de coleta: final da jornada. 12.B TLV-TWA: 5 ppm. TLV-STEL: 10 ppm. Não classificável como carcinogênico humano. Perigo de absorção cutânea. Indutor de metahemoglobina. BEI: 5% da hemoglobina. Determinante: metahemoglobina no sangue. Horário de coleta: durante ou final da jornada. 13.A TLV-STEL: C 0,2 ppm. Irritação olhos e pele, dano ao fígado e aos rins. 13.B TLV-TWA: 5 mg/m ³ . Irritação de olhos e trato respiratório superior. 13.C TLV-TWA: 200 ppm. TLV-STEL: 300 ppm. Comprometimento do sistema nervoso central e periférico e irritação do trato respiratório superior. BEI: 2 mg/L. Determinante: metilacetona na urina. Horário de coleta: final da jornada.		

Fonte: BRASIL, 2019a; AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 2021; EUROPEAN CHEMICALS AGENCY, 2022.

Além da utilização de produtos químicos, há ainda que se dar atenção à geração de poeiras minerais, que incluem, por exemplo, a presença de sílica. A sílica (SiO_2) está presente na grande maioria das rochas ornamentais e é o agente causador da silicose, doença que provoca o endurecimento dos pulmões e complicações na respiração. A silicose não tem cura e pode levar até à morte. Sua manifestação é influenciada pela quantidade de poeira gerada no ambiente de trabalho e pelo tempo de exposição do trabalhador. O acúmulo da sílica nos pulmões é resultado da exposição não controlada a pequenas partículas, denominadas de poeira respirável, cuja principal via de entrada no organismo é a inalação (KULCSAR NETO et al., 2010).

De acordo com as informações disponibilizadas pela ECHA (Tabela 16), entre as diferentes classificações de perigo, a sílica (quartzo) pode ser classificada na categoria H373: Pode provocar danos aos órgãos (pulmão) por exposição repetida ou prolongada (inalação).

Tabela 16: Informações referentes à poeira de quartzo gerada no beneficiamento de rochas

Composição	Teor (%)	PE (°C)	Classificação de Perigo (Frases H)
SiO_2	50 – 70%	-	H373 Pode provocar danos aos órgãos por exposição repetida ou prolongada
NR-15	LT: 4 mg/m ³ (valor máximo, anexo 12).		
ACGIH	TLV-TWA: 0,025 mg/m ³ . Carcinogênico humano suspeito. Fibrose pulmonar. Câncer de pulmão.		

Fonte: BRASIL, 2019a; AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 2021; EUROPEAN CHEMICALS AGENCY, 2022.

4.5 AVALIAÇÃO QUALITATIVA (PRELIMINAR) DE RISCOS QUÍMICOS

A avaliação preliminar dos riscos químicos em cada etapa do beneficiamento de rochas ornamentais foi determinada de acordo com a classificação de perigo dos produtos químicos, a quantidade utilizada diariamente e a propagação no ambiente, de acordo com os parâmetros do método ICCT. Os resultados estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17: Risco químico do beneficiamento de rochas ornamentais por processo de acordo com os produtos químicos aplicados

Processo	Fator de Perigo	Quantidade	Propagação	Risco
Lavagem de Blocos				
Produto 1	C/ S	Pequena	Pequena	1
Produto 2	B/ S	Pequena	Alta	
Envelopamento de Blocos:				
Resina Epóxi + Endurecedor	C/ S	Média	Pequena	2
Cargas Minerais	A	Média	Grande	
Tratamento de Remoção de Oxidação	C/S	Média	Pequena	2
Telagem, Estruturação e Resinagem	C/S	Média	Pequena	2
Impermeabilização	E/S	Média	Alta	4
Acabamento	E/S	Pequena	Alta	4
Corte/ Montagem	D/S	Pequena	Média	3
Controle de Qualidade	E/S	Pequena	Alta	4

Além disso, o risco químico das etapas geradoras de poeiras minerais, ou seja, em que há corte do material ou desbaste da superfície no beneficiamento de rochas ornamentais, é determinado na Tabela 18.

Tabela 18: Risco químico do beneficiamento de rochas ornamentais por processo de acordo com a geração de poeiras minerais

Processo	Fator de Perigo	Quantidade	Propagação	Risco
Serragem	C	Grande	Pequena	2
Levigamento, Polimento e Lustro	C	Grande	Pequena	2
Corte sob Medida	C	Média	Pequena	2
Controle de Qualidade	C	Pequena	Alta	2

As etapas realizadas a úmido são responsáveis por grande geração de resíduos. Entretanto, a água auxilia na redução do empoeiramento, o que faz com que a propagação no ambiente seja pequena. Já as etapas de corte a seco, há alto grau de propagação da poeira, mas sua utilização é limitada e o método é utilizado apenas quando há necessidade.

De acordo com a classificação de risco da avaliação preliminar, prioridade de controle e prevenção deve ser dada, nesta ordem, às etapas de: (1) impermeabilização; (2) acabamento; (3) colagem/ montagem; (4) cortes, em geral; (5) telagem, estruturação e resinagem; (6) tratamento de remoção de oxidação; (7) lavagem de blocos.

4.6 MÉTODOS DE CONTROLE ESPECÍFICOS

4.6.1 Grupo de Risco 1

LAVAGEM DE BLOCOS: Na etapa de lavagem de blocos, o acesso ao ar fresco deve ser irrestrito. Como o trabalho é realizado ao ar livre, no pátio de blocos da empresa, assegura-se o acesso ao ar fresco e a exigência do grupo de risco é cumprida. É necessário que seja feita revisão periódica e, caso a demanda de limpeza de blocos aumente, assim como a quantidade de agente químico aplicado, novas medidas de controle específicas podem ser necessárias (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

4.6.2 Grupo de Risco 2

ENVELOPAMENTO DE BLOCOS: O envelopamento de blocos também é realizado no pátio de blocos da empresa (ao ar livre). Apesar de ser alocado no segundo grupo de risco, devido à quantidade média de produto necessária para envelopar um único bloco, o procedimento não é realizado diariamente, visto que só é aplicado a materiais frágeis e fraturados. Além disso, neste caso, a instalação de um sistema de ventilação é complexa.

TRATAMENTO DE REMOÇÃO DE OXIDAÇÃO E TELAGEM, ESTRUTURAÇÃO E RESINAGEM: Como medida de controle de riscos dos processos de tratamento de remoção de oxidação, telagem, estruturação e resinagem, alocados no grupo de risco 2, um sistema de ventilação local exaustora deve ser instalado (SVLE) (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

Para evitar a dispersão de poeiras e vapores no ambiente de trabalho, o SVLE deve ser instalado o mais próximo possível da fonte de exposição, que deve preferencialmente estar isolada, e distante de portas e janelas. Ademais, a corrente de ar deve ser suficiente para capturar os agentes químicos dispersos no ar. O isolamento pode ser feito por barreiras físicas para separação dos setores da indústria. Desta forma, evita-se que os contaminantes químicos se dispersem ainda mais pelo ambiente de trabalho e provoquem danos à saúde dos funcionários (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

Os dutos de exaustão e descarga devem ser simples e pequenos, visto que a possibilidade de vazamentos é menor. Não deve ser feita recirculação do ar, devido à presença de contaminantes, o qual deve ser substituído por ar puro e liberado em lugar seguro, de modo que não afete os trabalhadores e a vizinhança do local. É essencial que o trabalhador não fique entre a fonte de contaminação e o sistema de exaustão para não inalar ar contaminado (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

O sistema de ventilação deve ser testado diariamente e revisado periodicamente para garantir seu bom funcionamento de modo que não ocorram defeitos e, conseqüentemente, não seja necessária a interrupção das tarefas (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

A mistura de produtos químicos, especialmente no caso da resina, deve ser realizada em misturador fechado para evitar a propagação dos agentes químicos. Além disso, pode-se verificar a possibilidade da redução do consumo dos removedores de oxidação e das resinas, como medida de controle de riscos (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

PROCESSOS DE CORTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS: Além do sistema de ventilação local exaustora e do isolamento, tanto quanto praticável, das fontes geradoras de poeiras minerais, a NR-15 determina que “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” (BRASIL, 2019a, p. 98).

Desta forma, os processos de corte e acabamento que ainda não são realizados com sistema de umidificação devem ser adequados a fim de minimizar a poeira e atender os requisitos da norma.

A NR-22 complementa que: “os equipamentos geradores de poeira com exposição dos trabalhadores devem utilizar dispositivos para sua eliminação ou redução e ser mantidos em condições operacionais de uso” (BRASIL, 2019b, p. 22).

4.6.3 Grupo de Risco 3

MONTAGEM/ COLAGEM: A colagem das peças da marmoraria é classificada no grupo de risco 3, visto que, apesar de os produtos químicos serem aplicados em pequenas quantidades, eles se propagam medianamente no ambiente

e ainda há presença de substância química com suspeita de prejuízo à fertilidade e ao feto e capaz de provocar danos aos órgãos por exposição repetida ou prolongada (classe de perigo D).

Neste contexto, o manuseio dos produtos químicos deve ser realizado em sistema enclausurado por barreiras físicas. Como a montagem das peças se trata de processo manual, não há maneira de evitar completamente o contato entre o trabalhador e o agente químico. Entretanto, o tempo de exposição é usualmente curto e a quantidade manipulada de produto é pequena, condições em que é possibilitada a aproximação, sob controle rígido (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

O enclausuramento deve ser arquitetado a fim de facilitar a execução das tarefas e a manutenção do sistema. De modo geral, o ar exaurido deve ser substituído por ar puro e deve ser liberado em lugar seguro, de modo que não afete os trabalhadores e a vizinhança do local. É necessário que o equipamento seja mantido em bom estado de conservação, seja testado diariamente e revisado periodicamente para aferir seu funcionamento adequado. O trabalho deve ser interrompido se houver suspeita de falhas (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

É importante mencionar que, de acordo com a NR-22: “os postos de trabalho, que sejam enclausurados ou isolados, devem possuir sistemas adequados, que permitam a manutenção das condições de conforto previstas na Norma Regulamentadora n.º 17 [...]” (BRASIL, 2019b, p. 22).

Além disso, como se trata de produto químico perigoso, os materiais de descarte e/ou derramamento acidental devem ser separados do sistema de coleta e armazenamento comum (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

4.6.4 Grupo de Risco 4

IMPERMEABILIZAÇÃO E ACABAMENTO: As etapas foram classificadas no grupo de risco 4 devido à existência de substância química da classe de perigo E, que pode causar câncer e defeitos genéticos, o que torna complexa a determinação de um limite seguro de exposição. Os processos devem ser analisados cautelosamente a fim de verificar se é possível a utilização de produtos químicos menos danosos à saúde e à segurança do trabalhador. Neste caso, a substituição

completa do produto químico seria o método de controle mais apropriado e efetivo (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

4.7 MÉTODOS DE CONTROLE GERAIS

4.7.1 Armazenamento de Produtos Químicos

Os produtos químicos devem ser armazenados em depósito exclusivo, que deve ser sinalizado, organizado, bem iluminado, ventilado, fechado à chave e amplo, de modo que eventuais derramamentos possam ser contidos e limpos. Os pisos devem ser resistentes a líquidos e fáceis de limpar (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012; UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021).

O armazenamento de produtos tóxicos ou perigosos deve ser feito com segurança de acordo com regulamentação vigente dos órgãos competentes (BRASIL, 2019b).

Todas as embalagens devem ser rotuladas e devem ser mantidas fechadas. Os recipientes pequenos devem ser guardados em armários resistentes, com prateleiras removíveis para facilitar a higienização em caso de vazamentos. Os contêineres (1000 litros), os galões (20/ 50 litros) e os sacos (25 kg) exigem a existência de sistema de contenção para controle de vazamentos e facilidade de limpeza da área (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

Os produtos que reagem entre si devem ser guardados separados, a uma distância de, no mínimo, três metros no caso de embalagens grandes, e os produtos inflamáveis devem ser armazenados afastados de todos os demais (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012; UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021).

Não deve ser feito o armazenamento de quantidade de produtos em excesso. Por meio de um bom planejamento, o empreendimento deve se organizar para adquirir a quantidade necessária de insumos.

4.7.2 Disposição

Os resíduos industriais são entendidos como (BRASIL, 2011b, p. 1):

25.1 Entende-se como resíduos industriais aqueles provenientes dos processos industriais, na forma sólida, líquida ou gasosa ou combinação dessas, e que por suas características físicas, químicas ou microbiológicas não se assemelham aos resíduos domésticos, como cinzas, lodos, óleos, materiais alcalinos ou ácidos, escórias, poeiras, borras, substâncias lixiviadas e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como demais efluentes líquidos e emissões gasosas contaminantes atmosféricos.

Eles incluem os produtos químicos, recipientes e materiais contaminados em derramamentos acidentais, os quais devem ser descartados de acordo com a regulamentação local vigente.

O empreendimento deve reduzir a geração de resíduos por meio da adoção de boas práticas de organização, manipulação e armazenamento. A liberação no ambiente de trabalho de qualquer contaminante que possa comprometer a saúde e segurança dos trabalhadores é estritamente proibida (BRASIL, 2011b).

A emissão na atmosfera e o despejo em lençóis freáticos, em sistemas de água residual e em cursos hídricos devem ser prevenidos, visto que o descarte inadequado pode causar poluição atmosférica/ aquática. Os métodos de controle de lançamento de contaminantes devem ser examinados e aprovados por órgãos competentes e os níveis de controle de emissão de poluentes devem ser verificados na regulamentação ambiental local (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

Os resíduos perigosos podem ser encaminhados a uma empresa idônea de coleta e tratamento de resíduos para sua correta disposição final.

4.7.3 Equipamentos de Proteção Individual (EPI)

O equipamento de proteção individual deve ser empregado como medida de prevenção adicional, apenas quando outras formas de controle de exposição não forem praticáveis. Há cinco tipos de EPI indispensáveis quando as substâncias ou produtos químicos podem causar danos ou penetrar no organismo em contato com a pele e/ou olhos ou por inalação, a saber: (i) luvas de proteção para produtos químicos; (ii) aventais/ macacões; (iii) calçados de proteção; (iv) protetores para a

face e os olhos; e (v) equipamentos de proteção respiratória (EPR). O EPR é utilizado para evitar a inalação de substâncias perigosas à saúde e deve ser específico para a substância que está sendo utilizada, para a tarefa e para o operador (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

Deve-se avaliar se é possível substituir o produto químico por outro menos perigoso à saúde e que não esteja alocado no grupo S ou reduzir o seu consumo de modo que diminua a probabilidade de contato com a pele e com os olhos. Medidas de controle mais rígidas também podem ser adotadas a fim de reduzir a possibilidade de contato (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

A eficiência do EPI depende de manutenção apropriada, treinamento e adoção de boas práticas de trabalho e ele precisa ser selecionado corretamente, visto que pode limitar os movimentos e a comunicação (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

As orientações quanto à seleção do equipamento podem ser obtidas com o fornecedor de EPI, que devem ter certificado de aprovação verificado pelo órgão nacional competente à saúde e segurança do trabalho (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012; BRASIL, 2018).

O EPI deve ser verificado sempre antes e após sua utilização. Deve ser mantido limpo e, quando fora de uso, deve ser guardado em segurança para não ser danificado ou contaminado. O EPI deve ser renovado periodicamente ou substituído quando danificado. As peças descartáveis devem ser dispostas em local seguro imediatamente após sua utilização e as roupas contaminadas devem ser lavadas no local de trabalho ou em lavanderia especializada, separadas das roupas comuns do trabalhador (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

4.7.4 Acesso ao Local de Trabalho

O acesso ao local de trabalho deve ser restrito apenas aos trabalhadores necessários na função. As entradas de ar na instalação não devem ser bloqueadas e a corrente de ar deve passar primeiramente pelo operador e, em seguida, pelo local onde a atividade é desenvolvida, sempre nesta ordem, a fim de evitar a inalação de agentes tóxicos (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

É necessário permissão de trabalho para utilizar equipamentos que possam gerar chamas, calor ou centelhas em locais sujeitos à existência de atmosferas inflamáveis (BRASIL, 2021b).

4.7.5 Medidas de Higiene no Local de Trabalho

O local de trabalho e os equipamentos devem estar sempre limpos e organizados, a fim de evitar a propagação dos contaminantes. A limpeza deve ser realizada, preferencialmente, fora do horário de trabalho e por método que minimize o levantamento de poeiras como, por exemplo, a umidificação periódica das superfícies (BRASIL, 2019b; 2019c).

Deve ser proibido comer, beber ou fumar na área industrial. As roupas contaminadas por produtos químicos devem ser higienizadas antes de serem usadas novamente. Além disso, os funcionários devem lavar, especialmente, mãos, braços e rosto cuidadosamente após manuseio dos produtos químicos e antes de qualquer refeição (UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021).

O derramamento acidental de líquidos ou sólidos deve ser controlado e o local deve ser limpo imediatamente para evitar a formação de vapores e poeiras. O material recolhido deve ser descartado da mesma forma que o produto químico e seu recipiente (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

Quanto às embalagens, devem ser fechadas após manuseio e armazenadas em local seguro (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

Além disso, a separação das áreas de trabalho por barreiras físicas pode ser útil para minimizar a dispersão dos contaminantes por todo o ambiente de trabalho e as superfícies lisas e impermeáveis podem garantir facilidade de limpeza (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

4.7.6 Treinamento

Os riscos à saúde e à segurança relacionados aos agentes químicos devem ser comunicados à equipe de trabalho e as medidas de controle adotadas devem ser esclarecidas para todos. Os colaboradores devem ser treinados para: (1) armazenar, manusear e descartar os produtos químicos, especialmente no que diz respeito

às aquelas inflamáveis, que demandam capacitação específica; (2) verificar o funcionamento e fazer uso das medidas de controle, inclusive referentes aos equipamentos de proteção individual; (3) agir em situações de emergência e reconhecer os sintomas decorrentes da exposição aos produtos químicos (RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

4.7.7 Sinalização de Segurança

As áreas de trabalho em que há emprego de produtos químicos e/ou geração de poeiras minerais devem ser devidamente sinalizadas e as embalagens contendo os agentes químicos devem ser rotuladas, inclusive, aquelas destinadas a descarte (BRASIL, 2015; RIBEIRO; PEDREIRA FILHO; RIEDERER, 2012).

A rotulagem preventiva deve conter elementos básicos quanto à identificação do produto químico e às medidas de saúde e segurança. O rótulo deve indicar, no mínimo, a composição do material (BRASIL, 2015; 2019b).

Os trabalhadores devem ter acesso às Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) nos locais de estocagem e manuseio de produtos tóxicos, perigosos ou inflamáveis e devem receber o treinamento adequado para compreensão das informações dispostas na FISPQ, nos rótulos e na sinalização presente no ambiente de trabalho quanto à presença de produtos químicos e/ou poeiras minerais (BRASIL, 2015; 2019b).

As áreas de utilização de produtos inflamáveis devem ser sinalizadas, com indicação de área de perigo e quanto à proibição do uso de fontes que produzam calor, faísca ou chama (BRASIL, 2019b; 2021b).

4.7.8 Resposta à Emergência

Em caso de emergência, a empresa deve dispor de material necessário para os primeiros socorros, que deve ser guardado em local pertinente e aos cuidados de pessoa treinada.

A depender da substância química inalada, ingerida e/ou que teve contato com pele ou olhos, pode ser necessário contatar um médico imediatamente. Desta forma, é interessante que o empreendimento mantenha uma lista de contatos de

emergência para tal finalidade (UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021).

Além disso, como alguns dos produtos químicos empregados são inflamáveis, o empregador deve providenciar equipamentos de combate a incêndio (como, por exemplo, extintores) e informações sobre sua utilização e sobre procedimentos de evacuação das áreas de trabalho com segurança (BRASIL, 2011a; 2021b).

A empresa deve dispor de um plano de resposta de emergência que contemple vazamentos e derramamentos de produtos químicos inflamáveis, incêndios e explosões e inclua medidas de proteção à comunidade, caso os limites do empreendimento possam ser ultrapassados em casos de acidente (BRASIL, 2021b).

É necessária a realização de exercícios simulados para avaliar a eficácia do plano e proceder aos ajustes necessários. O simulado deve ser anual, durante o horário de trabalho e fiel à rotina e deve envolver os trabalhadores, os quais devem receber as informações sobre a avaliação. A participação do trabalhador na equipe de resposta à emergência é voluntária, exceto quando estabelecido pela natureza da função exercida (BRASIL, 2021b).

4.7.9 Exames Médicos

O Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) deve ser planejado levando-se em consideração os riscos à saúde dos trabalhadores decorrentes da exposição aos produtos químicos e às poeiras minerais presentes no empreendimento (BRASIL, 2020b).

Os exames médicos obrigatórios do PCMSO (admissional, periódico, de retorno ao trabalho, de mudança de função e demissional) devem incluir, além da avaliação clínica, o monitoramento de indicadores biológicos e outros exames complementares para avaliar o funcionamento de órgãos e sistemas orgânicos, em acordo com o agente químico ao qual cada trabalhador está exposto (BRASIL, 2020b).

Os integrantes da equipe de resposta à emergência devem ser submetidos a exames médicos que incluam os fatores de riscos psicossociais (BRASIL, 2021b).

4.7.10 Avaliação Quantitativa da Exposição Ocupacional aos Agentes Químicos

Enquanto o objetivo da análise qualitativa ou preliminar dos riscos químicos é definir as etapas do processo que demandam prioridade e necessidade imediata de implantação de medidas de prevenção, a avaliação quantitativa tem como foco comprovar e medir a exposição ocupacional, determinar o nível de controle necessário e avaliar a eficácia das medidas já adotadas para redução da exposição ocupacional aos agentes químicos identificados em cada tarefa (BRASIL, 2021a).

A avaliação quantitativa deve ser representativa da exposição ocupacional e o nível de ação para instalação das medidas de controle é definido de acordo com os limites de tolerância da NR-15 ou os limites de exposição da ACGIH, de modo a reduzir a probabilidade de exposição ocupacional aos agentes químicos (BRASIL, 2021a).

Os limites de tolerância também são utilizados para fins de caracterização de atividades ou operações insalubres ou perigosas. Neste caso, os agentes químicos são classificados nos Anexos 11, 12 e 13 da NR-15. No Anexo 11, a insalubridade é verificada quando se ultrapassa os limites de exposição ocupacional. No Anexo 12, são tratadas as poeiras minerais. E, no Anexo 13, encontram-se as atividades e operações consideradas insalubres em decorrência da inspeção dos agentes químicos no local de trabalho (BRASIL, 2019a).

Na indústria de beneficiamento, algumas atividades demandam a quantificação dos agentes químicos para caracterização da insalubridade, visto que se encontram presentes na listagem do Anexo 11 ou apresentam limite de exposição definido pela ACGIH. Outras demandam a quantificação para determinação das medidas de controle, entretanto, o pagamento do adicional da insalubridade é mandatório, visto que as atividades são citadas no Anexo 13 da norma (BRASIL, 2019a; AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 2021).

Além disso, o limite de tolerância da sílica cristalizada é definido no Anexo 12 da NR-15 e sua exposição ocupacional também deve ser avaliada na indústria de beneficiamento de rochas ornamentais, devido às operações de corte e acabamento (BRASIL, 2019a).

No beneficiamento de rochas ornamentais, visto que há geração de poeiras na superfície, conforme a NR-22, a empresa deve realizar o monitoramento periódico da exposição dos trabalhadores e das medidas de controle adotadas. Se o limite de tolerância à exposição de poeiras minerais é superado, a norma exige que “devem ser adotadas medidas técnicas e administrativas que, reduzam, eliminem ou neutralizem seus efeitos sobre a saúde dos trabalhadores e considerados os níveis de ação estabelecidos nesta Norma” (BRASIL, 2019b, p. 22).

4.7.11 Outras Medidas

As áreas sujeitas a atmosferas inflamáveis devem contar com medidas para controle da geração, acúmulo e descarga de eletricidade, conforme normas técnicas nacionais e internacionais (BRASIL, 2021b).

Os sistemas de prevenção e controle devem ser adequados aos perigos/riscos dos inflamáveis e líquidos combustíveis e devem contemplar vazamentos, derramamentos, incêndios e explosões (BRASIL, 2021b).

Além disso, cabos, instalações e equipamentos elétricos devem ser protegidos quanto à influência de agentes químicos (BRASIL, 2019b).

5 CONCLUSÕES

No beneficiamento de rochas ornamentais, além de existirem etapas de corte e desbaste, em que há geração de poeiras minerais, a aplicação de produtos químicos é fundamental para proporcionar resistência e melhor acabamento superficial, o que faz com que os trabalhadores fiquem expostos a agentes químicos em diversas etapas do processamento.

Como os agentes químicos são potenciais causadores de danos à saúde, à segurança e ao meio ambiente, medidas adequadas de prevenção e controle devem ser adotadas para correto armazenamento, manuseio e disposição. De acordo com a avaliação preliminar de riscos químicos efetuada no presente estudo de caso, os agentes químicos da indústria de beneficiamento de rochas ornamentais se enquadram em diferentes graus de risco. Desde medidas simples a medidas mais rígidas e complexas devem ser analisadas e, em caso de viabilidade técnica e econômica, devidamente adotadas ou adaptadas para garantir a integridade da saúde dos trabalhadores e das comunidades vizinhas, além da preservação do meio ambiente.

Entre as práticas que podem ser adotadas encontram-se: (1) armazenamento de produtos químicos e descarte de resíduos adequados; (2) utilização de EPI quando os agentes químicos podem causar danos ou penetrar no organismo em contato com a pele e/ou olhos ou por inalação e outras medidas de controle são impraticáveis; (3) restrição do acesso ao local de trabalho somente aos colaboradores necessários no processo; (4) adoção de medidas de higiene, como limpeza periódica da área por método que minimize a propagação de poeiras e de outros contaminantes; (5) treinamento dos colaboradores para correta utilização de produtos químicos; (6) adoção de sinalização de segurança quanto à presença de agentes químicos, rotulagem preventiva de embalagens e disponibilização das FISPQ para os trabalhadores; (7) elaboração de um plano de resposta a emergências; (8) realização de exames médicos periódicos para avaliar a saúde dos trabalhadores, levando-se em consideração a exposição aos agentes químicos; (9) avaliação quantitativa da exposição ocupacional aos agentes químicos, quando possível e necessário; (10) instalação de sistema de ventilação local exaustora e enclausuramento de etapas do beneficiamento, conforme grau de risco; (11) substituição de produto químico perigoso ou redução do consumo.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, C. R. A. **Manual de caracterização, aplicação, uso e manutenção das principais rochas comerciais no Espírito Santo**: rochas ornamentais. Cachoeiro de Itapemirim/ES: IEL, 2013. 242 p.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. **2021 TLVs® and BEIs®**: Based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices. EUA: ACGIH. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14725-1**: Produtos químicos – informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. Parte 1: terminologia. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 14725-2**: Produtos químicos – informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. Parte 2: sistema de classificação de perigo. Rio de Janeiro, 2019.

_____. **NBR 14725-3**: Produtos químicos – informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. Parte 3: rotulagem. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 14725-4**: Produtos químicos – informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. Parte 4: ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ). Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 15012**: Rochas para revestimentos de edificações – terminologia. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 31000**: Gestão de riscos - diretrizes. Rio de Janeiro, 2018.

BOLANHO, P. D.; GOTTI, I. A. **Legislação, segurança do trabalho e meio ambiente**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. 216 p.

BRASIL. Decreto-lei nº 5.452, de 1 de maio de 1943. Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho. **Diário Oficial dos Estados Unidos do Brasil**, Rio de Janeiro, 09 ago. 1943. Seção 1, p. 11937.

_____. Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977. Altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo a segurança e medicina do trabalho e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 23 dez. 1977. Seção 1, p. 17777.

_____. Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 25 jul. 1991. Seção 1, p. 14809.

_____. Ministério do Trabalho e Previdência. **NR-01** – Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais. 2020a. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos->

especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-01-atualizada-2020.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **NR-06** – Equipamento de proteção individual – EPI. 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-06.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

_____. _____. **NR-07** – Programa de controle médico de saúde ocupacional – PCMSO. 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-07_atualizada_2020.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2022.

_____. _____. **NR-09** – Avaliação e controle das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos. 2021a. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-09-atualizada-2021-com-anexos-vibra-e-calor.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

_____. _____. **NR-15** – Atividades e operações insalubres. 2019a. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-15.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

_____. _____. **NR-20** – Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis. 2021b. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-20-atualizada-2021-com-prc-1.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

_____. _____. **NR-22** – Segurança e saúde ocupacional na mineração. 2019b. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-22.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

_____. _____. **NR-23** – Proteção contra incêndios. 2011a. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-23.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

_____. _____. **NR-24** – Condições sanitárias e de conforto nos locais de trabalho. 2019c. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-24-atualizada-2019.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

_____. _____. **NR-25** – Resíduos industriais. 2011b. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-25.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-25.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **NR-26** – Sinalização de segurança. 2015. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-26.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

BUSCHINELLI, J. T.; KATO, M. **Manual para interpretação de informações sobre substâncias químicas**. São Paulo: Fundacentro, 2012. 62 p.

CHEMICAL ABSTRACT SERVICE. 2022. Disponível em: <<https://www.cas.org/cas-data/cas-registry>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

CHIODI FILHO, C. **O setor brasileiro de rochas ornamentais**. Brasília: ABIROCHAS, outubro 2021. Disponível em: <<https://abirochas.com.br/panorama-setorial/>>. Acesso em: 11 jan. 2022.

DEL BINO, G. et al. Chemical products: safety regulations. In: **Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry**. Alemanha: Wiley-VCH. 2005.

ENGLUND, S. M. et al. Process Safety. In: PERRY, R. H.; GREEN, D. W. **Perry's Chemical Engineers' Handbook**. 7 ed. EUA: McGraw-Hill Companies, Inc., 1999. Seção 26.

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY. 2022. Disponível em: <<https://echa.europa.eu>>. Acesso em: 17 jan. 2022.

FERREIRA, J. E. et al. **Núcleo básico: segurança e qualidade**. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011. 160p.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. **Basics of chemical safety**. 2004. Disponível em: <<https://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/cis/products/safetytm/toc.htm>>. Acesso em 12 jan. 2022.

_____. **International chemical control toolkit**. 2006. Disponível em: <https://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/icct/guide.pdf>. Acesso em 12 jan. 2022.

KULCSAR NETO, F. et al. **Sílica: manual do trabalhador**. 2 ed. São Paulo: Fundacentro, 2010. 59p.

MIKSCHE, L. W. et al. Occupational Health and Safety. In: **Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry**. Alemanha: Wiley-VCH. 2005.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. Legislação de Segurança e Saúde no Trabalho. 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/legislacao_de_sst>. Acesso em: 12 jan. 2022.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. Normas Regulamentadoras – NR. 2021b. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

MURPHY, J. F. Safety considerations in the chemical process industries. In: KENT, J. A. **Handbook of Industrial Chemistry and Biotechnology**. 12 ed. EUA: Springer. 2012. Capítulo 2.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. **C170** – Segurança no trabalho com produtos químicos. 1990. Disponível em: <https://www.ilo.org/brasil/convencoes/WCMS_236691/lang--pt/index.htm>. Acesso em: 12 jan. 2022.

RIBEIRO, M. G. **Avaliação qualitativa de riscos químicos**: orientações básicas para controle da exposição dérmica a produtos químicos. São Paulo: Fundacentro, 2021. 73 p.

RIBEIRO, M. G.; PEDREIRA FILHO, W. R.; RIEDERER, E. E. **Avaliação qualitativa de riscos químicos**: orientações básicas para o controle da exposição a produtos químicos. São Paulo: Fundacentro, 2012. 266 p.

RODRIGUES, E. P.; CHIODI FILHO, C. **Guia de aplicação de rochas em revestimentos**. Brasília: ABIROCHAS, 2020. 232 p.

SMARTLAB. **Observatório de segurança e saúde no trabalho**: promoção do meio ambiente do trabalho guiada por dados. Disponível em: <<https://smartlabbr.org/sst/>>. Acesso em: 04 fev. 2022.

TRIBUNAL SUPERIOR DO TRABALHO. **EPIs desempenham papel fundamental na luta pela redução de acidentes de trabalho**. 2021. Disponível em: <<https://www.tst.jus.br/web/guest/-/epis-desempenham-papel-fundamental-na-luta-pela-reducao-de-acidentes-de-trabalho-1>>. Acesso em: 11 jan. 2022.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. **Globally harmonized system of classification and labelling of chemicals (GHS)**. 9 ed. Nova York e Genebra: United Nations, 2021. 550 p.

VIDAL, F. W. H.; AZEVEDO, H. C. A.; CASTRO, N. F. (Ed.). **Tecnologia de rochas ornamentais**: Pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013. 700 p.