

MARIA RENATA MACHADO STELLIN

**GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E A PREVENÇÃO E CONTROLE DA  
EXPOSIÇÃO À SÍLICA EM SERRARIAS E MÁRMORARIAS**

São Paulo

2009

**EPMI  
ESP/EST-2009  
ST39g**

MARIA RENATA MACHADO STELLIN

## **GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E A PREVENÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO À SÍLICA EM SERRARIAS E MÁRMORARIAS**

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

São Paulo  
2009

EPMI  
ESP/EST-2009  
ST39g

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais Antonio e Mariza.  
Ao meu amado afilhado Rafael.  
As minhas irmãs Fernanda e Elisa.  
Pelo constante apoio em minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Doutor Sérgio Medici de Eston pelo apoio.

A Chefe de Biblioteca do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Maria Cristina M. Bonésio, que me deu diretrizes para a apresentação do trabalho.

A professora Doutora e amiga Ana Carolina Chierigati pela disponibilidade e pelo acompanhamento.

Ao Professor Doutor Antonio Stellin Júnior pela dedicação e responsável pelo meu constante aprendizado.

## RESUMO

O trabalho desenvolvido teve como objetivos estudar a problemática da geração de resíduos sólidos e de poeira nas Serrarias e Marmorarias que processam rochas ornamentais. Verificou-se que nas Serrarias o resíduo sólido se apresenta de três formas diferentes, sendo uma parte como fragmentos de chapas quebradas e de costaneiras resultantes da serragem em teares, outra por um sólido particulado, constituído por 50% de partículas muito finas abaixo da "malha 400", e finalmente a poeira constituída por partículas muito finas que ficam em suspensão no ar. O maior problema enfrentado pelas Serrarias se deve ao fato de que durante o beneficiamento os insumos utilizados introduzem metais pesados no sólido particulado. Esses metais pesados trazem malefícios para a saúde do trabalhador além da possibilidade de contaminação do meio ambiente. Deve-se ter locais adequados para receber esse resíduo sólido, trazendo um custo adicional à atividade da Serraria. No caso das Marmorarias, com exceção das costaneiras, o resíduo sólido produzido é bastante semelhante ao das Serrarias, não havendo, porém contaminação do sólido particulado por metais pesados. Como nas Marmorarias as operações são artesanais, os operários ficam sujeitos à pneumopatias por estarem permanentemente em contato com a poeira gerada no ambiente de trabalho. Dessas pneumopatias a mais grave é a silicose. No trabalho discute-se as soluções novas e as mais indicadas para solução dos problemas apresentados.

Palavras chave: Processamento de rochas ornamentais; Saúde dos operários em Serrarias e Marmorarias.

## **ABSTRACT**

The developed work had as objective to study problematic of the generation of solid residues and dust in processing units of ornamental rocks. In processing units was verified that the solid residues presents of three diferents forms, being a part as fragments of broken plates and resultant of sawing process. Another one for a slurry constituted of 50% of particles with size below 400 mesh, and finally the dust constituted of very fine particles that are in suspension in air. The biggest problem faced for processing units must to be the fact of that during the improvement the use of abrasives introduce heavy metals in the slurry. These heavy metals bring curses for the health of the workers beyond the possibility of contamination of the environment. It must be had adjusted places to received this solid residues, bringing an additional cost to the activity from processing units. In the case of the sawing units, the produced solid residue is sufficiently alike to one of processing units, not having, however, contamination of the solid residues with heavy metals. As in the sawing units the operations they are artisan, the laborers are subject to the pulmonary illness for being permanently in contact with the dust generated in the work environment. Of these pulmonary illness most serious he is silicosis. In the work one argues the most indicated new solution and for soluction of presented problems.

**Words key :** Processing of ornamental rocks; Health of the laborers in processing units of ornamental rocks.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Aspectos da Indústria de rochas ornamentais	3
Figura 1.2 – Esquema simplificado das operações industriais	4
Figura 1.3 – Tear multilâminas. Vista Frontal	6
Figura 1.4 – Máquina automática de polimento de chapas	7
Figura 1.5 – Serragem longitudinal e transversal das chapas	9
Figura 2.1 – Doenças causadas pelas partículas finas no organismo humano	13
Figura 3.1 – Instalação de recirculação da água e eliminação do resíduo sólido	18
Figura 3.2 – Vista geral de uma marmoraria que utiliza processamento a seco	20
Figura 3.3 – Vista geral de uma marmoraria que utiliza processamento a úmido	20
Figura 4.1 – Deposição de partículas em três regiões de acordo com o seu diâmetro	22
Figura 4.2 – Pulmão sadio e pulmão com silicose	23
Figura 5.1 – Lixadeira pneumática com acessórios	25
Figura 5.2 – Lixadeira pneumática com disco de desbaste	25
Figura 5.3 – Instalações elétricas, de ar comprimido e de água	26
Figura 5.4 – Lixadeira elétrica com alimentação contínua de água	26
Figura 5.5 – Serra elétrica com alimentação contínua de água	27
Figura 5.6 – Tanque de decantação	28
Figura 5.7 – Carrinho manual utilizado nas marmorarias	28
Figura 5.8 – Caçamba utilizada para transportar resíduos até os aterros	29
Figura 5.9 – Respirador do tipo peça facial inteira com filtro P3	31
Figura 5.10 – Respirador do tipo peça semifacial com filtro P3	31
Figura 5.11 – Respirador do tipo peça semifacial descartável PFF3	31
Figura 5.12 – Limpeza por lavagem com jato d'água	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Recomendações de seleção de equipamentos de respiração para sílica cristalizada	30
--	----



## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO</b>	1
1.1.ASPECTOS GERAIS DA INDUSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS	2
1.1.1 Lavra	5
1.1.2 Beneficiamento	5
1.1.2.1 Serragem	6
1.1.2.2 Semitransformação	7
1.1.2.3 Transformação	8
1.2. OBJETIVO	9
1.3. JUSTIFICATIVA	9
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b>	11
2.1.RESÍDUO SÓLIDO	11
2.2.SILICOSE	12
<b>3. METODOLOGIA</b>	16
3.1 SERRARIA	16
3.2 MARMORARIA	19
<b>4. GERAÇÃO DE POEIRA CONTENDO SÍLICA</b>	21
<b>5. MEDIDAS DE CONTROLE DA GERAÇÃO DE POEIRA SILICOSA</b>	24
5.1 UMIDIFICAÇÃO	24
5.1.1 Ferramentas pneumáticas	25
5.1.2 Ferramentas elétricas	26
5.1.3 Circulação da água utilizada	27
5.2 HIGIENE OCUPACIONAL	29

5.2.1 Equipamentos de proteção individual	29
5.2.2 Limpeza, organização e conservação da área de produção	32
<b>6. CONTROLE MÉDICO DA SAÚDE DO TRABALHADOR</b>	34
<b>7. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	35
<b>CONCLUSÕES</b>	37
<b>REFERÊNCIAS</b>	39

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda do mercado consumidor para produção de grandes volumes de rochas ornamentais (mármore, granito e pedras ornamentais) a custos competitivos com materiais semelhantes utilizados na construção civil, forçou a evolução tecnológica na fabricação de ferramentas e insumos destinados a trabalhar com os mármore e granito.

Essa evolução acarretou grandes transformações principalmente com relação a mão de obra empregada em serrarias e marmorarias exigindo dos operários maior conhecimento no uso dos insumos e das novas ferramentas.

As novas máquinas e ferramentas utilizadas atualmente realizam trabalhos com maior perfeição, maior velocidade e maior rendimento operacional. Os insumos, dentre eles os abrasivos, tornam os acabamentos nos mármore e granito mais bem acabados.

Porém, a contribuição que essa evolução tecnológica realizada nas máquinas, ferramentas e insumos trouxeram um ônus que vai desde a grande produção de poeira silicosa até os resíduos sólidos contendo concentrações perigosas de metais pesados, fatores que afetam diretamente os trabalhadores. Os resíduos sólidos contendo metais pesados são geralmente descartados em aterros apropriados para evitar a contaminação superficial e subterrânea onde encontra-se o lençol freático. A poeira silicosa constitui um dos maiores riscos enfrentados pelos trabalhadores das serrarias e marmorarias.

O Estado de São Paulo destaca-se como o maior centro consumidor de rochas ornamentais do Brasil e responde por cerca de 70% do consumo do país em mármore e granito beneficiados. Estima-se que existam cerca de 3.000 marmorarias no Brasil distribuídas por cerca de 157 municípios, sendo aproximadamente 1.000 delas situadas dentro da Grande São Paulo. Devido a

simplicidade do processo produtivo, é comum encontrar empresas com investimento reduzido nas suas instalações e pequeno número de funcionários, geralmente com pouca qualificação. Esse conjunto de características vem acompanhado da falta de informação e qualificação profissional por parte de empregadores e empregados.

### 1.1 ASPECTOS GERAIS DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Assim como a indústria extrativa agro-pastoril, a mineração disponibiliza as matérias primas minerais para a sobrevivência e o bem estar da humanidade. Quando se visita uma pedreira e observam-se as cores e as variações das rochas, fica-se fascinado e pensa-se em transportar para o nosso dia a dia aquele ambiente observado. A Figura 1.1 extraída dos catálogos da Pellegrini Macchine (2001), serve como ilustração das várias etapas de trabalho pelas quais passam as rochas ornamentais até a obtenção dos produtos finais. Observando a Figura 1.1 as seguintes fases são representadas pelas letras:

Letra **A**: mostra um bloco primário que foi cortado do maciço rochoso e tombado no pátio da pedreira.

Letra **B**: mostra um bloco primário sendo recortado em blocos com dimensões compatíveis com as dimensões dos teares de serragem (denominados blocos com dimensões comerciais).

Letras **C e D**: mostra um desses blocos sendo carregado num caminhão pelo pau de carga.

Letras **E**: mostram monofios diamantados cortando espessores.

Letras **F**: mostram as pontes rolantes que descarregam os blocos dos caminhões e também movimentam blocos e chapas na serraria.

Letra **G**: mostra os teares que realizam a serragem dos blocos.

Letra H: mostra as operações de acabamento superficial das chapas e o corte das chapas em placas.

Letra I: mostra os locais de armazenamento das chapas e espessores (chapas com mais de 2cm de espessura).

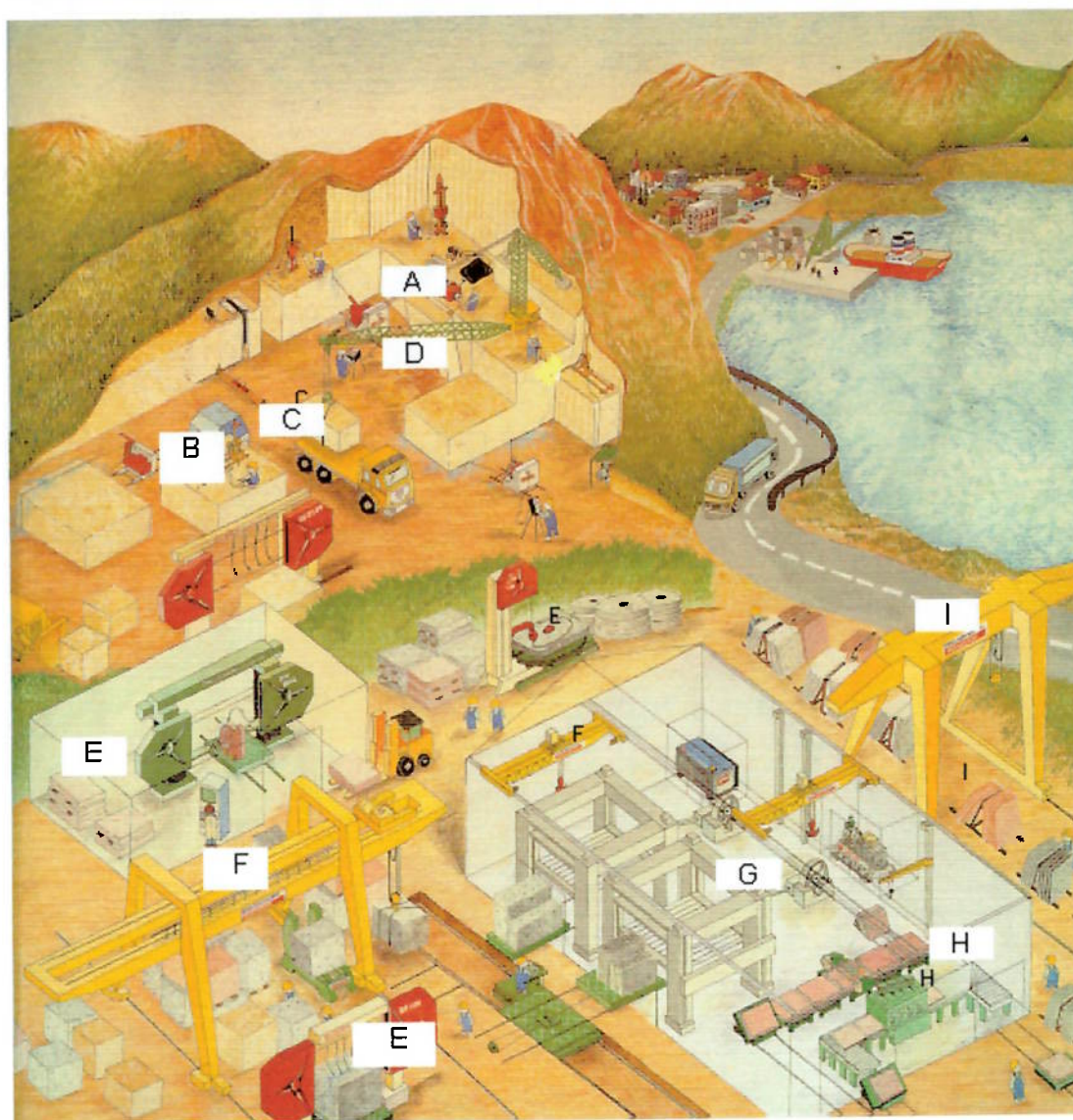


Figura-1.1 - Aspectos da indústria de rochas ornamentais.

As placas geralmente embaladas em caixas de papelão são armazenadas em locais cobertos. O esquema da Figura 1.2 de Mello Mendes (1974), também auxilia na apresentação dessas várias etapas produtivas. Esta figura ilustra os diversos tipos de materiais produzidos durante as várias etapas de trabalho. Na indústria moderna das rochas ornamentais, as operações podem ser agrupadas em duas fases: Lavra e Beneficiamento, sendo que esta última compreende, segundo Mello Mendes (1974), três operações: serragem, semi-transformação e transformação.

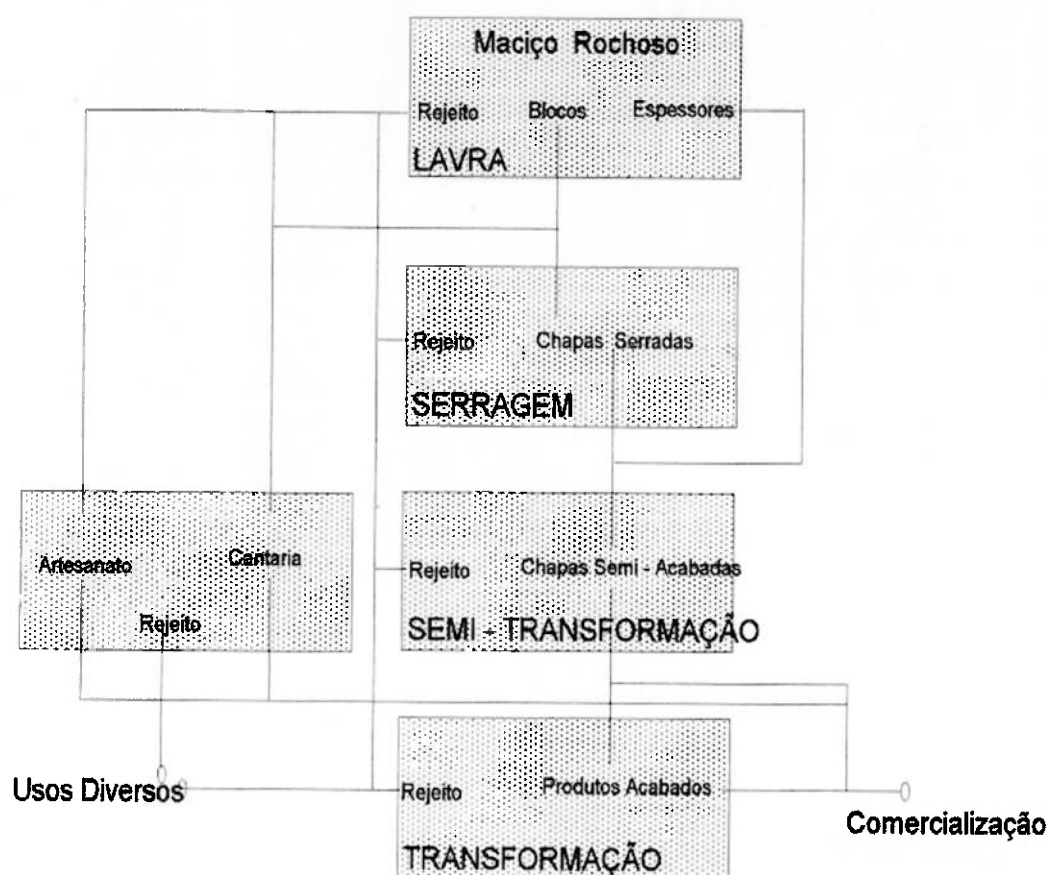


Figura -1.2 - Esquema simplificado das operações industriais.

### 1.1.1 Lavra

As operações de lavra compreendem todas as atividades que envolvem a preparação das frentes de extração, a extração dos blocos de rochas ornamentais em dimensões apropriadas para a serragem em tear além do transporte desses blocos até as Serrarias.

Caranassios e Stellin Jr. (1991); Vidal (1999) e Vidal et al. (2005) mostram que a primeira etapa dos trabalhos de produção é a lavra da jazida, que compreende de um modo geral as operações de perfuração, desmonte, carregamento e transporte. No exemplo apresentado na ilustração da Pellegrini Macchine (Figura 1.1), pode-se notar que o método de lavra é a céu aberto e o desmonte da rocha é feito em bancadas. No caso peculiar das rochas ornamentais, o desmonte é feito por uma série de procedimentos, que sucintamente pode-se descrever como:

- 1) Corte da rocha mediante o uso de fio diamantado ou helicoidal.
- 2 ) Corte da rocha usando-se cortadora de cinta diamantada ou corrente de "widia".
- 3 ) Corte utilizando-se furos de mina coplanares com uso de explosivos ou cunhas de aço.
- 4) Corte por chama.
- 5) Corte através do jato d'água.

### 1.1.2 Beneficiamento

As operações de beneficiamento compreendem os trabalhos de serragem dos blocos em teares para obtenção de chapas, semitransformação das chapas que consiste no acabamento superficial e finalmente a transformação, no qual através de serragem em serras circulares diamantadas são mantidos produtos de aplicação imediata em construção civil.



### 1.1.2.1 Serragem

Segundo Stelin Jr. (2003) a obtenção de chapas a partir de blocos constitui o primeiro passo para valorização do material a ser extraído da pedreira. É uma fase que inevitavelmente apresenta rejeito, principalmente gerado pela abertura do corte, pelas costaneiras que são as laterais do bloco e também pela regulagem da espessura das chapas, para se ter ambas as faces planas.

A serragem dos blocos de rochas ornamentais mais utilizada é feita em teares multilâminas, utilizando polpa abrasiva constituída por gralha de aço, água e cal. O corte abre sulcos com largura pouco superior à largura da lâmina. A penetração da lâmina na rocha durante o corte tem uma velocidade de descida denominada cala. À medida que se efetua o corte, aumenta a quantidade de partículas de rocha e de gralha fina na polpa circulante, que são eliminadas do circuito por meio de hidrociclones. A Fig. 1.3. extraída de catálogos da MECÂNICA GERAL E MÁQUINAS LTDA. (1998), mostra um tear do tipo descrito.

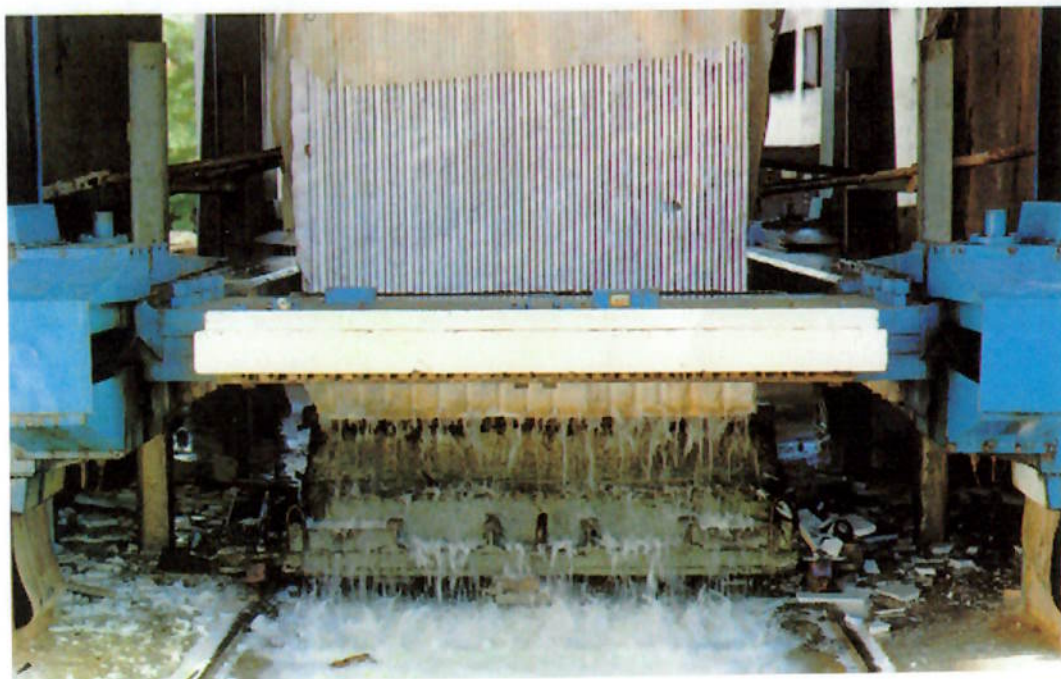


Fig. 1.3 -Tear multilâminas.Vista frontal.

Fonte:MECÂNICA GERAL E MÁQUINAS LTDA.(2004)



### 1.1.2.2 Semitransformação

A distinção entre semi-transformação e transformação é meramente convencional. A semi-transformação compreende uma fase intermediária entre a serragem das chapas e o acabamento das peças. Esta fase compreende as operações que dão acabamento as superfícies das chapas. Os tipos mais comuns realizadas na máquina automática de polimento de chapas são:

1 ) superfície rugosa: são obtidas por percussão sobre a superfície da chapa utilizando-se ferramentas manuais, como, masseta, punção, cinzel com extremidade pontuda simples ou múltipla e marretas com batente de pontas múltiplas. Quando o nível de produção for significativo se utilizam máquinas apropriadas.

2 ) superfície lisa: as superfícies lisas são obtidas pela ação de abrasivos e polidores. As mais utilizadas são: a levigada, com aspecto fosco e a polida que ressalta a beleza das rochas, mostrando a intensidade das cores dos seus minerais constituintes.

3 ) superfície flameada: é uma superfície irregular com aspecto sedoso, obtida pela ação direta de uma chama sobre a superfície da chapa.

Todas essas operações geram uma quantidade de resíduos significativa.

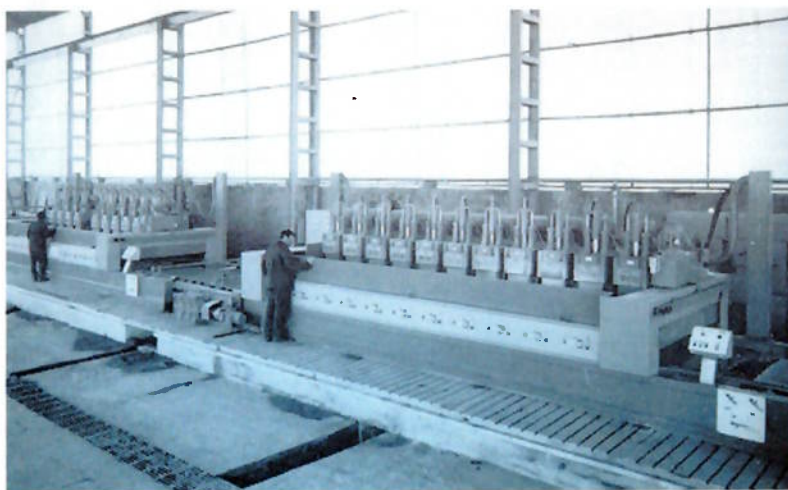


Fig. 1.4 - Máquina automática de polimento de chapas

Fonte: ISTITUTO NAZIONALE COMMERCIO ESTERO (2001)

### 1.1.2.2 Transformação

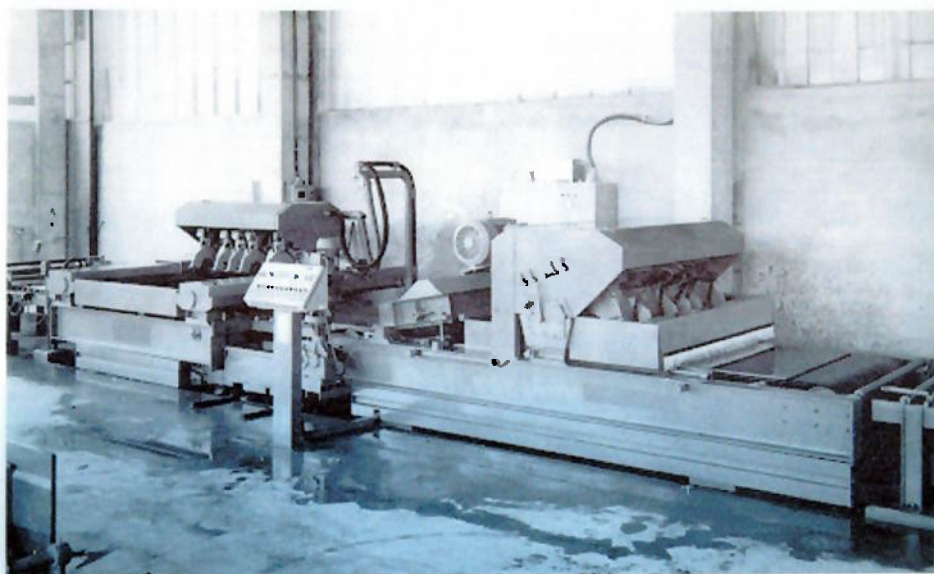
Esta fase segundo Stellin Jr.(2007) compreende as operações finais com a finalidade de colocar os produtos em condições de atender as especificações para uma determinada aplicação. Os tipos de operações são muitas, dependendo de cada caso específico. Dentre os mais importantes, citam-se:

- 1) serragem das chapas utilizando disco diamantado. Essa operação compreende a retirada das bordas das chapas (oriunda da superfície do bloco) e também a serragem das chapas em placas com dimensões para um determinado uso.
- 2) acabamento das bordas das placas. Existe um grande número de tipo de acabamento que podem ser feitos para atender as especificações desejadas.
- 3) retoque no acabamento da superfície. São raramente feitos, mas podem ser necessários em espessores, obras de arte e chapas.

No Brasil as usinas de beneficiamento são denominadas Serrarias. As marmorarias executam, atualmente, apenas o trabalho de transformação.

Na obtenção de placas com tamanhos padronizados as chapas são cortadas por serras circulares a diamante, longitudinalmente e transversalmente em máquinas semelhantes a que pode ser vista na Fig. 1.5 extraída do ISTITUTO NAZIONALE COMMERCIO ESTERO (1982), gerando placas de tamanhos padronizados. As bordas das placas podem sofrer processos específicos de acabamento, dependendo das suas aplicações. Em seguida elas são secas por meio de jato de ar e posteriormente embaladas.

Para baratear e facilitar a comercialização, as chapas são serradas em dimensões padronizadas, tais como: 30 x 30, 40 x 40 ou 50 x 50 centímetros, nas espessuras de 1, 2 e 3 centímetros.



**Fig. 1.5 - Serragem longitudinal e transversal das chapas**

Fonte: ISTITUTO NAZIONALE COMMERCIO ESTERO (1982)

Todas as operações descritas são realizadas em máquinas que executam suas operações de uma forma contínua sem haver contato manual. Como produto final teremos placas com dimensões padronizadas prontas para serem comercializadas. Essas operações típicas de uma instalação industrial são realizadas nas Serrarias onde se pode obter placas de tamanhos padronizados mais baratas.

Essas características industriais das Serrarias tornaram as rochas ornamentais mais competitivas no mercado da construção civil.

## **1.2 OBJETIVO**

O presente trabalho objetiva enfocar aspectos do problema ambiental causado pelos resíduos sólidos dando ênfase a prevenção e controle referente a exposição do trabalhador a poeira silicosa nas serrarias e marmorarias.

## **1.3 JUSTIFICATIVA**

Os resíduos sólidos gerados nas Serrarias e Marmorarias apresentam problemas no seu descarte, principalmente os resíduos sólidos provenientes das Serrarias

que contém metais pesados, que podem contaminar o meio ambiente causando sérios riscos à população.

Dentre os principais riscos na indústria de rochas ornamentais esta a exposição a poeiras favorecendo o aparecimento de doenças respiratórias, principalmente a silicose. Devido a importância e a gravidade dessa doença e ao número elevado de trabalhadores expostos a poeira este é um ramo de atividade considerado prioritário pelo Programa Nacional de Eliminação da Silicose, instituído e coordenado pela FUNDACENTRO (FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO) desde 2001.

Por este motivo essas considerações, ressaltando a questão da silicose, procurou-se desenvolver o presente trabalho abordando a problemática do resíduo sólido e principalmente a prevenção e controle da exposição à sílica em serrarias e marmorarias.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 RESÍDUO SÓLIDO

O descarte do resíduo sólido gerado nas serrarias e marmorarias tem se tornado uma operação cada vez mais onerosa. Os locais de deposição precisam ter condições adequadas para o recebimento desses resíduos e também muitas vezes precisam percorrer longas distâncias.

Nas operações de beneficiamento, realizadas nas Serrarias são utilizados abrasivos cuja composição química não é fornecida pelos fabricantes. Mas, na análise química desses resíduos sólidos, detecta-se a presença de metais pesados, como chumbo, níquel e cádmio, que ao serem colocados em aterros poderão contaminar o meio ambiente.

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – NBR 10004 (Normas Técnicas Brasileiras) classifica os resíduos sólidos com relação ao risco à saúde e ao meio ambiente, em três categorias:

Resíduos classe I - Perigosos. São aqueles que apresentam inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Resíduos classe II - Não perigosos. Esta classe é dividida em duas.

Resíduos classe II A - Não inertes. São resíduos biodegradáveis, combustíveis e solúveis em água.

Resíduos classe IIB - Inertes. São aqueles que em contato com água destilada a temperatura ambiente não tiverem nenhum dos seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando, cor, turbidez, dureza e sabor.

Stellin Jr. et al.(1996) estudaram a contaminação do meio ambiente por metais pesados verificados em uma Empresa "A" de galvanoplastia, situada nas margens da Via Dutra, município de Guararema, Estado de São Paulo, que

depositava seus resíduos em áreas anexas à fábrica. Como é comum, a fábrica atraiu moradores para as suas vizinhanças. Esses moradores utilizam para consumo doméstico e para seus animais, água proveniente de poços. Vários problemas de saúde apareceram nas pessoas e nos animais. Mediante estudos geofísicos, utilizando métodos geoeletricos, foi possível determinar a área contaminada por metais pesados, tanto em superfície como em profundidade. A solução proposta para o problema foi a escavação de todo o volume de solo contaminado e deposição em área apropriada obedecendo as normas ABNT-NBR 10004.

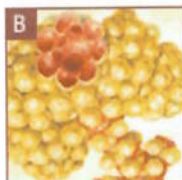
## 2.2 SILICOSE

Segundo Salvo e Bergamo (2009) a reportagem da revista *Veja* realizou determinações de partículas finas inaláveis em 70 locais da cidade de São Paulo, tais como parques, jardins, clubes esportivos, praças, estações de trem e de ônibus, etc. Do total de lugares analisados 56 apresentaram índices superiores ao limite máximo estabelecido pela Organização Mundial de Saúde que é de 25 microgramas por metro cúbico de ar ao longo de um dia. Na sua totalidade as partículas finas tingem de preto a lataria dos automóveis, as cortinas e os móveis das casas. Na Fig.2.1 as autoras mostram os malefícios que essas partículas finas podem causar no ser humano.

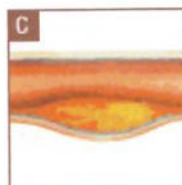
## O caminho do mal

Como as partículas finas causam doenças no organismo humano

**A** Com um vigésimo de espessura de um fio de cabelo, essas partículas são facilmente inaladas pelo homem. Por meio das vias aéreas (brônquios), chegam ao pulmão. Lá elas se alojam nos alvéolos, a porção mais delicada do órgão, responsável por levar o oxigênio à circulação.

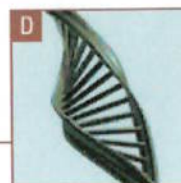


A deposição desse material deflagra um mecanismo de defesa: os músculos que envolvem os brônquios se contraem para evitar que novos poluentes sejam inalados. Tal efeito acaba prejudicando o caminho do ar, o que dificulta a respiração e provoca tosse, asma, bronquite e rinite.



Parte dos poluentes segue o caminho do oxigênio e, dos alvéolos, cai na circulação. Como são tóxicos para as paredes dos vasos sanguíneos, provocam inflamação e colaboram para o processo de obstrução das artérias, o que leva às doenças cardiovasculares.

Substâncias resultantes da inflamação são absorvidas pelas células e atuam no DNA provocando alterações genéticas que podem levar ao câncer e à infertilidade.



Em contato com os olhos e com a pele, o material particulado provoca lacrimação, alergias e propicia infecções.

Fig.2.1- Doenças causadas pelas partículas finas no organismo humano.

Fonte: Salvo e Bergamo (2009)

Situação mais crítica vive o trabalhador que está exposto a ambientes onde o ar pode conter concentrações elevadas de poeira.

Referências escritas mostram os riscos inerentes ao ambiente de trabalho datam de 2360 A.C., encontradas num papiro egípcio descrevendo as insalubridades que qualquer pessoa podia notar observando o tipo de trabalho feito pelos



operários. O forneiro sendo consumido pela alta temperatura do seu ambiente de trabalho, o tintureiro que fede a morrinha de peixe, etc. Em 460 A.C., Hipócrates, pai da Medicina, também fala dos acidentes e doenças do trabalho, mas foi George Bauer quem fez um estudo concreto sobre as doenças que afetam os trabalhadores. No seu livro "De Re Metallica" ele descreve os acidentes de trabalho e as doenças mais comuns entre os trabalhadores na extração dos minerais e nos trabalhos de fundição dos metais. Descreve a "asma dos mineiros" provocada por poeiras corrosivas (provavelmente silicose). Dez anos depois Paracelso publica a monografia "Dos ofícios e doenças da montanha" falando sobre a silicose e das intoxicações causadas pelo chumbo e mercúrio. Foi apenas em 1700 que o médico italiano Bernardino Ramazzini, considerado o pai da Medicina do Trabalho, na sua obra "De morbis Artificum Diatriba" descreve uma série de doenças relacionadas à cerca de 50 profissões (Siqueira, 2008).

As pneumopatias relacionadas à inalação de poeiras em ambientes de trabalho são genericamente designadas como pneumoconioses. Dados epidemiológicos de vários países mostram que o risco de ocorrência de pneumoconiose ainda é um problema mundial, tanto nos países desenvolvidos como nos em via de desenvolvimento. No Brasil os principais tipos de pneumoconioses, são: silicose, asbestose, pneumoconiose de poeira mista, talcose, por metais pesados, antracose, siderose, baritose e estanhose. A silicose é a pneumoconiose de maior incidência no Brasil, podendo predispor o trabalhador à tuberculose ou ao câncer de pulmão. A maior incidência de silicose no Brasil provem da mineração subterrânea de ouro em Minas Gerais, na qual já foram registrados cerca de quatro mil casos (Brasil 2008).

Segundo Siqueira (2008), no Brasil, o número estimado de trabalhadores potencialmente expostos a poeiras contendo sílica é superior a seis milhões, sendo que quatro milhões estão na construção civil, 500 mil na mineração e garimpo, e acima de dois milhões, em indústrias de transformação de minerais, de metalurgia, química, de borracha, cerâmica e vidro. Em 1978 estimou-se existir entre 25 mil a 30 mil portadores de silicose no país.

Segundo Brasil (2000) o risco a exposição ocupacional à sílica depende de:



- Concentração total de poeira respirável;
- Dimensão das partículas (as menores de 10 micra podem atingir os alvéolos);
- Composição mineralógica da poeira respirável (em % de sílica livre);
- Tempo de exposição.

A silicose pode se apresentar em três formas:

- Silicose aguda – forma rara, associada à exposição maciça à sílica livre, em jateamento de areia ou moagem de quartzo puro, levando à proteinose alveolar pulmonar associada a infiltrado intersticial inflamatório. Normalmente aparece dentro dos cinco primeiros anos de exposição com sobrevida em torno de um ano.

- Silicose subaguda – alterações radiológicas precoces, após cinco anos de exposição. As alterações radiológicas são de rápida evolução, apresentando-se inicialmente como nódulos que, devido ao componente inflamatório, evoluem para conglomeração e grandes opacidades. Os sintomas respiratórios são precoces e limitantes. Encontrada principalmente em trabalhadores que escavam poços.

- Silicose crônica – latência longa, cerca de dez anos após o início da exposição. Radiologicamente nota-se a presença de nódulos que podem evoluir para grandes opacidades para a progressão da doença. Os sintomas aparecem nas fases tardias. Os trabalhadores expostos a poeiras de sílica, portadores de silicose, tuberculose e a silicotuberculose, deverão ser considerados portadores de doenças relacionadas ao trabalho, do Grupo III da Classificação de Schilling, uma vez que tem sido demonstrada, clínica e epidemiologicamente, que a exposição à sílica pode favorecer a reativação da infecção tuberculosa latente, pois os cristais de sílica no interior dos macrófagos alveolares deprimem sua função fagocitária e aumentam sua destruição.

### 3. METODOLOGIA

Adotou-se mostrar os aspectos principais da indústria de rochas ornamentais desde a extração dos blocos, a serragem, a semitransformação e a transformação. A descrição mais detalhada das atividades de serragem, semitransformação e transformação são fundamentais para se mostrar quais são as atividades das Serrarias e das Marmorarias.

O enfoque a ser feito com relação aos tipos de resíduos sólidos e a possibilidade de geração de poeira silicosa tanto na Serraria como na Marmoraria é importante para orientar as medidas que devem ser tomadas na separação e no descarte dos resíduos sólidos como na prevenção e controle da poeira silicosa.

Aspectos técnicos e econômicos com relação ao aproveitamento dos resíduos sólidos serão considerados. Todas as possibilidades de proteção com relação a saúde e segurança do trabalhador devem ser estudadas.

#### 3.1. SERRARIA

As serrarias executam as operações de serragem, semitransformação e transformação. A transformação apresenta um leque inesgotável de possibilidades, que no caso específico das Serrarias se restringe a produção de placas padronizadas.

As Serrarias fornecem as chapas semitransformadas às Marmorarias que executam apenas as operações de transformação com exceção de placas de tamanhos padronizados por não terem condições de competir em termos de custo com as Serrarias.

Todas as operações da Serrarias são realizadas a úmido em ambientes abertos com excelente ventilação, não havendo necessidade da presença constante de

operários nas máquinas. Assim, os operários trabalham num ambiente higiênico e pouco agressivo a sua saúde.

A Serraria é o segmento, por questões competitivas, que mais se investe para obtenção de produtos de rochas ornamentais. Como consequência temos a fabricação de máquinas e equipamentos cada vez mais sofisticados, mais automatizados e adequados em termos de higiene e saúde do trabalhador.

As Serrarias produzem como resíduo, fragmentos (costaneiras, chapas quebradas, chapas com trincas, etc.) que podem ser facilmente aproveitados. Produz também o que se denomina resíduo sólido, cuja granulometria apresenta cerca de 50% do resíduo sólido abaixo da malha 400.

A maior preocupação das Serrarias é com relação a produção de resíduo sólido. Cerca de 35% do bloco é transformado em resíduo sólido após as operações de serragem e semitransformação. A semitransformação devido ao uso de abrasivos de desbaste e polimento impregna o resíduo sólido com metais pesados tais como chumbo, cádmio, níquel, ferro, e outros. Estima-se que do total de resíduos sólidos gerados nas Serrarias apenas uma quantidade em torno de 15% seja gerada na semitransformação. O destino desse resíduo sólido é o grande problema enfrentado pelas Serrarias.

Segundo Kraemer (2009) o chumbo pode provocar lesões nos rins e saturnismo, o cádmio causa lesões nos rins e câncer nos pulmões e próstata e o níquel causa câncer nos pulmões.

Atualmente se utiliza nas Serrarias instalações com decantador, que usa sulfato de alumínio como floculante e filtro prensa que produz um resíduo sólido contendo em torno de 25% de umidade que é transportado até lugares apropriados para sua deposição. A instalação permite a reutilização da água usada no processo. O custo envolvendo essas operações tem se mostrado cada vez mais alto. A Fig.3.1 mostra uma instalação como a descrita.

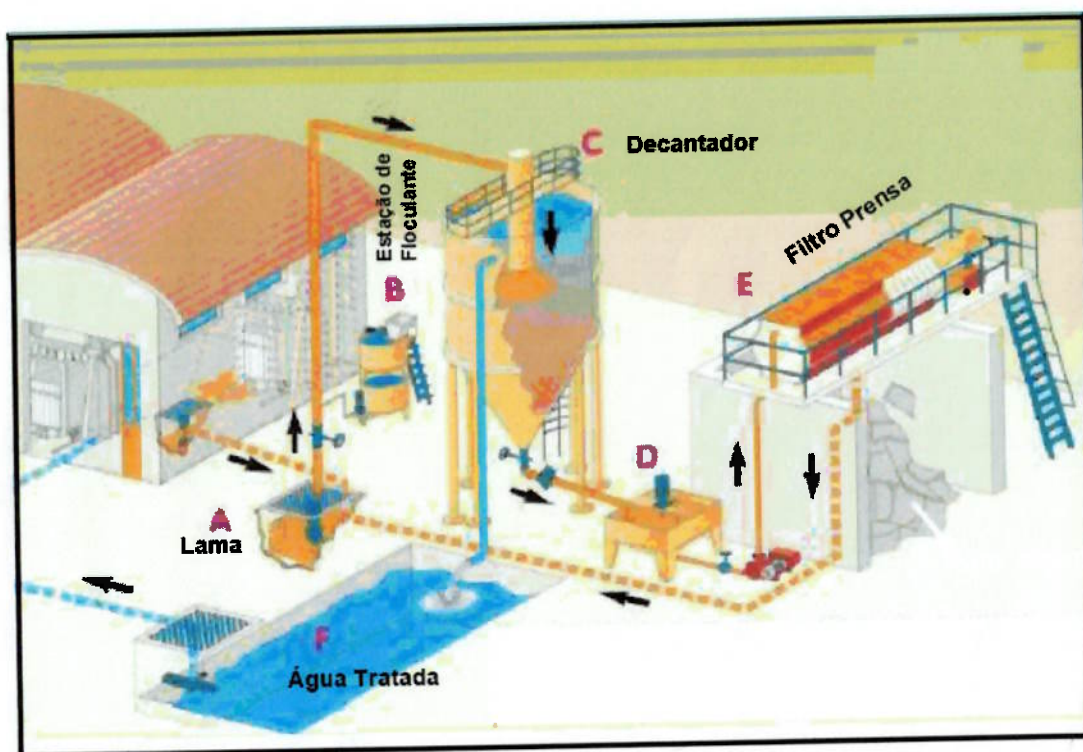


Fig.3.1-Instalação de recirculação da água e eliminação do resíduo sólido  
Fonte: PELLEGRINI MACCHINE (2001)

Segundo a Norma ABNT-NBR 10004 – Resíduos sólidos-classificação, é o resíduo sólido proveniente das Serrarias e classificado na classe IIA- Não inerte.

Pontes (2001) estudou os possíveis aproveitamentos dos resíduos sólidos gerados nas Serrarias. Mostrou as possibilidades de aproveitamento na indústria de construção civil, indústria cerâmica, na calagem do solo agrícola e outras. Porém, notou problemas no possível aproveitamento desses resíduos, dentre eles: variação na composição química e mineralógica, quantidades relativamente modestas nos volumes produzidos em cada Serraria em face das necessidades das quantidades necessárias para as indústrias, distâncias entre as várias Serrarias e dos locais a serem transportados envolvendo um aspecto logístico economicamente impossível nos dias atuais.

### 3.2. MARMORARIA

As marmorarias executam o trabalho de transformação nas chapas adquiridas das Serrarias, produzindo pias, lareiras, peitoris, mesas, soleiras, utensílios domésticos, adornos, etc., praticamente obras artesanais. É uma atividade atrativa devido principalmente ao pequeno investimento necessário à sua montagem e ao precário conhecimento e baixo grau de instrução dos empregados e empresários. O que caracteriza essa atividade é o uso de ferramentas manuais e o contato constante e direto dos operários com a poeira e os resíduos sólidos gerados durante o trabalho de transformação.

Nem os fragmentos resultantes da transformação, nem os resíduos sólidos em si apresentam grande problema nesse tipo de atividade, mas, o grande perigo é a sílica presente na poeira e que é gerada durante o trabalho de transformação que produz doenças respiratórias e silicose.

Bon (2006) mostra aspectos ambientais ligados a marmorarias que trabalham a seco e a úmido. As fotos das Figs. 3.2 e 3.3 dão uma idéia da diferença entre um ambiente de trabalho feito a seco e o feito a úmido, bem como o perigo apresentado à saúde do trabalhador numa marmoraria cujas operações são feitas a seco e outra cujas operações são feitas a úmido. Na marmoraria por via seca apesar das medidas tomadas para melhorar as condições de ventilação do ambiente elas não são suficientes para eliminar a poeira gerada pelos equipamentos que trabalham a seco.

A vantagem de se trabalhar a úmido é o fato de se eliminar quase que a totalidade da poeira gerada nos processamentos.



**Fig.3.2 - Vista geral de uma marmoraria que utiliza processamento a seco**  
Fonte: Bon (2006)



**Fig.3.3 - Vista geral de uma marmoraria que utiliza processos a úmido.**  
Fonte: Bon (2006)

#### 4. GERAÇÃO DE POEIRA CONTENDO SÍLICA

No trabalho de transformação, nas marmorarias, se for realizado a seco, principalmente nas operações de desbaste e lixamento a quantidade de poeira gerada apresenta altas concentrações. Em ambientes sem as medidas de controle adequadas a poeira pode causar doenças respiratórias. Se essa poeira contiver sílica cristalina o problema é mais grave. Os trabalhadores expostos à poeira contendo sílica cristalina poderão adquirir uma doença pulmonar chamada silicose.

A sílica é um mineral encontrado na natureza e que está presente na maioria das rochas, sendo o quartzo o tipo mais comum de sílica cristalina.

A quantidade de sílica cristalina presente em cada tipo de rocha ornamental pode variar. A sílica cristalina é encontrada em maior quantidade nos arenitos, quartzitos, granitos e ardósias. Os mármore são as rochas que possuem a menor quantidade de sílica cristalina. Em produtos artificiais, como é o caso do "Silestone" a quantidade de sílica cristalina pode chegar a 95%.

Segundo Bon (2006) existe diminuição considerável na concentração média de poeira respirável nas marmorarias de 3,19 mg/m<sup>3</sup> para situações sem controle para 1,82 mg/m<sup>3</sup> com controle do ambiente e 0,55 mg/m<sup>3</sup> para máquinas e ferramentas a úmido. A diminuição da concentração de sílica cristalina respirável é proporcional a redução da poeira respirável. A recomendação da concentração da sílica cristalina respirável, segundo a NIOSH – (National Institute for Occupational Safety and Health) deve ser menor que 0,05 mg/m<sup>3</sup>. O tamanho das partículas de sílica cristalina existente na poeira silicosa e que penetra nos pulmões é de 10 micra. As partículas maiores que 10 micra de diâmetro ficam retidas na região nasal e na região torácica, enquanto as menores se depositam em qualquer nível. Os principais mecanismos de deposição das partículas no trato respiratório são os mesmos na captura de partículas pelas fibras constituintes dos filtros para particulados, a deposição inercial, a sedimentação, e a interceptação direta. A influência do tamanho das partículas na deposição é

representado pelas curvas de deposição de partículas para as três regiões do pulmão, conforme a Fig.4.1.

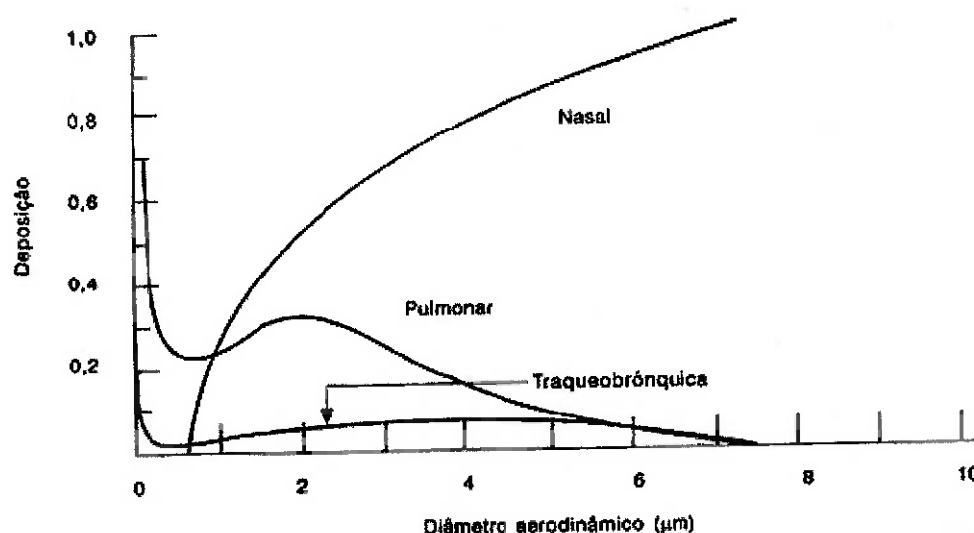


Fig.4.1- Deposição de partículas em três regiões de acordo com o seu diâmetro  
Fonte: Bon (2006)

Portanto, não basta a utilização das ferramentas a úmido para eliminação do problema da sílica, havendo necessidade de adoção de outras medidas para proteção do trabalhador.

A silicose é uma doença pulmonar incurável causada pelo acúmulo de poeira contendo sílica cristalina nos alvéolos. Essa poeira, muito fina e invisível agride os tecidos pulmonares, levando ao seu endurecimento e dificultando a respiração.

O desenvolvimento da silicose dependerá da quantidade de poeira contendo sílica existente no local de trabalho e do tempo em que o trabalhador ficar exposto. No início da doença a maioria dos trabalhadores não sente nada, porém se a exposição à poeira continuar, sintomas como tosse, emagrecimento e falta de ar ao se realizar esforços, podem aparecer rapidamente.



A Fig. 4.2 ilustra duas situações diferentes, a de pulmão sadio e a de pulmão atacado pela silicose.

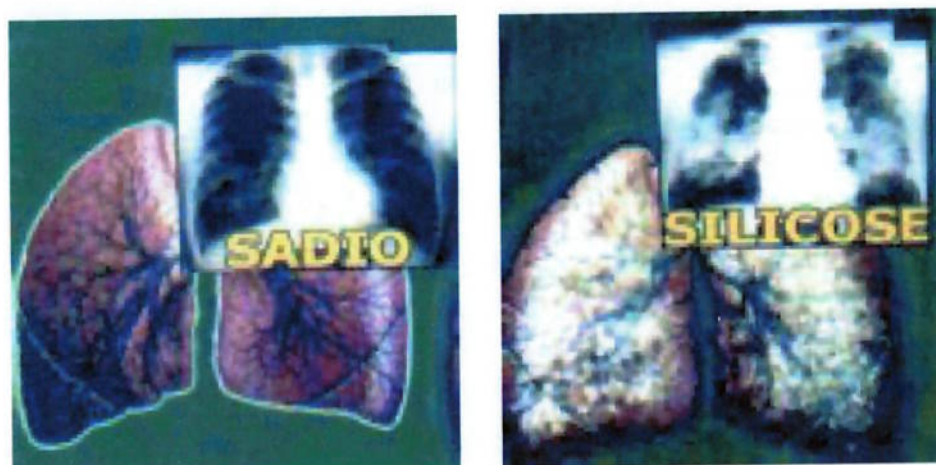


Fig.4.2 - Pulmão sadio e pulmão com silicose  
Fonte: Santos et al (2008)

Não há cura para a silicose, mas, ela pode ser evitada. Ela poderá ser prevenida evitando-se a exposição do trabalhador por meio de adoção de medidas de controle para eliminar ou reduzir a quantidade de poeira contendo sílica nos ambiente de trabalho.

Medidas proibitivas, nesse sentido foram tomadas pelo Ministério do Trabalho e Emprego, através da Portarias no.99 de 19/10/2004 proibindo o jateamento com areia e no. 43 de 11/3/2008, proibindo o processo de corte e acabamento a seco de rochas ornamentais.

## **5. MEDIDAS DE CONTROLE DA GERAÇÃO DE POEIRA SILICOSA**

São várias as medidas de controle que podem ser adotadas para o controle da exposição ocupacional à poeira silicosa. Essas medidas podem ter caráter coletivo, relacionadas ao local e ao processo de trabalho, e de caráter administrativo e pessoal. Em geral recomenda-se a adoção de um conjunto delas para prevenir a silicose.

As principais medidas coletivas são: modificações nos processos de produção, nas máquinas e ferramentas; implantação de umidificação nas operações que geram poeira; instalação de sistemas de ventilação local exaustora; isolamento ou enclausuramento de fontes geradoras de poeira; implantação de programa de manutenção, etc.

As principais medidas administrativas e pessoais são: exames médicos; orientação aos trabalhadores; implantação de procedimentos de segurança e de boas práticas de trabalho; implantação de programa de proteção respiratória; utilização de equipamentos de proteção individual; manutenção da organização e da limpeza; sinalização de advertência, entre outros.

### **5.1 UMIDIFICAÇÃO**

As operações de corte e acabamento de rochas ornamentais em marmorarias devem ser realizadas a úmido, com utilização de ferramentas e máquinas que funcionam com abastecimento contínuo de água, como, por exemplo, lixadeiras, politrizes, serras, boleadeiras e fresas.

Todas as instalações devem ser projetadas de forma a garantir a segurança e saúde dos trabalhadores. No caso das instalações elétricas deve-se atender aos requisitos e procedimentos da Norma Regulamentadora NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.

### 5.1.1 Ferramentas pneumáticas

Devem ser instalados compressores, tubulações e mangueiras que permitam o fornecimento de ar limpo, seco e com lubrificação, pressão e volume adequadamente dimensionados ao tamanho da marmoraria.

Nas Figs.5.1 e 5.2 temos exemplos de lixadeiras pneumáticas usadas em marmorarias.



Fig 5.1 -Lixadeira pneumática com acessórios  
Fonte: Santos et al.(2008)



Fig.5.2- Lixadeira pneumática com disco de desbaste  
Fonte: Santos et al.(2008)

### 5.1.2 Ferramentas elétricas

As ferramentas elétricas usadas em locais úmidos devem ser projetadas de modo a ter duplo isolamento, não se permitindo adaptações irregulares.

O isolamento e o aterramento devem ser adequados às instalações, máquinas, ferramentas e demais dispositivos para evitar o choque elétrico.

A Fig.5.3 mostra aspectos das instalações elétricas, de ar comprimido e de água.



Fig.5.3 - Instalações elétricas, de ar comprimido e de água  
Fonte: Santos et al.(2008)

Nas Figs.5.4 e 5.5 mostra-se ferramentas elétricas usadas em marmorarias.



Fig.5.4 - Lixadeira elétrica com alimentação contínua de água  
Fonte: Santos et al.(2008)



Fig.5.5 - Serra elétrica com alimentação contínua de água  
Fonte: Santos et al.(2008)

#### 5.1.3. Circulação da água utilizada

Os pontos de abastecimento de água devem ser instalados próximos às bancadas de trabalho.

Devem ser construídas canaletas com grades de proteção para permitir o escoamento da água utilizada nos trabalhos de polimento, corte, acabamento e limpeza.

A água utilizada no processo e a lama devem seguir para tanques de decantação, jamais descartados na rede pluvial, sem tratamento prévio. Nesses tanque de decantação, após a separação do resíduo sólido, a água pode ser reutilizada. O resíduo sólido deve ser depositado em locais apropriados para isso. A Fig.5.5 mostra uma bancada de trabalho contendo serra elétrica com canaleta de escoamento de água e lama.



O tanque de decantação pode ser visto na Fig.5.6



Fig.5.6 Tanque de decantação  
Fonte: Santos et al.(2008)

O aproveitamento dos resíduos gerados nas marmorarias apresentam, no seu possível aproveitamento, os mesmos problemas apontados por Pontes (2001) quando estudou o aproveitamento dos resíduos sólidos das Serrarias. O resíduo sólido é periodicamente removido do tanque de decantação e descartado.

As Figs.5.7 e 5.8 mostram como se processa o descarte dos resíduos gerados nas marmorarias, através do uso de carrinhos manuais que depositam os resíduos nas caçambas e das caçambas para transporte até os aterros.



Fig.5.7 -Carrinho manual utilizado nas marmorarias  
Fonte: Santos et al.(2008)



Fig.5.8 -Caçamba utilizada para transportar resíduos até os aterros  
Fonte: Santos et al.(2008)

## 5.2. -HIGIENE OCUPACIONAL

### 5.2.1 Equipamento de proteção individual

Apesar de se trabalhar a úmido, devido ao alto teor de sílica existente na matéria prima, a legislação prevê como medida preventiva de proteção ao trabalhador a adoção de medidas adicionais. Essas medidas se encontram na NR-6 - Equipamento de Proteção Individual (EPI). Os equipamentos de proteção individual devem possuir o Certificado de Aprovação emitido por órgão competente em Segurança e Saúde no Trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego.

Proteção respiratória – Os trabalhadores segundo a Normativa nº 01 de 11/4/1994, devem:

1. Quando se executar operações a seco, deve-se utilizar respirador do tipo peça facial inteira com filtro P3.
2. Quando no trabalho a úmido as concentrações de sílica cristalina presentes na nevoa de água formada no processo for superior ao nível de ação, correspondente à metade do limite de exposição ocupacional, recomenda-se o uso de respirador do tipo peça semifacial com filtro P3 ou respirador do tipo peça semifacial filtrante do tipo PFF3 (máscara descartável).

Segundo Torloni e Vieira (2003) a instrução normativa que criou o Programa de Proteção Respiratória (PPR) na Tabela 5.1 apresenta os respiradores que devem ser utilizados para contaminantes que contenham sílica cristalizada.

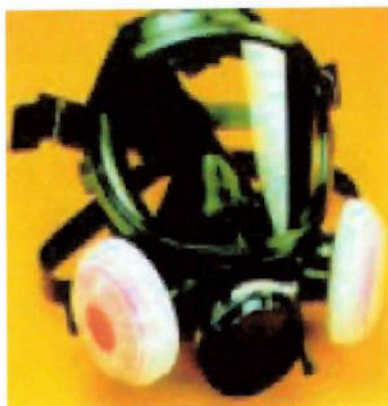
Tabela 5.1- Recomendações de seleção de equipamentos de respiração para sílica cristalizada.

Concentração Ambiental	Equipamento
Até 10 vezes o limite de tolerância	Respirador com peça semifacial ou peça filtrante, filtros P1, P2 ou P3, de acordo com o diâmetro aerodinâmico das partículas (1).
Até 50 vezes o limite de tolerância	Respirador com peça facial inteira com filtro P2 ou P3 (1). Respirador motorizado com peça semifacial e filtro P2. Linha de ar fluxo contínuo e peça semifacial. Linha de ar de demanda e peça semifacial com pressão positiva.
Até 100 vezes o limite de tolerância	Respirador com peça facial inteira com filtro P2 ou P3 (1). Linha de ar de demanda com peça facial inteira. Máscara autônoma de demanda.
Até 1000 vezes o limite de tolerância	Respirador motorizado com peça facial inteira e filtro P3. Capuz ou capacete motorizado e filtro P3. Linha de ar de demanda e peça facial inteira de pressão positiva.
Maior que 1000 vezes o limite de tolerância	Linha de ar de demanda e peça facial inteira de pressão positiva e cilindro de fuga. Máscara autônoma de pressão positiva.

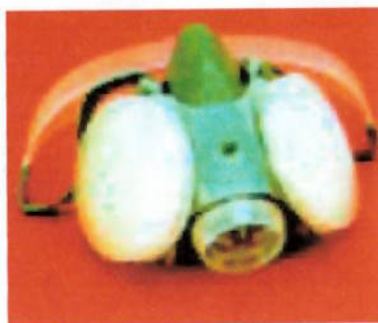
(1) Para diâmetro aerodinâmico médio maior ou igual a 2 micra podem ser utilizados filtros P1, P2 ou P3. Para diâmetro menor que 2 micra, somente filtro P3.



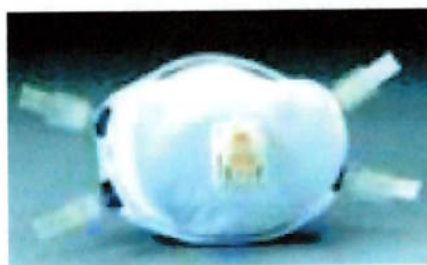
A seguir exemplos de respiradores utilizados.



**Fig.5.9 - Respirador do tipo peça facial inteira com filtro P3**  
Fonte: Santos et al. (2008)



**Fig.5.10 -Respirador do tipo peça semifacial com filtro P3**  
Fonte: Santos et al.(2008)



**Fig.5.11 -Respirador do tipo peça semifacial descartável PFF3**  
Fonte: Santos et al.(2008)

Vestimenta de proteção impermeável O trabalhador deve ser protegido da umidade no ambiente de trabalho através de um conjunto de segurança impermeável que proteja o tronco, membros superiores e membros inferiores, composto por capa ou avental, macacão ou calça e jaqueta, luvas e botas com biqueira.

Proteção dos olhos A Empresa deve fornecer óculos de segurança, preferencialmente do tipo ampla visão e anti embasante, para proteção dos olhos contra impactos de partículas, observando-se sua compatibilidade de uso com equipamentos de proteção individual utilizados.

Higiene pessoal Os hábitos de higiene pessoal que devem ser cobrados dos operários são principalmente:

- não sacudir, escovar ou soprar a poeira da roupa de trabalho.
- tomar banho e trocar a roupa antes de deixar o trabalho.
- não levar a roupa suja para lavar em casa, pois a Empresa é responsável pela lavagem de uniformes e roupas de trabalho.
- guardar as roupas de trabalho separadas das roupas de uso comum em armários duplos fornecidos pela Empresa.
- lavar as mãos e rosto antes das refeições.
- fazer as refeições, tomar café e água em um local limpo e separado da área de trabalho.
- não fumar.

### **5.2.2 Limpeza, organização e conservação da área de produção.**

A área de produção deve ser limpa, especificamente o piso, paredes, áreas de trabalho e demais superfícies onde a lama possa ficar acumulada, de maneira a manter o ambiente sempre limpo, impedindo que a lama seque, antes de ser removida. Caso a lama seque antes de ser removida ela deve ser molhada.

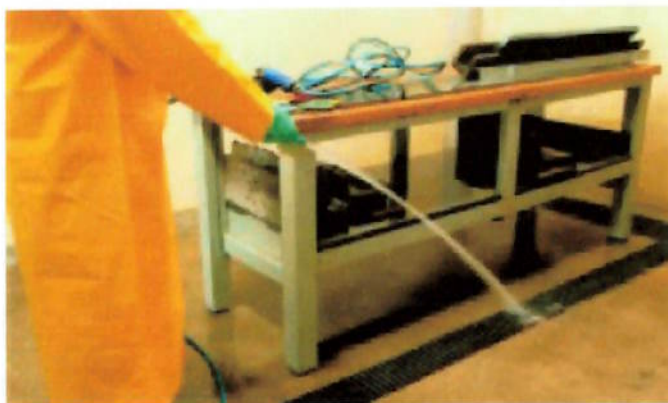


Fig.5.12 - Limpeza por lavagem com jato d'água  
Fonte: Santos et al. (2008)

Manter todas as áreas de trabalho livres de obstáculos para evitar acidentes e não atrapalhar a área de produção, a circulação e a limpeza do local.

Remover das áreas de trabalho todos os materiais destinados ao descarte, tais como: retalhos de chapas, latas e lixas usadas colocando em recipientes adequados próximos à área de trabalho.

Todos os insumos utilizados devem ser identificados e armazenados em locais apropriados com boa ventilação.

As ferramentas usadas devem ter locais adequados para serem guardadas, tais como: estantes, armários, suportes, etc.

As bancadas de trabalho devem ser posicionadas em locais que permitam a livre circulação dos operários e movimentação das peças.

Os pisos, paredes e instalações devem ter manutenção constante, evitando irregularidades.

## **6. CONTROLE MÉDICO DA SAÚDE DO TRABALHADOR**

Todos os trabalhadores em Serrarias e Marmorarias expostos a poeira contendo sílica e outros agentes químicos devem ter a sua saúde acompanhada por meio de exame admissional, periódico, de retorno ao trabalho, de mudança de função e demissional, conforme NR-7 Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional.

O exame médico admissional refere-se ao exame que o trabalhador deve se submeter antes do início das suas atividades.

O exame médico periódico deve ser realizado uma vez por ano, ou a intervalos menores, a critério do médico, assim como exames complementares.

Quando o trabalhador se afastar por período igual ou superior a trinta dias por motivo de doença ou acidente ocupacional, ao retornar ao trabalho o exame médico deve ser feito no primeiro dia da volta ao trabalho.

O exame médico de mudança de função deve ser realizado antes da mudança e o exame demissional deve ser feito quando o trabalhador se desligar da Empresa.

A Empresa deve propiciar os exames médicos especializados e complementares conforme a legislação e a critério médico.

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas Serrarias as operações são realizadas à úmido, o ambiente de trabalho é bem ventilado, periodicamente o local de trabalho é limpo e os operários, devido ao fato das operações serem automatizadas não ficam constantemente expostos à poeira silicosa evitando muitos problemas com pneumopatias.

Porém, o grande problema surge na operação de semitransformação onde existe introdução de metais pesados no resíduo sólido, devido aos abrasivos utilizados no processo.

A solução proposta seria uma mudança no projeto original da Serraria, separando a lama (resíduo sólido + água) gerada na serragem que corresponde a mais de 5 vezes do volume de lama gerado nas operações de semitransformação e transformação.

Assim, o volume de resíduo sólido gerado na serragem seria enviado para áreas de deposição de resíduos inertes (Classe IIB), enquanto que o restante do resíduo sólido gerado nas operações de semitransformação e transformação seria depositado em áreas destinadas a resíduos sólidos não inertes (Classe IIA).

Diferentemente das Serrarias, as Marmorarias não apresentam grandes problemas com a geração de resíduos sólidos, que são aproveitados e descartados com maior facilidade, principalmente pelo fato de que não se introduzir no processamento metais pesados. Porém, o maior problema é a poeira gerada durante a atividade artesanal devido a presença constante do operário no ambiente de trabalho.

Outro fato agravante é que a maioria das Marmorarias tem instalações modestas além de empresários e funcionários despreparados para esse tipo de atividade. Medidas Normativas obrigando o trabalho a úmido e proibição de jateamento das rochas ornamentais tem melhorado bastante o ambiente de trabalho nas Marmorarias.

O trabalho à úmido diminui sensivelmente a quantidade de poeira gerada nas Marmorarias, porém não a níveis desejáveis.

Outras medidas devem ser tomadas para proteção dos operários, tais como:

- Equipamentos de proteção individual;
- Higiene dos operários;
- Lavagem constante do ambiente de trabalho;
- Ventilação e etc.

O monitoramento constante da saúde dos operários se faz necessário através de exames médicos periódicos.

## CONCLUSÕES

- No beneficiamento das rochas ornamentais a maior parte do resíduo sólido é gerado na operação de serragem.
- A introdução de metais pesados no resíduo sólido da Serraria se dá nas operações de semitransformação e transformação.
- Atualmente nas Serrarias o resíduo sólido oriundo das operações de beneficiamento são misturados e tratados gerando um resíduo com 25% de umidade que deve ser descartado como resíduo Classe IIA (resíduo sólido não inerte), gerando um gasto para deposição em aterros apropriados para o recebimento desse resíduo.
- Uma solução para diminuição do custo de descarte do resíduo sólido seria a separação do resíduo sólido gerado na serragem do resíduo sólido das operações de semitransformação e de transformação, pois a maior parte do resíduo sólido gerado na Serraria estará na Classe IIB (resíduo sólido inerte), tendo um custo de descarte menor em aterros destinados a receber esse tipo de resíduo.
- Nas marmorarias, que executam atualmente apenas a operação de transformação, apesar do uso de diversos tipos de produtos químicos, a maior causa de pneumopatias nos trabalhadores são geradas pela poeira silicosa.
- A operação de transformação realizada a úmido mostra como a poeira silicosa pode ter uma redução drástica.
- Apenas o trabalho a úmido não se mostra suficiente para eliminar o perigo da sílica, sendo necessário um ambiente de trabalho bem ventilado e por parte dos trabalhadores o uso de equipamentos de

proteção individual, de medidas adequadas relativas à higiene, de lavagem da área de trabalho, e etc.

- As marmorarias seguem o mesmo processo de descarte dos seus resíduos sólidos como ocorre nas Serrarias, tendo uma diferença fundamental por não introduzir metais pesados nos seus resíduos sólidos.
- O monitoramento da saúde dos trabalhadores é um aspecto importante a ser considerado, notadamente no caso das marmorarias, pelo fato dos trabalhadores estarem em contato direto com a poeira silicosa.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 10004 Resíduos sólidos – Classificação**.2ª.ed.,71 p. 2004.

BON, A.M.T.**Exposição ocupacional à sílica e silicose entre trabalhadores de marmorarias, no município de São Paulo**. 2006.322 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública)-Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em:  
<<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/teses-lista.asp?D=CTN=447&menuAberto=215>>. Acesso em:12 Mai.2009.

BRASIL Ministério da Saúde do Brasil. Organização Panamericana da Saúde no Brasil.Doenças relacionadas ao trabalho:manual de procedimentos para os serviços de saúde/Ministério da Saúde do Brasil, Organização Panamericana da Saúde no Brasil.Brasília:Ministério da Saúde do Brasil,2000.580 p.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria no. 99, de 19 de outubro de 2004**.Proíbe o processo de trabalho de jateamento que utilize areia seca ou úmida como abrasivo.Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/legislação/portarias/2004/p-20041019-99.asp>>. Acesso em 18 Abr.2009.

\_\_\_\_\_.Portaria no.43 de 11 de Março de 2008. Proíbe o processo de corte e acabamento a seco de rochas ornamentais e altera a redação do anexo 12 da Norma Regulamentadora no.15. **Diário oficial da Republica Federativa do Brasil**, Brasília, 12 de mar.2008. Seção 1, p.99.

\_\_\_\_\_.**NR:4**: serviços especializados em engenharia de segurança e em medicina do trabalho. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/legislação/normas-regulamentadoras/nr-04b.pdf>>. Acesso em: 5 Abr.2009.

\_\_\_\_\_.**NR:6** equipamento de proteção individual: **EPI**. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/legislação/normas-regulamentadoras/nr-06-.pdf>>. Acesso em: 3 Jun.2009.

\_\_\_\_\_.**NR:7** programa de controle médico de saúde ocupacional (107.000-2). Disponível em:<<http://www.mte.gov.br/legislação/normas-regulamentadoras/nr-07.pdf>>. Acesso em:14 Jun.2009.

\_\_\_\_\_.**NR:10** segurança em instalações e serviços de eletricidade.Disponível em:<<http://www.mte.gov.br/legislação/normas-regulamentadoras/nr-10.pdf>>Acesso em:15 Jun.2009.

\_\_\_\_\_.**NR:11** transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais (111.000-4). Disponível em:<<http://www.mte.gov.br/legislação/normas-regulamentadoras/nr-11.asp>>Acesso em: 04 abr.2009.

CARANASSIOS, A.; STELLIN JR., A. A extração de rochas ornamentais.São Paulo. Revista Brasil Mineral, no.89, p.30-34, 1991.

ISTITUTO NAZIONALE COMMERCIO ESTERO.**Marmi italiani – Guida Técnica**.Milano: Vallardi Editori,1982.238 p.

KRAEMER, M.E.P. **A questão ambiental e os resíduos industriais** Disponível em:<<http://www.ambientebrasil.com.br>> Acesso em: 12 mar.2009.

MECÂNICA GERAL E MÁQUINAS LTDA.**Catálogo comercial**.São Paulo: 2004.23 p.

MELLO MENDES, F. **Condicionalismo e problemas da indústria das pedras de construção e ornamentais**.Luanda:Universidade de Luanda,1974.68 p.

PELLEGRINI MACHINE.**Catálogo comercial**.Verona:2001. 36 p.

PONTES, I. F. **Aproveitamento de finos gerados na serragem de mármore e granitos.** 2001.150 p.Tese (Doutorado)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SALVO, M.P.; BERGAMO,G. **Nosso ar está uma vergonha.**Revista Veja São Paulo.Ano 42,n.17,p.30-40.29 abr.2009.

SANTOS,A.M.A. **Exposição ocupacional a poeiras em marmorarias:tamanhos de partículas característicos.** 2005.191 f. Tese (Doutorado)-Escola de Engenharia da Universidade de Minas Gerais-Belo Horizonte,2005.

SANTOS,A.M.A.(et al.).**Marmorarias-Manual de referência:recomendações de segurança e saúde no trabalho.**São Paulo,FUNDACENTRO,40 p.2008.

SIQUEIRA, I.O.T. **Proteção respiratória nas empresas de mineração de brita no extremo oeste de Santa Catarina.** Monografia-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.PECE.90 p.2008.

STELLIN JR., A. et al. **Detection and control pollutant plumes by resistivity measurements in Brazil.** In: Mine Planning and Equipment Selection.1996.São Paulo.Mine Planning and Equipment Selection. Rotterdam:Balkema, 1996, v.1, ps.239-244.

STELLIN, M.R.M. **Planejamento de serragem de rochas ornamentais.**2003.61 p.Dissertação (Mestrado)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

\_\_\_\_\_.**Contribuição à escolha de mármore e granitos numa intervenção arquitetônica.** 2007.95 p.Tese (Doutorado)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

TORLONI, M.; VIEIRA, A. V. **Manual de proteção respiratória**. São Paulo:ed. ABHO.2003.502 p.

VIDAL, F.W.H. **Estudo dos elementos abrasivos de fios diamantados para lavra de granito do Ceará**. 1999.173 p.Tese (Doutorado)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

VIDAL, F.W.H. (et al.) **Rochas ornamentais e de revestimento**. In: Rochas e Minerais Industriais do Estado do Ceará. Fortaleza: CETEM/UECE/DNPM/FUNCAP/SENAI, 2005.p. 26-47.