

**NILTON GOULART DE SOUSA**

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL/OCUPACIONAL EM EMPRESA DO  
SEGMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO VALE DO  
SALITRE, NO ESTADO DA BAHIA.**

**São Paulo**

**2012**

NILTON GOULART DE SOUSA

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL/OCUPACIONAL EM EMPRESA DO  
SEGMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO VALE DO  
SALITRE, NO ESTADO DA BAHIA.

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

2012

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**SOUSA, NILTON GOULART DE**

### **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EM EMPRESA DO SEGMENTO DE ROCHAS**

**ornamentais do Vale do Salitre, no estado da Bahia / N.G. de  
Sousa. -- São Paulo, 2012.**

**81 p.**

**Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança  
do Trabalho) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.  
Programa de Educação Continuada em Engenharia.**

## **RESUMO**

A Bahia é o terceiro maior produtor brasileiro de rochas ornamentais e único produtor do Mármore Bege Bahia, cujas principais jazidas se distribuem no semi-árido baiano, no município de Ourolândia. Ao longo da cadeia produtiva do mármore Bege Bahia são gerados resíduos, efluentes e emissões, que caracterizam processos com infra-estrutura tecnológica incipiente. O destino final desses resíduos, na maioria das empresas presentes na região, é a disposição direta no ambiente, muitas vezes sem tratamento prévio, apesar do grande potencial de reaproveitamento e utilização como matéria-prima pelo setor da construção civil. No presente trabalho, elaborou-se um diagnóstico ambiental e ocupacional, contemplando informações sobre o processo como produção mensal dos principais produtos, consumo das principais matérias-primas, licenciamento ambiental, geração de efluentes, gestão de resíduos sólidos, emissões atmosféricas, emissões sonoras e custos da produção. Apresentou-se como resultado a constatação da inobservância à legislação específica vigente, além de elevado consumo de energia e água, disposição inadequada dos resíduos gerados durante a serragem dos blocos de mármore. Os aspectos identificados durante o diagnóstico são considerados críticos, devendo ser alvos prioritários de intervenção, no sentido de adotar medidas de produção mais limpa que visem o melhor aproveitamento de matéria-prima e insumos, a redução da geração de resíduos na fonte e a adequação do processo com foco na prevenção da poluição.

**Palavras-chaves:** marmorarias, condições ambientais, meio ambiente, monitoramento ambiental, segurança ocupacional

## **ABSTRACT**

The Bahia state is the third Brazilian producing greater of ornamental rocks and only producer of the Beige Marble Bahia, whose main deposits if distribute in the half-barren Bahian, in the city of Ourolândia. Throughout the productive chain of the Beige marble Bahia is generated residues, effluent and emissions, that characterize processes with incipient technological infrastructure. The final destination of these residues, in the majority of the companies gifts in the region, is the direct disposal in the environment, many times without previous treatment, although the great potential of use as raw material for the sector of the civil construction. In the present work, an ambient and occupational diagnosis was elaborated, contemplating information on the process as monthly production of the main products, consumption of main raw materials, ambient licensing, generation of effluent, atmospheric management of solid residues, emissions, sonorous emissions and costs of the production. It was presented as resulted the constatação of the non-observance to the effective specific legislation, beyond raised consumption of energy and water, inadequate disposal of the residues generated during the serragem of the marble blocks. The aspects identified during the diagnosis are considered critical, having to be white with priority of intervention, in the direction to adopt measured of production cleaner than they aim at optimum raw material exploitation and insumos, the reduction of the generation of residues in the source and the adequacy of the process with focus in the prevention of the pollution.

**keys–words:** marble shops, environment conditions, environment, occupational safety

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processo de extração do mármore.....	2
Figura 2 – Fábrica de Mármores.....	3
Figura 3 – Cristal de quartzo no granito.....	4
Figura 4 – Pulmão sadio e pulmão com silicose.....	5
Figura 5 – Sistema de Decantação e Reuso de Água.....	8
Figura 6 – Exemplo de sinalização.....	11
Figura 7 – Município de Ourolândia.....	20
Figura 8 – Etapas do beneficiamento do mármore.....	31
Figura 9 – Fluxo esquemático dos processos operacionais na marmoraria.....	33
Figura 10 – Cortadeira de Mármores.....	34
Figura 11 – Cortadeira Manual.....	35
Figura 12 – Serra diamantada.....	36
Figura 13 – Concentrações de estireno no efluente da Empresa estudada e corpo hídrico (rio Itapicuru) .....	47
Figura 14 – Concentração de M.P durante o dia.....	53
Figura 15 – Concentração de M.P durante a noite.....	53
Figura 16 – Concentração de M.P a montante.....	54
Figura 17 – Concentração de M.P a jusante.....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipologia climática do município de Ourolândia.....	20
Tabela 2 – Indústria, comércio, agricultura e administração de Ourolândia.....	21
Tabela 3 – Número de funcionários da empresa estudada.....	28
Tabela 4 – Produção mensal de produtos da empresa estudada.....	38
Tabela 5 – Período de funcionamento dos equipamentos da empresa estudada.....	38
Tabela 6 – Consumo de matérias–primas/insumos da empresa estudada.....	39
Tabela 7 – Locais de armazenamento de matéria–prima e insumos da empresa estudada.....	40
Tabela 8 – Formas de acondicionamento da empresa estudada.....	40
Tabela 9 – Licença Ambiental da empresa estudada.....	41
Tabela 10 – Aspectos ambientais críticos da empresa estudada.....	41
Tabela 11 – Resultado das análises dos efluentes líquidos da empresa estudada.....	44
Tabela 12 – Resultados: amostras do corpo hídrico receptor (rio Itapicuru)....	45
Tabela 13 – Resíduos gerados no processo industrial da empresa estudada..	47
Tabela 14 – Formas de acondicionamento de resíduos da empresa estudada.....	48
Tabela 15 – Local e tipo de armazenamento de resíduos da empresa estudada.....	49
Tabela 16 – Destinação dos resíduos do processo da empresa estudada.....	50
Tabela 17 – Resultados da analises realizadas na massa bruta do resíduo da empresa estudada.....	51
Tabela 18 – Padrão Nacional de Qualidade do Ar. Resolução CONAMA nº 003/90, de 28/06/1990.....	56
Tabela 19 – Critérios para Episódios Críticos de Poluição do Ar. Resolução CONAMA nº 003/90, de 28/06/1990.....	56

Tabela 20 – Varredura de metais no material particulado da empresa estudada.....	57
Tabela 21 – Resultado de estireno no material particulado da empresa estudada.....	61
Tabela 22 – Emissões sonoras (ruído) da empresa estudada.....	62
Tabela 23 – Dados quantitativos de matérias-primas e insumos da empresa estudada.....	63
Tabela 24 – Dados quantitativos dos principais subprodutos da empresa estudada.....	64
Tabela 25 – Dados quantitativos dos principais resíduos da empresa estudada.....	64

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	1
1.1. Objetivo .....	1
1.2. Justificativa.....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	2
2.1. A Questão das Marmorarias.....	2
2.3. Controle da Exposição à Poeira .....	5
2.3.1 Medidas de Controle Coletivas.....	6
2.3.2. Medidas de Controle Administrativas e Pessoais.....	8
2.4. Controle da Exposição ao Ruído.....	12
2.5. Controle da Exposição a Outros Fatores de Risco.....	13
2.5.1 Riscos de Acidentes.....	13
2.5.2. Agentes Químicos .....	14
2.5.3. Vibração em Mão e Braços .....	15
2.5.4. Riscos Ergonômicos.....	16
2.6. Monitoramento das Medidas de Controle da Exposição dos Trabalhadores.	17
2.7. Controle Médico de Saúde do Trabalhador.....	17
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	19
3.1. Caracterização da Área de estudo .....	19
3.1.1. Bacia do Rio Itapicuru: Características Fisiográficas.....	19
3.1.2. Município de Ourolândia.....	19
3.2. Caracterização ambiental/ocupacional e de processo. ....	23
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	28

4.1. Diagnóstico Ambiental, Ocupacional e de Processo .....	28
4.1.1. Identificação da Empresa .....	28
4.1.2. Informações Sobre o Processo .....	29
4.1.3. Produção mensal dos principais produtos.....	37
4.1.4. Consumo Mensal das Principais Matérias–Primas/Insumos .....	39
4.1.5. Licenciamento Ambiental .....	41
4.1.6. Aspecto Ambiental Considerado mais Crítico na Empresa .....	41
4.1.7. Consumo de Energia.....	43
4.1.8. Efluentes Líquidos .....	43
4.1.9. Resíduos Sólidos.....	47
4.1.10. Emissões Atmosféricas .....	51
4.1.12. Emissões Sonoras.....	62
4.1.13. Custos Associados a Matérias–Primas e Insumos.....	62
4.1.14. Custos Associados a Subprodutos, Resíduos, Efluentes e Emissões.	
	63
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>67</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O mármore Bege Bahia, trata-se de um tipo de rocha ornamental calcária com ampla aceitação no mercado nacional, principalmente na construção civil, moveleira e na decoração de ambientes internos. É uma das rochas mais consumidas no Brasil, com vendas orientadas para o mercado interno, representando cerca de 30% da produção baiana. As principais jazidas e ocorrências de mármore Bege Bahia se distribuem ao longo do Vale do Salitre no município de Ourolândia. (RIBEIRO, 2002).

A marmoraria produz peças de várias formas, de rara beleza e de grande importância econômica que são aplicáveis na construção civil. São utilizadas na produção rochas como granitos, ardósias, mármore.

Os processos e procedimentos utilizados em marmorarias envolvem transporte de chapas, polimento, corte e acabamento. Para o desenvolvimento destas atividades existem riscos para os trabalhadores devidos à geração de poeira, ruído, vibração, além de riscos de acidentes e problemas ergonômicos.

### 1.1. Objetivo

O presente estudo tem por objetivo elaborar um diagnóstico ambiental/ocupacional e de processo do beneficiamento de mármore Bege Bahia, apresentando os principais aspectos ambientais ocupacionais e seus possíveis impactos, através da construção de um diagrama de bloco do fluxo de processo e análise de inputs (entradas: matérias-primas e insumos) e outputs (resíduos, efluentes, emissões).

### 1.2. Justificativa

A proposta do presente trabalho justifica-se pela necessidade de implantação de tecnologias de Produção mais Limpa (P+L) nas empresas de extração e beneficiamento de mármore Bege Bahia. Representa uma proposta de tornar o processo produtivo menos danoso aos trabalhadores, meio ambiente e economicamente mais viável, através de intervenções não apenas de caráter tecnológico como também de melhor gestão.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. A Questão das Marmorarias

O estudo das marmorarias desses municípios baianos se deve à sua relevância econômica, ocupacional e ambiental. O segmento da marmoraria produz peças de várias formas e de grande importância econômica que são aplicáveis na construção civil. São utilizadas na produção rochas como granitos, ardósias, mármores. Os processos e procedimentos em sua produção envolvem transporte de chapas, polimento, corte e acabamento. Para o desenvolvimento destas atividades existem riscos para os trabalhadores devidos à geração de poeira, ruído, vibração, além de riscos de acidentes e problemas ergonômicos (SANTOS, 2008).

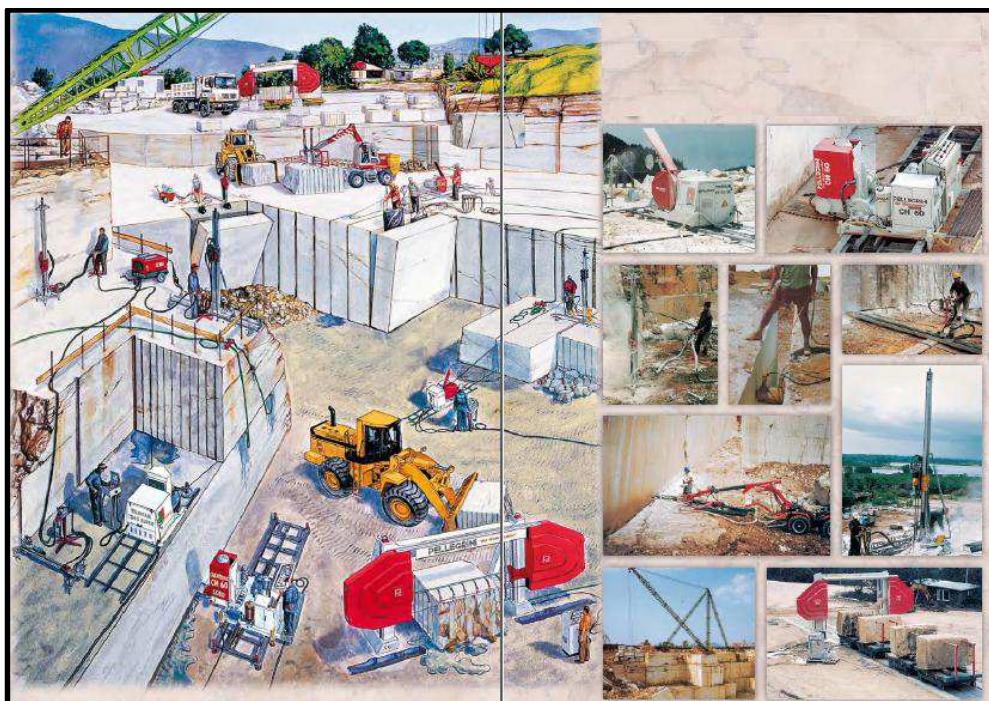


Figura 1 – Processo de extração do mármore. Fonte: Pellegrini, 2001.

O processo de beneficiamento do mármore Bege Bahia envolve inicialmente o corte dos blocos oriundo das pedreiras, em chapas. Em seguida, as chapas são direcionadas para o polimento, onde são utilizados como insumos, resinas poliéster à base de estireno, com o objetivo de preencher as imperfeições da rocha e dar brilho à chapa de mármore. Por fim, as chapas polidas são enviadas para as marmorarias onde passam pela etapa de acabamento final. Ao longo de toda a cadeia produtiva são gerados resíduos,

efluentes e emissões, que caracterizam processos com infra-estrutura tecnológica incipiente. O destino final desses resíduos, na maioria das empresas presentes na região, é a disposição direta no ambiente, muitas vezes sem tratamento prévio, apesar do grande potencial de reaproveitamento e utilização como matéria-prima pelo setor da construção civil.



Figura 2 – Fábrica de Mármore. Fonte: Pellegrini, 2001.

No beneficiamento dessas rochas, as operações mais perigosas são o desbaste e o lixamento, pois geram altas concentrações de poeira. 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 mármoreos são as rochas que possuem menor quantidade de sílica cristalina (JOINVILLE, 2008; STELLIN, 2010).

A silicose é a mais antiga doença ocupacional conhecida, caracteriza-se pela formação de cicatrizes permanentes nos pulmões provocados pela inalação do pó de sílica (quartzo), ocorrendo em indivíduos que inalaram pó de

sílica durante muitos anos. A sílica é o principal constituinte da areia, e, por essa razão, a exposição a essa substância é comum entre os trabalhadores de minas de metais, os cortadores de arenito e de granito, os operários de fundições e os ceramistas. Normalmente, os sintomas manifestam-se somente após vinte a trinta anos de exposição ao pó (BAIRD, 2002; STELLIN, 2010).

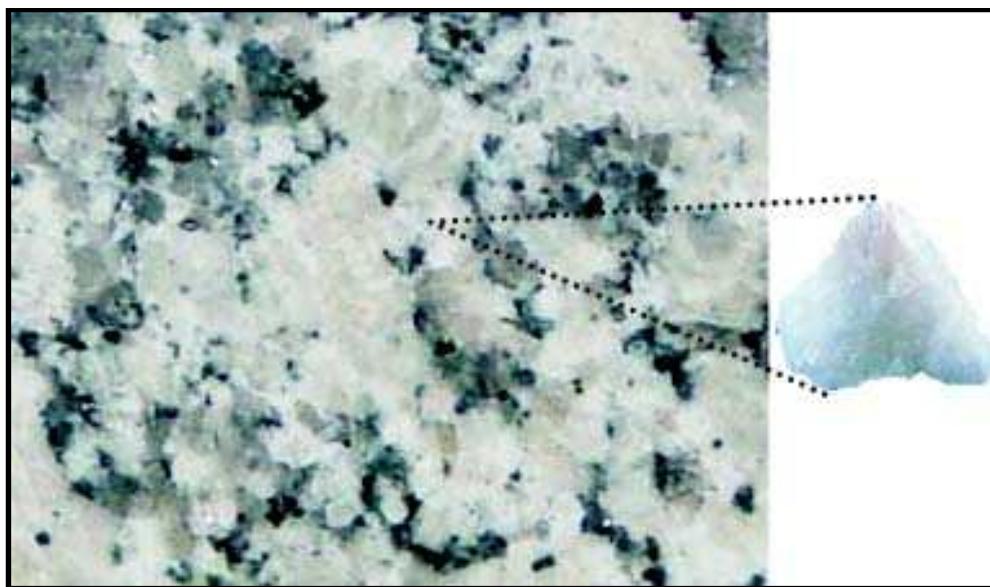


Figura 3 – Cristal de quartzo no granito. Fonte: Santos *et al* 2008.

Esta 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 que o trabalhador fica 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 (KULCSAR NETO, 1995).



Figura 4 – Pulmão sadio e pulmão com silicose. Fonte: Santos et al 2008.

Além da exposição ocupacional à poeira contendo sílica, os trabalhadores podem estar expostos a outros agentes químicos, como aqueles presentes nas colas, na massa plástica, nas ceras e nos produtos utilizados para uniformizar a superfície das chapas e para realizar atividades de limpeza em geral. Os solventes das colas como, por exemplo, monômero de estireno, metil etil cetona, por serem ototóxicos, podem contribuir com a perda auditiva dos trabalhadores, doenças do sistema nervoso central, doenças do sistema respiratório, irritação da pele e olhos e queimaduras (SANTOS, 2008).

Outro agente que causa impacto na saúde dos trabalhadores é o ruído gerado principalmente pelas serras de corte e ferramentas manuais motorizadas utilizadas nos processos de acabamento. A exposição ao ruído pode resultar em um grave problema que é a Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR). Essa perda auditiva é de caráter irreversível e vem sendo observada numa quantidade elevada de trabalhadores que atuam nesse setor produtivo. O ruído pode ocasionar também outros problemas de saúde como: zumbido no ouvido, alterações digestivas e cardíacas, fadiga, dor de cabeça e redução na concentração.

### **2.3. Controle da Exposição à Poeira**

Existem vários tipos de medidas que podem ser adotadas para o controle da exposição ocupacional à poeira. As medidas podem ser de caráter

coletivo, relacionadas ao local e ao processo de trabalho, e de caráter administrativo e pessoal. Em geral, é necessário adotar um conjunto delas para prevenir a silicose. As principais medidas coletivas são: modificações nos processos de produção, nas máquinas e nas 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, entre outras (SANTOS, 2008).

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.

### 2.3.1 Medidas de Controle Coletivas

Segundo Santos 2008, entre as medidas de controle coletivas a solução técnica mais adequada e de melhor resultado para a redução da exposição à poeira é a mudança do processo de acabamento a seco para o processo de acabamento a úmido.

**Umidificação:** As operações de corte e acabamento de rochas ornamentais em marmorarias devem ser realizadas a úmido, com a utilização de ferramentas e máquinas que funcionam com abastecimento contínuo de água, como, por exemplo, lixadeiras, politrizes, serra-mármore, boleadeiras e fresas. Para a implantação da umidificação no processo de acabamento são necessárias adequações nas instalações da marmoraria para a utilização de ferramentas pneumáticas ou elétricas com abastecimento contínuo de água.

Todas as instalações devem ser projetadas, reformadas, ampliadas, reparadas e inspecionadas de forma a garantir a segurança e a 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.

**Para uso de 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 e à quantidade de máquinas a serem utilizadas. Os compressores devem ser enclausurados ou isolados da área de produção quando o ruído gerado for prejudicial aos trabalhadores ou à vizinhança. As ferramentas pneumáticas devem ser compatíveis com as instalações existentes, preservando-se as características de proteção e respeitadas às recomendações dos fabricantes.

Para uso de ferramentas elétricas: As ferramentas elétricas utilizadas em locais com processo a úmido devem ser projetadas para essa finalidade, ter duplo isolamento e serem aplicadas rigorosamente dentro das recomendações dos fabricantes. Não devem ser permitidas adaptações irregulares. O isolamento e o aterramento devem ser adequados às instalações, máquinas, ferramentas e demais dispositivos para evitar o choque elétrico, principalmente nas operações a úmido. Devem ser utilizados apenas equipamentos, dispositivos e ferramentas elétricas compatíveis com a instalação existente, preservando-se as características de proteção do sistema e a segurança dos usuários.

Abastecimento de água: As linhas de abastecimento de água devem fornecer vazão e pressão adequadas às características das ferramentas utilizadas. Devem ser instalados pontos de abastecimento de água em quantidade suficientes e próximos às bancadas de trabalho.

Escoamento da água: Devem ser construídas caneletas com grades de proteção para permitir o escoamento da água utilizada nas tarefas de polimento, corte, acabamento e limpeza. O piso deve ser regular e favorecer o escoamento da água em direção as canaletas.

Decantação da lama e reaproveitamento da água: A água utilizada no processo, juntamente com a lama, deve seguir para tanques de decantação. Esse material jamais deve ir para o esgoto comum ou rede pluvial sem tratamento prévio. A lama depositada tanto nas canaletas de escoamento como nos tanques de decantação deve ser removida ainda molhada e armazenada para destinação adequada, conforme legislações pertinentes nos níveis federal, estadual e municipal. O projeto e instalação de um sistema de tratamento da água, bem como o seu reaproveitamento na produção, devem ser feitos por

profissional especializado. A água de reuso, quando utilizada no processo, deve apresentar qualidade que não implique risco à saúde dos trabalhadores.

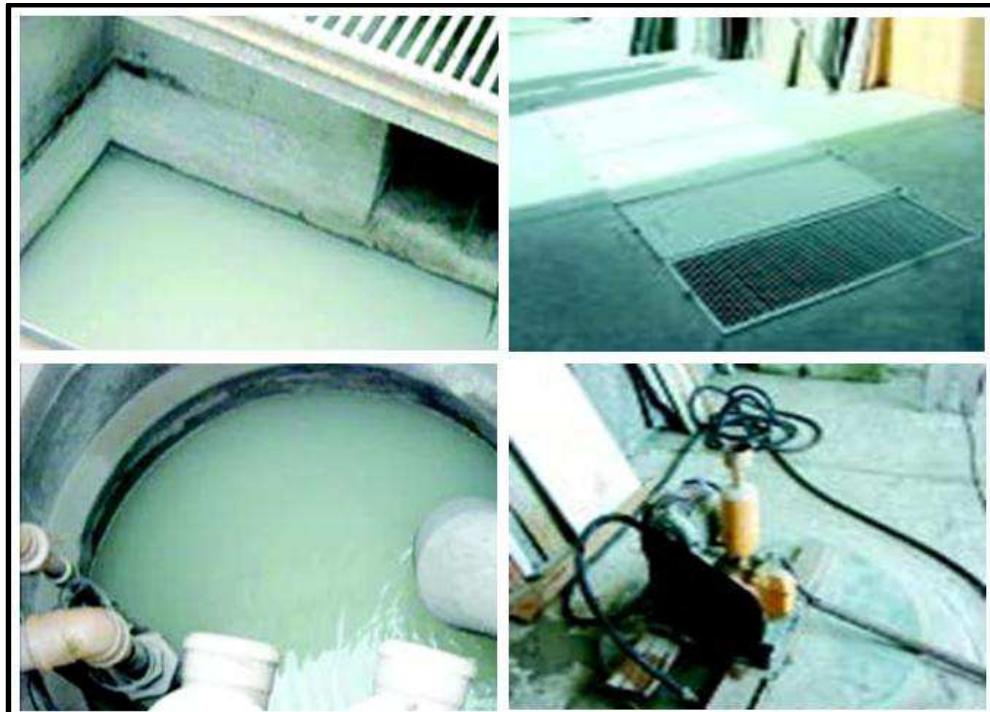


Figura 5 – Sistema de Decantação e Reuso de Água. Fonte: Santos et al, 2008.

### 2.3.2. Medidas de Controle Administrativas e Pessoais

Segundo Santos 2007, a umidificação reduz significativamente a exposição dos trabalhadores à poeira, no entanto, devido à utilização de matérias-primas com alto teor de sílica cristalina em marmorarias, ainda existe algum risco de exposição. Por isso, devem ser adotadas medidas adicionais de caráter administrativo e pessoal integradas aos programas de saúde e segurança da empresa, conforme previsto na legislação.

**Equipamento de Proteção Individual:** A empresa deve fornecer aos trabalhadores, gratuitamente, os equipamentos de proteção individual com Certificado de Aprovação (CA) emitido pelo órgão competente em Segurança e Saúde no Trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego, conforme a Norma Regulamentadora NR-6 Equipamento de Proteção Individual EPI.

Os trabalhadores deverão utilizar o equipamento de proteção respiratória (respiradores/ máscaras) em todas as atividades realizadas em marmorarias,

conforme o Quadro II da Instrução Normativa Nº 01 de 11/4/1994, nas seguintes situações:

- Enquanto a umidificação no processo de acabamento não estiver completamente implantada e ainda forem executadas operações a seco, deve ser utilizado respirador do tipo peça facial inteira com filtro P3;
- Após a implantação da umidificação e quando o monitoramento da exposição indicar que as concentrações de sílica cristalina presentes na névoa de água formada no processo forem superiores ao nível de ação, correspondente à metade do limite de exposição ocupacional, poderá ser utilizado respirador do tipo peça semifacial com filtro P3 ou um respirador do tipo peça semifacial filtrante do tipo PFF3 (máscara descartável).

Segundo Torloni 2002, a empresa deve oferecer equipamentos de proteção respiratória que permitam o melhor ajuste ao rosto de cada operador (peça facial inteira, semifacial ou máscara descartável), de modo a proporcionar uma vedação adequada e consequentemente a proteção necessária com esse tipo de medida de controle. A utilização dos respiradores deve fazer parte de um programa de proteção respiratória, o qual deve contemplar no mínimo os seguintes itens:

- Critérios técnicos de seleção dos respiradores;
- Ensaios de vedação;
- Fatores que influem na vedação do respirador, como uso conjunto com óculos de segurança, protetor auricular tipo concha, bonés, entre outros acessórios;
- Política sobre o uso de barba;
- Normas ou procedimentos para distribuição dos respiradores aos usuários;
- Procedimentos para guarda e substituição dos respiradores;
- Orientação aos usuários.

É importante ressaltar que os itens relativos ao Programa de Proteção Respiratória (PPR) deverão estar contidos no Programa de Prevenção dos Riscos Ambientais (PPRA) da empresa. A empresa deve fornecer o conjunto de segurança impermeável para proteção do tronco, membros superiores e membros inferiores contra umidade proveniente de operações com água, composto por: capa ou avental, macacão ou calça e jaqueta, luvas e botas com biqueira.

Torloni 2002, também cita que empresa deve fornecer óculos de segurança, preferencialmente do tipo ampla visão e anti-embaçante, para proteção dos olhos contra impactos de partículas multidirecionais, observando-se a sua compatibilidade de uso com outros EPIs utilizados.

**Limpeza da área de produção:** Lavar 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. Caso isso ocorra, ela deve ser molhada antes de ser removida.

**Organização e conservação:** Manter todas as áreas de trabalho livres de obstáculos para evitar acidentes e não atrapalhar a 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, e colocar em recipientes de coleta adequados, preferencialmente próximos à área de produção. Identificar e rotular todos os produtos químicos utilizados na marmoraria, tais como: colas, solventes, ceras, produtos para polimento, entre outros. Esses produtos devem ser manipulados em locais com boa ventilação e devem ser armazenados em local apropriado de forma a não oferecer risco.

**Sinalização de advertência:** As áreas de trabalho devem ser sinalizadas com cartazes de advertência dos riscos da atividade (Figura 6).



Figura 6 – Exemplo de sinalização.

Higiene Pessoal: Além dos cuidados referentes ao ambiente de trabalho, os trabalhadores devem ser orientados sobre os seguintes hábitos de higiene pessoal:

- Não sacudir, escovar ou soprar a poeira da roupa de trabalho;
- Tomar banho e trocar a roupa antes de deixar o local de trabalho;
- Não levar a roupa suja para lavar em casa, pois a empresa é responsável pela lavagem de uniformes ou roupas de trabalho;
- Guardar as roupas de trabalho separadas das roupas de uso comum em armários duplos fornecidos pela empresa;
- Lavar as mãos e o rosto antes de se alimentar;

- Fazer as refeições, tomar café e água em um local limpo e separado da área de produção;
- Não fumar;
- Eliminação do jateamento de rochas ornamentais;

O jateamento abrasivo com areia, tanto para operações executadas a seco como a úmido está proibido pela Portaria Nº 99 de 19/10/2004, do Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho DSST/MTE, que altera o Anexo Nº 12 da Norma Regulamentadora NR-15. Em marmorarias, não deve ser realizada a operação de jateamento de rochas ornamentais com nenhum tipo de abrasivo, pois as rochas ornamentais podem conter altos teores de sílica cristalina.

#### **2.4. Controle da Exposição ao Ruído**

Considerando-se as características e a tecnologia presentes no processo produtivo em marmorarias, o uso do protetor auditivo constitui uma medida de controle importante na prevenção das perdas auditivas induzidas pelo ruído, junto com outras ações que devem ser implementadas para o controle da exposição.

Cabe à empresa:

- Fornecer protetor auditivo a todos os trabalhadores expostos ao ruído;
- Oferecer aos trabalhadores opções de escolha de diferentes tipos de protetores que contemplem os aspectos de conforto e eficiência de atenuação, de maneira a proporcionar o compromisso de uso contínuo ao longo da jornada diária;
- Fornecer locais adequados para guarda e higienização, isentos de poeira ou outros contaminantes;
- Orientar os trabalhadores sobre a colocação de forma correta do protetor no ouvido, especialmente para o do tipo de inserção e os cuidados sobre sua manipulação e higienização;

- Orientar os trabalhadores sobre a importância do uso contínuo do protetor ao longo da jornada, ou seja, sempre que o trabalhador estiver exposto ao ruído;
- Manter um controle médico efetivo sobre as perdas auditivas dos trabalhadores e sua evolução, por meio de Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional que prevê a realização de audiometrias periódicas;
- Fornecer discos de corte com alma silenciosa para as operações de corte com serras a úmido, visando a redução do ruído gerado nesse tipo de operação;
- Orientar os trabalhadores sobre os procedimentos e demais aspectos relacionados ao controle da exposição ao ruído.

Cabe aos trabalhadores seguir as orientações e procedimentos fornecidos pela empresa e utilizar de forma correta o protetor auditivo de modo contínuo ao longo da jornada de trabalho. Os itens citados anteriormente constituem ações recomendadas em Programas de Conservação Auditiva (PCA) e devem estar presentes nos Programas de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) das empresas.

Observação importante quanto à utilização de EPI: caso o trabalhador deixe de utilizar o protetor auditivo por apenas uma hora ao longo da sua jornada de trabalho, isto é como se a proteção oferecida pelo mesmo reduzisse próximo da metade.

## **2.5. Controle da Exposição a Outros Fatores de Risco**

Além do controle da exposição à poeira e ao ruído, outros fatores de risco também devem ser observados.

### **2.5.1 Riscos de Acidentes**

No ramo de marmorarias, os acidentes podem ser causados por situações adversas encontradas nos ambientes e no processo de trabalho, envolvendo aspectos relacionados ao tipo de construção, ao tipo de arranjo físico e à manutenção de máquinas e equipamentos. Entre as principais medidas para o controle dos riscos de acidentes podemos citar:

- Instalação de dispositivos de proteção nas partes móveis de máquinas e equipamentos;
- Adequação das instalações elétricas e do aterramento, para evitar o choque elétrico, conforme requisitos da NR-10;
- Definição de procedimentos seguros para o armazenamento e o manuseio de materiais inflamáveis;
- Instalação de extintores de incêndio e instrução para utilização adequada dos mesmos;
- Definição de procedimentos seguros para a utilização de máquinas e de ferramentas manuais e de bancadas;
- Adequação do arranjo físico da marmoraria e desobstrução das áreas de trabalho;
- Adequação aos requisitos do Anexo I do item 11.4.1 da NR-11: "Regulamento Técnico de Procedimentos para Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Chapas de Mármore, Granito e outras Rochas".

#### 2.5.2. Agentes Químicos

Segundo ABNT 2005, para o controle da exposição aos agentes químicos presentes nas colas, na massa plástica, nas ceras e nos produtos utilizados para uniformizar a superfície das chapas e para realizar atividades de limpeza em geral, recomenda-se:

- Substituir, quando possível, colas e massas plásticas à base de solventes orgânicos voláteis por colas com solventes à base de água;
- Realizar as operações de colagem em ambiente bem ventilado;
- Manipular os produtos químicos conforme orientação contida nos rótulos e em Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) elaborada de acordo com o preconizado na NBR 14725 (ABNT, 2005);
- Manter sempre fechados, quando não estiverem sendo utilizados, os recipientes que contêm substâncias químicas;

- Utilizar somente os produtos contidos em embalagens originais e com rótulos que permitam a sua identificação e verificação da data de validade;
- Não reutilizar embalagens de produtos químicos para guardar qualquer outro material;
- Guardar os produtos químicos em local bem ventilado e distante de fontes de ignição, tais como: quadros de eletricidade, maçaricos, raios solares, entre outros;
- Usar respiradores com filtro químico, luvas e vestimentas adequadas para o manuseio de
- Produtos químicos;
- Não fumar.

#### 2.5.3. Vibração em Mão e Braços

Cunha, 2006 cita que os trabalhadores devem ser orientados sobre os efeitos da exposição, os cuidados e os procedimentos necessários para minimização da exposição à vibração em mãos e braços e buscar ajuda médica sempre que sentirem formigamentos, dormências intensas ou dor nas mãos de forma continua. Na substituição do processo de acabamento a seco pelo acabamento a úmido, o uso de ferramentas pneumáticas alimentadas com água, mais leves, com acessórios balanceados e de boa qualidade, contribui para a redução da exposição à vibração.

Entre as ações voltadas ao controle da exposição à vibração deve-se:

- Utilizar ferramentas em bom estado de conservação;
- Realizar a manutenção das ferramentas, em especial aquelas com eixo excêntrico;
- Substituir discos ou rebolos gastos ou defeituosos;
- Substituir discos ou rebolos novos quando o operador perceber que estes produzem vibração excessiva;

- Adequar o tipo de ferramenta, o acessório utilizado e a velocidade de rotação para realizar a operação de maneira a reduzir ao mínimo a exposição à vibração;
- Adotar pausas sem exposição à vibração, durante as operações, de no mínimo 10 minutos a cada hora de trabalho com ferramentas motorizadas;
- Evitar a realização das operações de desbaste de forma contínua ao longo da jornada de trabalho, intercalando-as com operações que geram menor nível de vibração como acabamento fino e lustro, ou outras que não apresentem exposição à vibração;
- Centralizar acessórios e discos abrasivos junto às ferramentas, com especial atenção aos
- Discos cerâmicos acoplados ao prato das lixadeiras por meio de velcro.

#### 2.5.4. Riscos Ergonômicos

Entre os riscos ergonômicos que se fazem presentes nas marmorarias, merecem destaque aqueles relacionados aos fatores biomecânicos, como os devidos ao levantamento, transporte e descarga manual de chapas e de peças com peso excessivo.

A movimentação de blocos e peças é feita por máquinas, o que mitiga mas não elimina os riscos ergonômicos. As condições de trabalho, as posturas e o posicionamento dos trabalhadores em seus postos de trabalho também apresentam riscos à saúde e de acidentes. As principais causas desses riscos são as bancadas de trabalho inadequadas, as máquinas e as ferramentas que exigem esforço dos trabalhadores para realização das atividades.

Para a eliminação ou a redução dos principais riscos ergonômicos observados no ramo de marmorarias, recomenda-se:

- Adequação dos postos de trabalho com base em uma análise ergonômica que leve em consideração a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores (bancadas, suportes, dispositivos de fixação, etc), conforme previsto na NR-17;

- Substituição de bancadas improvisadas e cavaletes;
- Adequação aos requisitos do Anexo I da NR-11, conforme mencionado no item de riscos de acidentes, para o transporte e manuseio de chapas de mármores, granito e outras rochas dentro da marmoraria;
- Melhoria da organização do trabalho com a introdução de máquinas e ferramentas modernas no processo de produção, a introdução de procedimentos seguros e orientação aos trabalhadores;
- Definição de procedimentos seguros para operação de máquinas e ferramentas, levando em consideração às posturas dos trabalhadores, como por exemplo, operação de politrizes manuais, de serras, de furadeiras e de pontes rolantes;
- Adequação da iluminação geral e suplementar dos ambientes de trabalho ao tipo de atividade exercida;
- Colocação de assentos para o descanso dos trabalhadores durante as pausas, pois a maioria das atividades nas marmorarias é realizada em pé.

## **2.6. Monitoramento das Medidas de Controle da Exposição dos Trabalhadores.**

O monitoramento das medidas de controle e da exposição dos trabalhadores deve ser realizado por meio de avaliações qualitativas e quantitativas dos agentes de risco presentes nas marmorarias, visando comprovar a eficácia das medidas de controle implantadas, conforme cronograma que deve estar previsto no Programa de Prevenção de Riscos Ambientais PPRA (NR-9). O registro de todas as informações e dados gerados por meio do monitoramento deve ser mantido pela empresa, estruturado e inserido no histórico técnico e administrativo do PPRA (SANTOS, 2008).

## **2.7. Controle Médico de Saúde do Trabalhador.**

A saúde de todo trabalhador que se expõe à poeira contendo sílica e a outros agentes em uma marmoraria deve ser acompanhada por meio de exames médicos admissional, periódico, de retorno ao trabalho, de mudança de função e demissional, conforme NR-7: Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO). O exame médico admissional deve ser

realizado antes que o trabalhador assuma suas atividades. O exame médico periódico deve ser realizado anualmente, ou a intervalos menores, a critério do médico coordenador do PCMSO, assim como os exames complementares. Em caso de afastamento, o exame médico de retorno ao trabalho deve ser realizado no primeiro dia da volta ao trabalho do trabalhador ausente por período igual ou superior a 30 (trinta) dias por motivo de doença ou acidente de natureza ocupacional ou não. O exame médico de mudança de função deve ser realizado antes da mudança e o exame médico demissional deve ser realizado quando o trabalhador se desligar da empresa.

A empresa deve garantir que os trabalhadores realizem os exames especializados previstos na legislação e os exames complementares necessários conforme critério médico. O médico do trabalho avaliará, além das doenças ocupacionais, os agravos à saúde do trabalhador relacionada ao processo produtivo em marmorarias.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Para o estudo da empresa, foi feita uma caracterização do município, da bacia que se encontra inserido o empreendimento e um diagnóstico ambiental, ocupacional e de processo.

#### **3.1. Caracterização da Área de estudo**

O empreendimentos estudado localiza-se no município de Ourolândia, sendo a presença da matéria-prima um fator determinante para a localização das pedreiras e unidades de beneficiamento, no intuito de reduzir os custos com transporte do material bruto das pedreiras até às unidades de beneficiamento. As bacias hidrográficas onde está inserido o município é do Rio Itapicuru.

##### **3.1.1. Bacia do Rio Itapicuru: Características Fisiográficas**

A bacia do rio Itapicuru está totalmente inserida no estado da Bahia com uma área de 36.440 km<sup>2</sup>, situada na porção nordeste do estado entre as coordenadas 10º 00' e 12º 00' de latitude Sul e 37º 30' e 40º 45' de longitude oeste. Limita-se a norte com as bacias dos rios Real e Vaza-Barris, a oeste com a bacias dos rios Salitre e São Francisco e a sul com as bacias dos rios Paraguaçu e Inhambupe. Os municípios que possui seus territórios 100% inseridos na bacia do rio Itapicuru são: Andorinha, Antônio Gonçalves, Araci, Caem, Caldeirão Grande, Cansanção, Capim Grosso, Cipó, Crisópolis, Filadélfia, Itiúba, Monte Santo, Nordestina, Nova Soure, Olindina, Pindobaçu, Porto Novo, Queimadas, Quinjingue, Santa Luz, Saúde, Senhor do Bonfim e Tucano. Os principais rios da bacia são: Itapicuru, Itapicuru-mirim, Itapicuru-açu, rio do Peixe, rio Cariaçá e rio Quinjingue. Os principais usos da água da bacia são: abastecimento urbano e rural; irrigação e dessedentação de animais; aquicultura; mineração; garimpo; pesca; lazer e turismo e abastecimento industrial (IBGE, 2011).

##### **3.1.2. Município de Ourolândia**

O município de Ourolândia possui 16.302 habitantes com uma área de 1.276 km<sup>2</sup> localizado no polígono das secas, apresentando um clima semi-árido (Tabela 1). A economia do município baseia-se na agricultura (pequenas propriedades com produção de gêneros alimentícios e extrativismo de Sizal ou Agave) e na indústria de mineração (extração e beneficiamento), com a

presença de pequenos comércios (alimentos, farmácias, bares, oficinas de automotores). O comércio predomina nas atividades econômicas e os serviços coletivos e a indústria extrativista também são destaques na economia local. A atividade industrial do município está relacionada à mineração e aos processos de beneficiamento de blocos de granito e rochas calcárias (IBGE, 2011).

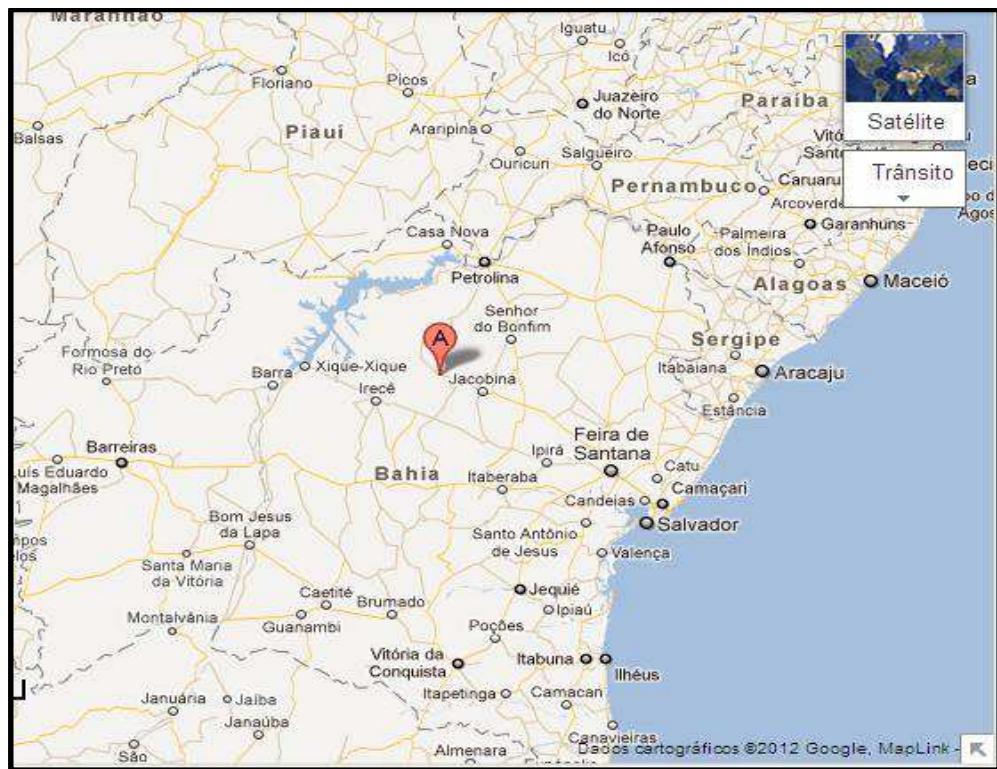


Figura 7 – Município de Ourolândia. Fonte: Google Maps

Tabela 1 – Tipologia climática do município de Ourolândia

Tipo de clima	Temperatura média (°C)	Amplitude térmica (°C)	Precipitação média (mm)	Evapotranspiração real (mm)	Índice de aridez (%)
Árido	23,5 – 27,1	7,8 – 13,6	300 – 500	300 – 537	67 – 79
Semi-árido	20,7 – 26,8	7,15	500 – 800	339 916	30 66

Fonte: INMET

As lavouras permanentes ficam restritas ao cultivo de banana e sизal. Produtos com baixo valor agregado não gerando ao município grandes divisas. O mercado do sизal é restrito, não tendo competitividade com outros tipos de fibras, mais comuns na indústria têxtil. A agricultura permanente no município

de Ourolândia está ligada a atividades que não geram *commodities*<sup>1</sup>. No caso das lavouras temporárias observa-se que, somente a mamona (biodiesel) e o milho estão ligados ao mercado de *commodities*, porém, como são lavouras temporárias e com pequena produção não é possível afirmar que há grandes negociações com o mercado internacional do agro-negócio (Tabela 2). Vale ressaltar que, com os recentes investimentos dos governos federal e estadual na produção do biodiesel esse cenário pode sofrer alterações nos próximos anos (IBGE, 2011).

Tabela 2 – Indústria, comércio, agricultura e administração de Ourolândia

Tipo do estabelecimento	Quantidade
Agricultura, pecuária, silvicultura e exploração florestal	1
Indústria extrativista	26
Indústria de transformação	9
Construção civil	1
Comércio em geral e reparação de veículos automotores	105
Alojamento e alimentação	3
Transporte, armazenagem e comunicações	1
Atividades imobiliárias	5
Administração pública, defesa e segurança social	3
Serviços coletivos: pessoais e sociais	67

Fonte: SEI/BA 2006

As atividades industriais e comerciais estão concentradas no setor extrativista, comércio e indústria de transformação. A construção civil conta com apenas uma empresa, refletindo o fraco desempenho desse setor no município.

---

<sup>1</sup> É um termo de [língua inglesa](#) que, como o seu plural *commodities*, significa [mercadoria](#), é utilizado nas [transações comerciais](#) de produtos de origem primária nas [bolsas de mercadorias](#). Usada como referência aos produtos de base em estado bruto (matérias-primas) ou com pequeno grau de [industrialização](#), de qualidade quase [uniforme](#), produzidos em grandes quantidades e por diferentes produtores. Estes produtos "[in natura](#)", cultivados ou de [extração mineral](#), podem ser estocados por determinado período sem perda significativa de qualidade.

Em relação à educação, observa-se que o nível de escolaridade é baixo, não havendo na área rural escolas de ensino médio. Em 2001 havia no município 2.080 habitantes com idades entre 10–14 anos e mais 1.238 entre 15–17, e segundo a tabela 5, com dados de 2003, há 752 matriculados no ensino médio. Conclui-se que pouco mais de 20% da população com idade para estar no ensino médio estão matriculados. A educação infantil e o ensino fundamental são os níveis que possui o maior número de matriculados, não havendo oferta de ensino superior na cidade (IBGE, 2011).

Com dados organizados pela CNM (Confederação Nacional dos Municípios) e gerados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), observa-se que apenas 30% de sua população vive na área urbana, não seguindo assim, a tendência nacional onde há um predomínio da população vivendo em áreas urbanas. O abastecimento público de água atende somente 47% do total da população. No ano 2000, segundo dados do IBGE, dos 3.502 domicílios, somente um contava com rede geral de esgoto, sendo que 1.528 domicílios ou 6.636 habitantes utilizavam fossas (séptica ou rudimentar). Todos os outros domicílios depositam os efluentes e resíduos em rios, lagos e açudes. No caso da coleta pública de lixo, 930 domicílios são atendidos por este serviço. Observa-se que a infra-estrutura do município de Ourolândia não atende as necessidades de sua população, restando na área urbana e rural déficit de serviços básicos para a vida social humana (IBGE, 2011).

Todos os índices que indicam o desenvolvimento social e econômico do município revelam sua colocação no ranking entre os municípios com pior desempenho em todo o do estado da Bahia. Segundo dados da SEI/BA do ano de 2000 os índices que indicam o desenvolvimento econômico, social, infra-estrutura, produto municipal, qualificação de mão-de-obra, nível de educação e serviços básicos do município de Ourolândia estão todos dispostos num ranking variando entre 191 e 353. Diante disso pode-se afirmar que as condições de vida no município não oferecem a qualidade ideal aos moradores (IBGE, 2011).

### 3.2. Caracterização ambiental/ocupacional e de processo.

Para a elaboração do diagnóstico elencou-se os seguintes critérios de estudo:

- Identificação da empresa
- Informações Sobre o Processo
- Produção mensal dos principais produtos
- Consumo Mensal das Principais Matérias–Primas/Insumos
- Licenciamento Ambiental
- Aspecto Ambiental Considerado mais Crítico na Empresa
- Consumo de Energia
- Efluentes Líquidos
- Resíduos Sólidos
- Emissões Atmosféricas
- Emissões Sonoras (Ruído)
- Custos Associados a Matérias–Primas e Insumos
- Custos Associados a Subprodutos, Resíduos, Efluentes e Emissões.

O programa de amostragem ocorreu no mês de março de 2009 antes da implantação do sistema de acabamento por via úmida. A série de amostragem teve duração de quatro dias, sendo extraído dois filtros por dia, um pela manhã das 08:00 às 17:00 tendo como tempo de duração da amostragem de MPS 8 h ± 1 h e outro pela noite das 17:00 às 08:00, durando 16 h ± 1 h totalizando 24 h.

- A Marmoraria PT 01

O objetivo de se realizar o monitoramento dentro da fábrica foi avaliar a eficiência da alternativa tecnológica “acabamento via úmido”, visando a minimização da emissão de material particulado no ambiente de trabalho.

Ponto de Amostragem: O ponto escolhido para colocar o AGV, foi o setor de acabamento final, “lixamento”, onde acontecem essas emissões atmosféricas, e a alternativa tecnológica será implantada.

Coordenadas (11,17164 s e 40,53920 w ) – o georeferenciamento foi no datum planimétrico SAD 69, fuso 24s

- Quantidade das amostras:

Foram realizadas 08 amostras no período de 4 dias dentro da marmoraria, sendo 2 filtros por dia, para verificar a quantidade de Material Particulado em Suspensão – MPS. O objetivo de se obter 2 filtros por dia foi verificar a concentração de material particulado presente no ar na jornada de trabalho, considerando o período em que o equipamento estar ligado e a noite onde o mesmo estar desligado. Nos gráficos a seguir, verifica-se as concentrações nos dois períodos do dia.

- Montante do vento – PT 02

A partir dos dados meteorológicos obtidos no site do INMET, definiu-se o ponto de coleta 02. O objetivo deste monitoramento foi verificar a concentração de PTS no ambiente antes da implantação do “acabamento via – úmido”.

Ponto de amostragem: Para o ponto a montante do vento, o AGV foi colocado no Hotel Serra do Ouro, nos dias de amostragem os ventos tiveram uma predominância de chegada da direção: ENE: (lés-nordeste) e ESE: (lés-sudeste)..

Coordenadas (11,17669 s e 40,51189 w )

- Quantidade das amostras

Foram realizadas no total 05 amostras, durante o mês de março de 2009.

- Jusante do vento – PT 03

Com a ajuda dos dados meteorológicos extraído do site do INMET, pode-se definir o ponto de coleta 03. O objetivo deste monitoramento foi verificar a concentração de PTS no ambiente.

Ponto de amostragem: Para o ponto a jusante do vento, o local de amostragem foi no quintal de uma residência, na direção do vento após a empresa.

Coordenadas (11,16936 s e 40,53896 w)

- Quantidade das amostras

Foram realizadas no total 05 amostras, durante o mês de março de 2009.

- Cálculo da Concentração de PTS

Para a obtenção da concentração de PTS, se faz necessário calcular a massa de MP coletado, da vazão média e do volume de ar amostrado. Para tanto foi utilizada a técnica da gravimetria.

- Determinação da massa de particulado

A massa de MP retido no filtro foi calculada pela diferença entre as pesagens do filtro antes e após a coleta e é dada com a aproximação de miligramas.

- Determinação da vazão média

A vazão média de ar amostrado pelo Hi-Vol (Com registrador contínuo de vazão) durante o período de amostragem foi obtida graficamente através da curva de calibração do amostrador ou pelo cálculo através da equação de regressão a seguir:

$$Q = \frac{1}{a_2} \left\{ \sqrt{D} \left( \frac{P_3}{T_3} \right) \left( \frac{T_p}{P_p} \right) - b_2 \right\}$$

Onde:

- D = deflexão média obtida da leitura na carta para o intervalo considerado
- P<sub>3</sub> = pressão barométrica média durante a amostragem, mmHg
- P<sub>p</sub> = 760 mmHg
- T<sub>p</sub> = 298 K
- T<sub>3</sub> = temperatura ambiente média durante a amostragem, K
- a<sub>2</sub> = inclinação da reta de calibração do amostrador
- b<sub>2</sub> = interseção da reta de calibração do amostrador.
- Determinação do volume

O volume de ar amostrado é calculado pela expressão:

$$V = Q \times t$$

Onde:

- V é o volume total de ar amostrado, em condições padrão (em m<sup>3</sup>);
- Q é a vazão média (real), em condições padrão (em m<sup>3</sup>/min);
- t é o tempo de amostragem (em minutos).

- Cálculo da concentração de PTS

De posse do peso do material particulado retido no filtro e do volume total do ar que passou no filtro, calcula-se a concentração do particulado (em

microgramas por m<sup>3</sup>–padrão), simplesmente dividindo o primeiro valor pelo segundo, ou seja:

$$PTS = \frac{(M_f - M_i) \cdot 10^6}{V_p}$$

Onde:

- PTS = Concentração mássica de material particulado total em suspensão para condições–padrão, µg/m<sup>3</sup>–padrão;
- M<sub>f</sub> = peso final do filtro, g;
- M<sub>i</sub> = peso inicial do filtro, g;
- V<sub>p</sub> = volume de ar amostrado para condições padrão, m<sup>3</sup>–padrão;
- 10<sup>6</sup> conversão de g para µg

#### Análise de Metais no Material Particulado – Método Utilizado

O método utilizado para determinação de metais em material particulado baseou–se no NIOSH 7303 Elements by ICP (Hot Block/ HCl/ HNO<sub>3</sub>/ Digestion). Segundo esse método, a amostra é lacerada e digerida em meio nítrico e clorídrico, utilizando um sistema de digestão fechado. Os parâmetros dos metais requeridos são posteriormente analisados num espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES) ou espectrômetro de absorção atômica com chama (F AAS), gerador de hidretos (HG AAS) e vapor frio, de acordo com o metal ou semi–metal a ser determinado. Para tanto, é utilizada uma curva analítica preparada nas mesmas condições, de acordo com a faixa de trabalho especificada no método, para cada metal ou semi–metal.

Dentre os metais analisados em PTS, o alumínio apresentou maior teor dentro da empresa sendo que no ambiente não foi detectado, indicando a influência da fábrica. As concentrações de cobre, ferro e chumbo foram maiores no ponto a jusante e na área da empresa. Para o manganês, as maiores concentrações foram observadas na fabrica sendo a montante e jusante iguais.

#### Análise de Estireno no Material Particulado – Método Utilizado

Uma massa conhecida de amostra (~1,4g) foi colocada num frasco do tipo “vial” onde foi inserido um pequeno bastão magnético. O amostrador ARCHON

adicou um volume de água e agitou o conteúdo, borbulhando gás Hélio na amostra, enquanto os voláteis foram extraídos.

Os componentes purgados da amostra foram adsorvidos (*trap*) em um tubo contendo material adsorvente. Ao final da purga, o tubo adsorvente foi aquecido, passando o gás inerte para dessorver os compostos para dentro da coluna cromatográfica. A coluna foi submetida a uma programação de temperatura para separação dos analitos, os quais são detectados pelo Detetor de Massas. A identificação e quantificação dos analitos foi feita através de comparação com o espectro de massa e tempo de retenção do padrão de calibração submetido à mesma condição de análise da amostra.

- Calibração – Curva analítica

Para calibração foram feitos cinco padrões de trabalho abrangendo o range apropriado. Em cada *vial* foram pesados 1,4g de filtro e com auxílio de uma micropipeta automática e microseringa, adicionou-se alíquotas da solução estoque de 5 $\mu$ g/mL.

#### Equipamento

Foi utilizado o Sistema Cromatográfico completo contendo:

- Amostrador automático “Archon”,
- Pré-concentrador Purge & Trap “Tekmar 3000”,
- Cromatógrafo Gasoso de alta resolução acoplado a Espectrômetro de massas tipo Ion–Trap,
- Sistema computacional interfaceando os equipamentos;

Utilizou–se ainda, a Coluna Cromatográfica do tipo 100% dimetil polisiloxano – metil silicone (Factor Four VF–1 MS, 60 metros, 0,32mm de diâmetro interno, 1,0 $\mu$ m espessura de filme).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Diagnóstico Ambiental, Ocupacional e de Processo

#### 4.1.1. Identificação da Empresa

- Data de Instalação no Local: A empresa iniciou suas atividades em 1991.
- Regime de funcionamento da empresa:
- O horário de funcionamento se dá nos seguintes turnos:
  - 1º Turno: 07 às 17 horas
  - 2º Turno: 21 às 06 horas

Obs: No período de 17 às 21hs os equipamentos são desligados e só voltam a funcionar a partir das 21 horas. Caso as empresas funcionem neste intervalo de tempo, o kWh é mais caro.

- Número total de funcionários por área:
- A empresa possui em média 32 (trinta e dois) funcionários, obedecendo a seguinte distribuição:

Tabela 3 – Número de funcionários da empresa estudada.

Área	Mínimo	Médio	Máximo
Administrativo	–	–	3
Operação – serraria	–	4	–
Operação – polimento	–	20	–
Operação – marmoraria	–	5	–

Obs: A empresa não possui funcionários terceirizados.

A área total do empreendimento é de 17.000 m<sup>2</sup> (terreno), apresentando área construída total de 1.000 m<sup>2</sup>, incluindo área industrial, escritório, garagem, depósito e almoxarifado. Em caso de ampliação, está prevista uma área de 11.000 m<sup>2</sup> que poderá ser ocupada por instalações industriais e administrativas.

Um trecho do rio está presente no terreno onde está compreendida a área industrial da empresa. Trata-se de um afluente do rio Itapicuru de onde a empresa capta água através de poço artesiano, para o consumo industrial (operação dos equipamentos).

Próximo ao ponto de captação está localizado a área do “bota–fora” onde são depositados os resíduos oriundos da operação dos equipamentos de corte e polimento do mármore. A Empresa estudada. está localizada na zona urbana do município de Ourolândia, em bairro com predomínio de residências e estabelecimentos comerciais.

#### 4.1.2. Informações Sobre o Processo

Os blocos chegam da pedreira em caminhões, com dimensões aproximadas (1,5 x 1,7 x 2,8) m, sendo retirados através da grua (equipamento para movimentação) e levados para o pátio da empresa, onde ficam estocadas à céu–aberto até a entrada no processo industrial.

- Movimentação e Preparação da carga

Consiste em selecionar, movimentar e fixar o bloco para o processo de desdobramento no Tear, que por sua vez é sustentado em um carro porta–bloco, que servirá de apoio e condução dos mesmos.

Dentre estas atividades, destacamos a fase da seleção dos blocos para a composição da carga, tratando–se de uma importante atividade, caracterizada por uma série de procedimentos que deverão ser mais bem observados, visando o pleno aproveitamento do material e maior rendimento do equipamento.

- Serragem dos blocos

Após a preparação da carga, os blocos são colocados no tear, dando início ao processo de serragem. O bloco será cortado por um equipamento denominado “Tear” do tipo convencional, constituído por multi–lâminas. O corte dos blocos se dá pela combinação da lama abrasiva (mistura de granalha, cal e água) e um conjunto de lâminas movimentadas pelo tear (59 lâminas de aço de 8 cm de largura), o desgaste do bloco é feito até atingir a espessura de 2 cm. A produtividade das lâminas está estimada em 8 blocos, a depender do material a ser cortado (mármore ou granito), com durabilidade em torno de 2 a 3 dias, a depender da característica geográfica desses materiais. O Tear tem como fonte de alimentação a energia elétrica, sendo seu processo de corte úmido.

Depois de finalizado o processo de serragem, as chapas são escoradas no carro porta–bloco e transportadas para fora do tear, onde serão lavadas

individualmente com jato d'água de alta pressão e em seguida colocados no pátio para secar. Finalizada essa etapa as chapas seguem para o setor de estucagem.

- Estucagem das chapas

O processo de estucamento tem a função de fechar os poros existentes na superfície da chapa bruta com as misturas de resinas especiais e o pó de pedra proveniente da pedreira. O polimento dá brilho e lustre ao material. Em se tratando do mármore Bege, o qual possui elevada porosidade, o estucamento com uso de resina é fundamental para obtenção de chapas polidas e levigadas. O processo de estucagem é basicamente manual, enquanto que o polimento e levigamento utiliza a Politriz manual. O processo de secagem dura em torno de 10 minutos, visando garantir a impregnação da resina nas bordas das cavidades.

- Levigamento das chapas

Essa etapa do processo destina-se a eliminar irregularidade da superfície das chapas geradas ao longo do processo de serragem e estucagem. Nesta etapa são utilizados elementos abrasivos com grãos de rocha grosseiros (variando entre 16 e 120), que através do desbaste, torna a superfície da chapa plana e de espessura regular.

- Resinamento das chapas

As chapas são colocadas em bancadas e revestidas com resina tipo Epóxi ao longo da sua superfície. A aplicação da resina é feita com uma espátula de PVC, catalisador e pó de pedra, sendo as cavidades preenchidas, visando uniformizar a superfície da chapa e o fechamento dos poros. A partir desse processo é obtido um acabamento superficial levigado ou polido.

- Polimento das chapas

Nessa etapa as chapas são transferidas para bancadas de concreto, onde serão polidas através da Politriz manual, equipamento que contém os abrasivos apoiados sob o satélite, produzindo brilho na superfície da rocha, inclusive dos poros deixados durante o levigamento. A partir desse procedimento, é obtida uma superfície espelhada, que irá exibir de forma mais intensa as diferentes tonalidades entre os diversos tipos de minerais presentes, dando maior destaque às mesmas.

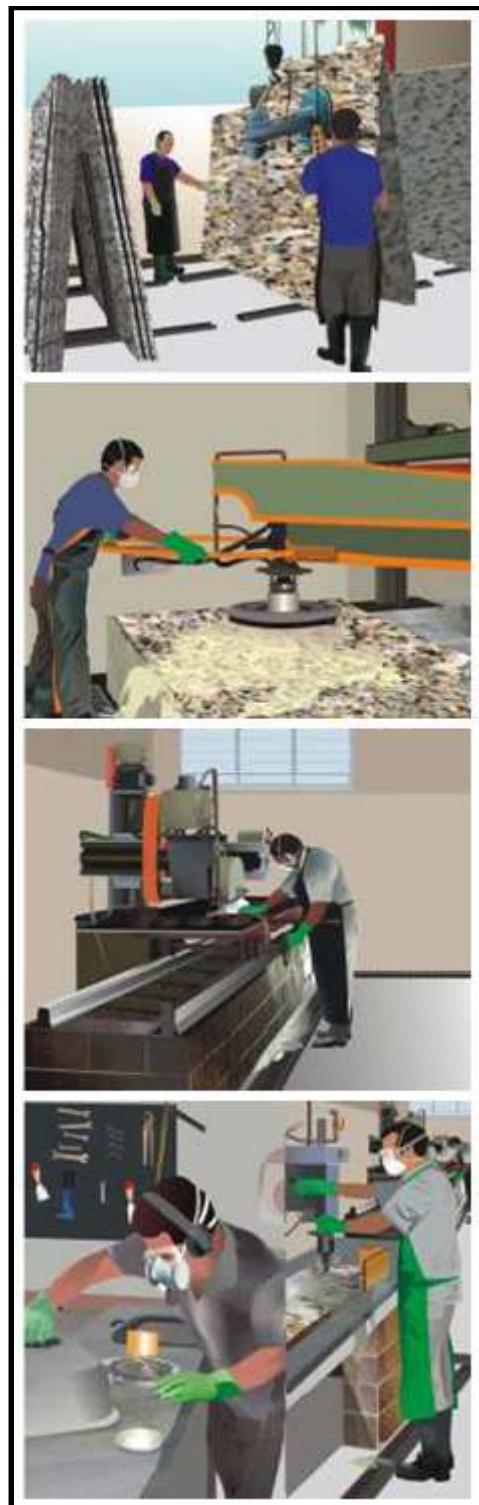


Figura 8 – Etapas do beneficiamento do mármore. Fonte: Santos *et al*, 2008.

- Processos de Fabricação na Marmoraria

O processo produtivo na marmoraria está restrito a serviços de pequena montagem, normalmente para pessoas físicas ou construtoras, onde os serviços ainda não são significativos.

De um modo geral as etapas do processo produtivo na marmoraria são:

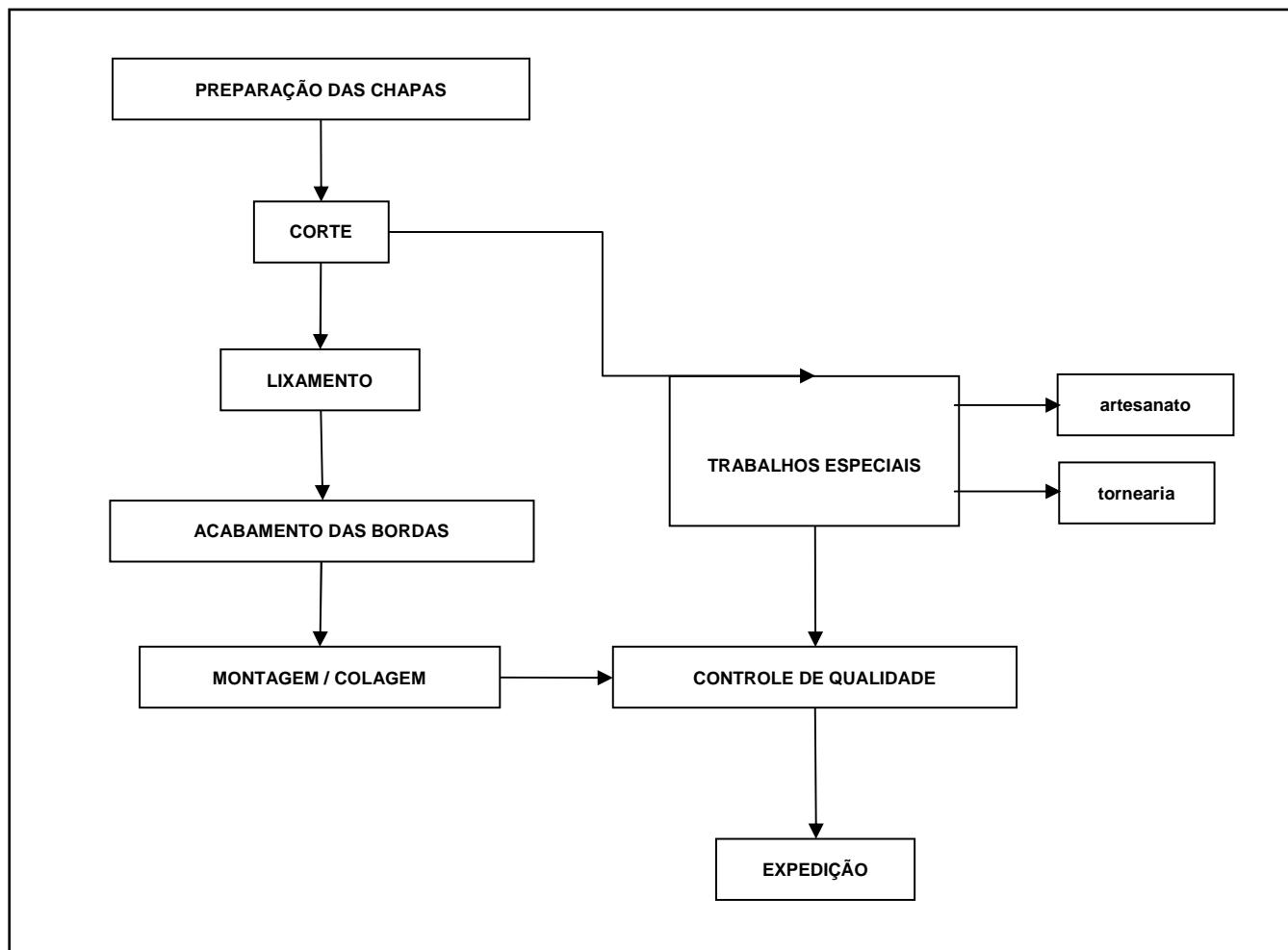


Figura 9 – Fluxo esquemático dos processos operacionais na marmoraria.

- Fase de Corte

As chapas são cortadas na forma e nas medidas requeridas para seu uso, e para realizar essa etapa do processo são utilizados equipamentos de corte, chamados de cortadeira de mesa, munidas de serras diamantadas com diâmetros de 350mm.

As chapas grandes são cortadas em ladrilhos com dimensões variadas ou confeccionadas bancadas e/ou outros objetos conforme projeto desejado.

- Principais Equipamentos

- Cortadeira manual ou de bancada: equipamento que trabalha com uma serra diamantada, muito utilizada pelas marmorarias, por apresentar menor custo de investimento. A mesa tem dimensões limitadas para carregar apenas metade de uma chapa e não tem movimento giratório, tendo por isso que girar a chapa para o corte perpendicular. O avanço do corte da chapa é dado manualmente com o movimento da mesa.



Figura 10 – Cortadeira de Mármore. Fonte: Santos *et al*, 2008.

- Serra mármore (serra portátil, maquita): equipamento de extrema importância nas em marmoraria, devido versatilidade nas atividades de corte para acabamento.



Figura 11 – Cortadeira Manual. Fonte: Santos *et al*, 2008.

- Serra diamantada: permitem executar cortes em materiais naturais com dureza e resistência variadas (granito, mármore, etc). Os discos podem ser fabricados com pastilhas diamantadas, contínuas e segmentadas em intervalos curtos ou médio. Os discos com pastilhas segmentadas proporcionam uma maior velocidade de corte que o de pastilha contínua, sendo, mais utilizados em marmorarias.



Figura 12 – Serra diamantada. Fonte: Santos *et al*, 2008.

A utilização de água é importante para evitar o superaquecimento e fadiga prematura das pastilhas dos discos, reduzindo assim a sua vida útil e aumentando o custo de corte.

- Fase de acabamento

Apesar de apresentar um relativo grau de diversificação em sua linha produtiva, as marmorarias tendem a intensificar a especialização no atendimento das demanda por produtos específicos, seja para unidades residenciais individuais ou trabalhos que requeiram acabamentos exclusivos e mais elaborados.

O processo de acabamento é realizado nas seguintes etapas:

- Acabamento Inicial (Desbaste): dar forma, obter o perfil da peça. O equipamento utilizado é uma máquina manual com disco diamantado, usada principalmente em operação de acabamento.

- Lixamento: fechamento dos poros na superfície da rocha deixados pelo desbaste. O disco de fibra de vidro ou carbureto de silício é acoplado à lixadeira, obedecendo a uma seqüência numérica de uso que vai de uma lixa mais grosseira (nº 36) passando por uma intermediária (nº 60, 120, 180) até a mais fina (nº 320).
- Polimento: segue o mesmo processo de um polimento superficial, porém o equipamento utilizado é manual (esmerilhadeira,) e a seqüência de abrasivo geralmente utilizada é 60–120–220–400–800–3500–1000.
- Furação: a furadeira de bancada é um equipamento utilizado nessa etapa e tem como principal finalidade fazer abertura de diversos diâmetros em pia ou bancada. Seu principal insumo é o copo diamantado.
- Embarque das chapas: nessa etapa não existem maiores preocupações com a embalagem do produto final das marmorarias, havendo apenas um cuidado especial para que as peças não sofram nenhum tipo de dano no transporte. As peças serão colocadas em caminhões que seguirão para seu local de destino. A forma de movimentação das chapas no interior das marmorarias é feita de forma precária, com sistema manual através de carrinhos de 2 rodas (maluca). A falta de pavimentação na área industrial ou em parte dela, dificulta a movimentação das chapas e produtos acabados.

A água é um dos insumos que exerce função de maior importância no processo, pois favorece a refrigeração e a limpeza dos resíduos gerados, diminuindo desta forma o atrito excessivo que pode gerar fraturas ou quebras do material. Diante do excessivo consumo, faz-se necessário um maior controle durante todo o processo, através principalmente do reuso deste insumo após o tratamento e recuperação.

#### 4.1.3. Produção mensal dos principais produtos

O principal produto da Empresa estudada. são as chapas de mármore e granito, representando aproximadamente 81,3% da produção. Em menor escala, são produzidos ladrilhos e espacato<sup>2</sup> representando 16,3% e 2,4% da produção, respectivamente. Na marmoraria são produzidas cerca de 10 peças por mês de mobiliários, entre bancadas, pias, e outros.

---

<sup>2</sup> Tipo de uso dado às pedras de mármore não conformes, para reaproveitamento na construção civil.

Tabela 4 – Produção mensal de produtos da empresa estudada.

Produtos		Produção média mensal
1	Chapas de mármore e granito	4.000,00 m <sup>3</sup>
2	Ladrilhos	800,00 m <sup>3</sup>
3	Acabamento (bancada, pia)	10 peças
4	Espacato	120,00 m <sup>3</sup>

Tabela 5 – Período de funcionamento dos equipamentos da empresa estudada.

Equipamento	Período de funcionamento	Período médio	
		dias / mês	meses / ano
Tear	Segunda a sábado	Janeiro dezembro	16
Politriz	Segunda a sábado	Janeiro dezembro	08
Máquina de Corte	Segunda a sábado	Janeiro dezembro	08
Lixadeira	Segunda a sábado	Janeiro dezembro	08
Cortadeira manual ou de bancada	Segunda a sábado	Janeiro dezembro	08
Máquina de furação	Segunda a sábado	Janeiro dezembro	08

#### 4.1.4. Consumo Mensal das Principais Matérias–Primas/Insumos

Para o desenvolvimento da atividade de beneficiamento de mármore são utilizados as seguintes matérias–primas e insumos:

Tabela 6 – Consumo de matérias–primas/insumos da empresa estudada.

	Matérias–Primas/Insumos	Consumo médio mensal
1	Blocos	20 unid
2	Resina (Epox)	50 Kg
3	Resina (Cristal)	440 L (2 x 220Kg)
4	Abrasivos	528 unid.
5	Água (Embasa)	R\$ 200,00 a R\$ 300,00
6	Energia Elétrica	R\$ 5.500,00

A matéria-prima utilizada no beneficiamento são blocos de mármore com dimensões de 1,70 m de largura x 1,60 m de altura x 2,90 m de comprimento, extraídos das diversas pedreiras presentes no município de Ourolândia e Ourolândia.

Dentre os insumos utilizados, destaca-se as resinas Epoxi (Polipox) e Cristal (Novapol), utilizada no emassamento–fechamento de buracos do Bege. Ambas são utilizadas na etapa de resinamento com o objetivo de dar brilho e preencher as de imperfeições da chapa. Chama-se à atenção para a composição dessas resinas, no que se refere a presença de substâncias tóxicas à saúde humana e ao ambiente. De acordo Ficha de Segurança (FISPQ) da resina Polipox, a manipulação da resina EPOXI CMR–301 sem a utilização dos equipamentos de proteção (máscara, luvas) pode causar danos à saúde do trabalhador, a exemplo de: irritação aos olhos e pele. Além de ser tóxico a organismos e ambientes aquáticos podendo causar efeitos adversos duradouros ao meio ambiente.

A água utilizada no processo é captada através de um poço artesiano, localizado na propriedade pertencente à empresa, e utilizada para a operação dos equipamentos de corte (Tear e Cortadeira) e polimento (Politriz). O reuso da água em todas as etapas do processo, através de um sistema de armazenamento e bombeamento, no entanto ocorrem perdas por evaporação, devido à circulação

em canalização aberta e, descarte do efluente saturado (alta concentração de pó de mármore) em área destinada ao “bota-fora”.

O alto consumo de energia pode estar associado ao regime de trabalho em turnos de 9 horas e, principalmente à utilização de equipamentos com tecnologia ultrapassada, a exemplo do Tear Convencional. Em função dos valores mais elevados na tarifa de energia no período entre 17 às 21 horas, os equipamentos são desligados como medida de contenção de despesas.

Tabela 7 – Locais de armazenamento de matéria-prima e insumos da empresa estudada.

Materiais	Locais de armazenamento					
	Depósito fechado refrigerado	Depósito aberto sem cobertura	Depósito aberto com cobertura	Depósito fechado (piso impermeável)	Depósito com contenção de vazamento	Outras formas
Blocos de mármore						
Resina Epox				X		
Resina cristal					X	
Água						N.A.
Energia elétrica						N.A.

Legenda: N.A não se aplica

Tabela 8 – Formas de acondicionamento da empresa estudada.

Materiais	Locais de acondicionamento					
	Tambores de 200L	Caçamba (container)	Tanque	Sacos Plásticos	A Granel	Outras formas
Blocos de mármore						
Resinas	X			X		

#### 4.1.5. Licenciamento Ambiental

A Empresa estudada, possui Licença Ambiental Simplificada, expedida pela Prefeitura de Municipal de Ourolândia, para a operação do empreendimento até a presente data, não há pendências ambientais relacionadas com Órgãos e Instituições nos âmbitos municipais, estaduais e/ou federais.

Tabela 9 – Licença Ambiental da empresa estudada.

Licença	Número da licença	Vencimento
Simplificada	099/08	31 de dezembro de 2012

#### 4.1.6. Aspecto Ambiental Considerado mais Crítico na Empresa

Na tabela a seguir são listados os aspectos ambientais de maior relevância da empresa estudada, que deverão ser avaliados de acordo a prioridade nas ações de melhoria e implementação de técnicas de Produção mais Limpa (P+L), considerando os possíveis impactos ambientais e socioeconômicos associados ao processo produtivo.

Tabela 10 – Aspectos ambientais críticos da empresa estudada.

Aspectos Ambientais	Prioridade (*)
1 Consumo de energia	0
2 Consumo de água	0
3 Geração de resíduo	2
4 Geração de Particulado	1
5 Geração de Ruído	3

\* lista em ordem decrescente de prioridade, utilizando 0, 1, 2 e 3, sendo 0 a prioridade máxima.

No que se refere ao consumo de energia elétrica, deve-se lembrar os impactos ambientais significativos do aproveitamento das fontes energéticas associados ao seu custo econômico e sócio ecológico, devendo esses recursos ser utilizados de forma que, ao longo do tempo, permaneçam disponíveis continuamente com um custo acessível e que possam ser utilizados para todos os tipos de tarefas sem causar impactos socioambientais negativos. Face à necessidade de garantir a disponibilidade dos recursos energéticos, bem como,

considerando o consumo significativo de energia elétrica no processo de beneficiamento do mármore, o item 1 foi classificado como muito crítico, atribuindo-se prioridade alta nas ações de redução do consumo.

O item 2 é considerado muito crítico, sendo de prioridade máxima na implementação de ações preventivas e corretivas, no que diz respeito a diminuição do consumo e desperdício deste recurso natural, podendo citar a implementação de um hidrômetro na empresa como instrumento de quantificar o consumo e propor ações voltadas para sua redução.

Para os itens 3 e 4 foi adotado respectivamente grau de prioridade 2 e 1, em função da natureza mineral da principal matéria-prima (mármore Bege Bahia), bem como da quantidade gerada, para o caso das emissões de material particulado (pó de mármore), que é controlado pelo uso de EPI's para determinado fim pelos trabalhadores. No entanto, vale ressaltar, que o resíduo pó de mármore gerado na etapa de polimento apresenta altas concentrações de estireno, oriundo da resina (EPOXI CMR-301) à base de poliéster. O estireno ou monômero de estireno é um hidrocarboneto aromático não saturado, que em condições ambientes encontra-se no estado líquido, é incolor e polimerizável com facilidade, formando poliestireno.

Alguns estudos que tratam sobre a contaminação do ambiente por monômeros de estireno demonstram os danos causados a flora e especialmente a fauna aquática. Segundo Villarouco (2007) amostras de liquens da espécie *Cladonia verticillaris* (Raddi) após assimilação do estireno por suas células, apresentaram, além de alterações morfológicas, deficiência no processo de Figurassíntese e inibição da síntese de substâncias como o ácido fumarprotecetráico. No que se refere aos efeitos da contaminação por estireno à fauna aquática, ensaios ecotoxicológicos confirmam sua periculosidade e bioconcentração em peixes (NOVAPOL, FISPQ nº 001). Quanto à contaminação em seres humanos, o estireno é considerado de toxicidade aguda por inalação ou contato direto devido sua natureza volátil e, pela Agência Internacional de pesquisa do Câncer como possível carcinógeno (CETESB, 2007).

O item 5 é considerado o menos crítico em relação aos demais itens, apesar da localização da empresa em área urbana, este item sofre constante monitoramento, obedecendo os procedimentos determinados pela legislação

vigente. No que se refere à higiene ocupacional, a empresa exige e fiscaliza de forma intensiva a utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) tanto por parte dos funcionários como dos visitantes nas áreas industriais.

#### 4.1.7. Consumo de Energia

O consumo médio mensal de energia elétrica na empresa é de 19.500 Kwh, incluindo as atividades pertinentes ao processo industrial e administrativas.

- Consumo médio mensal: 19.500 Kwh
- Custo médio mensal: R\$ 5.000,00 à 6.000,00.
- Consumo de combustíveis

No que se refere ao consumo de combustível, a empresa possui um caminhão destinado ao transporte de produtos, que utiliza óleo diesel. Esse consumo não é mensurado em virtude da grande variação de destinos e percursos utilizados para atender às demandas. Os equipamentos utilizados no processo e nas atividades administrativas, utilizam energia elétrica, não sendo identificados quaisquer outros que utilizam combustíveis para o seu funcionamento.

#### 4.1.8. Efluentes Líquidos

O processo de beneficiamento de mármore realizado na empresa utiliza a água, captada através de poço artesiano, para operação dos equipamentos (Tear, Politriz) nas etapas de serragem dos blocos e polimento das chapas.

O efluente gerado durante a operação do Tear é composto basicamente por água e pó de mármore, enquanto que o efluente oriundo do funcionamento da Politriz apresenta mesma composição do primeiro incluindo substâncias que compõem as resinas e outros insumos utilizados na etapa de resinagem. Ambos são reunidos em canalização única e direcionados para tanque de decantação, onde se dá a sedimentação de partículas sólidas (pó de mármore), fazendo com que o efluente reduza a concentração de sólidos suspensos e a água possa retornar ao processo. O resíduo oriundo do processo de decantação trata-se de uma lama abrasiva que, sem tratamento prévio, é armazenada em tanque não impermeabilizado (“bota-fora”) localizado próximo ao corpo hídrico, para secagem em ambiente aberto. Cabe salientar que a empresa não realiza o monitoramento

das vazões do efluente, como também, não há um tratamento prévio da “lama abrasiva” antes da disposição final.

Foram coletadas amostras do efluente para análise dos parâmetros: estireno, sólidos totais, sólidos totais dissolvidos, cor real, demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Os resultados encontrados são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 11 – Resultado das análises dos efluentes líquidos da empresa estudada.

Parâmetros	Resultado	CONAMA Nº 357	Unidade	LD M	Método
Estireno	8,6	20	µg/L	0,1	M CRO 003 (EPA–524.2)
Sólidos Totais	408	–	mg/L	10	M QGI 009 (SMEWW 2540 B)
Sólidos Dissolvidos Totais	396	500	mg/L	10	M QGI 026 (SMEWW 2540 C)
Cor real	<5	<5	mg/L Pt– Co	5	M QGI 011 (SMEWW 2120 A/B)
DQO	18	–	mg/L	6	M QGI 027 (SM5220 D)
DBO	6,1	5	mg/L	1	M QGI 056 (SMEWW 5210 B)

Legenda: SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th. Edition.

- LDM: Limite de Detecção do Método.

Os valores encontrados foram comparados com os padrões de qualidade do corpo receptor (Água doce classe II) definidos pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005, que estabelece em seu Art.28 a adoção desses critérios nos casos em que os parâmetros analisados não estejam incluídos na listagem para monitoramento de efluentes industriais.

Devido à natureza do efluente ser basicamente composta por água e carbonato de cálcio, é possível concluir que:

- Apesar da alta concentração de sólidos dissolvidos a cor real manteve o mesmo padrão atribuído à água bruta, isso se deve ao fato de que os compostos presentes no efluente (carbonato de cálcio, magnésio, entre

outros em menor proporção) não têm influencia sob esse parâmetro, não causando para tanto alterações significativas;

- No que se refere à concentração de sólidos totais e dissolvidos presente nas amostras de efluente da empresa estudada, podemos associar os altos valores à ausência de um procedimento para separação do material particulado (pó de mármore), gerado nas etapas do processo, e a água utilizada como insumo. Cabe salientar que cerca de 97% dos sólidos presentes tratam-se de compostos dissolvidos (cálcio, magnésio, entre outros), contribuindo para o alto grau de dureza do efluente.

As tabelas a seguir apresentam os resultados obtidos em pontos de amostragem no corpo hídrico à montante da empresa e no ponto de captação de água à jusante. Foram analisados, além dos parâmetros definidos para o efluente, outros obtidos através de sonda multi-parâmetros (temperatura, condutividade, salinidade, oxigênio dissolvido).

Tabela 12 – Resultados: amostras do corpo hídrico receptor (rio Itapicuru)

Parâmetros	Ponto à montante	Ponto à jusante	Unidade	LDM	Observações
Temperatura	22,86	23,05	°C	–	Dados obtidos em campo às 10:20 horas.
Condutividade	0,338	0,352	mS/cm		Tempo: nublado c/ chuvas rápidas
Salinidade	0,16	0,17	%		
Oxigênio dissolvido	5,74	3,12	mg/L OD		
pH	6,78	6,8			
Estireno	0,2	0,4	µg/L	0,1	
Sólidos Totais	167	164	mg/L	10	
Sólidos Totais Dissolvidos	168	164	mg/L	10	
Cor real	<5	<5	mg/L Pt-Co	5	
DQO	42	57	mg/L	6	
DBO	18,7	23,1	mg/L	1	

No que se refere ao padrão de qualidade da água, estão em conformidade com os valores definidos na Resolução CONAMA nº 357 de 2005 e na Portaria nº

518 de 2004 do Ministério da Saúde, os parâmetros: temperatura, pH, cor real e sólidos totais dissolvidos.

Os valores relacionados à demanda bioquímica de oxigênio (DBO) são baixos quando comparados aos valores presentes em esgoto doméstico bruto que apresenta em média valores de DBO próximos a 300 mg/L, no entanto quando comparados ao padrão de qualidade da água, esses valores encontrados tanto à montante como à jusante da empresa apresentam-se elevados. Considerando que a DBO retrata a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar a matéria orgânica, os valores encontrados podem estar associados à presença de lançamento de esgoto bruto oriundo de residências localizadas próximo à área da empresa. A presença de um alto teor de matéria orgânica no corpo hídrico pode induzir à redução do oxigênio na água, sendo esse fato constatado nas medições realizadas em pontos à jusante da empresa.

Foi detectada a presença de estireno nas amostras do efluente industrial e água superficial coletadas à montante e à jusante da empresa. As concentrações mais elevadas foram obtidas na amostra do efluente, no entanto quando comparados aos padrões de qualidade do corpo receptor os valores estão abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 para corpos hídricos de classe 2. Cabe ressaltar a condição de armazenamento do efluente em ambiente aberto, as condições climatológicas da região (semi-árido) bem como, as propriedades físico-químicas do estireno, que favorecem a volatilização.

A presença de estireno nas amostras do corpo receptor estão associadas, principalmente, à disposição inadequada da lama abrasiva, uma vez que após a decantação, a água retorna ao processo. A contaminação das águas superficiais pode ocorrer através de lixiviação do resíduo por ação de chuvas, ou ainda, através da dispersão pelo vento de material particulado (pó de mármore), considerando seu caráter volátil. A amostra coletada à jusante da empresa apresentou maior concentração de estireno (ver figura 1) devido a maior proximidade com a área de “bota-fora”, onde os resíduos são dispostos diretamente no solo.

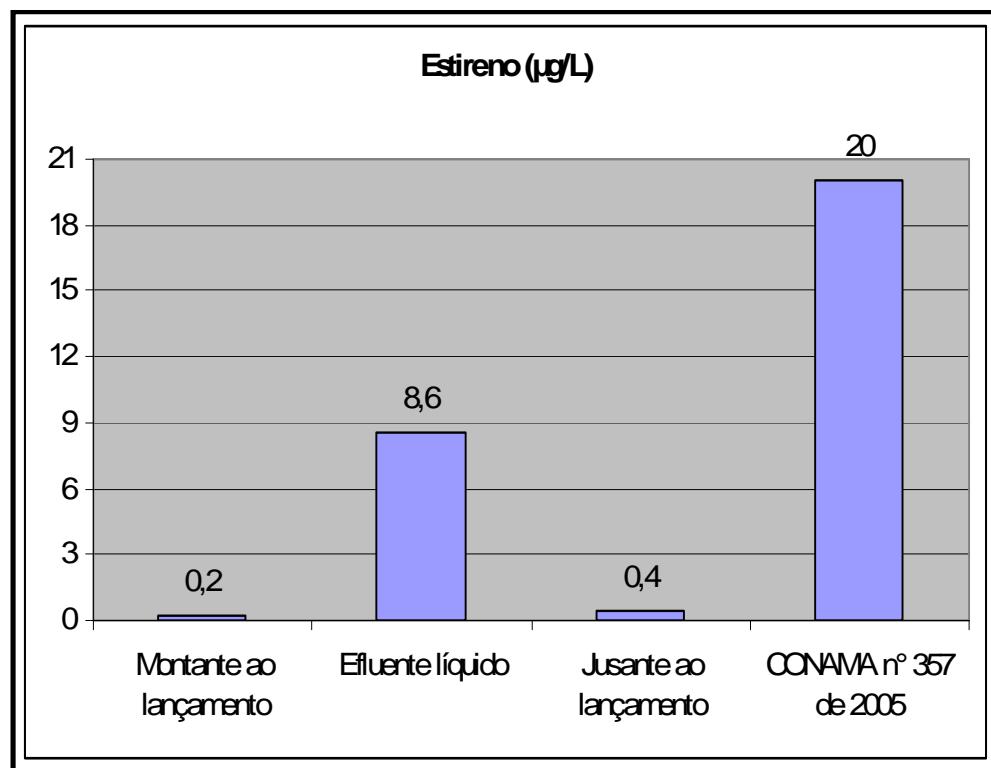


Figura 13 – Concentrações de estireno no efluente da Empresa estudada. e corpo hídrico (rio Itapicuru). Fonte: Empresa estudada.

#### 4.1.9.Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos gerados no processo de beneficiamento do mármore são basicamente formados por pedaços menores de chapas, lama abrasiva e pó de mármore. Os tipos e quantidades de resíduos gerados foram levantados, bem como a freqüência de sua geração, em função das atividades desenvolvidas pela Empresa estudada. Na tabela 15 a seguir são apresentados os principais resíduos gerados nas etapas do processo de beneficiamento de mármore, com suas respectivas quantidades.

Tabela 13 – Resíduos gerados no processo industrial da empresa estudada.

Tipo de Resíduo	Pontos de geração	Quantidade (mensal)
Fragmentos de chapa	Polimento e acabamento	50 m <sup>3</sup>
Pó de mármore	Serragem do Bloco	200 kg
Sobras de abrasivos	Polimento	200 unidades
Cabo de Aço danificado	Preparação da Carga	10 metros
Estopas Sujas	Preparação da Carga	10 Kg

Madeira	Serragem do Bloco	100 Kg
EPI's danificados	Processo em geral	30 unidades
Embalagens Contaminadas	Emassamento das Chapas	15 unid

Dentre os resíduos gerados no processo industrial da empresa estudada, o pó de mármore apresenta maior representatividade e significância, seguido dos fragmentos de chapas. Considerando as diversas e variadas possibilidades de reuso e reciclagem desses resíduos, recomenda-se a segregação e armazenamento adequado, visando o melhor destino e gestão.

Tabela 14 – Formas de acondicionamento de resíduos da empresa estudada.

Tipo de Resíduo	Formas de Acondicionamento					
	Tambores de 200L	Caçamba (container)	Tanque	Sacos plásticos	À Granel	Outras formas
Fragmentos de chapa						Bota-fora
Pó de mármore						Bota-fora
Sobras de abrasivos	X					
Cabo de Aço danificado	X					
Estopas Sujas						Lixo
Madeira						Lixo
EPI's danificados						Lixo
Embalagens Contaminadas						Lixo
Papel / papelão						Lixo
Plástico						Lixo
Lama com pó de mármore						Bota-fora
Lâmina						Depósito
Resíduo Orgânico						Lixo
Lâmpadas						Lixo

Tabela 15 – Local e tipo de armazenamento de resíduos da empresa estudada.

Tipo de Resíduo	Local de armazenamento			Tipo de armazenamento		
	Área da empresa	Fora da área da empresa	Área fechada com telhado	Área aberta com telhado	Área sem cobertura	Outras formas
Fragmentos de chapa					X	
Sobras de abrasivos	X					
Cabo de Aço danificado						Depósito
Estopas Sujas			X			
Madeira			X			
EPI's danificados			X			
Casqueiro	X					
Embalagens Contaminadas			X			
Papel / papelão			X			
Plástico			X			
Lama com pó de mármore					X	
Resíduo Orgânico			X			
Lâmpadas			X			

Tabela 16 – Destinação dos resíduos do processo da empresa estudada.

Tipo de Resíduo	Quantidade Percentual	Destino	Tipo de Negociação
Sobras de abrasivos	0%	Lixão	Prefeitura
Cabo de Aço danificado	100%	Sucata	Venda
Estopas Sujas	0%	Lixão	Prefeitura
Madeira	0%	Lixão	Prefeitura
EPI's danificados	0%	Lixão	Prefeitura
Casqueiro	100%	Construção Civil	Venda
Embalagens Contaminadas	0%	Lixão	Prefeitura
Papel / Papelão	0%	Lixão	Prefeitura
Plástico	0%	Lixão	Prefeitura
Lama com pó de mármore	80%	Cerâmica	Doação
Lâmina	100%	Sucata	Venda
Caco	100%	Construção Civil	Venda

O pó de mármore, incorporado à lama abrasiva ou na forma de material particulado, é o principal resíduo sólido gerado no processo de beneficiamento, representando maior volume e significância. Estudos realizados por instituições de pesquisa aplicada apresentam o pó de mármore como um resíduo de significativo potencial para o reuso e reutilização por diversos segmentos produtivos, podendo ser incorporado a insumos da construção civil (areia, cimento, argamassa, tintas), ser agregado à mistura asfáltica e materiais cerâmicos e, até mesmo utilizado como corretivo de solo.

Caracterizando-se o pó de mármore segundo a Norma para Classificação de Resíduos Sólidos NBR 10004:2004, sua classificação é de resíduo como sendo “não perigoso”. Em sua avaliação é feita uma ressalva a presença de estireno na massa bruta, classificando o resíduo pó de mármore não inerte. Essa classificação, apesar de não haver limites estabelecidos para estireno na NBR 10004, teve como critério a toxicidade desse hidrocarboneto e a possibilidade de migração para o solo ou água, devendo o mesmo ser dispostos em aterros

específicos para resíduos não inertes, com proteção adequada do solo, ou para outro tratamento/disposição que garanta a não contaminação do meio ambiente.

Inicialmente, foram coletadas amostras do resíduo da Empresa estudada, para análises laboratoriais visando avaliar a contaminação do resíduo pó de mármore por monômeros de estireno e outros hidrocarbonetos, sendo os resultados apresentados na tabela à seguir:

Tabela 17 – Resultados da analises realizadas na massa bruta do resíduo da empresa estudada.

Parâmetros	Unidad e	Resíduo da serragem (Massa bruta)	Resíduo da polimento (Massa bruta)	LDM	Método
Estireno	µg/Kg	380	5470	10	M CRO 018 (EPA–8260)
Benzeno	µg/Kg	115	117	10	M CRO 018 (EPA–8260)
Tolueno	µg/Kg	ND	ND	10	M CRO 018 (EPA–8260)
Etilbenzeno	µg/Kg	ND	46	10	M CRO 018 (EPA–8260)
m+p–Xileno	µg/Kg	ND	ND	10	M CRO 018 (EPA–8260)
o–xileno	µg/Kg	ND	ND	10	M CRO 018 (EPA–8260)

Nas amostras analisadas verifica-se a presença de estireno, sendo a amostra obtida na etapa do polimento a que apresentou valores mais elevados. A presença do estireno na amostra da etapa de serragem é justificada devido à proximidade (aproximadamente 50 metros) da área onde é realizado o polimento das chapas, proporcionando a contaminação através do material particulado. A presença de estireno pode vir dos catalizadores e solventes utilizados no processo, é necessário que a empresa realize essa investigação para conhecer a origem deste contaminante tóxico.

#### 4.1.10. Emissões Atmosféricas

O processo produtivo de rochas ornamentais apresenta emissão de material particulado oriundo na etapa de acabamento final (lixamento) com emissão de partículas de diferentes diâmetros para a atmosfera. A definição de Material Particulado Total inclui Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (PI – partículas com diâmetro aerodinâmico médio menor do que 10

μm), e Partículas Inaláveis Finas (PM 2,5 partículas com diâmetro aerodinâmico médio menor do que 2,5 μm) (BAIRD, 2002).

Segundo Baird (2002), as Partículas Inaláveis Finas (com diâmetro aerodinâmico médio menor que 2,5 μm) têm comportamento físico-químico diferenciado das partículas inaláveis grossas (com diâmetro aerodinâmico médio menor que 10 μm e maior do que 2,5 μm), resultando em riscos e impactos diferenciados na saúde pública e no meio ambiente. As partículas inaláveis finas penetram mais profundamente no trato respiratório, enquanto as partículas menores do que 0,5 μm podem depositar-se nos alvéolos.

Os efeitos do material particulado na saúde do trabalhador depende do tamanho da partícula e de sua concentração, podendo variar durante o dia conforme as flutuações nos níveis de Partículas inaláveis (PI) e Partículas menores que 2,5 μm (MP 2,5μm) e incluem efeitos agudos, como aumento da mortalidade diária e aumento nos atendimentos dos centros de serviços de saúde. Os efeitos a longo prazo também incluem aumento da mortalidade e morbidade respiratória, mas há ainda poucos estudos sobre os efeitos do material particulado nesses casos (BAIRD, 2002).

Segundo Philippi (2005), variações na média diária (24 horas) do poluente, Partículas Totais em Suspensão, têm sido associadas ao aumento de morbidade, mortalidade e redução nas funções pulmonares, e em seus estudos observou-se que um aumento de 100μg/m<sup>3</sup> na concentração média de PTS está associado a 4% de aumento na mortalidade no dia seguinte.

- Resultados do Monitoramento

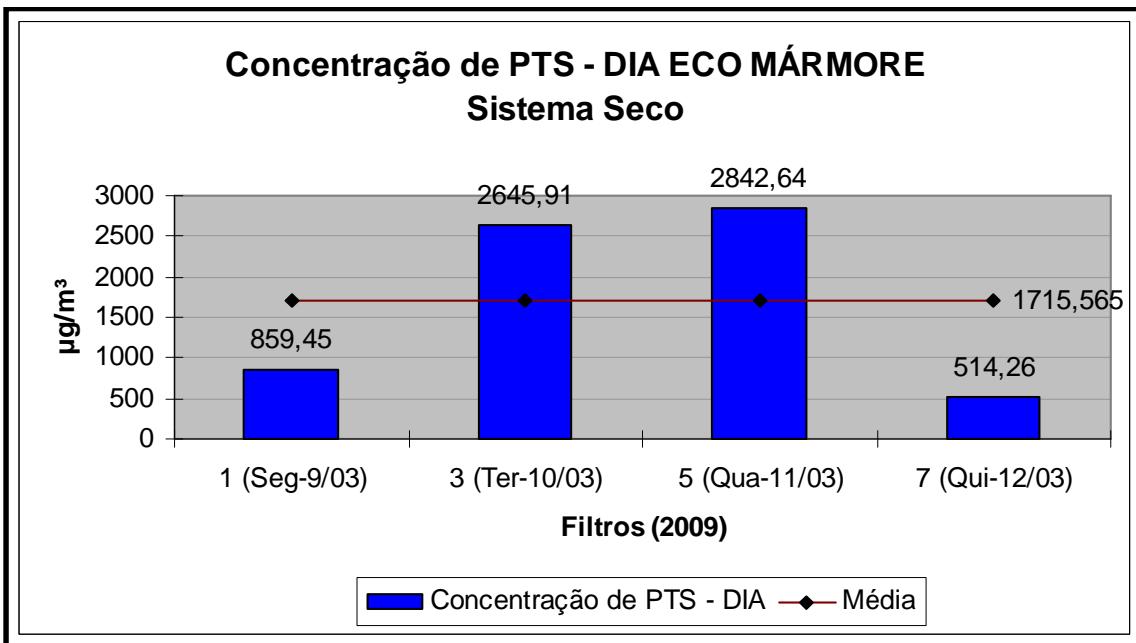


Figura 14 – Concentração de M.P durante o dia. Fonte: Empresa estudada.

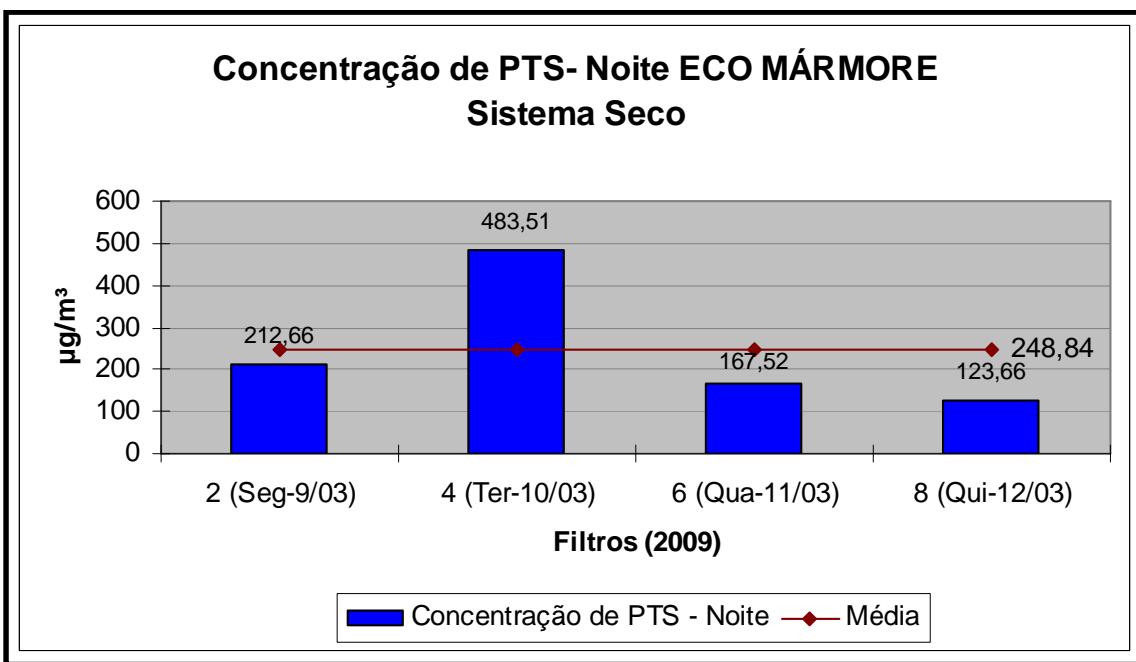


Figura 15 – Concentração de M.P durante a noite. Fonte: Empresa estudada.

Os resultados confirmam a hipótese de que as concentrações de material particulado dentro da empresa no período do dia é bem maior que a noite, uma vez que os equipamentos que emitem esses efluentes atmosféricos estão desligados.

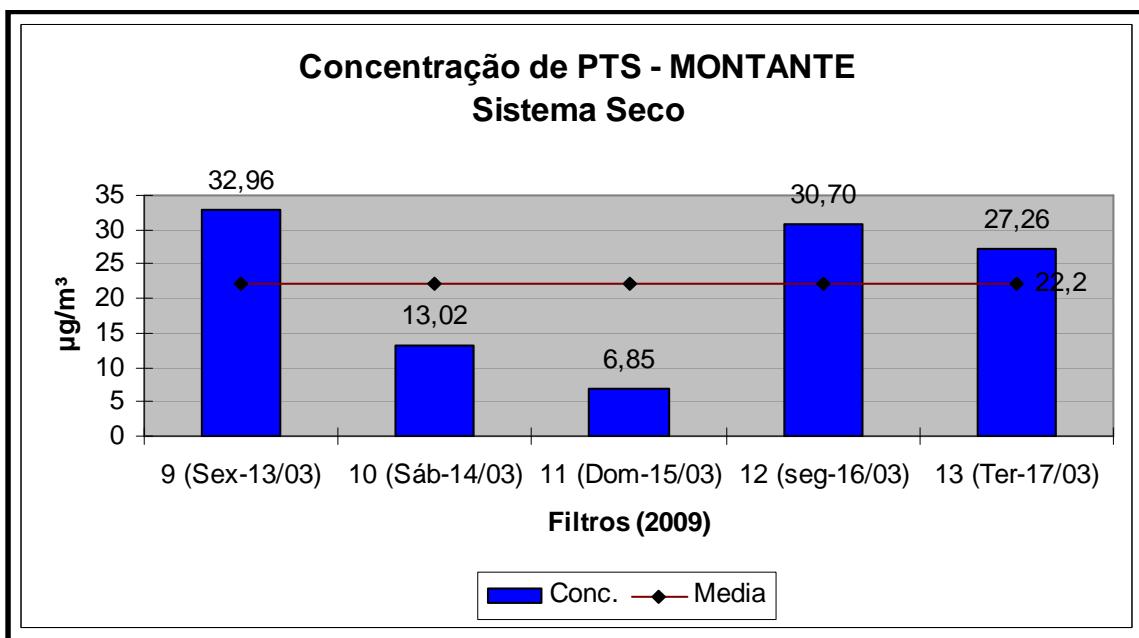


Figura 16 – Concentração de M.P a montante. Fonte: Empresa estudada.

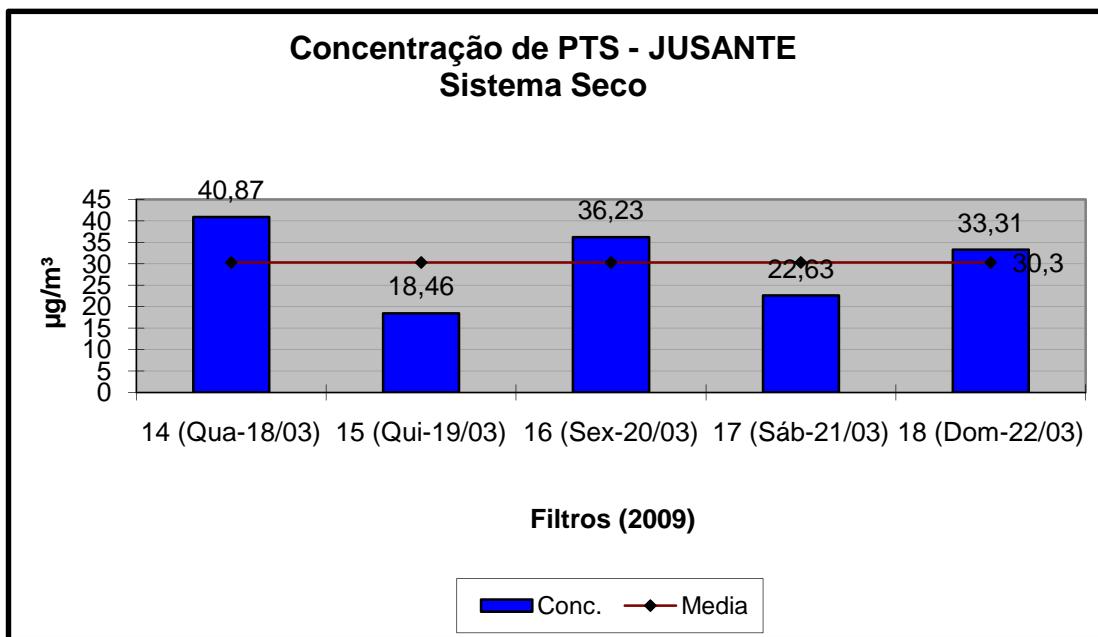


Figura 17 – Concentração de M.P a jusante. Fonte: Empresa estudada.

Os gráficos 3.2 e 3.3 mostram a concentração de material particulado no ambiente, ou seja, fora do perímetro da empresa. Os resultados mostram que a concentração de material particulado é menor a montante da empresa, devido a pouca interferência da mesma.

No Brasil, o Padrão de Qualidade do Ar (PQAr) foi introduzido principalmente por meio da Portaria GM 0231, de 27 de abril de 1976. Posteriormente, o IBAMA, por meio da Portaria Normativa nº 348 de 14/3/1990, ampliou os parâmetros regulamentados e estabeleceu os padrões nacionais de qualidade do ar e os respectivos métodos de referência. Tais Padrões foram submetidos ao CONAMA, resultando na Resolução CONAMA nº 003, de 28 de junho de 1990, que estabelece os atuais padrões em vigência no Brasil (MELO et.al, 2002).

Segundo Melo et al (2002), a Resolução CONAMA nº 003/90 define padrões de qualidade do ar como aquelas concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, os materiais e ao meio ambiente em geral. Dentro deste escopo, estabelece dois tipos de padrões de qualidade do ar: padrões primários e padrões secundários:

- Padrões Primários de Qualidade do Ar: são as concentrações de poluentes que ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.
- Padrões Secundários de Qualidade do Ar: são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

A criação dos padrões secundários visou, principalmente, criar um mecanismo legal para políticas de prevenção e proteção de áreas prioritárias à prevenção, tais como parques nacionais, áreas de proteção ambiental, etc. A resolução CONAMA nº 003/90 estabelece, inclusive, que os Estados devem classificar as áreas em níveis I, II ou III, conforme o uso pretendido. No caso de áreas não classificadas, os PQAr que devem ser adotados são os padrões primários (MELO et.al, 2002).

Os poluentes e seus PQAr, os respectivos tempo de amostragem e os métodos de medição, fixados pela Resolução CONAMA nº 003/90, estão apresentados na 18 a seguir:

Tabela 18 – Padrão Nacional de Qualidade do Ar. Resolução CONAMA nº 003/90, de 28/06/1990.

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário µg/m <sup>3</sup>	Padrão Secundário µg/m <sup>3</sup>	Método de Medição
partículas totais em suspensão	24 horas <sup>1</sup> MGA <sup>2</sup>	240 80	150 60	amostrador de grandes volumes
partículas inaláveis	24 horas <sup>1</sup> MAA <sup>3</sup>	150 50	150 50	separação inercial/filtração

1. Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.
2. Média geométrica anual.
3. Média aritmética anual.

A Resolução CONAMA nº 003/90 estabelece ainda um Plano de Emergência para Episódios Críticos da Poluição do Ar, visando a providências dos governos dos estados e dos municípios, assim como das entidades privadas e da comunidade em geral, com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde da população. Define Episódio Crítico de Poluição do ar como a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão destes poluentes; e estabelece os Níveis de ATENÇÃO, ALERTA e EMERGÊNCIA para a execução do Plano, conforme apresentado na figura 8 (MELO et.al, 2002).

Tabela 19 – Critérios para Episódios Críticos de Poluição do Ar. Resolução CONAMA nº 003/90, de 28/06/1990.

Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência
partículas totais em suspensão (µg/m <sup>3</sup> ) – 24h	375	625	875
partículas inaláveis (µg/m <sup>3</sup> ) – 24h	250	420	500

Os resultados da análise de M.P nos filtros estão expressos na tabela à seguir:

Tabela 20 – Varredura de metais no material particulado da empresa estudada.

Ensaio	Unid.	Método	LDM	Branco Analítico	Resultado de Análise de Metais no Material Particulado					
					PT 01 Empresa estudada. Filtros 3 e 4 (10/03–Terça)	PT 01 Empresa estudada. Filtros 7 e 8(12/03– Quinta)	PT 02Montante Filtro 10 (14/03– sábado)	PT 02Montante Filtro 12 (16/03– segunda)	PT 03Jusante Filtro 15 (19/03– quinta)	PT 03Jusante Filtro 17 (21/03– sábado)
Alumínio	µg/m <sup>3</sup>	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,5	22200	15,7833	ND	ND	ND	ND	ND
Antimônio	µg/m <sup>3</sup>	MESP 115 (OSHA ID-121)	0,3	ND	ND	0,0016	ND	ND	ND	ND
Arsênio	µg/m <sup>3</sup>	MESP 115 (OSHA ID-105)	0,3	5,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bário	µg/m <sup>3</sup>	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,3	29900	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Berílio	µg/m <sup>3</sup>	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bismuto	µg/m <sup>3</sup>	MESP 115 (OSHA ID-121)	0,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cádmio	µg/m <sup>3</sup>	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,3	ND	ND	0,0002 J	ND	ND	ND	ND
Cálcio	µg/m <sup>3</sup>	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	1,8	11400	35,9858	14,6114	ND	ND	0,3356	0,2309
Chumbo	µg/m	EN 305 ESP	0,5	1,0 J	0,0066	0,0017	$3,77 \times 10^{-4}$	0,0004	0,0008	0,0005

	<sup>3</sup> µg/m <sup>3</sup>	(NIOSH 7303)									
Cobalto	µg/m <sup>3</sup>	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,5	4,9	0,1039	0,0021	ND	4,57 x 10 <sup>-5</sup>	4,79x10 <sup>-5</sup>	0,0002	
Cobre	µg/m <sup>3</sup>	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,5	0,6 J	0,3539	0,0656	0,0301	0,0111	0,0899	0,1087	
Cromo	µg/m <sup>3</sup>	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,5	15,7	0,0254	0,0059	ND	ND	0,0003	0,0006	
Estanho	µg/m <sup>3</sup>	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,5	1,2 J	0,0480	0,0032	ND	ND	ND	ND	
Estrôcio	µg/m <sup>3</sup>	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,5	541	ND	0,0109	ND	ND	0,0048	0,0102	

Tabela 20 – Varredura de metais no material particulado da empresa estudada. – continuação

Resultado de Análise de Metais no Material Particulado										
Ensaio	Uni d.	Método	LDM	Branco Analítico	PT 01 Empresa estudada. Filtros 3 e 4 (10/03–Terça)	PT 01 Empresa estudada. Filtros 7 e 8(12/03–Quinta)	PT 02 Montante Filtro 10 (14/03–sábado)	PT 02 Montante Filtro 12 (16/03–segunda)	PT 03 Jusante Filtro 15 (19/03–quinta)	PT 03 Jusante Filtro 17 (21/03–sábado)
Ferro	µg/m³	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,8	328	28,1140	2,9696	0,1888	0,2736	0,2378	0,2337
Magnésio	µg/m³	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,5	1280	13,4924	1,5112	ND	0,0274	0,0479	0,0785
Manganês	µg/m³	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,5	5,5	0,1623	0,0348	0,0033	0,0048	0,0047	0,0036
Molibdênio	µg/m³	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,5	4,9	0,0038	ND	ND	ND	Nd	ND
Níquel	µg/m³	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,5	5,1	0,0506	0,0041	ND	9,15 x 10⁻⁵	ND	ND
Platina	µg/m³	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Potássio	µg/m³	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	2,3	25000	ND	ND	ND	8,3260	ND	ND
Prata	µg/m³	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Selênio	µg/	MESP 115 (OSHA	0,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ID-121)										
	m <sup>3</sup>									
Sódio	µg/m <sup>3</sup>	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	2,3	69000	ND	ND	ND	ND	0,2877	0,2309
Titânio	µg/m <sup>3</sup>	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,5	9,5	3,5584	0,1772	0,0016	0,0038	0,0005	0,0022
Vanádio	µg/m <sup>3</sup>	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,5	22,6	0,1172	0,0080	ND	ND	0,0010	0,0011
Zinco	µg/m <sup>3</sup>	EN 305 ESP (NIOSH 7303)	0,5	34700	ND	ND	ND	15,8743	ND	ND
Mercúrio	µg/m <sup>3</sup>	MESP 115 (OSHA ID-105)	0,02	ND	ND	1,91x10 <sup>-5</sup> J	ND	1,42 x 10 <sup>-5</sup>	ND	ND

**ND:** Não Detectado;

**J:** Analito detectado, mas abaixo do limite de quantificação do método (3,3 LDMs)

**LDM:** Limite de Determinação do Método

- Resultados

A tabela a seguir apresenta os resultados de estireno no material particulado dentro da empresa estudada, percebe-se que os resultados dos filtros 1 e 5 são maiores que 2 e 6 pois o primeiro é de dia quando o equipamento estar ligado e o segundo é no período noturno. As análises realizadas no meio ambiente não foram detectadas estireno.

Tabela 21 – Resultado de estireno no material particulado da empresa estudada.

Resultado de Análise de Estireno antes da Implantação do Acabamento Via-úmido					
Amostra	Resultado	Unid.	LDM	Método	
Branco Analítico	ND	µg/m <sup>3</sup>	0,01	M CRO 018 (EPA-8260)	
PT 01 Empresa estudada. Filtro 01 (DIA)	0,0054	µg/m <sup>3</sup>	0,01	M CRO 018 (EPA-8260)	
PT 01 Empresa estudada. Filtro 01 (Noite)	0,0038	µg/m <sup>3</sup>	0,01	M CRO 018 (EPA-8260)	
PT 01 Empresa estudada. Filtro 02 (Noite)	0,0006	µg/m <sup>3</sup>	0,01	M CRO 018 (EPA-8260)	
PT 01 Empresa estudada. Filtro 02 (Noite)	0,0010	µg/m <sup>3</sup>	0,01	M CRO 018 (EPA-8260)	
PT 01 Empresa estudada. Filtro 05 (DIA)	R	µg/m <sup>3</sup>	0,01	M CRO 018 (EPA-8260)	
PT 01 Empresa estudada. Filtro 05 (DIA)	0,0016	µg/m <sup>3</sup>	0,01	M CRO 018 (EPA-8260)	
PT 01 Empresa estudada. Filtro 06 (Noite)	0,0005	µg/m <sup>3</sup>	0,01	M CRO 018 (EPA-8260)	
PT 01 Empresa estudada. Filtro 06 (Noite)	0,0003	µg/m <sup>3</sup>	0,01	M CRO 018 (EPA-8260)	
PT 02 Montante Filtro 09	ND	µg/m <sup>3</sup>	0,01	M CRO 018 (EPA-8260)	
PT 02 Montante Filtro 11	ND	µg/m <sup>3</sup>	0,01	M CRO 018 (EPA-8260)	
PT 03 Jusante Filtro 14	ND	µg/m <sup>3</sup>	0,01	M CRO 018 (EPA-8260)	
PT 03 Jusante Filtro 16	ND	µg/m <sup>3</sup>	0,01	M CRO 018 (EPA-8260)	

Legenda: J: Analito detectado, mas abaixo do limite de quantificação do método (3,3 LDMs) LDM: Limite de Determinação do Método

#### 4.1.12. Emissões Sonoras

A Poluição Sonora hoje é tratada como uma contaminação atmosférica através da energia (mecânica ou acústica). Tem reflexos em todo o organismo e não apenas no aparelho auditivo. Ruídos intensos e permanentes podem causar vários distúrbios, alterando significativamente o humor e a capacidade de concentração nas ações humanas. Provoca interferências no metabolismo de todo o organismo com riscos de distúrbios cardiovasculares, inclusive tornando a perda auditiva, quando induzida pelo ruído, irreversível.

As Normas Regulamentadoras (NR) brasileiras indicam como prejudicial o ruído de 85 dBA (decibéis, medidos na escala A do aparelho medidor da pressão sonora) para uma exposição máxima de 8 horas por dia de trabalho. Sabe-se que sons acima dos 65 dB podem contribuir para aumentar os casos de insônia, estresse, comportamento agressivo e irritabilidade, entre outros. Níveis superiores a 75 dB podem gerar problemas de surdez e provocar hipertensão arterial.

Podemos verificar na tabela a seguir que para exposição de 8 horas diárias as áreas da empresa onde se localiza o Tear e a lixadeira estão acima do permitido, podendo causar riscos para a saúde dos trabalhadores se não utilizados os protetores auriculares adequados à intensidade do ruído.

Tabela 22 – Emissões sonoras (ruído) da empresa estudada.

Equipamento	Nível de Ruído dB(A)	Quantidade
Tear	94,5	4
Politriz	82,6	4
Lixadeira	91,6	4
Máquina de Corte	82,1	4

#### 4.1.13. Custos Associados a Matérias-Primas e Insumos

A tabela a seguir apresenta os custos da Empresa estudada. com matéria-prima e insumos.

Tabela 23 – Dados quantitativos de matérias-primas e insumos da empresa estudada.

Matérias-primas e insumos	Quantidade anual	Unidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total Anual (R\$)	Finalidade da utilização	Tipo de embalagem
Blocos de mármore	24	Ton	2.000,00	48.000,00	mármore	N.A.
Resina (Epoxy) + Endurecedor \	600	Kg	26,20	628,80	Brilho das chapas	Galão pequeno
Resina Cristal	5280	Kg	2.280,00	54.720,00	Brilho das chapas	Tambor
Água	N.A	–	–	–	–	–
Energia elétrica	234.000	Kwh	5.500,00/ mês	66.000,00	Processo/Em presa	N.A.
Chapas de Mármore bege	9600	m³	100,00	960.000,00	Peças de marmores	
Catalisador (MERKP V 50)	60	Kg	220,00	7.920,00	Endurecer a resina	Bombona

Legenda: N.A. – não se aplica

A água utilizada no processo é proveniente do poço, no entanto, o consumo não é quantificado devido ausência do medidor de consumo de água (hidrômetro).

#### 4.1.14. Custos Associados a Subprodutos, Resíduos, Efluentes e Emissões.

Os subprodutos gerados no processo industrial da Empresa estudada. incluem peças oriundas dos rejeitos de chapas e bloquetes com variados tamanhos e formas, muito utilizados na construção civil como revestimento externo. Os espacatos são filetes de Bege Bahia de 0,2cm de espessura por 2,5cm de altura, com acabamento artesanal que proporciona um aspecto rústico a peça. Já o anticato trata-se de um produto elaborado a partir de rejeitos denominados “pedrões”, sendo o mesmo cortado em prensas mecânicas, em dimensões que variam de 6x6 ao 20x20cm e espessura variando de 30 a 45mm, conferindo a peça um aspecto de desgaste e envelhecimento.

A tabela a seguir apresenta os custos da empresa estudada. associados a geração de subprodutos e resíduos industriais.

Tabela 24 – Dados quantitativos dos principais subprodutos da empresa estudada.

Subprodutos	Quantidade Anual	Unidade	Custo de armazenamento	Custo de tratamento	Custo de transporte	Custo de disposição	Custo Total (R\$)
Espacato	2.400	m <sup>2</sup>	–	–	–	–	–
Anticato	1.600	m <sup>2</sup>	–	–	–	–	–

No que se referem aos demais resíduos, os custos associados ao armazenamento, transporte e disposição dos mesmos não foi contabilizado em virtude da ausência de um Programa de Gerenciamento que possa nortear ações voltadas para a Produção mais Limpa (P+L).

A tabela a seguir apresenta os resíduos gerados no processo industrial da empresa estudada. e quantidade anual gerada.

Tabela 25 – Dados quantitativos dos principais resíduos da empresa estudada.

Resíduos Sólidos	Quantidade Anual	Unida de	Custo de armazenamen to	Custo de tratamen to	Custo de transport e	Custo de disposiçã o	Cust o Tota l (R\$)
Sobras de Abrasivos	150	Kg	0	0	0	0	0
Cabo de aço danificado s	12	Kg	0	0	0	0	0
Estopas sujas	240	Kg	0	0	0	0	0
Madeira	500	Kg	0	0	0	0	0
EPI's danificado s	300	Kg	0	0	0	0	0
Casqueiro	800	Kg	0	0	0	0	0
Embalage ns contamind as	24	Peças	0	0	0	0	0
Papel / papelão	360	folhas	0	0	0	0	0

Plástico	200'	peças	0	0	0	0	0
Lama com pó de mármore	*	-	-	-	-	-	-
Lâmina	40	peças	0	0	0	0	0

\* Não quantificado

O efluente gerado na Empresa estudada. é direcionado para um tanque de decantação, através de canalização, para separação dos sólidos em suspensão (pó de mármore) e reuso da água no processo. A separação física é um único tratamento dado ao efluente, não sendo quantificado os custos associados ao tratamento e transporte do mesmo, devido à geração descontínua e a falta de monitoramento da vazão.

## 5. CONCLUSÕES

O diagnóstico ambiental/ocupacional elaborado encontrou pontos que necessitam melhoria no processo produtivo da empresa. A questão inicial refere-se ao consumo de água, que deve ser acompanhando e racionalizado, principalmente com recursos de reuso desse insumo, após tratamento e recuperação. O uso da água na empresa estudada requer ações para diminuição do consumo e desperdício, como a implementação de um hidrômetro.

Outro aspecto importante é o insumo energia. O alto consumo encontrado deve-se principalmente à utilização de equipamentos ultrapassados. Recomenda-se a atualização desses para garantir maior sustentabilidade na utilização do recurso energia elétrica.

A geração de material particulado também constitui-se outro quesito a ser trabalhado na empresa estudada, em função da natureza mineral da principal matéria prima, bem como da quantidade gerada. Mesmo com o uso de EPI's o resíduo de pó de mármore gerado na etapa de polimento, apresenta altas concentrações de estireno.

A geração de ruído é o item menos crítico em relação aos demais, por conta do acompanhamento da empresa que exige e fiscaliza a utilização dos equipamentos de proteção individual.

No segmento das marmorarias apesar dos diversos tipos de produtos químicos a maior causa de problemas respiratórios são gerados pela poeira silicosa.

Os efluentes gerados no processo produtivo estão em conformidade com a resolução 357 do Conama

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14725: Ficha de informações de segurança de produtos químicos: FISPQ.** Rio de Janeiro, 2005.

BAIRD,C; **Química Ambiental.** 2. ed. São Paulo: Bookman,2002.

BRASIL. NR 7: **programa de controle médico de saúde ocupacional** (107.000–2). Disponível em:

<[http://www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_07.pdf](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_07.pdf)>. Acesso em: 09 jan. 2011.

BRASIL. NR 9: **programa de prevenção de riscos ambientais** (109.000–3). Disponível em: <[http://www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_09.pdf](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_09.pdf)>. Acesso em: 09 jan. 2011.

BRASIL. NR 10: **segurança em instalações e serviços em eletricidade.** Disponível em: <[http://www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_10.pdf](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_10.pdf)>. Acesso em: 09 jan. 2011.

BRASIL. NR 11: **transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais** (111.000–4). Disponível

em: <[http://www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_11.asp](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_11.asp)>. Acesso em: 09 jan. 2011.

BRASIL. NR 15: **atividades e operações insalubres** (115.000–6). Disponível em: <[http://www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_15.pdf](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15.pdf)>. Acesso em: 09 jan. 2011.

BRASIL. NR 17: **Ergonomia** (117.000–7). Disponível em: <[http://www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_17.asp](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_17.asp)>. Acesso em: 09 jan. 2011.

CETESB COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Ficha de Informação de Produto Químico – Estireno.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Emergencia/produtos>, Acesso em: 31 out. 2011.

CUNHA, I. A. **Exposição ocupacional à vibração em mãos e braços em marmorarias no município de São Paulo: proposição de procedimento alternativo de medição.** 2006. 153 f. Tese (Doutorado em Engenharia)– Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <[http://www.fundacentro.v.br/dominios/CTN/teses\\_lista.asp?D=CTN&C=447&menuAberto=215](http://www.fundacentro.v.br/dominios/CTN/teses_lista.asp?D=CTN&C=447&menuAberto=215)>. Acesso em: 14 abr. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Dados estatísticos sobre os municípios brasileiros.** Disponível em: [www.ibge.gov.br/cidade](http://www.ibge.gov.br/cidade), Acesso em: 14 abr. 2011.

JOINVILLE. Centro de Referência em Saúde do Trabalhador. **Previna-se contra a silicose.** Disponível em:

<[http://www.saudejoinville.sc.gov.br/\\_downloads/\\_guvs/cerest/folderSilicose.pdf](http://www.saudejoinville.sc.gov.br/_downloads/_guvs/cerest/folderSilicose.pdf)>. Acesso em: 14 abr. 2011.

KULCSAR NETO, F. et al. **Sílica manual do trabalhador.** São Paulo: Fundacentro, 1995.

MELO, A.O.; IBSEN, V.C.; SÉRGIO, F.P. **Emissões Atmosféricas.** Brasília: SENAI/DN,2002. 373 p.

PHILIPPI, T. A. **Saneamento Saúde e Ambiente. Fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** São Paulo: EDUSP, 2005. 842 p.

RIBEIRO, A. F.. **Mármore Bege Bahia em Ourolândia–Mirangaba–Ourolândia, Bahia: geologia, potencialidade e desenvolvimento sustentável.** – Salvador: CBPM, 2002. 52 p.: il., mapa. – (Série Arquivos Abertos; 17). Disponível: SENAI–CETIND, 2008.

SANTOS, A. M. A. **Exposição ocupacional a poeiras em marmorarias: tamanhos de partículas característicos.** 2005. 191 f. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Minas)–Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005. Disponível em:<[http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/teses\\_lista.asp?D=CTN&C=447&menuAberto=215](http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/teses_lista.asp?D=CTN&C=447&menuAberto=215)>. Acesso em: 14 abr. 2011.

SANTOS, A. M. A. et al **Características da exposição ocupacional a poeiras em marmorarias da cidade de São Paulo.** Rev. bras. Saúde ocup., São Paulo, 32 (116): 11–23, 2007

TORLONI, M. et al. **Programa de proteção respiratória: seleção e uso de respiradores.** 3. ed. São Paulo: Fundacentro, 2002.

VILLAROUCO, F. M. O. **Análise do líquen Cladonia verticillaris (RADDI) FR., em condições de laboratório sob efeito do estireno e ciclohexano.** Interciênciac, v.32, n.4, p. 242–246, 1977. Disponível em: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php>. Acesso em: 16 abr. 2011.