

# **ELABORAÇÃO DE SERRARIA-MODELO DE ROCHAS ORNAMENTAIS PARA SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA, RJ.**

**Angelina Chacur López**

Bolsista de Iniciação Científica, Desenho Industrial/Projeto de Produto, UFRJ

**Eduardo Augusto de Carvalho**

Orientador Eng. Metalúrgico, D. Sc.

## **RESUMO**

O trabalho tem como foco principal à elaboração de um projeto de Serraria-Modelo para o beneficiamento de rochas ornamentais de Santo Antônio de Pádua, RJ, que seja capaz de atender às normas ambientais estaduais (RJ) e federais, além de proporcionar melhores condições ergonômicas e ocupacionais aos trabalhadores. O projeto também servirá de ferramenta para empresas que estão participando do Termo de Ajustamento de Conduta das empresas de beneficiamento de rochas ornamentais na cidade, podendo as mesmas encontrar soluções para os problemas verificados nesse termo. Na elaboração desse projeto, procurou-se encontrar soluções para os problemas de pressão sonora, organização de lay-out, ergonomia de deslocamento, toda elas devendo ser de um baixo custo para atender ao empresariado local.

### **1. Introdução**

Santo Antônio de Pádua, RJ, é um importante pólo de rochas ornamentais no Brasil, com a produção de gnaisse milinotizados, comercializados, principalmente na forma de lajinhas, em dois tipos distintos: a pedra Miracema, de cor predominante cinza, e a pedra Madeira, nas variedades amarela, branca e verde.

Recente estudo desenvolvido pelo CETEM nas empresas de beneficiamento de rochas ornamentais do município, durante a vigência do Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), pôde identificar a existência de 82 empresas, todas de micro e pequeno porte, além dos principais problemas existentes tanto no ponto de vista ambiental (foco principal do TAC), quanto de caráter organizacional (foco principal deste trabalho). Procurando dar continuidade ao trabalho, foi considerado necessário encontrar soluções para os problemas encontrados, de saúde, segurança e conforto dos trabalhadores.

### **2. Beneficiamento das rochas ornamentais em Santo Antônio de Pádua.**

As empresas recebem das Pedreiras, lajes de aproximadamente 50 x 50 x 8 cm. Essas são cortadas em blocos de 23 x 11,5 cm por um equipamento de corte com disco diamantado (Figura 1) refrigerado a água. O pó fino gerado no corte, misturado à água, forma o efluente, que é mal conduzido para uma unidade de tratamento ou lançado nos rios. O rejeito grosso do corte segue para uma pilha de rejeitos. Os blocos são deslocados

manualmente (Figura 1), de modo a gerar lajinhas com espessura de aproximadamente 1,5 cm, entre outros. (Carvalho e Castro, 2004)



Figura 1 – Operação de deslocamento. Ao fundo, máquina utilizada para transformação das lajes em blocos.

### 3. Ruído dos equipamentos

O nível de pressão sonora gerado pelos equipamentos no ouvido do trabalhador responsável pelo corte das lajes é, em média, de 112 dB, bem acima dos 85 dB (NR-15 – Anexo I), impostos pela legislação para uma jornada de trabalho de 8 horas. A esse nível, o trabalho se mostra saudável por apenas 10 minutos. O uso inadequado e também o estado de conservação atual dos EPIs pode conduzir a surdez do trabalhador, podendo essa ser de dois tipos: *surdez nervosa* - redução da sensibilidade das células nervosas, que ocorre principalmente nas faixas de maior frequência, acima de 1000 Hertz e em função da idade, sobretudo após os 40 anos - e *surdez temporária ou permanente* - onde a exposição diária a um certo nível de pressão sonora elevado, durante a jornada de trabalho, provoca um certo índice de surdez temporária, que tende a desaparecer com o descanso diário (normalmente em um intervalo de 24 a 48 horas). Verificou-se que a falta de manutenção preventiva (fixação de parafusos, nivelamento em relação ao solo, troca de correias) e até a corretiva (troca de rolamentos quebrados) contribui em muito para o elevado ruído dos equipamentos.

A nível ambiental - a 2,0 m da empresa e 2,0 m da residência mais próxima - a média da pressão sonora é de 88,5 dB e 84,0 dB, respectivamente, bem acima do limite de 70 dB (Portaria 3.214/1978). Apenas uma empresa apresenta ruído ambiental abaixo de 70dB, no entanto esse se mostra baixo em virtude da distância dos equipamentos à frente da empresa e a inexistência de residências próximas.

O uso do “disco diamantado silencioso”, construído com duas folhas de aço 1070 e uma chapa de cobre entre elas, é capaz, segundo os fabricantes, de reduzir em cerca de 70% o ruído gerado, permitindo alcançar os níveis exigidos pela legislação. O custo é, geralmente, cerca de 20% maior do que o convencional, no entanto pode ser compensado, pelo repastilhamento do disco até duas vezes, a um custo de 70% do disco convencional.

A colocação do equipamento em um invólucro, revestido com material absorvente, como lã de vidro ou chapa de madeira não comprimida, seria outra forma de amenizar o ruído gerado pela operação. No entanto, tal medida dificultaria a execução de operação de corte.

O uso de protetores auriculares é indispensável para a saúde dos trabalhadores. Protetores auriculares do tipo concha (Tabela 1) permitem a redução de em média 21 dB, o que não atenderia de todo modo. No entanto, quando usado em conjunto com o protetor auricular do tipo plug (Tabela 1), que permite uma redução de cerca de 19 dB, é possível alcançar o limite de 85 dB, exigido para uma jornada de trabalho de 8 horas.

Tabela 1 – Diferentes tipos de Protetores auriculares (concha e plug) com os respectivos preços

		
Protetor auricular tipo plug de espuma descartável. Preço: R\$ 1,89	Protetor auricular tipo plug reutilizável de silicone. Preço: R\$ 6,15	Protetor Auricular tipo concha Preço: R\$ 55,00

Fonte: Empresa SETON

Em relação ao ruído gerado pela empresa aos seus vizinhos, sabe-se que ocorre uma atenuação de 6 dB, à medida que a distância entre a fonte geradora do ruído e o ponto de referência é duplicada. Dessa forma, os equipamentos de corte deveriam ser colocados a uma distância superior a 128 m da residência mais próxima, o que é inviável.

Grande parte dos galpões das empresas, onde ficam localizados os equipamentos de corte, são construídos com pilares de toras de madeira e com telhas de fibro-cimento, localizadas a menos de 2,5 m do solo. Esse tipo de construção se mostra totalmente ineficaz para a redução do ruído, o que mostra a necessidade da construção de novos galpões. O uso de paredes de concreto, de densidade igual a 100 kg/m<sup>2</sup>, ao redor do galpão da serraria, permitiria uma redução de entre 44 e 48 dB do nível de pressão sonora. Quanto mais denso o material utilizado na construção da parede, mais espessa ela for e quanto menor a passagem de ruído (brechas, furo, etc.), menor será a sua transmissão de um ponto a outro. O uso de paredes duplas permite uma redução do mesmo nível ou ainda maior, no entanto o efeito é suscetível de ser nulo, se as duas paredes forem ligadas por um suporte rígido, funcionando como uma ponte acústica. A colocação, conjunta, de placas de material absorvente no teto das instalações (Figura 2) é importante para reduzir a reverberação de som dentro do galpão.

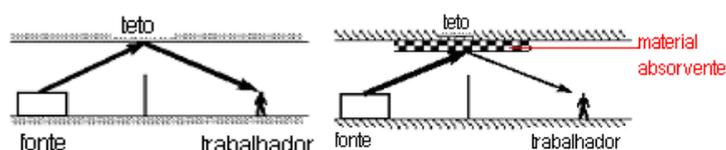


Figura 2 – Efeito do material absorvente sobre o ambiente de trabalho

#### 4. Iluminação e segurança

As empresas utilizam, normalmente, luz natural para a iluminação dos galpões. Esta é extremamente saudável, de boa qualidade e contribui para o racionamento de energia, porém existem problemas decorrentes do seu uso, tais como a variação de iluminância da abóbada celeste no decorrer do dia e a carga térmica emanada pelo sol.

Um estudo feito por Dall (*op.cit.*JUNIOR, 2005), em duas empresas, mostrou que o aumento da intensidade luminosa melhora o desempenho dos trabalhadores, além de diminuir a quantidade de refugo e de acidentes de trabalho (Tabela 2).

A qualidade da iluminação dos postos de trabalho não é definida apenas pela sua intensidade. Deve-se levar em conta a distribuição da densidade luminosa, a limitação do ofuscamento, a direção da luz e da sombra. Portanto, deve-se buscar uma iluminação uniforme, evitando, no campo visual, janelas claras, superfícies refletoras, etc.

Tabela 2 – Influência da intensidade luminosa do ambiente de trabalho no desempenho dos trabalhadores

Empresa	Intensidade Luminosa (LUX)		Aumento de Desempenho	Redução de Refugo	Redução de Acidentes
	Antes	depois			
Metwood Co.	300	2000	16 %	29 %	52 %
Erickson Co.	500	2000	10 %	20 %	50 %

Fonte: [http://www.ecivilnet.com/artigos/iluminacao\\_e\\_trabalho.htm](http://www.ecivilnet.com/artigos/iluminacao_e_trabalho.htm)

A respeito da intensidade luminosa deve-se seguir os padrões da NBR 5413, a qual estabelece uma iluminância de 750 a 1000 lux para áreas de trabalho com máquinas e em escritórios. As características de reflexão dos materiais, cor e textura podem também evitar o ofuscamento refletido proporcionando maior conforto visual.

## 5. Canalização dos efluentes

Os equipamentos de corte utilizados apresentam um design antigo, que não leva em consideração a coleta e o reaproveitamento da água e de rejeitos finos. Em muitas das empresas que possuem unidade de tratamento do efluente, a condução do efluente é feita em canais abertos no próprio solo, provocando o alagamento do ambiente de trabalho. A ausência de muros de contenção no equipamento faz com que os trabalhadores fiquem em contato intenso com a água. Outro grande problema é a falta de proteção ao lado do disco de corte. A água, espirrada pelo movimento circular do disco, alcança não só o trabalhador que está no equipamento, como aqueles que se encontram próximos. Para uma correta canalização é necessário haver um muro de alvenaria, do solo até os trilhos do equipamento, evitando que a água e o resíduo fino sejam espalhados por todo o galpão. No interior do espaço limitado pelas muretas, devem ser instalados um ou mais ralos semi-esféricos, evitando o entupimento dos canos por partículas grosseiras. A condução do efluente até as unidades de tratamento deve ser realizada por tubos PVC com uma ligeira inclinação, para evitar a sedimentação de partículas durante o repouso do equipamento, ou canaletas concretadas protegidas por grades e periodicamente limpas (Figura 3).

Para evitar o respingo de efluente durante o corte, recomenda-se a instalação de duas borrachas, cortadas em franjas que não se encontram, que devem ser acopladas à capota que protege o disco (Figura 3). Essa borracha, desenvolvida no CETEM, já foi testada em um equipamento de corte, alcançando bons resultados.



Figura 3 – Ralo semi-esférico utilizado para evitar entupimentos por partículas grosseiras. Ao lado, grade utilizada para proteção das canaletas concretadas. À direita, borracha bloqueia respingos de água.

## 6. Projeto da Serraria Modelo

A Serraria Modelo foi desenvolvida de modo a auxiliar os empresários na elaboração de um lay-out onde é possível atender todas as normas ambientais vigentes no Estado do Rio de Janeiro, além de gerar melhores condições de trabalho para os operários e uma maior rendimento em suas operações a partir de uma empresa mais bem organizada. A Serraria-Modelo servirá como base para a construção ou reforma das empresas da região estudada, podendo também ser utilizado em outras empresas de rochas ornamentais.

A iluminação na Serraria Modelo visa explorar ao máximo a luz do sol, durante o dia, através de telhas translúcidas (Figura 4), deixando, se possível, algumas lâmpadas desligadas. As luminárias são do tipo prato fundo esmaltadas de branco por dentro e verde por fora com lâmpadas tipo mista de vapor de mercúrio de 220 e 250 w colocadas a 3,5 m do piso, penduradas à estrutura por fio tipo PB (enceradeira) gerando uma luz uniforme com intensidade entre 750 e 1000 lux nos campos de trabalho. Onde não há concentração de máquinas as lâmpadas poderão ser de 160 w. É importante que haja na serraria, extintor de incêndio, pois os motores das máquinas, algumas vezes superaquecidos, trazem risco aos operadores.



Figura 4 – Desenho esquemático das telhas translúcidas.

As paredes da empresa, por sua vez, são duplas e de superfície rugosa, que difundem melhor a luz. Para a boa ventilação no interior da empresa e maior conforto térmico, recomenda-se um bebedouro e um exaustor eólico, este por não consumir energia, além de ser totalmente silencioso, de baixo custo de instalação e manutenção, capaz de remover o ar quente no verão e a umidade em dias chuvosos e ter funcionamento contínuo.

O piso do galpão pode ser feito com os rejeitos das serrarias ou borracha. Devem ser evitados pisos muito lisos, escorregadios ou muito irregulares, de modo a reduzir os riscos de resvalos e tropeções.

Procurando proporcionar menor trânsito de caminhões na empresa, a entrada para o caminhão deve ser escolhida de modo que o mesmo se locomova para um dos lados do tanque (rejeitos finos) e que, ao mesmo tempo, dê as costas para a caçamba com os rejeitos, e se posicione ao lado do depósito dos blocos a serem comercializados. Com a mesma finalidade, recomenda-se o uso de carrinhos para o deslocamento dos blocos de pedra das áreas de operação de corte para as áreas de depósito dos mesmos. A distância mínima entre máquinas e equipamentos deve ser de 0.7 a 1.3 m, conforme o estabelecido pela NR 12.1.4. Os corredores, por sua vez, têm mais de 1,2 m de largura conforme o estabelecido pela NR 12.1.7.

O deslocamento dos bloquinhos é uma das atividades que mais provocam dores e lesões no corpo. Durante 7,5 horas por dia de trabalho, o operário mantém-se praticamente em esforço repetitivo e em posição totalmente anti-ergonômica. Para melhor visualização do bloco no ato de corte, o trabalhador tenciona os músculos para

manter sua cabeça inclinada a mais de 30°, e sua coluna permanece curvada. Essa posição em tempo prolongado causa tensões, lesões, dores, torções. Outros fatores prejudiciais a sua saúde são: o ruído ao qual ele é exposto e o uso dos pés como ferramenta de pressão, permanecendo em contato com a rocha e o pó gerado. O contato do pó com a pele causa ressecamento, além de calosidades, podendo gerar diversas doenças na pele. A espátula utilizada para o deslocamento é feita de material metálico, podendo gerar bolhas nas mãos, em dias quentes, além conduzir o impacto das marteladas para as mãos do trabalhador. Como medidas imediatas, tal esforço deve ser precedido e sucedido de alongamentos. Em dias quentes, o trabalho deve ser executado sob sombra e deve-se utilizar luvas de material emborrachado, pois a borracha é um material de baixa condutividade térmica, amortecedor de impactos, e de grande coeficiente de atrito, transmitindo segurança no ato do corte. Já se encontra elaborado um ambiente de trabalho mais ergonômico para a execução dessa tarefa. Foram considerados os ângulos e raios ótimos de visualização, ângulos de conforto da cabeça, das pernas, da coluna, amenizando os esforços com os braços, considerando a área de alcance dos mesmos, de forma que todos os problemas de saúde e segurança descritos acima sejam minimizados. Também foi elaborada uma ferramenta cuja superfície em contato com a mão é emborrachada, protegendo-a contra queimaduras. Esta também reduz riscos de o trabalhador martelar a próprias mãos. Em breve, pretende-se construir protótipos das duas ferramentas, de modo a verificar a aceitação dos trabalhadores.



Figura 5 – Detalhamento da Serraria Modelo

## 7. Conclusões

Nas serrarias estudadas, foram detectados diversos problemas no que se refere à saúde e segurança dos trabalhadores, sendo a pressão sonora o mais importante deles. O estudo desses problemas, junto às possíveis soluções, já foi apresentado, em diversas reuniões técnicas, aos empresários e ao órgão ambiental responsável pela condução do TAC, sendo as mesmas colocadas sob análise.

Como medida imediata, aconselha-se o uso de silenciador de disco, silenciador de motor e silent blocks capazes, segundo os fabricantes, de reduzir o ruído geral a até pelo menos 85 dBs, em uma empresa com 3 máquinas (média real das serrarias de pádua) e 4 deslocadores. Gerando um ruído máximo de 85dBA, bastaria que os equipamentos de corte estivessem a 8m de distância das residências mais próximas para serem legais e saudáveis, sem necessidades de gastos maiores com investimento em paredes e tetos mais absorventes de

ruídos. É aconselhável também o uso de protetores auriculares tipo do tipo plug quanto do tipo concha, de modo que a atenuação do ruído permita que o operador trabalhe 8 horas diárias, saudavelmente.

Outras melhorias importantes seriam: a lâmina de borracha anti-espirro ou muretas de proteção, uso de tubos de PVC ou canais concretados protegidos com grade para a condução dos efluentes e implantação de paredes de concreto ao redor de todo o galpão.

Em breve será apresentado aos empresários um protótipo de mesa para deslocamento dos blocos, operação essa considerada extremamente prejudicial à saúde dos trabalhadores.

## 9. Agradecimentos

Devo meu agradecimento a toda a equipe do CETEM, em especial ao meu orientador de projeto Eduardo Augusto Carvalho, e também a Núria Castro, Antônio Campos, Marília Vaz, Roberto Baptista e José Eugênio Lopes e ao CNPQ pelo financiamento da bolsa de iniciação científica.

## 10. Referências Bibliográficas

BIOANOVSKY, DAVID. **Portaria nº 12, de 06 de Junho de 1983**: NR 5 – Anexo I. Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente; NR 7 - Anexo I. Frequência Perda Auditiva em dB valores (%); NR 8 - Edificações. NR 821, NR 831, NR 835; NR 9 - Riscos Ambientais; NR 10.2.2; NR 12 - Máquinas e Equipamentos; NR 15 - Atividades e Operações Insalubres; NR 17 - Ergonomia

CHING, FRANCIS D. K. **Dicionário Visual de Arquitetura**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

DREYFUSS, HENRY. **The Measure of Man**, New York, 1967.

DINSER. Informações sobre o disco silencioso: Disponível em <<http://www.dinser.com.br>> Acesso em: mai. 2005

IAMBIENTE, **Técnicas de Prevenção e Controle de Ruído** - Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente. <[http://www.iambientes.pt/docs/5026/tecnicas\\_controlo\\_ruido.pdf](http://www.iambientes.pt/docs/5026/tecnicas_controlo_ruido.pdf)> . Acesso em: mar. 2005

JUNIOR, COSMO PALASIO DE MORAIS. **Considerações sobre Iluminação e Trabalho**. Informações sobre pesquisa feita por Dall. Citações NBR 5413 - Iluminação de Interiores <[http://www.ecivilnet.com/artigos/iluminacao\\_e\\_trabalho.htm](http://www.ecivilnet.com/artigos/iluminacao_e_trabalho.htm)> Acesso em: Mai. 2005

MALCHAIRE, JACQUES. **Ruído**. Ministério do Trabalho e Emprego. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/Empregador/segsau/Publicacoes/Estrategia/Ruido/Conteudo/717.pdf>> Jan 2005

MULTIVENTILAÇÃO, Informações sobre ventilação e exaustor eólico. Disponível em: <<http://www.multiventilacao.com/HTM/forma%E7%E3o/forma%E7%E3o.htm>> Acesso em: mar 2005

Revista JB ECOLÓGICO - Jornal do Brasil / Ano 03 / nº 32 / Setembro de 2004

SHRADER, D.M.L. **Processos de Fabricação e Materiais para Engenheiros**. Capítulos 6 e 11 – Editora Edgard Blücher LTDA. São Paulo, 1962

TRE . Anexo II ao edifício Sede . **Caderno de Encargos** . <<http://www.tre-am.gov.br/down/AnII.doc>>.2005

NBR 7229. 1982. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos

SETON. Informações sobre preço de produtos. Disponível em: <<http://www.seton.com.br>> Acesso em Jun 2005

