

# DETERMINAÇÃO DO BRILHO DE ROCHAS ORNAMENTAIS SUBMETIDAS A DIFERENTES SITUAÇÕES DE DESGASTE

**Wana Favero Gaburo Dorigo**

Aluna de Graduação de Engenharia de Minas, 4º período, IFES.

Período PIBIC/CETEM: janeiro de 2012 a julho de 2012

wdorigo@cetem.gov.br

**Leonardo Luiz Lyrio da Silveira**

Orientador, Geólogo

leolysil@cetem.gov.br

## 1. INTRODUÇÃO

O beneficiamento de rochas ornamentais compreende uma sucessão de etapas que vão desde o desdobramento dos blocos em chapas até o acabamento final, nas quais são usadas ferramentas abrasivas. Também conhecido como beneficiamento secundário, o processo de polimento abrange uma série de operações que buscam diminuir a rugosidade da chapa, a fim de imprimir brilho ao material. O brilho de uma superfície pode ser definido como sendo a razão entre a intensidade da luz incidente pela intensidade da luz refletida. Como importante característica estética, a qualidade do brilho de materiais polidos tem grande influência no mercado de rochas ornamentais. No tocante a máquina de polir, a velocidade de rotação do satélite é invariável e, por consequência, a velocidade de corte, que é a distância percorrida por um reboło abrasivo num determinado tempo, permanece constante.

## 2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo estabelecer a importância da adição de uma nova variável operacional, a velocidade de corte, na qualidade do polimento das chapas de rochas ornamentais.

## 3. METODOLOGIA

O processo de polimento se dá a partir de rebolos abrasivos fixados em cabeçotes, denominados de satélites, que realizam um movimento circular sobre a superfície da chapa, contando com um fluxo constante de água para eliminação dos resíduos e refrigeração da superfície polida (CHIODI FILHO 2004, *apud* RIBEIRO, 2005). É realizado através de elementos abrasivos que vão desgastar a superfície das amostras em um movimento de atrito até que se chegue ao polimento desejado. O termo “abrasivo” pode ser definido como sendo uma partícula ou grão capaz de causar rápido ou eficiente desgaste em uma superfície sólida (STACHOWIAK e BATCHELOR, 1993 *apud* SILVEIRA, 2008), para o qual há diferentes granulometrias que vão variar em sequência decrescente de acordo com a etapa de desbaste da chapa. Segundo Coimbra Filho (2006) e Paraguassú, *et al.* (2004), o conhecimento das propriedades dos abrasivos nos possibilita um melhor entendimento das etapas de polimento de rochas ornamentais. Os rebolos abrasivos são ferramentas constituídas por partículas responsáveis pelo corte, imersas em matrizes cerâmicas (cimento Sorel), ou em matrizes poliméricas (poliéster ou epóxi) (FILGUEIRA e AIGUEIRA, 2006), sendo os de matriz cerâmica chamados de abrasivos magnesianos, cuja matriz ligante é o Óxido de Magnésio e elemento abrasivo o Carbetto de Silício (SiC) e os resinóides produzidos com liga de poliéster ou epoxídicos e elemento abrasivo o diamante. A qualidade final do polimento ainda é determinada somente por métodos empíricos. Como regra geral, tal parâmetro é inferido pela granulometria dos abrasivos utilizados durante as etapas de polimento medido com o auxílio de um medidor de brilho, utilizado ainda por poucas empresas do setor (RIBEIRO, *et al.*, 2004). Fatores como a composição mineral, a dimensão dos grãos de quartzo, a estrutura da rocha e sua cor, controlam a manutenção ou a perda do lustro (ARTUR, *et al.*, 2002). Logo, a interação entre as

propriedades intrínsecas da rocha, as variáveis operacionais da poltriz e o tipo de abrasivo utilizado configuram um sistema de desgaste em que o grupo de variáveis acima mencionadas terá influência no resultado final (RIBEIRO *et al.*, 2004). A análise desse processo industrial, sob esta ótica, muito se aproxima ao da Tribologia, que é a Ciência que estuda o atrito de superfícies em contato, gerado por um movimento relativo (ZUM-GAHR, 1987). Esta Ciência foi primeiramente concebida para a área metal-mecânica e a aplicação destes conhecimentos em rochas ornamentais é de grande importância, visto que subsidia, com fundamentos teóricos, os processos de beneficiamento dos materiais pétreos.

Para este trabalho, foram escolhidos três diferentes tipos rochosos, definidos segundo diferenças na mineralogia, textura e estrutura presentes, com o objetivo de estudar os resultados em função das características intrínsecas de cada material. A saber, os materiais utilizados foram: o gnaisse Preto Indiano (Figura 1A), o monzogranito Cinza Castelo (Figura 1B) e o charnoquito Verde Labrador (Figura 1C).

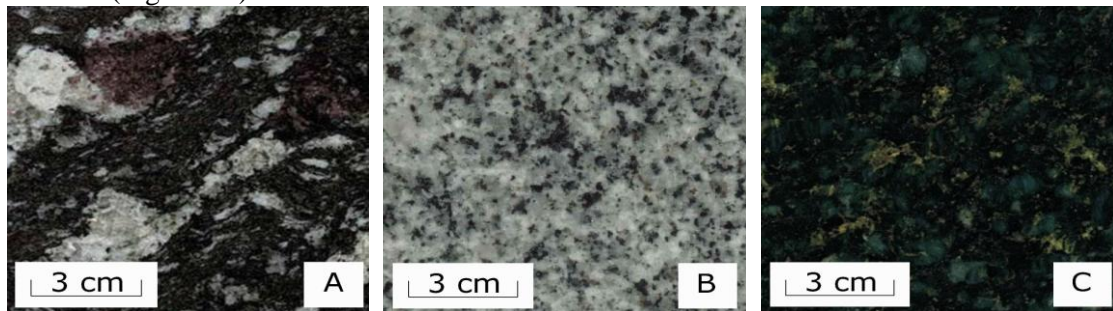


Figura 1. Rochas utilizadas na pesquisa: (A) Gnaisse Preto Indiano, (B) Monzogranito Cinza Castelo, (C) Charnoquito Verde Labrador.

Foi utilizada uma poltriz semi automática de uma cabeça, marca Cimef, na qual foi acoplado um dispositivo que permitiu variar a velocidade de rotação (300, 400, 500 e 600 rpm), e que, em conjunto com a definição de duas cargas (1 e 2 bars) e três tempos de exposição, propiciaram vinte e quatro situações operacionais distintas (Figura 2A). Cada rocha foi submetida a 10 sequências de abrasivos do tipo magnesiano que variaram de forma decrescente sua granulometria (#24, #36, #60, #120, #220, #400, #600, #800, #1200, Lustro). Para cada situação operacional foi coletada uma amostra em cada granulometria, o que totalizou 240 amostras (Figura 2B). Em cada corpo de prova coletado foram realizadas 30 medições de brilho, com o auxílio de um *glossmeter* modelo micro-tri-gloss da marca Gardner, gerando um total de 7200 medidas (Figura 2C).



Figura 2. Etapas realizadas na pesquisa: (A) acompanhamento das etapas de polimento; (B) preparação dos corpos de prova; (C) medição do brilho.

Os três diferentes tipos de rochas utilizados foram nomeados de acordo com a figura abaixo (Figura 3).



Figura 3. Exemplo da nomenclatura alfa numérica utilizada na pesquisa.

Este trabalho encontra-se inserido em um projeto de pesquisa que também contempla uma dissertação de mestrado.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo das variáveis operacionais no processo de polimento sob a ótica da Tribologia contribui para que se diminua o empirismo relacionado ao beneficiamento secundário no setor de Rochas Ornamentais. Atualmente, a velocidade de corte é uma constante nas politrizes, não podendo ser alterada de acordo com a dureza de cada material a ser polido, fazendo como que os gastos com a manutenção das máquinas e energia sejam elevados, sem levar em conta a dificuldade de otimização desta etapa industrial. A seguir, serão mostrados os melhores resultados de brilho, obtidos a partir da combinação das variáveis estudadas neste trabalho (Figura 4).



Figura 4. Gráfico das melhores situações de brilho.

**Legenda:** Rochas: Verde Labrador (VL), Cinza Castelo (CC), Preto Indiano (PI);  
 Velocidade: 1=300; 2=400; 3=500; 4=600;  
 Carga A=1; B=2. Tempo (1,2,3);  
 Abrasivo (Mesh): 24, 36, 60, 120, 220, 400, 600, 800, 1200, Lustro.

A análise dos resultados de brilho obtidos neste trabalho será feita a partir do abrasivo #120 *mesh*, pois as primeiras fases de desgaste estão condicionadas basicamente pela qualidade da serrada.

O gnaisse Preto Indiano é uma rocha com estrutura orientada, de granulação média e com superfície irregular em função da sua anisotropia. Este material obteve maiores valores de brilho quando submetido à variável máxima de carga (2kgf/cm<sup>2</sup>), sendo esta a variável mais influente devido à grande intercalação de suas bandas composicionais de diferentes durezas minerais, o que pode influenciar também no desgaste abrasivo por fadiga, devido à variação composicional da rocha. No tocante a velocidade de corte, um aspecto importante foi que, com exceção do abrasivo #1200, as três últimas etapas apresentaram brilhos maiores em velocidades intermediárias, o que sugere que nem sempre rochas submetidas a altas velocidades apresentarão os melhores resultados.

Para o monzogranito Cinza Castelo, sua isotropia e textura equigranular fina e estrutura maciça fez com que o tempo máximo de 3 passadas respondesse como sendo a melhor condição de

desgaste, seguido da variável carga, a qual se apresentou máxima (2kgf/cm<sup>2</sup>) na maioria das etapas do polimento. Novamente, foi verificado que velocidades menores nas últimas três etapas de polimento foram as que apresentaram os melhores resultados de brilho.

O charnoquito Verde Labrador, uma rocha com estrutura isotrópica e maciça, de bom entrelaçamento mineral, foi o material que apresentou o maior brilho dentre os utilizados nesta pesquisa. De fato, a menor quantidade de minerais diáfanos presentes nele foi o que influenciou no seu melhor resultado de brilho, visto que a diáfaneidade é a capacidade que um mineral tem de refratar a luz incidente. Analisando todas as condições de desgaste para este charnoquito, principalmente a partir do abrasivo #120 *mesh*, foi possível perceber que na maior parte das etapas do polimento, as melhores condições de brilho ocorreram quando o material estava submetido a condições de carga e de tempo de exposição mais severas. Assim como para as rochas anteriores, também foi possível perceber que nas três últimas etapas de polimento, com exceção do abrasivo # 1200 *mesh*, os melhores resultados obtidos para o brilho foram alcançados a baixas velocidades.

Este trabalho comprova que a variação da velocidade de corte durante o polimento é de extrema importância, visto que para as granulações finais dos abrasivos já não se fez necessário altos valores de velocidade para se obterem máximos valores de brilho.

## 5. AGRADECIMENTOS

Agradeço aos amigos do CETEM, ao CNPq e ao orientador Leonardo Luiz Lyrio da Silveira por toda dedicação e companheirismo durante este trabalho.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTUR, A.C.; WERNICK, E.; RODRIGUES, E. de P.; ANDRIGHETTI, R.M.; SOUZA, P.H.G. (2002). **Perda de lustro em rochas ornamentais durante abrasão progressiva: principais fatores condicionantes**. Anais III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste (Ed.: F.W.H. Vidal; Rio de Janeiro: CETEM/UFPE) p.24-37. Recife-PE.

COIMBRA FILHO, C. G. – **Relação Entre Processo de Corte e Qualidade de Superfícies Serradas de Granitos Ornamentais**. 2006. 168p. Dissertação de Mestrado - EESC-USP, Universidade de São Paulo, São Paulo (Brasil).

FILGUEIRA, M., AIGUEIRA, R. **Mecanismos de resistência à abrasão de compósitos à base de Poliéster-SicC para uso em coroas de polimento de Rochas Ornamentais**. Polímeros: Ciência e Tecnologia. Vol. 16, n° 3, p. 187-192, 2006.

PARAGUASSÚ, A. B.; RODRIGUES, J. E.; RIBEIRO, R. P.; SILVEIRA, L. L. L. **Considerações Sobre o Desgaste Abrasivo no Beneficiamento de Rochas Ornamentais**. In: XLII Congresso Brasileiro de Geologia, Araxá – MG. 2004

RIBEIRO, P. **Influência das características petrográficas de granitos no processo industrial de desdobramento de blocos**. 2005.132p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (Brasil).

RIBEIRO, R.P.; SILVEIRA, L.L.L.; PARAGUASSÚ, A.B.; RODRIGUES, J.E. **Aplicação de Bases Conceituais de Tribologia no Beneficiamento de Granitos Ornamentais**. 2004. 6p. – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (Brasil).

SILVEIRA, L. L. L. **Polimento de Rochas Ornamentais: Um Enfoque Tribológico ao Processo**. 2008. 203p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (Brasil).

ZUM-GAHR, K. H. (1987) **Microstructure and wear of materials**. Institute of Materials Technology. University of Siegen, Siegen, Federal Republic of Germany, v.10