

# **Desenvolvimento metodológico do ensaio de polimento para rochas ornamentais carbonáticas**

## **Methodological development of carbonatic dimension stones polishing test**

**Marília Lopes de Souza**  
Bolsista PCI, Geóloga, M.Sc.

**Leonardo Luiz Lyrio da Silveira**  
Supervisor, Geólogo, D. Sc.

### **Resumo**

Rochas carbonáticas e silicáticas apresentam propriedades diferentes, que exigem procedimentos diferentes na etapa de polimento de chapas de rochas ornamentais. O Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) desenvolveu um simulador de polimento de rochas ornamentais (S-PRO) que permite estudar, em laboratório, as condições de polimento empregadas em politrizes na indústria. O presente trabalho descreve as melhorias e adaptações realizadas no S-PRO para permitir sua utilização com mármore, e apresenta os resultados das primeiras atividades realizadas neste equipamento com este tipo de material. Foram instalados uma bomba de água e um sistema de contrapressão que permitiram o uso do equipamento em condições equiparáveis às utilizadas em fábrica com politriz semiautomática. Os testes iniciais detectaram algumas dificuldades na operação do equipamento no polimento de rochas carbonáticas, e indicaram que os rebolos do tipo Frankfurt, comumente utilizados no polimento de mármore, não são adequados para utilização no S-PRO.

**Palavras chave:** Mármore, Polimento, Rocha ornamental.

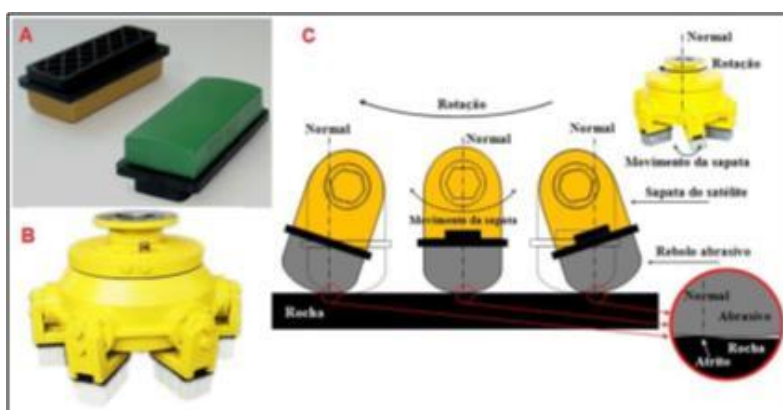
### **Abstract**

Carbonate and silica rocks have different properties, which require different procedures in the polishing of ornamental stone slabs. The Center for Mineral Technology (CETEM) has developed an ornamental stone polishing simulator (S-PRO) to study, within the lab, polishing conditions found in polishing machines in plants. This study describes improvements and adaptations performed in the S-PRO to enable its use with marbles, and presents the results of the first activities carried out with this type of material in the equipment. A water pump and a backpressure system were installed to enable the use of the equipment in conditions comparable to those used in plants with semi-automatic polishing machines. The initial tests detected some difficulties in operating the equipment for polishing carbonate rocks, and indicated that Frankfurt grinding, commonly used in marble polishing, is not suitable for use in S-PRO.

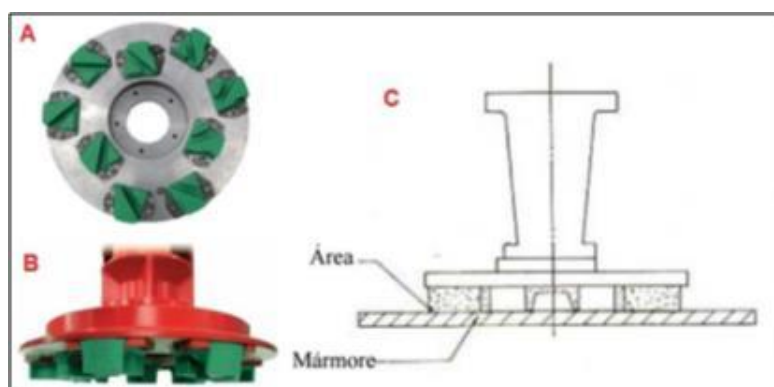
**Key words:** Marble, Polishing, Dimension Stone.

## 1. Introdução

O mercado de rochas ornamentais costuma diferenciar as rochas entre mármore e granito. Essa distinção não segue a classificação das rochas oriunda da Geologia, que tem como base a composição mineralógica, a estrutura e a gênese das rochas. Os granitos são rochas silicáticas compostas predominantemente por quartzo e feldspato, que apresentam dureza na escala Mohs entre 6 e 7. Os mármore, por sua vez, são rochas carbonáticas, compostas predominantemente por calcita e/ou dolomita, que possuem dureza entre 3 e 4, ou seja bem mais brandas, e apresentam menos resistência ao corte em relação às rochas silicáticas. Essa propriedade exige esforços diferentes no processo de polimento, e por isso o beneficiamento de mármore e granito é feito de maneira distinta pela indústria. Os rebolos abrasivos utilizados no polimento de granito são do tipo espatulante, que garantem um movimento oscilatório de forma que o contato entre o rebolo e a chapa seja linear, exercendo assim maior pressão (Figura 1). Já os abrasivos utilizados no polimento de mármore são do tipo *Frankfurt*, em que o contato entre o abrasivo e a chapa planar, garantindo assim maior área de atuação e conseqüentemente menor pressão (Figura 2).

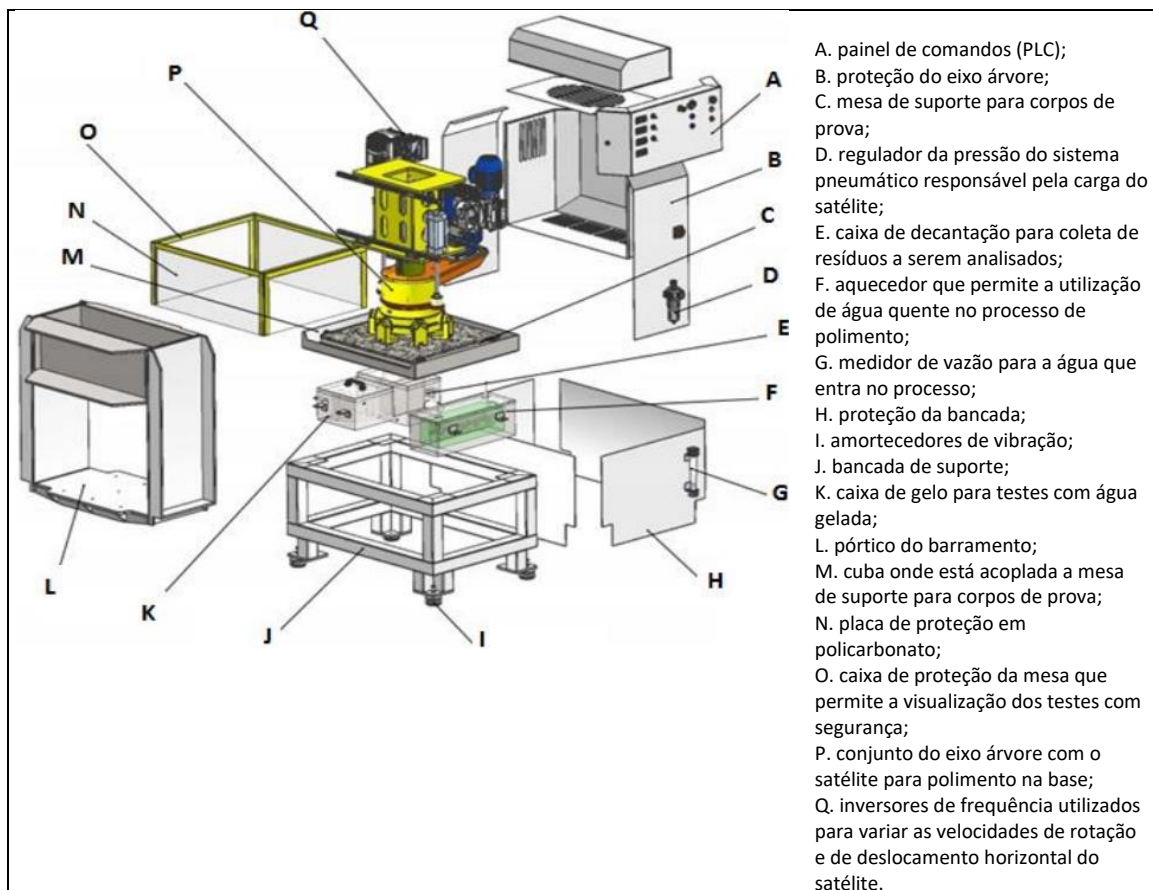


**Figura 1.** Equipamento para polimento de granitos. (A) Abrasivos espatulantes; (B) Cabeça do satélite; (C) Esquema ilustrativo sobre a interação entre rebolo e rocha.



**Figura 2.** Equipamento para polimento de mármore. (A) Abrasivos do tipo *Frankfurt*; (B) Prato de fixação dos rebolos; (C) Interação entre rebolo e rocha (Fonte: Paço, 2008).

Além da superfície de contato e pressão, outros fatores podem influenciar o resultado do polimento. De acordo com os estudos da Tribologia, o atrito e o desgaste gerado entre os corpos no processo de polimento devem ser analisados considerando os elementos presentes no tribossistema: a rocha, o elemento abrasivo e as variáveis operacionais como pressão, temperatura, tempo, entre outros (Silveira 2007). Tendo em vista estudar o polimento de rochas sob os conceitos da Tribologia, o CETEM desenvolveu o Simulador de Polimento de Rochas Ornamentais S-PRO (BR 10 2015 031693 3). Este equipamento permite simular, em laboratório, as condições de polimento empregadas nas politrizes pela indústria, bem como testar situações operacionais que ainda não são aplicadas pelas politrizes atualmente presentes no mercado, sendo possível variar condições de pressão, vazão, temperatura de rotação e de deslocamento horizontal do satélite e o tempo de ensaio (Figura 3). O S-PRO já foi utilizado em estudos de polimento de rochas graníticas, em que foi possível determinar uma diminuição na vazão de água em relação à vazão utilizada no processo industrial (Bolonini, 2016), mas ainda não havia sido utilizado em ensaios com rochas carbonáticas.



**Figura 3.** Componentes do S-PRO em sua versão inicial.

## 2. Objetivos

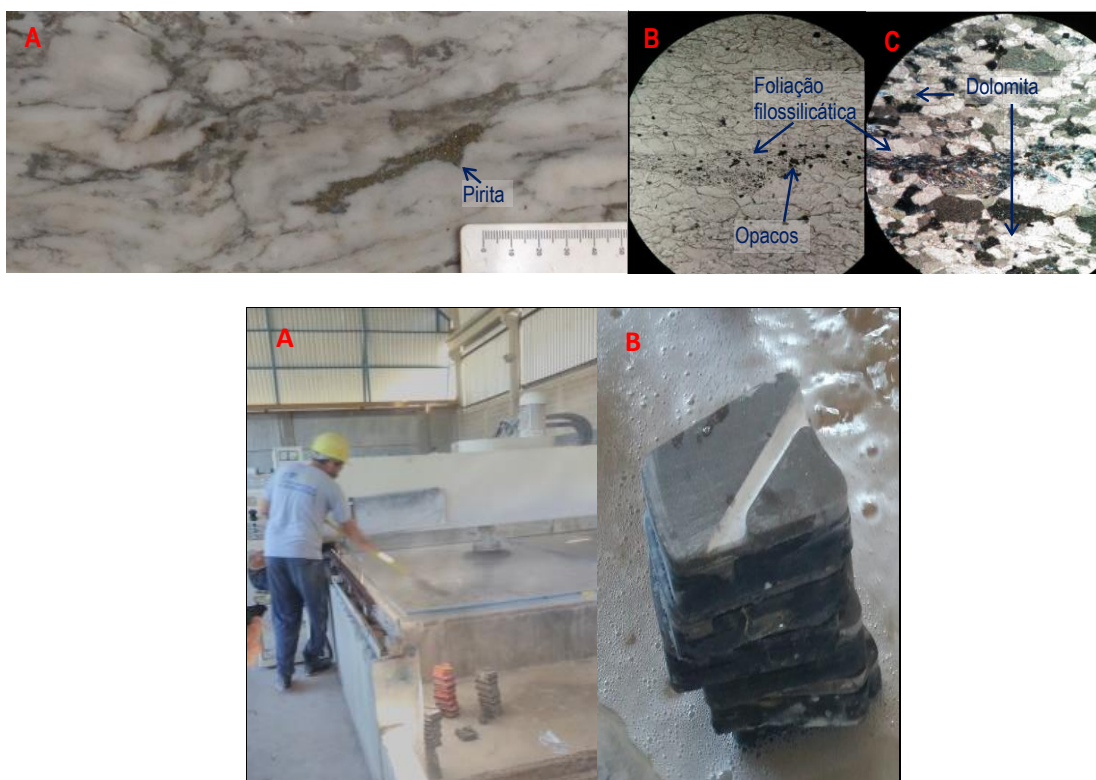
O objetivo deste trabalho foi adequar o equipamento de Simulação do Polimento de Rochas Ornamentais S-PRO para sua utilização com rochas ornamentais carbonáticas e testar seu funcionamento na utilização com este tipo de material.

### 3. Materiais e Métodos

A metodologia proposta consiste em identificar as variáveis operacionais utilizadas pela indústria no polimento de rochas carbonáticas e, a partir dos dados obtidos, determinar e realizar as modificações no equipamento de Simulação de Polimento de Rochas Ornamentais S-PRO.

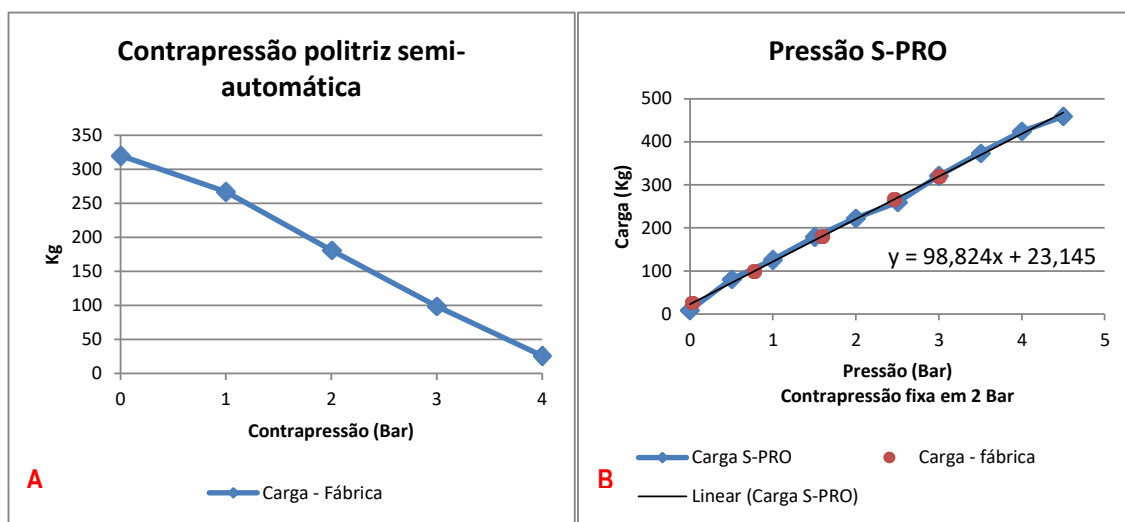
A rocha carbonática utilizada na identificação dos parâmetros utilizados na indústria e na aplicação dos testes é um mármore dolomítico composto por dolomita e ainda com presença de quartzo, muscovita e pirita como minerais principais. A rocha apresenta estrutura brechada e bandamento com foliação filossilicática (Figura 4). Este bandamento faz com que a rocha apresente uma resposta fortemente anisotrópica ao processo de polimento, e os testes foram aplicados em chapas cortadas na direção com maior dificuldade de obtenção de brilho.

Primeiramente foram identificados os parâmetros atualmente utilizados no o polimento deste material na fábrica. A fábrica utiliza uma politriz semiautomática da Metafill, e foram medidas a vazão de água, a velocidade de rotação do satélite e a carga que a politriz exerce sobre a chapa. (Figura 5). Além disso, foram identificados os tipos de abrasivo e a sequência granulométrica, bem como a carga de atuação e o tempo de cada uma das etapas do polimento deste material.



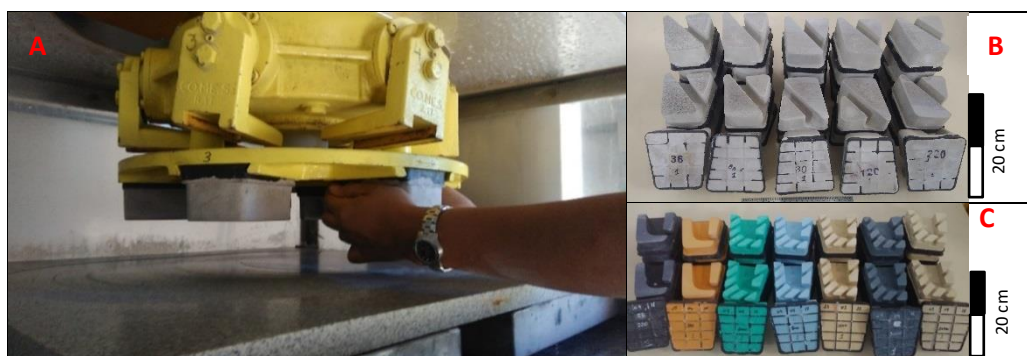
**Figura 5.** (A) Acompanhamento do polimento na fábrica. (B) Identificação de abrasivos utilizados. (C) Medição da velocidade de rotação do satélite.

A segunda etapa do projeto consistiu em fazer as devidas adaptações no S-PRO para seu uso com o mármore. Foi instalada uma bomba Dancor modelo CAM-W4 de 0,5cv de potência, que fez com que a vazão de água máxima a entrar no circuito passasse de 14l/min para 26 l/min, um valor mais próximo do aplicado pela indústria. Foi instalado, também, um sistema de contrapressão, que permite o uso do equipamento utilizando cargas com uma extensão maior de valores, variando entre aproximadamente 10kg a 500 kg (Figura 6). Por fim foi instalado no satélite um prato que permite a utilização de rebolos do tipo *Frankfurt*, comumente utilizado em mármore.



**Figura 6.** (A) Gráfico de correlação entre o peso e níveis de contrapressão da politriz semi-automática na fábrica. (B) Gráfico de correlação entre o peso e níveis de pressão do S-PRO.

Na última etapa, o equipamento foi utilizado para abrir os abrasivos do tipo *Frankfurt* utilizando a mesma sequência granulométrica utilizada pela indústria, sendo aplicados em rocha silicática, para acelerar o processo de desgaste dos rebolos, e no mármore selecionado para este estudo (Figura 7).



**Figura 7.** (A) Mesa para instalação de rebolos do tipo *Frankfurt*. Sequência de abrasivos convencionais (B) e resinoides (C).

#### 4. Resultados e Discussão

A partir das modificações feitas no equipamento de simulação de polimento foi possível determinar as diferentes variáveis das condições de operação e compará-las com as condições aplicadas em fábrica (Tabela 1). É possível notar que foi necessária uma correção no cálculo da velocidade de rotação do satélite para que fosse possível tal correlação, uma vez que o prato do S-PRO possui 6 rebolos, e o da fábrica onde foi realizado o acompanhamento possui 8.

Os testes iniciais do S-PRO consistiram no desgaste inicial dos rebolos. Nessa etapa, o tempo de ensaio foi superdimensionado, sendo interrompido apenas quando cada conjunto de rebolo estivesse totalmente aberto, com o elemento abrasivo aflorante.

**Tabela 1.** Comparativo entre as condições de operação da politriz em fábrica e do S-PRO.

Parâmetro	Fábrica	S-PRO
Vazão (L/min)	30	0 a 26
Carga (Kg)	26 a 320	16 a 500
Tempo	Indeterminado	Até 10 minutos ininterruptos
Velocidade de rotação (RPM)	430* (Prato com 8 rebolos)	50 a 880 (prato com 6 rebolos)*
Temperatura da água	Invariável	Sistema de aquecimento e resfriamento
Termômetro	Não possui	Possui

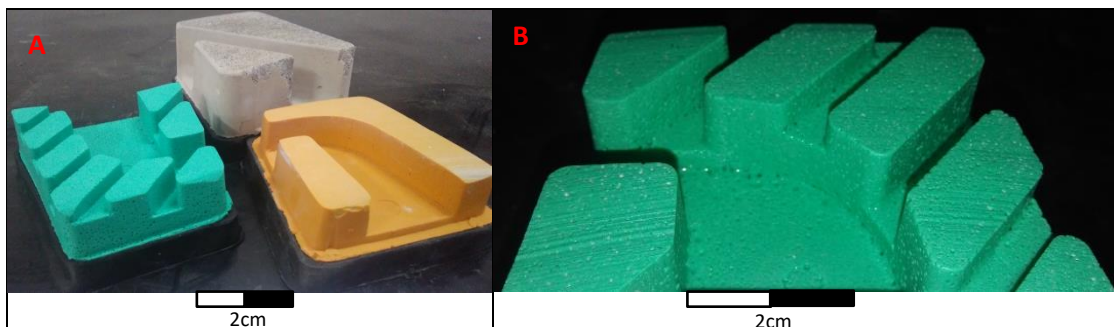
\*Equivalente a 573 RPM em um prato com 6 rebolos

Nos rebolos convencionais foi utilizada uma chapa de uma rocha silicática buscando, assim, acelerar o processo, uma vez que este tipo de material apresenta maior dureza em relação à rocha carbonática. Foi possível notar que, apesar do deslocamento horizontal do satélite sobre a chapa, o polimento não foi realizado em toda extensão (Figura 8 A), uma vez que o S-PRO foi dimensionado a princípio para testes em rochas silicáticas, e os rebolos do tipo *Frankfurt* são menores que os rebolos para o polimento de rochas graníticas. O desnível gerado entre a área de atuação do rebolo e a área inalterada favorece o impacto na borda do rebolo abrasivo conforme ocorre o deslocamento horizontal do satélite, acarretando em perda de materiais que ficou ainda mais intenso ao se utilizar os rebolos resinoides, que apresentam dimensão ligeiramente menor que o rebolo convencional (Figura 9 A).



**Figura 8.** (A) Chapa de rocha silicática aplicada no procedimento de desgaste dos rebolos convencionais (chapa de 60 cm de largura). (B) Chapa de mármore aplicada no procedimento de desgaste dos rebolos resinoides (chapa de 60 cm de largura).

O desgaste dos rebolos abrasivos resinoides, de granulometria mais fina, foi realizado utilizando a rocha carbonática e, para evitar impactos e perda de material abrasivo, o procedimento foi realizado sem o deslocamento horizontal do satélite (Figura 8 B). Apesar da diminuição do impacto, notou-se que o desgaste dos rebolos ocorreu de forma desigual, e os mesmos ficaram sulcados devido ao movimento circular repetitivo sempre na mesma área de atuação (Figura 9 B).



**Figura 9.** (A) Rebolos fraturados e com desgaste. (B) Detalhe dos sulcos no rebolo.

## 5. Conclusão

Após as modificações realizadas no S-PRO é possível fazer uma correlação direta entre as condições de operação do equipamento em laboratório com as condições de operação na indústria.

Os primeiros testes realizados utilizando o equipamento para o polimento de rocha carbonática apresentaram alguns pontos desfavoráveis, como o a presença de área sem polimento e formação de desnível ou sulcos na rocha e nos rebolos abrasivos. A ocorrência de áreas sem polimento indica que o S-PRO não está dimensionado para a utilização com rebolos do tipo *Frankfurt*. Quanto à formação de desníveis, o tempo de ensaio necessário para o desgaste dos rebolos (mais de uma hora), é muito maior que o tempo para o polimento da rocha (alguns segundos), e espera-se, portanto, que a realização dos ensaios em condições equivalentes às da fábrica não gerem as irregularidades que foram observadas nesta etapa de testes.

## 6. Agradecimentos

Ao CNPq (Proc. Nº 300542/2017-8), ao CETEM, aos pesquisadores, técnicos e colaboradores do NR-ES e à Amgran por disponibilizar os materiais de ensaio.

## 7. Referências Bibliográficas

BOLONINI TM, SILVEIRA LLL. **Desenvolvimento metodológico do ensaio de polimento para rochas ornamentais silicáticas**. In: V JORNADA DO PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO INSTITUCIONAL – CETEM, 2016. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/component/k2/item/2025-desenvolvimento-metodologico-do-ensaio-de-polimento-para-rochas-ornamentais-silicaticas>. 20 ago. 2017.

PAÇO JLG. **Desenvolvimento de um sistema automático de estagiamento de moldes vazados com material abrasivo**. 2008. Dissertação de (mestrado) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

SILVEIRA LLL. **Polimento De Rochas Ornamentais: Um Enfoque Tribológico Ao Processo**. 2007. Tese (doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil.