

# **APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE REBOLO ABRASIVO COMO CARGA EM MISTURAS DE RESINAS UTILIZADAS NO PROCESSO DE ENVELOPAMENTO DE BLOCOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS**

## **USE OF ABRASIVE FICKERT WASTES AS FILLER IN THE MIXTURE OF RESINS USED IN THE DIMENSION STONE BLOCK WRAPPING PROCESS**

**Marcos Moulim da Paschoa**

Aluno de Graduação em Geologia, 10º período, UFES  
Período PIBIC/CETEM: agosto de 2018 a julho de 2019  
marcosmoulin96@gmail.com

**Leonardo Luiz Lyrio da Silveira**

Orientador, Geólogo, D.Sc.  
leolysil@cetem.gov.br

### **RESUMO**

A tentativa de se utilizar materiais que normalmente são descartados em aterros, aplicando-os em outras áreas das atividades humanas, se encontra alinhada aos novos conceitos de Economia Circular e em consonância com a ecoeficiência dos setores produtivos. Aliado a isso, o uso de resinas produzidas a partir de fontes naturais renováveis e biodegradáveis como substitutas das resinas epoxídicas, oriundas do petróleo, além de viabilizar o uso de produto ecologicamente correto, pode abrir um novo rol de possibilidades nos campos da pesquisa científica, além de gerar um diferencial mercadológico para as rochas ornamentais que utilizam tais produtos. Este trabalho visa propor uma alternativa ao descarte de resíduos de abrasivos magnesianos, gerados pela indústria de rochas ornamentais durante o processo de polimento das rochas. Dessa forma, esta pesquisa procurou verificar a aplicabilidade da utilização de agregados miúdos de resíduos de abrasivos magnesianos como elemento constituinte da mistura de resina poliuretana de mamona para o processo de envelopamento de blocos. Os resultados obtidos mostraram que a agregação do resíduo fino oriundo de rebolos abrasivos magnesianos, em linhas gerais, aumentou a resistência à tração da interface rocha/resina, tanto no caso quando utilizado resina epoxídica quanto para as rochas envelopadas com poliuretana de mamona.

**Palavras chave:** envelopamento, resíduo, magnesiano, mamona.

### **ABSTRACT**

The attempt to use materials, that are usually discarded in landfills, applying them to other areas of human activities, find itself aligned with new concepts of Circular Economy and in consonance with the eco-efficiency of the productive sectors. Added to that, the use of resins produced by natural renewable sources and biodegradable as replacements to epoxy resins, that derived from petroleum, besides from making feasible the use of ecologically correct products, can open a new range of possibilities in the fields of scientific research, besides generating a market differential to the ornamental stones that use such products. This paper has the intention to propose an alternative to the discard of magnesian abrasive wastes, generated by the ornamental stones industry during the process of polishing stones. Thus, this research was able to verify the applicability of the use of the little aggregate magnesian abrasive wastes as the constituent element of the castor oil polyurethane resin mixture to the dimension stone block wrapping process. The results showed that the aggregation of the fine wastes from magnesian abrasive fickerts, in general, increased the tensile strength of the rock/resin interface, in the case when epoxy resin was used and as well as for the rocks wrapped with castor oil polyurethane.

**Keywords:** wrapping, waste, magnesian, castor oil.

## 1. INTRODUÇÃO

O Estado do Espírito Santo se destaca no cenário nacional do setor de rochas ornamentais possuindo o maior pólo de beneficiamento, e no ano de 2018, foi responsável por 71,5% do volume das exportações brasileiras, conferindo 79,7% do faturamento nacional de US\$ 992,5 milhões (ABIROCHAS, 2019).

A produção de rochas ornamentais é responsável pela geração de uma considerável quantidade de diferentes tipos de resíduos, principalmente durante a sua etapa de beneficiamento (CAMPOS et al., 2013). Atualmente, os temas de Economia Circular e Gestão do Ciclo de Vida de produtos vêm ganhando cada vez mais importância no setor industrial, e a busca por alternativas sustentáveis para a transformação desses resíduos em co-produtos vem se tornando crescente tanto no meio acadêmico como empresarial.

O Brasil vem ao longo dos anos melhorando as características operacionais do setor em relação às técnicas de beneficiamento. A inserção da técnica de envelopamento de blocos com resinas especiais favoreceu a produção de rochas chamadas “exóticas” e que são muito apreciadas nos mercados nacional e internacional. Tais rochas são comumente mais frágeis e a técnica de envelopamento visa aumentar a sua resistência aos esforços mecânicos (VIDAL; CASTRO; FRASCÁ, 2013). O envelopamento é composto por uma mistura, que é introduzida sobre a superfície do bloco, de resina epóxi, cargas minerais (geralmente talco e calcário) e mantas de fibra de vidro. Apesar do fato de que a resina epóxi é amplamente utilizada pela indústria, aspectos relacionados à segurança laboral e sustentabilidade, norteiam iniciativas que visam a substituição desse produto por uma alternativa mais ecológica. Diante desse contexto, a substituição da resina epóxi por uma poliuretana à base de óleo mamona, que é biodegradável, vem sendo tema de alguns estudos desenvolvidos pelo CETEM-NRES.

Outra etapa no beneficiamento das rochas ornamentais é o polimento, que visa conferir à rocha uma superfície brilhosa através do movimento de rebolos abrasivos. Um dos tipos mais utilizados na indústria são os rebolos abrasivos magnesianos, cujo elemento de corte é o carbetto de silício (SiC) e o agente ligante é o “cimento sorel”, que é resultante da reação de óxido de magnésio (MgO) com cloreto de magnésio (MgCl<sub>2</sub>) (SILVEIRA; VIDAL; SOUZA, 2013). Ao final de sua vida útil, tais rebolos são descartados em aterros, contendo ainda um pouco desse produto. Nesse contexto, é pertinente a busca por uma forma de aproveitamento desses “resíduos”, uma vez que a sua reinserção no ciclo produtivo aumentaria a ecoeficiência dos materiais e a vida útil dos aterros, minimizando dessa forma, os impactos ambientais causados pelo descarte, além de impulsionar o desenvolvimento sustentável no setor.

## 2. OBJETIVO

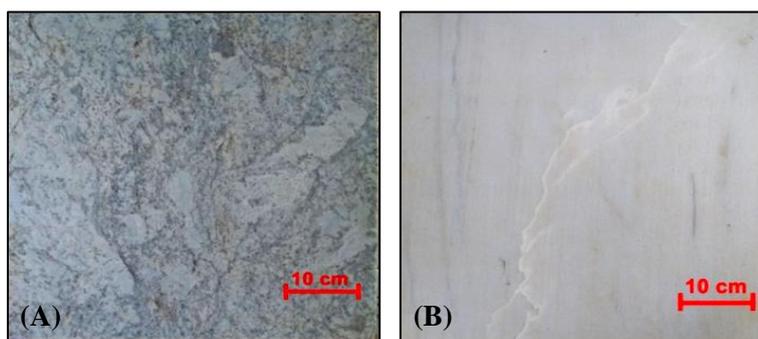
Este trabalho tem o objetivo de verificar a utilização de resíduos de rebolo abrasivo do tipo magnésiano, como *filler* (< 0,075 mm) para a sua aplicação como carga nas misturas para dois tipos de resinas, uma epoxídica e a outra poliuretana à base de óleo de mamona, com vista à sua potencial aplicação no processo de envelopamento de blocos de rochas ornamentais.

## 3. METODOLOGIA

Os resíduos utilizados nessa pesquisa são de rebolos abrasivos do tipo magnésiano e pertencem à classe II A - não perigosos e não inertes. Eles foram coletados em uma empresa no município de Cachoeiro de Itapemirim-ES e posteriormente foram separados dos respectivos suportes plásticos. O material foi inicialmente cominuído em um britador de mandíbula e a partir da geração de partículas menores, realizou-se o processo de moagem através de um moinho de disco.

O produto da moagem foi peneirado visando obter um agregado do tipo *filler*, passante na peneira com abertura de 200 *mesh*, sendo também posteriormente quarteado. Neste material fino foi determinada a sua densidade real, por picnometria, de acordo com a norma DNER-ME 084/1995. Também foi realizada a sua análise granulométrica a partir de uma alíquota de 10g, utilizando o equipamento *Malvern Mastersize 2000*.

Para receberem os dois tipos de resinas, foram selecionadas duas rochas ornamentais de composição silicática (Figura 1), que comumente são submetidas ao processo de envelopamento pela indústria, sendo elas: um gnaiss (Typhoon Bordeaux) e um quartzito (Sky Gold). Foram utilizadas seis amostras, sendo três para cada tipo de rocha, cortadas em placas com dimensão de 50 x 50 x 4 cm<sup>3</sup>.



**Figura 1:** Amostras dos tipos de rochas utilizadas. *Typhoon Bordeaux* (A) e *Sky Gold* (B).

Foram definidos seis traços para a produção da mistura de cada tipo de resina, como mostra a Tabela 1. Para a resina poliuretana de mamona seguiu-se a mesma proporção recomendada pelo fabricante, e para a resina epoxídica foi utilizada a mesma proporção que é comumente empregada pela indústria. Para cada traço buscou-se aplicar uma variação na quantidade de resíduo de rebolo abrasivo a ser utilizado como carga, a fim de avaliar qual proporcionaria uma melhor trabalhabilidade e maior resistência para a resina. Dessa forma, foi determinada uma variação de 20%, a mais e a menos, da quantidade que a indústria normalmente utiliza.

**Tabela 1:** Composição dos seis traços utilizados com a variação na quantidade de resíduo.

Traço	Resina Epóxi (g)	Endurente (g)	Resina de mamona - Pré-polímero (g)	Resina de mamona - Polioli (g)	Resíduo (g)
T1	61,11	21,39	-	-	132,00
T2	61,11	21,39	-	-	158,40
T3	61,11	21,39	-	-	105,60
T4	-	-	45,00	37,5	132,00
T5	-	-	45,00	37,5	158,40
T6	-	-	45,00	37,5	105,60

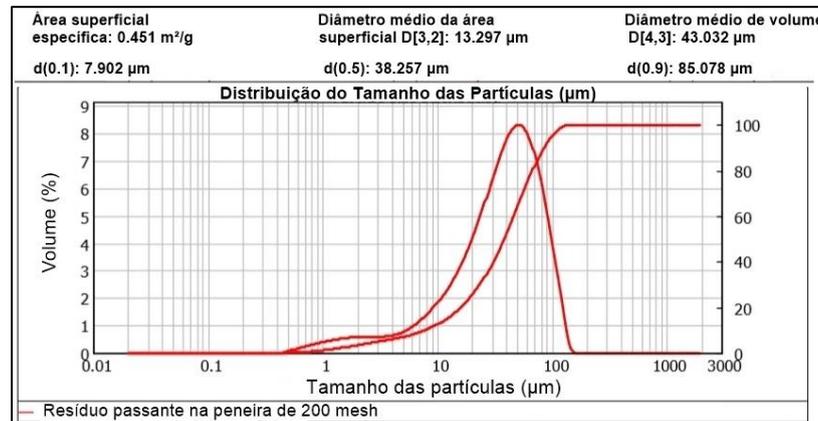
As amostras de rocha foram anteriormente limpas e divididas em duas partes iguais, de forma que cada metade recebesse um tipo de resina. Após a produção das misturas, realizou-se o processo de resinagem, respeitando uma cura de 2 dias. Para testar a resistência das resinas, foi realizado o ensaio da determinação da resistência de aderência à tração, de acordo com uma adaptação da norma NBR 13528/2010. Utilizando uma furadeira de bancada foram realizados 6 furos em cada metade das amostras, com 5 cm de diâmetro, 0,5 cm de profundidade e espaçamento mínimo de 6 cm. Em cada furo foram coladas pastilhas e após 24h realizou-se o ensaio de medição da resistência à tração por meio de um equipamento de arrancamento com manômetro digital, que permitiu a leitura do resultado. Tais etapas são mostradas na Figura 2.



**Figura 2:** Colagem de pastilha no furo (A). Amostra resinada e com as pastilhas. (B). Ensaio de determinação da resistência de aderência à tração com o aparelho de arrancamento (C).

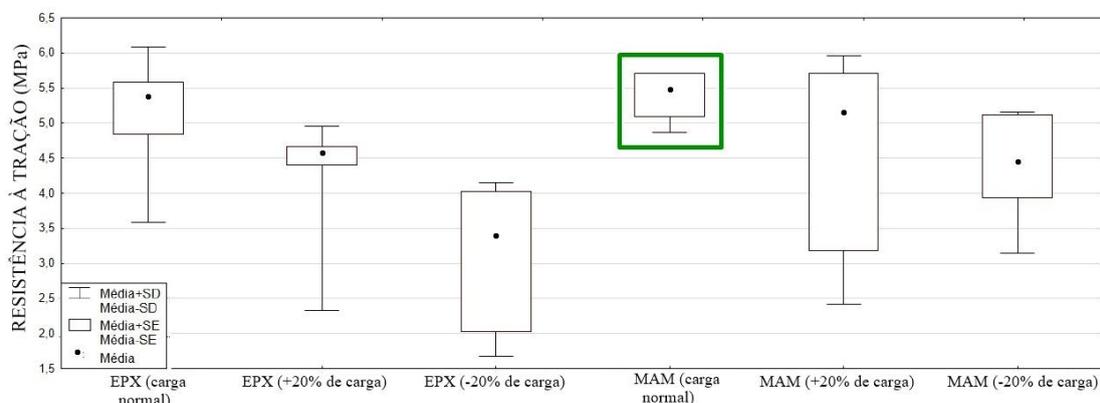
#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio do ensaio de picnometria obteve-se um valor de  $2,19 \text{ g/cm}^3$  para a densidade real do agregado *filler* de resíduo. Na Figura 3 encontra-se o resultado da análise granulométrica do resíduo. A partir da curva de distribuição acumulada foram obtidos os valores característicos de diâmetro, sendo o tamanho médio das partículas de  $38,257 \mu\text{m}$  e 90% da amostra com valores abaixo de  $85,078 \mu\text{m}$ .

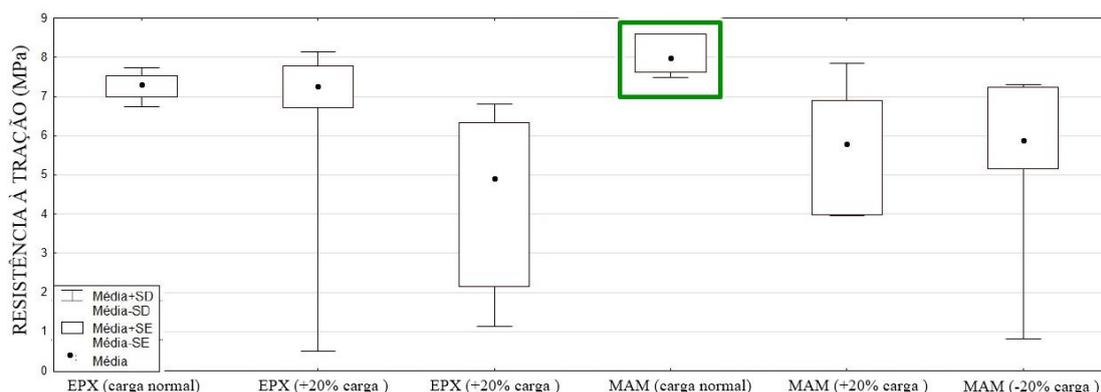


**Figura 3:** Curva granulométrica e distribuição do tamanho das partículas do resíduo.

As Figuras 4 e 5 mostram os resultados do ensaio de resistência à tração para os dois tipos de rochas. Para o gnaisse, as amostras sem variação na quantidade de resíduo como carga, apresentaram os melhores resultados, com médias de  $5,39 \text{ MPa}$  e  $5,14 \text{ MPa}$  para a resina de mamona e epóxi, respectivamente. Moreira e Silveira (2018), ao testarem as resinas de mamona e de epóxi no mesmo tipo de rocha e com cargas minerais comuns de talco e calcário, obtiveram médias de  $1,52 \text{ MPa}$  e  $1,81 \text{ MPa}$ , respectivamente.



**Figura 4:** Resultados da resistência à tração do gnaisse *Typhoon Bordeaux*.



**Figura 5:** Resultados da resistência à tração do quartzito *Sky Gold*.

Para o quartzito, as amostras resinadas com mamona obtiveram os maiores valores nas amostras sem variação e com variação de menos 20% de resíduo. As amostras sem variação obtiveram média de 8,04 MPa para a resina de mamona e 7,26 MPa para a de epóxi, valores estes superiores aos encontrados por Moreira e Silveira (2018), para o mesmo tipo de rocha e com cargas minerais comuns, com médias de 2,58 MPa e 2,41 MPa, respectivamente. A amostra de epóxi com variação de mais 20% de resíduo como carga foi a única amostra que obteve valor maior que a resina de mamona. Tanto para o gnaisse quanto para o quartzito, as amostras com variação de mais 20% apresentaram a pior trabalhabilidade da mistura de resina e as com variação de menos 20%, apesar de conferirem uma melhor trabalhabilidade para a mistura, apresentaram as menores médias de resistência à tração.

## 5. CONCLUSÕES

Por meio dos resultados obtidos foi possível evidenciar a ecoeficiência da resina de mamona quando esta é substituída no lugar da resina epóxi. O resíduo de rebolos abrasivos magnesianos se mostrou eficaz ao ser aproveitado como carga nas duas misturas de resinas para o processo de envelopamento de blocos, apresentando valores de resistência maiores do que quando são usadas as cargas minerais comuns de talco e calcário. A reinserção desses materiais no ciclo produtivo aumenta a percentagem de material reciclado e a vida útil de matérias primas, bem como a diminuição dos impactos ambientais causados pelo descarte dos resíduos. Entretanto ainda é necessário um estudo da viabilidade técnica e econômica para o aproveitamento do resíduo a nível industrial. Como sugestão para trabalhos futuros, é pertinente um estudo sobre a utilização desse resíduo como carga em outras atividades, como por exemplo, para a produção de novos rebolos abrasivos.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço a FAPES pela bolsa de iniciação científica e tecnológica, aos profissionais do CETEM-NRES e do IFES, a Leonardo Luiz Lyrio da Silveira e Leonardo Cattabriga Freire, pela orientação e apoio no desenvolvimento desse trabalho.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **Dados Setoriais**. Disponível em: <<http://www.abirochas.com.br>>. Acesso em: 25 mai. 2019.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13528: **Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração**. Rio de Janeiro, 2010.

CAMPOS, A.R, et al. Resíduos: tratamento e aplicações industriais. In: FRANCISCO, W.H.V; AZEVEDO, H.C.A.; CASTRO, N.F. (Eds.). **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013. p. 433-492.

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. DNER-ME 084: **Agregado Miúdo - Determinação da Densidade Real**. DNER, 1995.

MOREIRA, T.L.; SILVEIRA, L.L.L. **Aplicação de resina poliuretana à base de óleo de mamona no processo de envelopamento de blocos de rochas ornamentais**. In: XXVI Jornada de Iniciação Científica e II Jornada de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, 2018. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2018, p176-180.

SILVEIRA, L.L.L; VIDAL, F.W.H; SOUZA, J.C. Beneficiamento de rochas ornamentais. In: FRANCISCO, W.H.V; AZEVEDO, H.C.A.; CASTRO, N.F. (Eds.). **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013, p. 327-328.

VIDAL, F.W.H; CASTRO, N.F.; FRASCÁ, M.H.B.O. Introdução. In: FRANCISCO, W.H.V; AZEVEDO, H.C.A.; CASTRO, N.F. (Eds.). **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013. p. 15-42.