

# **ESTUDO COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO 4 PONTOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS SILICÁTICAS TELADAS COM RESINA EPOXÍDICA E POLIURETANA À BASE DE ÓLEO DE MAMONA COLORIDA**

## **COMPARATIVE STUDY OF FLEXURAL STRENGTH 4 POINTS OF SILICATED DIMENSION STONES REINFORCED WITH EPOXY RESIN AND COLORED POLYURETHANE CASTOR OIL RESIN**

**Mirela Ramos Maturana**

Aluna de Graduação em Engenharia de Minas do 8º período, IFES  
Período de Estágio: março de 2018 a julho de 2018  
mirelamaturana@gmail.com

**Leonardo Luiz Lyrio da Silveira**

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

### **RESUMO**

O processo de telagem de rochas ornamentais é realizado com a finalidade de aumentar a resistência à flexão de rochas com comportamento frágil. Para isso, na face bruta da rocha, fixa-se uma tela de fibra de vidro com o auxílio de uma resina epoxídica à base de Epicloridrina e Bisfenol A. Visando aumentar a ecoeficiência do setor, viu-se a necessidade de encontrar uma alternativa ecológica para substituir o uso da resina epoxídica e proporcionar um diferencial mercadológico através do uso da resina poliuretana à base de óleo de mamona. O objetivo deste estudo é comparar a resistência a flexão em chapas de rochas silicáticas teladas com ambas resinas através de ensaios de caracterização tecnológica de resistência à flexão por carregamento em quatro pontos em rochas de composição silicática, segundo a norma ABNT NBR 15845-7/2015 (Adaptada). Os resultados obtidos nos ensaios com a resina ecológica foram promissores, ressaltando assim que a resina poliuretana de mamona pode ser tão eficiente quanto a resina epóxi, o que possibilitou concluir que a resina de mamona é uma alternativa com boa viabilidade técnica.

**Palavras chave:** telagem, resina, poliuretana, mamona.

### **ABSTRACT**

The reinforcement process of dimension stones is usually carried out with the purpose to increase the flexural strength of rocks with fragile behavior. For this, on the gross face of the rock is fixed a fiberglass reinforcement with the help of an epoxy resin based on Epichlorohydrin and Bisphenol A. Aiming to increase the eco-efficiency of the sector, there is a need to find an ecological alternative to replace the epoxy resin and provide a marketing differential through the use of oil-based polyurethane resin from castor bean. The objective of this study is compare the flexural strength in slabs of silicate rocks reinforced with both resins through technological characterization tests of flexural strength for loading in four points on silicate materials, according to the standard ABNT NBR 15845-7/2015 (Adapted). The results obtained on the tests with the ecological resin were promising, emphasizing how the polyurethane resin from castor bean can be as efficient as the epoxy resin, which made possible to conclude that the resin from castor beans is an alternative with feasible technique.

**Keywords:** reinforcement, resin, polyurethane, castor oil.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor de rochas ornamentais é uma das áreas mais promissoras do setor mineral, e apresenta grande importância para a economia nacional. No ano de 2017 as exportações brasileiras de rochas ornamentais e seus diversos produtos comerciais somaram US\$ 1.107,1 milhões e 2,36 milhões toneladas. O Espírito Santo respondeu por 81,7% do total do faturamento e 76,2% do total do volume físico das exportações brasileiras de rochas (ABIROCHAS, 2018).

As rochas ornamentais e de revestimento correspondem a tipos litológicos extraídos em blocos ou placas que podem ser serrados em diferentes formas e beneficiados através de esquadrejamento, polimento e lustro. A qualidade em todas as etapas as quais as rochas ornamentais são submetidas, juntamente com suas características intrínsecas, são fatores importantes para a produção de chapas de alta qualidade (FERREIRA, 2017).

Sendo assim, as rochas com baixa resistência a flexão, como os pegmatitos em geral, exigem processos diferentes de beneficiamento, sendo necessário telar a chapa do material com uma fibra de vidro fixada através de uma resina epoxídica a fim de aumentar a resistência à esforços fletores desses materiais. As resinas epóxi são à base de Bisfenol A e Epilcloridrina, que podem trazer prejuízos à saúde humana além de ser uma possível fonte contaminante do meio ambiente caso sejam descartadas em local inapropriado (SILVEIRA et al., 2017).

O processo de telagem com resina poliuretana de mamona foi patenteado pelo Centro de Tecnologia Mineral – CETEM-MCTIC no ano de 2013 (INPI BR1020130187607) e se mostrou uma alternativa de grande potencial econômico. Uma das limitações de uso da resina ecológica se deve a sua coloração amarelada que além causar um contraste visual em chapas de outras cores, proporciona também um aspecto envelhecido ao produto final. Tal característica pode inviabilizar a comercialização das chapas teladas com resina de mamona em mercados mais exigentes, como é o caso do mercado árabe. Uma tentativa de dirimir essa limitação de uso é a utilização da resina poliuretana de mamona com corantes atóxicos. Desta forma, a resina seria colorida de acordo com a cor predominante da chapa de rocha ornamental, e deste modo não apresentaria mais o aspecto envelhecido.

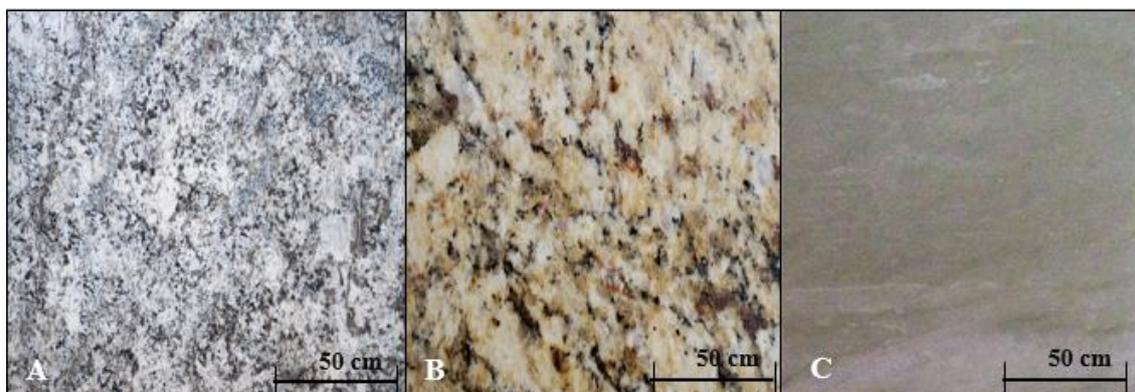
## 2. OBJETIVOS

O objetivo deste estudo é comparar a resistência à flexão por carregamento 4 pontos em rochas silicáticas teladas com resina epóxi e com resina poliuretana à base de óleo de mamona colorida.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. Materiais

Para a realização dos ensaios foram escolhidos três litotipos com composição silicáticas que apresentam baixa resistência à esforços fletores sendo estas um pegmatito, um granito e um quartzito denominados comercialmente de *Blue Nile* (A), *Giallo Santa Cecília* (B) e *Sette* (C), respectivamente (Figura 1). Para cada tipo litológico foram utilizados 15 corpos de prova, sendo 5 telados com resina epóxi, 5 telados com resina de mamona colorida e 5 não telados



**Figura 1:** Pegmatito *Blue Nile* (A), Granito *Giallo Santa Cecília* (B), e Quartzito *Sette* (C).

Na telagem utilizou-se uma resina de composição epoxídica e uma resina poliuretana à base de óleo de mamona, em 2 colorações distintas, sendo estas: cinza e amarelo.

### 3.2. Métodos

Inicialmente fez-se a lavagem dos corpos de prova com água corrente e uma esponja multiuso a fim de se retirar as impurezas e o pó de rocha presente na amostra, a fim de proporcionar uma melhor aderência da tela ao material rochoso. Após a lavagem, os corpos de prova foram levados para a estufa por 24 horas à uma temperatura de 70°C, de forma a retirar a umidade da rocha.

Após a secagem das amostras, iniciou-se o processo de telagem com uma tela de fibra de vidro com malha de 5 mm e fios de 1 mm de espessura. Para isso, no sistema epóxi utilizou-se 12,50g de resina epóxi na proporção resina/endurente de 75% resina e 25% endurente e no sistema de mamona utilizou-se 12,50g de resina de mamona na proporção resina/endurente de 54,48% de resina e 45,44% de endurente. As proporções de resina utilizadas podem ser observadas na Tabela 1.

**Tabela 1:** Indicações dos tipos e quantidades de resina e endurente utilizadas nos compostos aplicados durante a telagem dos materiais rochosos.

Tipo de resina	Base	Resina	Endurente	Peso Total(g)
Resina Epóxi	Epoxídica	75,00%	9,37g	25,00% 3,13g 12,50 g
Resina Poliuretana de Mamona Colorida	Poliuretana	54,48%	6,82g	45,44% 5,68g 12,50g

Após a pesagem das quantidades determinadas, a mistura resina/endurente foi manualmente homogeneizada durante de 90s. Em seguida a mistura foi aplicada na rocha ainda quente, e a tela de fibra de vidro foi colocada sobre a amostra logo em seguida. O pegmatito *Blue Nile* e o quartzito *Sette* foram telados com a resina de mamona cinza e o granito *Giallo Santa Cecília* com a resina amarela como mostra a Figura 2.



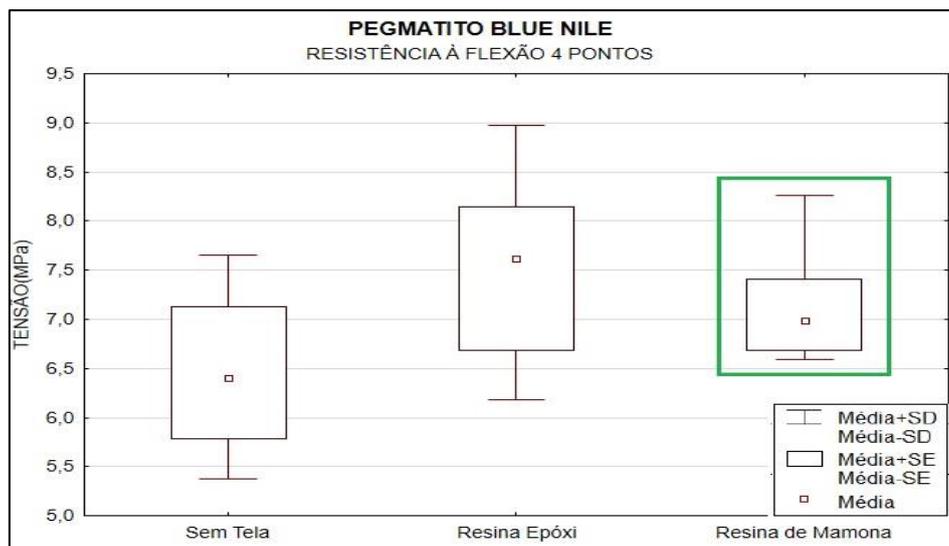
**Figura 2:** Corpos de prova telados com as resinas de mamona coloridas.

Os corpos de prova telados foram colocados em bancadas para secar por um período de 7 dias para ambas resinas, a fim de permitir a total aderência da tela à rocha. Feitas as medições das dimensões dos corpos de prova, realizou-se o rompimento dos mesmos segundo a norma ABNT NBR 15845-7/2015 (Adaptada) com auxílio de uma prensa de marca EMIC, linha DL. Os dados obtidos foram tratados no programa *Statistica 10.0* e gerados gráficos para análise e interpretação, acompanhados da discussão dos resultados alcançados.

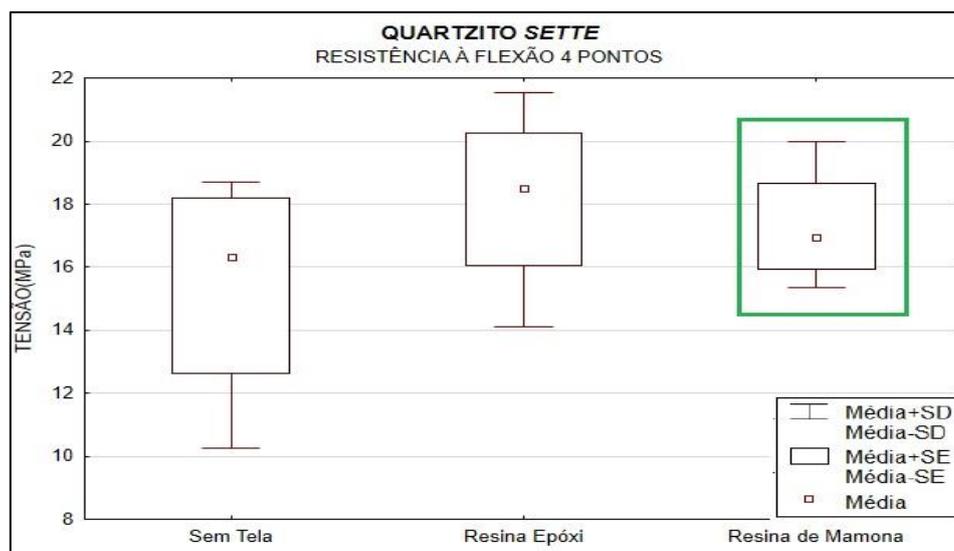
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios de telagem realizados nos corpos rochosos silicáticos expuseram resultados positivos em relação ao uso da resina de mamona colorida. Nos ensaios com o pegmatito *Blue Nile* a resina epóxi apresentou um aumento de apenas 0,72MPa em relação a resina de mamona colorida (Figura 3). Para o quartzito *Sette* este aumento foi de 1,54 MPa em relação a resina de mamona colorida (Figura 4), já nos ensaios com o granito *Giallo Santa Cecília* a resina de

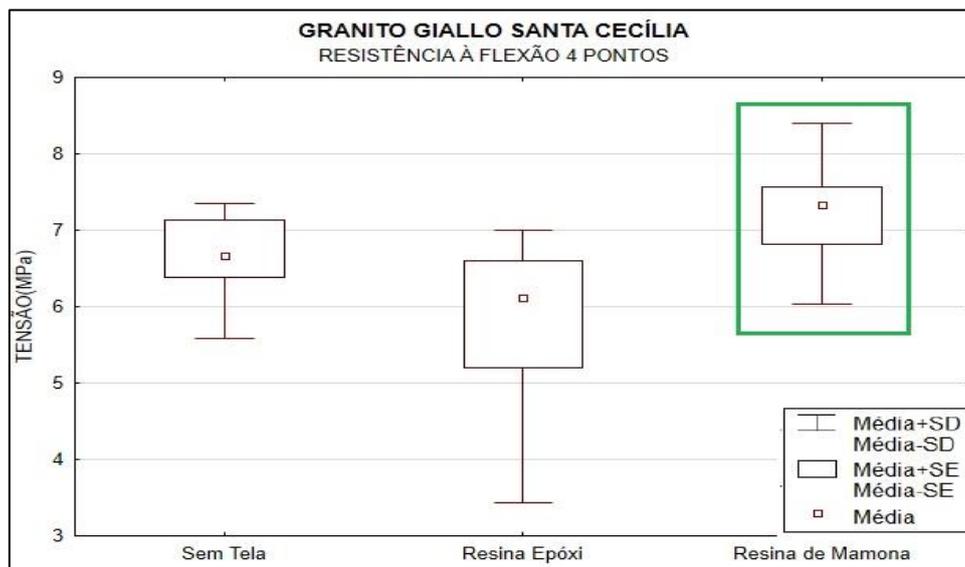
mamona colorida se mostrou superior em 1,69 MPa em relação a resina epóxi. Em todas as rochas ensaiadas os desvios padrão dos corpos de prova telados com mamona colorida foram menores do que aqueles telados com resina epóxi, repetindo a tendência de trabalhos anteriores. Tal aspecto confere a resina poliuretana de mamona uma maior segurança de uso no que se refere a repetibilidade dos valores de resistência à flexão.



**Figura 3:** Resultados da resistência à flexão 4 pontos do pegmatito *Blue Nile*.



**Figura 4:** Resultados da resistência à flexão 4 pontos do quartzito *Sette*.



**Figura 5:** Resultados da resistência à flexão 4 pontos do granito *Giallo Santa Cecília*.

## 5. CONCLUSÕES

Com este estudo evidencia-se que a resina de mamona colorida é uma alternativa ecológica para substituir a resina epóxi no processo de telagem de rochas ornamentais silicáticas, pois além dos resultados positivos encontrados o uso da resina ecológica criará um diferencial comercial e trata um aumento da ecoeficiência do setor de beneficiamento de rochas ornamentais. Como sugestão de trabalhos futuros pretende-se realizar novos ensaios de flexão 4 pontos em outras rochas ornamentais, mas considerando o efeito de ciclagem na taxa de perda de resistência à esforços fletores dessas duas resinas estudadas.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Dr. Leonardo Silveira pela oportunidade de desenvolver essa pesquisa, aos profissionais do CETEM e do IFES, as empresas Imperveg pelo apoio financeiro e a Decolores pela doação das amostras.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **Balanco das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais em 2017**. Disponível em <<http://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2018/03/Informe-01-2018-Balanco-2017.pdf>> Acesso em 22 de junho de 2018.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.845-7: 2015** Rochas para revestimento – Parte 7: Determinação da resistência à flexão por carregamento em quatro pontos.

FERREIRA, B.S.C. **Resina Poliuretana De Mamona: Alternativa Ecológica Para o Envelopamento de Blocos De Rochas Ornamentais**, 2016. 23p. Monografia (Graduação) – Coordenadoria do curso de Engenharia de Minas, Instituto Federal do Espírito Santo, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo (Brasil).

SILVEIRA, L.L, GOMES, J.C, CASTILHO, E.D, ALMEIDA, P.F. **Estudo Comparativo da Resistência à Flexão Quatro Pontos Entre Granitos Ornamentais Telados com Resina Poliuretana De Mamona e Epóxi**. In: XXVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 2017, Belém, Pará.