

## **CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE ARENITOS SILICIFICADOS DA FORMAÇÃO BOTUCATU VISANDO EMPREGO COMO AGREGADO GRAÚDO PARA LASTRO FERROVIÁRIO**

**Dos Santos, G. H. A.**

**Monticelli, J. P.**

**Ribeiro, R.P.**

**Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP)**

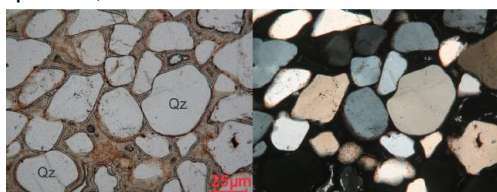
[gabrielsantoss@usp.br](mailto:gabrielsantoss@usp.br); [joao.monticelli@usp.br](mailto:joao.monticelli@usp.br); [rogerioprx@sc.usp.br](mailto:rogerioprx@sc.usp.br)

### **Objetivos**

O presente estudo teve seus objetivos centrados na petrografia, caracterização física e mecânica de arenitos silicificados e variações geotécnicas da Formação Botucatu (FB), incluindo as relações de anisotropia e resistência à compressão uniaxial (RCU) dos materiais. Todas as características importantes visando emprego da rocha britada nas diferentes demandas de obras de engenharia, dentre elas o lastro ferroviário.

### **Materiais e Métodos**

Os arenitos silicificados FB são classificados como quartzo-arenitos com granulometria predominantemente fina. A estrutura da rocha não é imbricada e microfissuras são raras. O cimento de sílica microcristalina confere baixa porosidade à rocha (Figura 1) e a cor avermelhada resulta da presença de filmes de óxidos de ferro circundando os cristais. Em termos de composição da rocha, estima-se 75% de quartzo, 22% de cimento e 3% de vazios.



**Figura 1** – Fotomicrografia do quartzo arenito. Nicóis paralelos, à esquerda e, cruzados, à direita. Fonte: Arab (2016).

Em linhas geais, o roteiro metodológico consistiu das seguintes etapas: (i) Compilação de dados obtidos na literatura e estudos prévios desenvolvidos no âmbito do Grupo de Tecnologia de Rochas do SGS e (ii) obtenção de CPs de arenitos com direção paralela à estratificação (Figura 2) e correlações com a literatura, de modo a abordar a influência da anisotropia na resistência mecânica da rocha estratificada.



**Figura 2:** CPs de arenitos já dimensionados (topo e base) em serra diamantada. Fonte: Do Autor (2024).

### **Resultados**

Um resumo dos valores médios de propriedades físicas e mecânicas dos arenitos silicificados FB são apresentados na Tabela 1. Conforme Verhoef & Van de Wall (1998), estes materiais podem ser considerados de boa a razoável qualidade, visto que não atenderiam aos limites preconizados de MEA e AA pela norma brasileira de lastro ferroviário, NBR 5564 (ABNT, 2021). A boa qualidade mecânica é

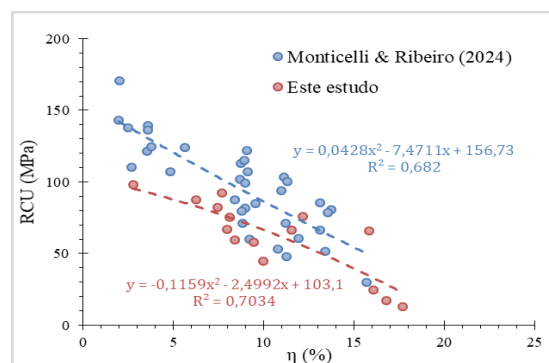
verificada pelos índices de RCU, ALA, RIT e ESM, que atendem aos requisitos normativos. Destacando que, no caso do valor de RCU dos arenitos silicificados FB, chegam a superar os valores obtidos para basaltos, outros materiais muito resistentes que também foram estudados no presente projeto de pesquisa.

**Tabela 1-** Valores médios dos índices físicos e mecânicos dos arenitos silicificados FB

Propriedade	Valor	Limite normativo
MEA (kg/m <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	2313	2500 (min)
PA (%) <sup>(1)</sup>	1,22	2 (max)
AA (%) <sup>(1)</sup>	2,83	0,8 (max)
RCU (MPa) <sup>(1)</sup>	191,85	100 (min)
ALA (%) <sup>(2)</sup>	24,8	30 (max)
RIT (%) <sup>(2)</sup>	22,7	25 (max)
ESM (%) <sup>(2)</sup>	20,2	29 (max)

MEA- Massa específica aparente, PA- porosidade aparente, AA- Absorção d'água. RCU/ALA/RIT/ESM- resistências à compressão uniaxial, à abrasão Los Angeles, ao impacto Treton e ao esmagamento Fontes:<sup>(1)</sup> modificado de Arab (2016); <sup>(2)</sup> presente trabalho; (3) SABS (2013) .

Em termos da RCU, requiere-se que para rochas estratificadas, os ensaios sejam executados com carregamentos ortogonais e paralelos à estruturação da rocha. Assim sendo, no 1º caso, utilizou-se dados prévios de Monticelli e Ribeiro (2024) e, para a 2ª condição, todos os CPs foram preparados na presente pesquisa. A disposição combinada de todos os valores de RCU e porosidade obtidos é mostrada na Figura 3, sendo observado um nítido efeito anisotrópico em termos da resistência mecânica das amostras ensaiadas nas 2 condições acima citadas.



**Figura 3** – Efeito da anisotropia mecânica entre CPs ensaiados com carregamento ortogonal (em azul) e paralelo (em vermelho) à estruturação da rocha. Fonte: Do Autor (2024).

No caso das amostras com valores mais altos de resistência, que são os materiais ideais para usos potenciais nas obras de engenharia, nota-se um decaimento considerável da resistência (45 a 50%), com valores de RCU variando de 145 MPa (1ª condição) até cerca de 95 MPa (2ª condição). Informação importante, pois no caso do emprego em lastro ferroviário, já poderia estar implicando em materiais com resistência algo próxima ou até mesmo já abaixo de 100 MPa, limite requerido por norma.

## Considerações finais

Este projeto de extensão universitária, vertente pesquisa, envolveu trabalhos de campo e de laboratório contemplando coleta de amostras, preparação de CPs e de alíquotas de agregados graúdos para realização de ensaios físico-mecânicos em arenitos silicificados e variações geotécnicas da Formação Botucatu, materiais bastante estudados para fins do emprego como placas de revestimento, paralelepípedo, meio-fio, lajotas e pilares para cercas, mas não para uso como agregado graúdo visando emprego direto nas obras de engenharia, notadamente lastro ferroviário. Esta a contribuição do presente trabalho.

## Agradecimentos

O primeiro autor agradece pelas bolsa disponibilizada pelo edital PUB/USP, projeto N° 4099, vigência 2023/2024.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5564: Via férrea - Lastro ferroviário - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- ARAB, P.B. Corte de rocha com jato d'água abrasivo- uma abordagem baseada em energia. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. 210p. 2016.
- SABS (2014) SANS 1083: Aggregates from natural sources - Aggregates for concrete. South African Bureau Standards, Pretoria. 2014.
- VERHOEF, P.N.W. & VAN DE WALL, A.R.G. 1998. Application of petrography in durability assessment of rock construction materials. Aggregate Resources, Balkema, p. 307-330..