

# CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE RESÍDUOS DA LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS PARA UTILIZAÇÃO EM LASTRO FERROVIÁRIO

## TECNOLOGICAL CHARACTERIZATION OF RESIDUES FROM DIMENSION STONES EXPLORATION FOR USE IN RAILROAD BALLAST

**João Victor Tavares Sarlo**

Aluno de Graduação em Engenharia de Minas do 8º período, IFES  
Período PIBITI/CETEM: agosto de 2020 a julho de 2021  
joatavaressarlo@gmail.com

**Francisco Wilson Hollanda Vidal**

Orientador, Engenheiro de Minas, D.Sc.  
fhollanda@cetem.gov.br

**Phillipe Fernandes de Almeida**

Coorientador, Tecnólogo em Rochas Ornamentais, D.Sc.  
palmeida@cetem.gov.br

### RESUMO

O estado do Espírito Santo possui grande densidade de frentes de lavra de rochas ornamentais, principalmente na região Noroeste. Sabendo que a atividade de extração dessas rochas gera uma grande quantidade de resíduos grosseiros o presente trabalho tem como objetivo realizar a caracterização tecnológica de agregados minerais compostos por resíduos de lavra de rochas ornamentais coletados em sete frentes de lavra localizadas no Noroeste capixaba, visando atestar a viabilidade técnica desses materiais aplicados na composição de lastro ferroviário e dar continuidade aos trabalhos realizados por SARLO *et al.* (2020). Para a caracterização tecnológica dessas rochas foi utilizada a NBR 5564 (ABNT, 2014), que estabelece os requisitos mínimos que os agregados devem possuir para serem utilizados como componente dos lastros ferroviários.

Os resultados obtidos mostram que dois tipos geológicos de rochas se destacaram nos ensaios, esses materiais são comercialmente denominados Preto São Gabriel e Preto São Benedito e cumpriram as principais exigências dos ensaios selecionados.

**Palavras chave:** resíduos de rochas ornamentais, caracterização tecnológica, lastro ferroviário.

### ABSTRACT

The state of Espírito Santo has a high density of ornamental rock mining fronts, mainly in the Northwest region. Knowing that the activity of extracting these rocks generates a large amount of coarse residues, this work aims to carry out the technological characterization of mineral aggregates composed of mining residues from ornamental rocks collected in seven mine fronts located in the Northwest of Espírito Santo, in order to certify the technical feasibility of these materials applied in the composition of railway ballast and to continue the work carried out by SARLO *et al.* (2020). For the technological characterization of these rocks, NBR 5564 (ABNT, 2014) was used, which establishes the minimum requirements that aggregates must meet to be used as a component of railway ballasts. The results obtained show that two geological types of rocks stood out in the tests, these materials are commercially named Preto São Gabriel and Preto São Benedito and fulfilled the main requirements of the selected tests.

**Keywords:** residues of dimension stones, technological characterization, railway ballast.

## 1. INTRODUÇÃO

A extração de rochas ornamentais é uma atividade que gera uma grande quantidade de resíduos. Estima-se que em média 75% do potencial rochoso das jazidas de rochas ornamentais viram resíduos sólidos grosseiros. Esses materiais recebem essa caracterização uma vez que o mercado de rochas ornamentais possui padrões estéticos estabelecidos por tendências arquitetônicas periódicas e essas rochas não atendem essas exigências, com isso sendo necessário destiná-los para as pilhas controladas de estéreis, gerando impactos ambientais na paisagem e conformação do relevo do ambiente em que estão sendo alocados.

Nos últimos anos as linhas de pesquisa em resíduos, seja ele qual for, vêm sendo intensificadas visando o enquadramento na economia circular onde a ideia central é gerar a menor quantidade possível de resíduos, incentivando a reciclagem deles para aplicações que sejam viáveis tecnicamente e economicamente. Para o caso dos resíduos gerados nas frentes de lavra de rochas ornamentais, após britados, podem ser aplicados na indústria da construção civil como agregados, e uma dessas possíveis aplicações é na composição do lastro ferroviário.

O lastro faz parte da infraestrutura da ferrovia e é uma camada, formada por material granular (brita 3 ou 4, possuindo granulometria variando entre 25mm e 76mm), localizada logo acima do sublastro, ou diretamente sobre o subleito, cuja espessura mínima usual varia de 250mm a 400mm, a depender da classe ferrovia. (ABNT NBR 7914, 1990).

Para que o lastro desempenhe adequadamente suas funções, seu material constituinte deve ter as seguintes características: (i) suficiente resistência aos esforços transmitidos, (ii) elasticidade limitada para amenizar os choques, não apresentar alta rigidez reduzindo os impactos das cargas dinâmicas no desgaste dos trilhos e não apresentar alta resiliência a ponto de gerar deslocamentos elásticos excessivos durante a passagem dos trens, ocasionando danos aos dormentes, as fixações e aos trilhos, (iii) dimensões que permitam a interposição entre dormentes e sublastro, (iv) resistência aos agentes atmosféricos e (v) ser constituído por material não absorvente, não poroso e que não produza pó (NABAIS, 2014).

Tendo em vista a possibilidade do uso de resíduos da extração de rochas ornamentais como agregados em lastro ferroviário, e da implementação do projeto da ferrovia Estrada de Ferro Minas-Espírito Santo, esse trabalho apresentará resultados de caracterizações tecnológicas em materiais coletados no noroeste capixaba, dando continuidade aos trabalhos de caracterização tecnológica realizado por SARLO *et al.* (2020).

## 2. OBJETIVOS

Esse trabalho tem como objetivo caracterizar tecnologicamente as rochas que compõem os resíduos grosseiros de sete frentes de lavra de rochas ornamentais, constituídas por seis tipos geológicos distintos, localizadas no noroeste do estado do Espírito Santo, visando atestar a viabilidade técnica desses materiais sendo aplicados na composição de lastro ferroviário.

## 3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada consistiu na caracterização tecnológica de resíduos de rochas ornamentais provenientes de sete frentes de lavra de rochas ornamentais, constituídas por seis tipos geológicos distintos, localizadas na região noroeste do Espírito Santo, que foram mapeadas anteriormente. A escolha por essas frentes de lavra foi baseada nas características petrográficas dessas rochas e pela colaboração das empresas mineradoras que permitiram a coleta das amostras nas jazidas pertencentes a elas.

Foram coletados aproximadamente 100kg de amostras de resíduos em cada frente de lavra. Os materiais coletados são conhecidos comercialmente por: Amarelo Icará, Amarelo Topázio, Moon Light (foram coletadas amostras de duas frentes de lavra desse material, adotando nomenclaturas F1 e F2 para diferenciá-los), Preto São Benedito, Preto São Gabriel e Verde Pavão.

As amostras foram britadas para realização da análise granulométrica em um britador de mandíbulas com escala industrial na AAMOL – Associação Ambiental Monte Líbano e posteriormente foram britadas novamente em um britador de mandíbulas menor na usina piloto do NRES para atender as especificações de granulometria de cada ensaio. Os ensaios selecionados para este estudo foram baseados na NBR ABNT 5564/2014 – Via férrea – Lastro ferroviário – Requisitos e métodos de ensaio, norma na qual define os critérios que os agregados devem ter para poder compor o lastro das ferrovias. Diante disso, foram selecionados os seguintes ensaios para realizar a caracterização tecnológica desses materiais: Determinação da composição granulométrica – ABNT NBR NM 248; Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – Método de Ensaio – ABNT NBR 7809; Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água – ABNT NBR NM 53; Ensaio de abrasão “Los Angeles” – ABNT NBR NM 51; Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75µm, por lavagem – ABNT NBR NM 46:2003; Agregados - Determinação da perda ao choque no aparelho TRETON – DNER-ME 399. Desta forma, são apresentados a seguir os resultados obtidos na realização desses ensaios que foram feitos com os materiais coletados nas frentes de lavra de rocha ornamental do noroeste capixaba.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Tabela 1.** Resultados dos ensaios de caracterização tecnológica selecionados.

Nome Comercial	Massa Específica Aparente <sup>i</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Absorção de Água <sup>i</sup> (%)	Porosidade <sup>i</sup> (%)	Índice Forma <sup>ii</sup> (A/C)	Frag. Cúbicos <sup>ii</sup> (%)	Perda por abrasão (F) <sup>iii</sup> (%)	Perda por choque (TRETON) <sup>v</sup> (%)	Material pulverulento <sup>v</sup> (%)
Amarelo Icarai	2,59	0,44	1,14	2,7	52	44,08	34,52	0,542
Amarelo Topázio	2,60	0,29	0,76	2,3	70	51,78	31,59	0,471
Moon Light – F1	2,60	0,21	0,55	2,5	68	40,52	32,76	0,727
Moon Light – F2	2,60	0,39	1,03	2,6	56	46,42	32,12	0,797
Preto São Benedito	2,91	0,45	1,30	2,4	66	25,75	13,24	0,781
Preto São Gabriel	2,93	0,03	0,09	2,3	72	27,88	16,27	0,690
Verde Pavão	2,66	0,20	0,54	2,3	72	53,35	34,07	0,404
<b>Limites pela NBR 5564/2014</b>	Min. 2,5	Máx. 0,80	Máx. 1,5	Máx. 3	Máx. 85	Máx. 30	Máx. 25	Máx. 1

(1)ABNT NBR 53; (ii) ABNT NBR NM 7809; (iii) ABNT NBR NM 51; (iv) DNER-ME 399; (v) ABNT NBR NM 46

Os resultados dos ensaios de índices físicos indicaram que a massa específica aparente, absorção de água e porosidade de todos os materiais ficaram dentro dos limites estabelecidos pela norma NBR 5564 (ABNT, 2014). Vale salientar também que o material que obteve maior destaque nesse ensaio foi o Preto São Gabriel, apresentando o maior índice de massa específica aparente, seguido do material Preto São Benedito, e os menores índices de porosidade e absorção d’água.

A porcentagem de material pulverulento em cada material apresentou resultados satisfatórios, com todos os materiais obtendo índices abaixo do estipulado em norma, provando que a contaminação existente nos materiais estava dentro do aceitável.

Os ensaios de índice de forma pelo método do paquímetro feitos nos materiais indicaram que o índice de forma de todos os materiais estão dentro do permitido pela norma que é de no máximo 3 unidades adimensionais. A NBR 5564 (ABNT,2014) estipula que o formato das partículas

após britadas devem possuir caráter predominantemente cúbico e um limite de partículas não cúbicas de no máximo 15%. Os resultados de todos os materiais apresentaram partículas de caráter predominantemente cúbicas, porém porcentagens de partículas não cúbicas acima do limite máximo, algo que pode ter sido influenciado pelo formato das amostras coletados nas frentes de lavra.

Os estudos realizados com os ensaios que dizem respeito a resistência mecânica dos materiais apresentaram resultados satisfatórios para dois tipos geológicos, os materiais Preto São Gabriel e o Preto São Benedito. Tanto no ensaio de abrasão Los Angeles quanto no ensaio de perda ao choque no aparelho TRETON, as porcentagens de perda para ambos os materiais foram inferiores ao limite máximo estipulado na NBR 5564 (ABNT, 2014). Os outros materiais não apresentaram resultados que atendessem as exigências da norma, obtendo resultados acima dos limites estabelecidos.

## 5. CONCLUSÕES

Diante do estudo apresentado com base nos resultados obtidos na caracterização tecnológica desses diferentes tipos de rochas, é possível afirmar que os materiais Preto São Gabriel e Preto São Benedito obtiveram resultados satisfatórios nos ensaios selecionados e com isso, acredita-se que podem ser utilizados como componente no lastro ferroviário. Os demais materiais não obtiveram resultados satisfatórios para ensaios de competência mecânica, o que não permite a sua viabilidade técnica. Sugere-se que se intensifiquem trabalhos para essa linha de pesquisa, partindo do pressuposto que existem projetos de ferrovias no estado capixaba e o mesmo concentra uma grande quantidade de resíduos disponíveis no interior das pedreiras de rochas ornamentais.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa concedida (Processo: 115325/2020-4), aos meus orientadores, as empresas que forneceram os materiais para realizar essa pesquisa, a AAMOL que permitiu que fosse realizada a primeira fase de britagem em sua usina de beneficiamento e também a todos que me ajudaram de alguma forma na elaboração desse trabalho.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2003) NBR NM 53. **Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.** Rio de Janeiro. 8p.

\_\_\_\_\_ (2003) NBR NM 51. **Agregado graúdo – Ensaio de Abrasão “Los Angeles”.** Rio de Janeiro. 13p.

\_\_\_\_\_ (2003) NBR NM 248. **Agregados – Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro. 6p.

\_\_\_\_\_ (2005) NBR NM 7809. **Agregados graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – Método de ensaio.** Rio de Janeiro. 3p.

\_\_\_\_\_ (2003) NBR NM 46. **Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 $\mu$ m, por lavagem.** Rio de Janeiro. 6p.

\_\_\_\_\_ (1990) NBR 7914. **Projeto de lastro para via férrea – Procedimento.** Rio de Janeiro. 2p.

\_\_\_\_\_ (2014) NBR 5564. **Via Férrea – Lastro Ferroviário – Requisitos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro. 26p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER (1999) ME 399.  
**Agregados – Determinação da perda ao choque no aparelho Treton.** Rio de Janeiro. 5p

NABAIS, R. J. S. **Manual básico de engenharia ferroviária.** São Paulo: Oficina de Textos.

SARLO, J. V. T.; VIDAL, F. W. H.; ALMEIDA, P. F. **Caracterização tecnológica de resíduos grosseiros de rochas ornamentais para uso como agregados de lastro ferroviário.**  
In: ANAIS DA JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, JIC 2020. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2020.