

## **CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADOS MINERAIS PROVENIENTES DE RESÍDUOS GROSSEIROS DE ROCHAS ORNAMENTAIS**

**BRUNO ALVES CARLETE**

Aluno de Graduação da Eng. de Minas, 7º período, IFES  
Período PIBIC/CETEM: julho de 2015 a julho de 2016,  
[BrunoAlvesCarlete@cetem.gov.br](mailto:BrunoAlvesCarlete@cetem.gov.br)

**NURIA FERNÁNDEZ CASTRO**

Orientadora, Eng. de Minas, M.Sc.  
[ncaastro@cetem.gov.br](mailto:ncaastro@cetem.gov.br)

**HIERES VETTORAZZI DA SILVA**

Coorientador, Geólogo.  
[hsilva@cetem.gov.br](mailto:hsilva@cetem.gov.br)

### **Resumo**

O objetivo deste estudo é caracterizar tecnologicamente agregados para uso em produtos de concreto, produzidos a partir da britagem e classificação de resíduos grosseiros da serragem de blocos de rochas ornamentais. Amostras de treze tipos de rochas foram selecionadas e coletadas em um aterro industrial, localizado no município de Cachoeiro de Itapemirim-ES. As amostras foram britadas e os agregados produzidos: brita 0, brita 1 e pó de pedra, foram caracterizados quanto à granulometria, massa específica, absorção d'água, resistência ao impacto, resistência à abrasão Los Angeles, índice de forma e módulo de finura, seguindo normas em vigência. Posteriormente à caracterização desses materiais, foi realizada uma nova amostragem representativa em pilhas de estocagem de um mix produzido para comercialização. Os resultados obtidos com os tipos de rochas selecionados indicam que nem todos os materiais em estudo se enquadrariam nos requisitos desejáveis da norma NBR 7211. O mix apresentou bons resultados, porém a realização de ensaios complementares faz-se necessária.

**Palavras chave:** agregados, sustentabilidade, rochas ornamentais.

## **CHARACTERIZATION OF MINERAL AGGREGATES FROM DIMENSIONAL STONES' COARSE WASTES**

### **Abstract**

The aim of this study is the technological characterization of aggregates produced from the crushing and classification of coarse wastes of the natural stones sawing in order to be used in concrete products. Samples of thirteen types of stones' wastes were selected and collected from an industrial landfill, located in Cachoeiro de Itapemirim-ES. Samples were crushed and the produced aggregates: gravel 0, 1 and crushed stone powder were characterized for particle size, density, water absorption, impact resistance, Los Angeles abrasion resistance, shape index and fineness modulus following Brazilian standards. A commercial Mix produced in the same landfill, was afterwards also collected and characterized. The results obtained with the selected types of rocks indicate that not all materials under study would fit the desirable requirements of NBR 7211. The commercial mix showed good results, but new mixes characterization and testing are still necessary.

**Keywords:** aggregates, sustainability, dimensional stones.

## **1. INTRODUÇÃO**

Os agregados para indústria da construção civil são os insumos mais consumidos no Brasil e no mundo. Segundo o Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM (2012) em 14 anos, a demanda por agregados da construção civil no país passou de 460 Mt (1997) para 673 Mt (2011). Ainda segundo o mesmo instituto, o crescimento foi de 82,3%, correspondente a um *Compound Annual Growth Rate* (CAGR) de 6,8% a.a., sendo esse setor um dos poucos que não sentiu o impacto das crises internacionais de 2008/9 e 2011/12. O consumo de agregados no Brasil, em 2013 foi de 671 Mt, sendo 294 Mt referentes a brita e cascalho.

Os agregados são definidos como materiais granulares, sem volume definido, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia civil. Ocupam de 60 a 80% do volume total do concreto, sendo suas características de grande importância para a qualidade final dos produtos. Têm a função de conferir resistência, durabilidade e trabalhabilidade aos concretos, em suas várias utilizações. Seu consumo é praticamente exclusivo na indústria da construção, em setores como o de edificações e de obras de infraestrutura. Os principais tipos de agregados comercializados na construção civil são: a brita 1 com granulometria variando de 9,5 mm à 19 mm, a brita 0 com granulometria variando de 4,8 mm a 9,5 mm, e a areia de brita com granulometria inferior a 0,074 mm.

Diante de um cenário crescente no consumo de agregados e de aumento de iniciativas sustentáveis na produção dos recursos minerais não renováveis, novas rotas de aproveitamento econômico de resíduos em substituição aos agregados minerais vêm sendo desenvolvidas por institutos de pesquisa, associações e empresas.

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS) o setor brasileiro de rochas ornamentais, em 2014 produziu 10,13 Mt, das quais 47% no estado do Espírito Santo. Na cadeia produtiva de rochas ornamentais, em torno de 14% do volume dos blocos são transformados em resíduos grosseiros durante sua serragem em chapas. De morfologia tabular e espessura de 7 a 15 cm, são conhecidos, no meio, como “casqueiros” e devem ser adequadamente dispostos em aterros licenciados até o surgimento de rotas de aproveitamento devidamente comprovadas, atendendo à Política Nacional de Resíduos Sólidos. A empresa gestora de um aterro licenciado em Cachoeiro de Itapemirim pretende dar uma destinação comercial aos resíduos gerados pelas empresas associadas, sob a forma de produtos de agregados minerais em diferentes graduações. Em parceria com a empresa, o Núcleo Regional do Espírito Santo do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/NRES busca atestar a viabilidade técnica do uso desses produtos como agregados conforme as especificações da norma NBR 7211/2009 da ABNT e de empresas da construção.

## **2. OBJETIVOS**

Catalogar e caracterizar treze materiais de tipos litológicos distintos, de maior abundância no aterro de resíduos da associação e um mix de materiais colhidos aleatoriamente, com base nas normas brasileiras vigentes utilizadas para especificação e uso na composição de produtos de concreto.

## **3. METODOLOGIA**

Para a elaboração deste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre agregados na construção civil e os ensaios de caracterização tecnológica, realizados rotineiramente de acordo com as normas técnicas em vigência. A seguir, nove visitas

técnicas foram efetuadas ao depósito de resíduos da associação onde foram selecionados treze materiais litologicamente distintos e de maior abundância no aterro: Amarelo Santa Cecília, Marrom Absoluto, Cinza Andorinha, Gnaisse, Granito Branco, Amarelo Ornamental, Quartzito, Cinza Corumbá, Ocre Itabira, Preto São Gabriel, Preto Aracruz, Vermelho Brasília, Marrom Chocolate e um mix de materiais aleatórios.

Foram coletados 150 kg de amostra de cada tipo, de acordo à ABNT NBR NM 26. As amostras foram britadas e classificadas em brita 1, brita 0 e pó de pedra, em britador de mandíbulas, na própria usina de britagem do aterro, ainda em fase de regulagem. A coleta dos materiais se deu diretamente na saída das peneiras. Os produtos foram homogeneizados na usina piloto do NRES e reduzidos em alíquotas de 25 kg para a realização dos ensaios de caracterização (ABNT NBR NM 27). Posteriormente a caracterização dos materiais mais abundantes, foram realizadas coletas diretamente nas pilhas de estocagem amostras de um mix.

Os ensaios de caracterização tecnológica selecionados para este estudo foram: Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água – ABNT NBR NM 53; Ensaio e abrasão “Los Angeles” – ABNT NBR NM 51; 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 densidade real do agregado miúdo – DNER-ME 084/95; Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – ABNT NBR NM 7809/ Via férrea – Lastro ferroviário – Requisitos e métodos de ensaio - ABNT NBR 5564.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos nos ensaios realizados para este estudo estão dispostos na Tabela 1 de acordo com sua norma vigente.

Os resultados da análise granulométrica mostram que foi gerada grande quantidade de finos (<4,75 mm) na britagem, com valores entre 17,2% a 37,16%. Deve-se destacar que a época da britagem o sistema se encontrava em processo de regulagem.

A densidade das amostras resultou dentro do esperado, superior à mínima aceitável para granitos e gnaisses, de 2,58 e 2,59, respectivamente, conforme Frazão e Frascá (2002) *apud* Campos (2007). Com exceção do Cinza Corumbá e Ocre Itabira, com valores respectivos 2,37 e 2,40. A densidade do Mix ficou no intervalo antes citados.

Como pode ser observado na Tabela 1, quase todas as amostras apresentaram perdas de massa superiores a 50% no ensaio de abrasão Los Angeles, limite considerado máximo de acordo à NBR 7211. De acordo com Frazão e Frascá (*op. cit.*) valores comuns em agregados naturais estão em torno de 40% para granitos, 45% para gnaisses e 20% para basaltos. O Marrom Absoluto, o Preto São Gabriel e o Mix de materiais, fugiram a tendência, apresentando resultados que atendem essa especificação. Já o Cinza Andorinha, comumente utilizado como agregado para concreto, apresentou baixa resistência à abrasão, assim como o Granito Branco, que mesmo possuindo elevada quantidade de quartzo e feldspato inalterados na matriz, não apresentou resposta positiva neste ensaio.

**Tabela 1:** Resultados dos ensaios

Nome Comercial	Massa específica <sup>i</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Abs. água <sup>i</sup> (%)	Dens. real <sup>ii</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Mód. finura <sup>iii</sup>	Perda por Abrasão <sup>iv</sup> (B1) (%)	Perda por Abrasão <sup>iv</sup> (B0) (%)	Índice Forma <sup>v</sup> (A/C)
Cinza Andorinha	2,68	1,72	2,58	3,39	50,21	57,01	2,18
Amarelo Santa Cecília	2,65	1,51	2,66	3,38	52,04	52,78	2,35
Indigo	2,70	1,75	2,61	3,82	56,44	59,32	2,06
Marrom Absoluto	2,70	2,19	2,60	3,76	18,77	26,78	2,26
Branco Itaúnas	2,63	2,08	2,62	4,14	64,42	63,91	2,06
Cinza Corumbá	2,37	1,02	2,56	3,25	53,73	50,05	2,06
Ocre Itabira	2,40	0,99	2,55	3,39	47,48	44,69	2,10
Preto São Gabriel	2,93	0,56	2,93	3,9	23,72	29,47	2,03
Preto Aracruz	2,43	0,77	2,59	3,42	41,21	41,80	1,89
Amarelo Ornamental	2,55	0,90	2,58	3,02	46,66	42,93	2,05
Quartzito	2,72	0,89	2,52	3,27	65,15	64,59	2,07
Marrom Chocolate	2,52	0,75	2,61	3,48	47,67	42,62	2,10
Vermelho Brasília	2,76	0,83	2,63	3,21	43,24	40,55	1,99
Mix	2,79	1,17	2,71	3,35	38,13	41,14	1,92

(i)ABNT NBR NM 53; (ii)DNER-ME 084/95; (iii)ABNT NBR NM 248; (iv)ABNT NBR NM 51; (v)ABNT NBR NM 7809/ NBR 5564.

Os agregados dos resíduos apresentaram absorção de água entre 0,56 a 2,19%, valores altos, porém, no limite da aceitabilidade, de acordo à NBR 7211 e, por último, o índice de forma resultou no intervalo de 1,89 a 2,35, dentro limite da aceitabilidade que é abaixo de 3, de acordo à NBR 7211.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que nem todos os materiais em estudo, individualmente, se enquadrariam nos requisitos desejáveis da norma NBR 7211. Porém, deve-se ressaltar que são provenientes de resíduos de outros processos de beneficiamento e que a usina de britagem estava em fase de regulagem quando esses materiais foram coletados, o que poderia ter influenciado de forma negativa nos resultados. Os bons

resultados obtidos na caracterização do mix indicam que, misturas de resíduos de rochas podem apresentar bons resultados, porém o mix em estudo foi obtido posteriormente e os tipos de rochas nele contidos podem não ser coincidentes com os aqui estudados individualmente. Ensaio complementares, como o de esmagamento, novos mixes e ensaios de ruptura em corpos de prova de concreto devem ser realizados para atestar que o aproveitamento desses materiais é tecnologicamente viável e qual seria a melhor composição do mix.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CETEM e à Associação gestora do aterro e a meu coorientador, Hieres, por todo apoio, dicas e esforço. Por fim, agradeço ao CNPq pela bolsa concedida.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2001). NBR NM 27. **Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios**. Rio de Janeiro. 7p

\_\_\_\_\_ (2004). NBR 10007. **Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro. 21p

\_\_\_\_\_ (2009). NBR 7211. **Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro. 9p

\_\_\_\_\_ (2009). NBR NM 53. **Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro. 8p

\_\_\_\_\_. NBR 7809. **Agregado graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – Método de ensaio**. Rio de Janeiro. 3p

\_\_\_\_\_ (2001). NBR NM 51. **Agregado graúdo – Ensaio e abrasão “Los Ángeles”**. Rio de Janeiro. 6p

\_\_\_\_\_ 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

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

CAMPOS, E.E; FRAZÃO, E.B; CALAES, G.D; HERRMANN, H. Org.: Tannús, M.B.; Carmo, J.C.C; **Agregados para a construção civil no Brasil: contribuições para formulação de políticas públicas**. – Belo Horizonte: CETEC, 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER (1995). ME 084/95. **Agregado miúdo – Determinação da densidade real**. Rio de Janeiro. 3p.

IBRAM. **Informações e análises da economia mineral brasileira**. 7. Ed. Brasília, DF, 2012. 68 p.