

Estudo pré-normativo de ensaios de caracterização tecnológica para rochas aglomeradas

Standardization of technological characterization tests for agglomerated stones

Abiliane de Andrade Pazeto

Bolsista PCI, Tecnóloga em Rochas Ornamentais, D.Sc.

Francisco Wilson Hollanda Vidal

Supervisor, Engenheiro de Minas, D.Sc.

Resumo

As rochas aglomeradas têm hoje enorme importância na construção civil. Como materiais de construção, é de suma importância determinar as propriedades físico-mecânicas desses novos materiais, a fim de certificar se as mesmas atendem ao desempenho necessário em serviço. No entanto ainda não existe no corpo de normas brasileiro nenhuma norma específica para as rochas aglomeradas. O objetivo desse trabalho foi realizar ensaios de índices físicos, resistência à compressão, resistência à flexão e resistência ao impacto com base na norma europeia 14617 e sugerir adaptações na metodologia a fim de desenvolver normas brasileiras específicas para rochas aglomeradas. Foram encontrados bons resultados para os ensaios de resistência à flexão e resistência ao impacto, com pequena dispersão de valores e incertezas padrão baixas em relação à média. Por outro lado, os ensaios de determinação da densidade aparente e resistência à compressão necessitam ser repetidos, dado inconformidades encontradas na execução da metodologia.

Palavras chave: rochas aglomeradas, caracterização tecnológica, normalização

Abstract

Nowadays agglomerated stones have enormous importance in construction industry. As building materials, it is of utmost importance to determine the physical-mechanical properties of these new materials in order to ensure that they meet the performance required in service. However, there is no specific standard for agglomerated stones in the Brazilian body of standards. The objective of this work was to perform tests of physical indexes, compressive strength, flexural strength and impact resistance based on the European standard 14617 and to suggest adaptations in the methodology in order to develop specific Brazilian standards for agglomerated stones. It were found good results for flexural strength and impact strength tests, with low dispersion of values and standard uncertainties lower than the mean. On the other hand, the tests for determination of the bulk density and compressive strength need to be repeated, given nonconformities found in the execution of the methodology.

Key words: agglomerated stones, technological characterization, standardization

1. Introdução

As rochas aglomeradas, conhecidas comercialmente como “superfícies de quartzo” têm se tornado a principal concorrente da rocha natural para o acabamento em obras civis. Somente em 2017, as importações brasileiras desses materiais somaram US\$ 39 milhões (CHIODI FILHO, 2018), 25% a mais que o ano anterior (MONTANI, 2017). No estado do Espírito Santo, maior produtor e exportador de rochas naturais do país, já existe em operação uma fábrica de superfícies de quartzo e dois centros de distribuição.

De acordo com a norma EN 14618 (ASSOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, 2011), define-se como rocha aglomerada o produto manufaturado em processo industrial a partir de uma mistura de agregados (geralmente quartzo em uma ampla faixa granulométrica), aditivos e aglutinantes, sendo que estes podem ser resina, cimento hidráulico ou uma mistura de ambos. As principais aplicações das rochas aglomeradas se dão em pias, bancadas e revestimento de áreas úmidas.

Dada a grande aceitação comercial desses materiais no mercado, um grande número de estudos vem sendo desenvolvido para produzir as rochas aglomeradas utilizando resíduos do beneficiamento de rochas naturais (AGUIAR et al., 2016; BARANI; ESMALI, 2016; DEMARTINI et al., 2018; RIBEIRO et al., 2017). Tais estudos demonstraram resultados técnicos promissores, além de ser uma alternativa muito interessante do ponto de vista econômico e sustentável, pois substituem os agregados naturais necessários à fabricação das rochas aglomeradas convencionais com grande potencial para geração de receita.

Como materiais de construção, é de suma importância determinar as propriedades físico-mecânicas das rochas aglomeradas, a fim de certificar se as mesmas atendem ao desempenho necessário em serviço. As características tecnológicas das rochas são obtidas por meio de análises e ensaios, executados segundo procedimentos rigorosos estabelecidos por organismos de normalização (MENDES & VIDAL, 2002). No entanto, ainda não existe no corpo de normas brasileiro nenhuma metodologia de ensaio específica para rochas aglomeradas, tampouco uma norma que estabeleça requisitos mínimos para o emprego desses materiais com fins ornamentais ou de revestimento, desfavorecendo os especificadores quanto à correta aplicação desse produto em edificações, e aos consumidores quanto aos parâmetros para definir sua escolha.

Além disso, nos últimos anos a construção civil brasileira vem passando por uma grande mudança nos seus parâmetros de qualidade e passou a estabelecer exigências de conforto e segurança em imóveis residenciais por meio da NBR 15.575 - Desempenho de Edificações Habitacionais (ABNT, 2013). Esta é a primeira norma a tratar da qualidade dos produtos da construção civil, bem como a sua utilização pelos consumidores. A norma associa a qualidade de produtos ao desempenho na habitação, incluindo o conhecimento do comportamento em uso dos materiais e trouxe reflexos para o setor brasileiro de rochas no que tange a caracterização de seus produtos.

2. Objetivos

Realizar, com base no pacote de normas europeu EN 14617, ensaios de índices físicos, resistência à compressão, resistência à flexão e resistência ao impacto, e sugerir adaptações na metodologia a fim de desenvolver normas brasileiras específicas para rochas aglomeradas.

Como objetivo específico, efetuar tratamento estatístico dos dados para correções e alterações na metodologia a fim de se conseguir índices de confiança de 95%.

3. Material e Métodos

Os ensaios de caracterização tecnológica foram realizados no Laboratório de Rochas Ornamentais - LABRO/NR-ES com uma rocha aglomerada de nome comercial Branco Absoluto, produzida no norte do estado do Espírito Santo. Por tratar-se de um estudo experimental, sem nenhum dado anterior, definiu-se um tamanho de amostra piloto de $n=50$ para todos os ensaios. Após o ensaio piloto, o tamanho de amostra pode ser ajustado utilizando-se a Equação 1:

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \cdot s}{E} \right)^2 \quad (1)$$

Em que: $Z_{\alpha/2} = 1,96$ e corresponde ao nível de confiança de 95% estabelecido, s é o desvio padrão amostral e E é a margem de erro admitida.

O ensaio de resistência à compressão foi realizado segundo as diretrizes da EN 14617-15 (AENOR, 2006). Os corpos de prova de formato cúbico foram obtidos por meio da colagem de 3 peças de 60 x 60 mm, utilizando a mesma resina poliéster presente na composição da rocha aglomerada (Figura 1). A resistência à compressão foi determinada em prensa hidráulica Forney, modelo F-502F-CPILOT, com capacidade de 2.000 kN e taxa de carregamento de 1 MPa/s.

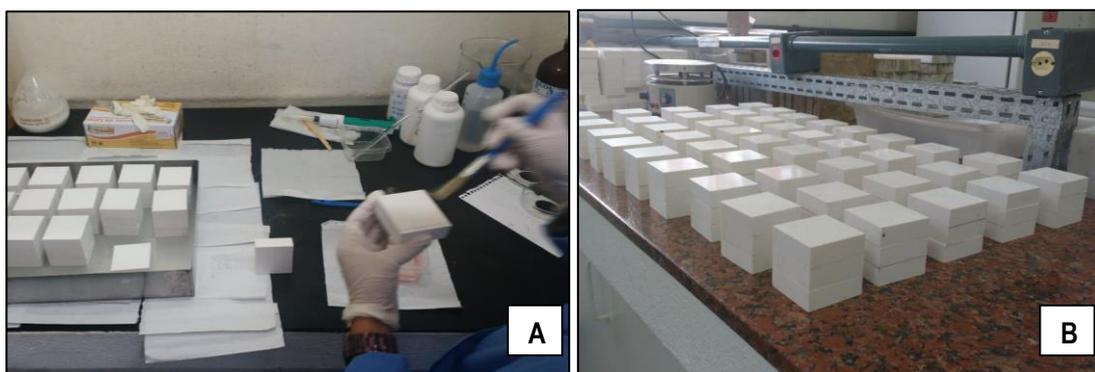


Figura 1. A) Colagem e B) corpos de prova prontos para ensaio de resistência à compressão.

Para o ensaio de resistência à flexão foram utilizados corpos de prova de 200 x 50 x 30 mm. A faixa nominal da prensa hidráulica discriminada anteriormente foi alterada para 50 kN, com uma taxa de carregamento de 0,5 MPa/s conforme a EN 14617-2 (AENOR, 2008).

A determinação da densidade aparente e porosidade do material estudado foram efetuadas em uma balança Marte Científica, modelo AD 2000, seguindo a norma EN 14617-1 (AENOR, 2013).

Por sua vez, a resistência ao impacto foi determinada no aparelho de impacto de corpo duro registrado sob o número NRES 000371 seguindo as diretrizes da EN 14617-9 (AENOR, 2005).

Para conhecer as incertezas dos ensaios calcularam-se, a partir dos resultados obtidos, as médias, os desvios padrão, as incertezas padrão correspondentes às medições ("Tipo A") e as incertezas padrão associadas à calibração dos equipamentos e instrumentos ("Tipo B") utilizados. A análise de incertezas está em conformidade com o guia para a expressão da incerteza de medição - GUM 2008 (INMETRO, 2012).

4. Resultados e Discussão

As Figura 2 e 3 comparam os resultados dos ensaios de caracterização tecnológica obtidos para o Branco Absoluto com duas rochas aglomeradas bem aceitas no mercado internacional, denominadas Aglomerado S e Aglomerado D, cujas informações foram extraídas de suas respectivas fichas técnicas:

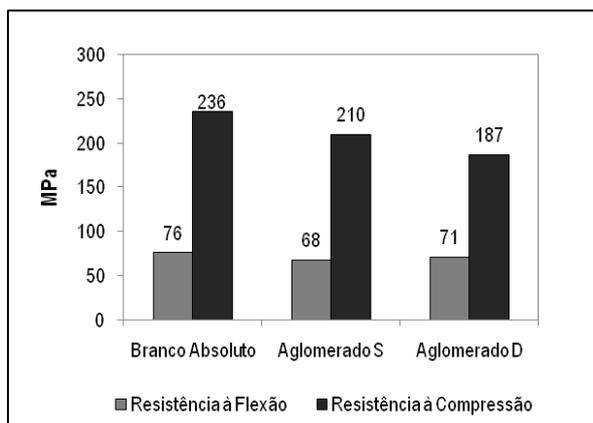


Figura 2. Comparação dos resultados de resistência à flexão e resistência à compressão.

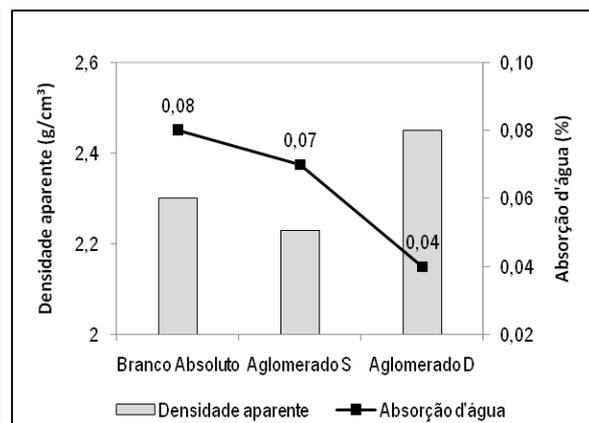


Figura 3. Comparação dos resultados de absorção d'água e densidade aparente.

É possível observar que os valores das propriedades físico-mecânicas encontrados para o Branco Absoluto estão numa faixa similar a das outras duas rochas aglomeradas, o que aponta para uma assertividade do método. Ribeiro, Rodriguez e Vieira (2017) encontraram valores de 2,03 a 2,45g/cm³ para uma rocha aglomerada fabricada com resíduo de mármore e resina poliéster.

A Tabela 1 resume o tratamento estatístico dos dados e a estimativa parcial do cálculo de incerteza da medição associada à metodologia.

Tabela 1. Medidas de posição, dispersão e incertezas parciais dos ensaios de caracterização tecnológica para o Branco Absoluto.

Ensaio	Média	Desvio Padrão	Incerteza Padrão Tipo A	Incerteza Padrão Tipo B
Densidade aparente (kg/m ³)	2.300	93,80	13,267	-
Absorção d'água (%)	0,08	0,03	0,004	-
Resistência à flexão (MPa)	76,16	3,00	0,424	-
Resistência à compressão (MPa)	236,4	15,00	2,121	-
Resistência ao impacto (J)	13	1,05	0,148	-
Equipamento/Instrumento				
Balança	-	-	-	0,023
Prensa hidráulica	-	-	-	Faixa 50kN – 0,049 Faixa 2000kN – 0,075
Paquímetro	-	-	-	0,005

Os ensaios de resistência à flexão, resistência ao impacto e absorção d'água apresentaram bons resultados, com baixa dispersão e incertezas padrão pequenas em relação à média. Utilizando o índice de confiança de 95% e um erro admissível de 2, é possível reduzir o número de corpos de prova para a resistência flexão e resistência ao impacto para n=5.

Por outro lado, apesar dos valores médios encontrados para a densidade aparente e resistência à compressão estarem em acordo com outras rochas aglomeradas do mercado, tais ensaios apresentaram um desvio padrão muito elevado em relação à média. Esses valores, quando utilizados para o ajuste do tamanho da amostra, considerando um intervalo de confiança de 95%, retornam um número ainda maior que o piloto (n=50), evidenciando fortemente a necessidade de se refazer ambos os ensaios.

Analisando a parte experimental, pode-se dizer que, para o ensaio de compressão, a colagem dos corpos de prova implica no aumento da dispersão dos valores, visto que podem ser entendidas como zonas de descontinuidade. Além disso, há a própria heterogeneidade do material, que apesar de reduzida em relação a uma rocha natural, ainda contribui para o espalhamento dos resultados. Quanto à densidade aparente, o memorial de cálculo mostra que a maior dispersão ocorreu em relação à massa submersa, necessária à determinação da densidade. A pesagem dessa massa requer um kit hidrostático, que foi adaptado para atender aos requisitos da EN 14617-1. Houve dificuldade em estabilizar a movimentação dos corpos de prova dentro da água, o que pode ter contribuído para o aumento da dispersão dos valores.

5. Conclusão

A grande dispersão de valores para os ensaios de resistência à compressão evidencia a necessidade de repetir-se o ensaio. Sugere-se utilizar um adesivo diferente para a colagem dos corpos de prova, do tipo epóxi. Além disso, verificou-se na altura da escrita deste trabalho que a EN 14617-15, norma que dá as diretrizes para esse ensaio, encontra-se sob revisão, o que indica que a metodologia pode ser substituída por outra mais confiável. Quanto ao ensaio de determinação da densidade aparente, também será necessário repeti-lo, desta vez adquirindo um kit de pesagem hidrostática mais adequado.

Há a necessidade de calcular-se as incertezas combinadas e expandida para cada ensaio a fim de comprovar a confiabilidade da metodologia adotada antes de adaptá-la e incorporá-la à metodologia brasileira. Esses cálculos já estão previstos na continuidade do presente projeto.

6. Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa concedida (processo n.º 300221/2018-5), aos técnicos do LABRO/NR-ES e à Guidoni Ornamental Rocks Ltda. pelo acordo de cooperação técnica firmado e doação de amostras.

7. Referências Bibliográficas

AGUIAR, M. C.; SILVA, A. G. P.; GADIOLI, M. C. B. Caracterização de Resíduos de Mármore para Fabricação de Rocha Artificial. In: **Anais** Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais, 2016, Natal -RN. 22º CBECiMat, 2016. p. 939-950.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR ISO/IEC 15.575 - Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro, RJ, 2013.

ASSOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN - AENOR. **UNE-EN 14618** - Piedra aglomerada. Terminología y clasificación, 2011.

_____. **UNE-EN 14617** - Piedra aglomerada. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la resistencia a flexión, 2008.

_____. **UNE-EN 14617** - Piedra aglomerada. Métodos de ensayo. Parte 1: Determinación de la densidad aparente y la absorción de agua, 2013.

_____. **UNE-EN 14617** - Piedra aglomerada. Métodos de ensayo. Parte 9: Determinación de la resistencia al impacto, 2005.

_____. **UNE-EN 14617** - Piedra aglomerada. Métodos de ensayo. Parte 15: Determinación de la resistencia a compresión, 2006.

BARANI, K; ESMAILI, H. Production of artificial stone slabs using waste granite and marble stone sludge samples. **J. Appl. Physiol.**, v. 110, pp. 135-141, 2016.

CHIODI FILHO, C. **Balanço das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais em 2017**. ABIROCHAS, Informe 01/2018, 16p.

DEMARTINI, T. J. C.; RODRIGUEZ, R. J. S.; SILVA, F. S. Physical and mechanical evaluation of artificial marble produced with dolomitic marble residue processed by diamond-plated bladed gang-saws, **Journal of Materials Research and Technology**, v. 7, p. 308-313, 2018.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, Avaliação de Dados de Medição: **Guia para expressão de incerteza de medição - GUM 2008**, Duque de Caxias, RJ: INMETRO/CICMA/SEPIM, 2012, 141 p.

MENDES, V. A.; VIDAL, F. W. H. Controle de qualidade no emprego das rochas ornamentais na construção civil. **In: Anais III Simpósio sobre Rochas Ornamentais do Nordeste**, Recife, PE. 2002.

MONTANI, C. **XXVIII Relatório mármore e rochas no mundo 2017 – Dossiê Brasil**. Aldus: Carrara, 2017, 22p.

RIBEIRO, C. E. G.; RODRIGUEZ, R. J. S.; CARVALHO, E. A. Microstructure and mechanical properties of artificial marble. **Construction and Building Materials**, v. 149, p. 149-155, 2017.

RIBEIRO, C. E. G.; RODRIGUEZ, R. J. S.; VIEIRA C. M. F. Production of ornamental compound marble with marble waste and unsaturated polyester. In: Yurko J, Zhang L, Allanore A, Wang C, Spangenberg JS, Kirchain RE, et al., eds. **EPD Congress 2014**. Hoboken: John Wiley & Sons. 2014. p. 129-136.