

Série Rochas e Minerais Industriais

Estimativa da incerteza da medição para ensaios de caracterização tecnológica de rochas aglomeradas

**Abiliane de Andrade Pazeto
Francisco Wilson Hollanda Vidal**



SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

**Estimativa da incerteza da medição para ensaios de
caracterização tecnológica de rochas aglomeradas**

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Jair Messias Bolsonaro

Presidente

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES

Marcos Cesar Pontes

Ministro de Estado

Leonidas de Araújo Medeiros Junior

Secretário-Executivo

Cristina Vidigal Cabral de Miranda

Subsecretária Substituta de Unidades Vinculadas

Alexandre Mendonça Gonçalves

Coordenador-Geral de Unidades de Pesquisa e Organizações Sociais

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Silvia Cristina Alves França

Diretora

Marusca Santana Custodio

Coordenadora Substituta de Administração - COADM

Robson de Araújo D'Ávila

Coordenador de Planejamento, Gestão e Inovação - COPGI

Paulo Fernando Almeida Braga

Coordenador de Processamento e Tecnologias Minerais - COPTM

Andréa Camardella de Lima Rizzo

Coordenadora de Processos Metalúrgicos e Ambientais - COPMA

Francisco Wilson Hollanda Vidal

Coordenador de Rochas Ornamentais - CORON

José Antônio Pires de Mello

Coordenador de Análises Minerais - COAMI

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

ISSN 1518-9155

ISBN 978-65-5919-020-1

SRMI - 28

Estimativa da incerteza da medição para ensaios de caracterização tecnológica de rochas aglomeradas

Abiliane de Andrade Pazeto

Tecnóloga em Rochas Ornamentais, D.Sc. em Geociências
pela EESC/USP. Bolsista PCI do CETEM/MCTI

Francisco Wilson Hollanda Vidal

Engenheiro de Minas, D.Sc. em Engenharia Mineral pela
EP/USP. Tecnologista Sênior do CETEM/MCTI

CETEM/MCTI

2020

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

Silvia Cristina Alves França

Editora

Luiz Carlos Bertolino

Subeditor

CONSELHO EDITORIAL

Adão Benvindo da Luz (CETEM), Francisco Wilson Holanda Vidal (CETEM), Jurgen Schnellrath (CETEM), Arthur Pinto Chaves (EPUSP), Luis Lopes (Universidade de Evora), Carlos Adolpho Magalhães Baltar (UFPE), Marsis Cabral Junior (IPT).

A Série Rochas e Minerais Industriais publica trabalhos na área minerometalúrgica, com ênfase na aplicação de minerais industriais e de rochas ornamentais. Tem como objetivo principal difundir os resultados das investigações técnico-científicas decorrentes de projetos desenvolvidos no CETEM e em parceria com outras instituições de PD&I.

O conteúdo desse trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Valéria Cristina de Souza

Coordenação Editorial

Editoração Eletrônica

Abiliane de Andrade Pazeto

Revisão

Ana Maria Silva Vieira de Sá

CRB7 3982

Catologação na Fonte

P348

Pazeto, Abiliane de Andrade

Estimativa da incerteza da medição para ensaios de caracterização tecnológica de rochas aglomeradas/Abiliane de Andrade Pazeto, Francisco Wilson Hollanda Vidal. — Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2020.

44p.: il. (Série Rochas e Minerais Industriais, 28)

1. Rochas aglomeradas. 2. Caracterização tecnológica. 3. Incerteza da medição. I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Pazeto, Abiliane de Andrade. III. Vidal, Francisco Wilson Hollanda. IV. Título. V. Série.

CDD 553.51

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	9
1.1 O Conceito da Rocha Aglomerada	9
1.2 Uso das Rochas Aglomeradas na Construção Civil	10
1.3 Incerteza da Medição	18
2 OBJETIVO	23
2.1 Objetivos Especificos	23
3 EXPERIMENTAL	24
3.1 Planejamento dos Ensaios	24
3.2 Determinação da Densidade Aparente e Absorção D'água	25
3.3 Determinação da Resistência à Flexão	27
3.4 Determinação da Resistência Química	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1 Ensaios de Caracterização Tecnológica	30
4.2 Contribuições para a Incerteza da Medição	31
5 CONCLUSÕES	36
6 AGRADECIMENTOS	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

RESUMO

Rochas aglomeradas são produtos fabricados em processo industrial a partir da mistura de agregados de rochas naturais, resinas e aditivos. O emprego desses materiais na construção civil cresce a cada ano, o que torna fundamental a realização de ensaios de caracterização tecnológica para conhecer suas propriedades e embasar seu correto uso. Considerando que no Brasil ainda não existem metodologias de ensaios específicas para esses materiais, o Núcleo Regional do Espírito Santo - NRES/CETEM vem desenvolvendo um estudo pré-normativo, no intuito de submeter futuramente à ABNT propostas de normas de caracterização tecnológica para rochas aglomeradas. O objetivo deste trabalho foi realizar ensaios de determinação da densidade, absorção d'água, resistência à flexão e resistência química com base no pacote de normas europeu 14617 e estimar a incerteza da medição desses ensaios. Foram calculadas as incertezas padrão, bem como as incertezas combinadas e expandida para níveis de confiança de 95%. Com exceção do ensaio de resistência química, que será repetido numa nova abordagem, os resultados mostraram incertezas expandidas com valores bastante baixos em relação às médias de cada ensaio, validando a metodologia utilizada.

Palavras-chave

Rochas aglomeradas; caracterização tecnológica; incerteza da medição.

ABSTRACT

Agglomerated stones are products manufactured in an industrial process from the mixture of natural stones aggregates, resins and additives. The use of such products in civil construction grows every year, so that it is important to perform technological characterization testing in order to determine its properties and supporting its correct use. As there are no specific standards test for these materials in Brazil, the Espirito Santo Branch – NRES/CETEM has been developing a pre-normative study, in order to propose to ABNT standards for technological characterization of agglomerated stones in the future. The objective of this study was to perform apparent density, water absorption, flexural strength and chemical resistance tests based on the European standard 14617 and estimate their uncertainty measurement. The standard uncertainties of each test as well as the combined and expanded uncertainties were calculated for a 95% confidence level. Excepting the chemical resistance test, which will be repeated using a different approach, the results showed expanded uncertainties with very low values related to the mean of each test, validating the methodology used.

Keywords

Agglomerated stones; technological characterization; uncertainty measurement.

1 | INTRODUÇÃO

1.1 | O Conceito de Rocha Aglomerada

O Comitê Europeu de Normalização - CEN define rocha aglomerada na UNE-EN 14618 (AENOR, 2011) como o produto fabricado em processo industrial a partir da mistura de agregados, aditivos e aglutinantes. No geral esses agregados são quartzo, pó de granito ou de mármore em uma ampla faixa granulométrica. Os aditivos são pigmentos para dar cor e outros compostos que conferem propriedades específicas, tais como bactericidas, enquanto que os aglutinantes são resinas termorrígidas do tipo epóxi ou poliéster, podendo ainda ser cimento hidráulico ou uma mistura deste com resina.

Em versões portuguesas de normas de metodologias de ensaio, a tradução do termo é pedra aglomerada (IPQ, 2010; 2019).

No Brasil não existe um termo normatizado para desse produto, tampouco um consenso, sendo comum no meio comercial e acadêmico o uso de termos variados como rocha artificial (AGUIAR; SILVA, GADIOLI, 2016), material rochoso artificial (CHIODI FILHO, 2018), pedra sintética (SILVA, 2019), pedra industrializada (MOLINARI, 2007; FAGAN & AZEVEDO, 2014) ou ainda pedra projetada (do inglês, *engineered stone*). De acordo com o Natural Stones Institute (2011), o termo rocha artificial contém uma contradição óbvia e, portanto, é inapropriado, visto que rocha é um material de ocorrência natural na terra.

A título de uniformidade, o termo adotado ao longo desse trabalho será rocha aglomerada, conforme definido na norma europeia.

1.2 | Uso das Rochas Aglomeradas na Construção Civil

O escopo da UNE-EN 14618 (AENOR, 2011) exclui da definição de rocha aglomerada os ladrilhos de terrazzo e produtos correlatos à base de cimento. No entanto, a seguir faz-se uma breve abordagem histórica que inclui esses produtos por considerá-los precursores da rocha aglomerada abordada neste trabalho.

Sabe-se que desde a Antiguidade o homem tenta imitar a beleza da rocha natural utilizando outros materiais de acabamento. Os romanos, no seu tempo, já decoravam fachadas com cal, pó de pedra e pozolanas para simular a riqueza e prestígio do mármore (WARD, 2008 citado por GOVAERTS et al., 2015).

No século XV, trabalhadores na Itália (Veneza) começaram a aproveitar aparas de mármore de tamanhos variados para revestir os terraços ao redor de seus aposentos. Originalmente essas aparas eram ancoradas com argila e seladas com leite de cabra para ressaltar o brilho do mármore. Criava-se assim uma espécie de mosaico de revestimento, cuja superfície final era irregular devido às aparas. Para obter uma superfície mais lisa e mais confortável ao caminhar, os trabalhadores esfregavam o revestimento de forma manual utilizando pedras. Esse revestimento ficou mundialmente conhecido como terrazzo, e deriva da palavra italiana para terraços “terrazza” (NTMA, 2008).

Tradicionalmente, a definição de terrazzo é dada como um piso em mosaico feito pela incorporação de pequenos pedaços de mármore em argamassa, seguido de secagem e polimento da superfície (NTMA, 1999).

Ainda de acordo com o National Terrazzo & Mosaic Association (2008), no final do século XVIII, artesãos europeus trouxeram o conceito do terrazzo para a América, onde passou a ser amplamente utilizado em estruturas monumentais.

Do século XIX até a década de 1970, o terrazzo passou a incorporar diferentes materiais em sua constituição, como o uso da cal hidráulica ou cimento na função de ligantes, e vidro, pó e fragmentos de rocha como agregados, dando origem a argamassas decorativas que ficaram conhecidas como marmorite. O pó de rocha muitas vezes substituía a areia da composição. Os agregados de rochas naturais foram denominados granitina, sendo responsáveis por conferir o efeito estético no acabamento (DEKEYSER et al., 2015 citado por MARTINHO, 2017).

No Brasil, Bessa, Sanjad e Gester (2020) identificaram em Belém – PA o uso de ladrilhos de marmorite no final do século XIX, período coincidente com o início da importação de materiais de construção. Segundo os autores, no início do século XX os ladrilhos de marmorite começaram a ser produzidos localmente, sendo fabricados de forma semiautomática similar aos ladrilhos hidráulicos.

O granilite, por sua vez, é um microconcreto de revestimento, que similarmente ao marmorite é composto por cimento, água e agregado de rochas naturais, podendo ser preparado in situ ou pré-moldado (FRANCELINO, 2012). Enquanto a granitina do

granilite pode ser composta por vidros, mármore e granitos, no marmorite é constituída unicamente por agregados calcários (ACMA, 2019).

Tanto marmorite quanto granilite tornaram-se revestimentos populares no Brasil e no mundo a partir da década de 1940, sendo amplamente empregados em revestimentos de pisos, paredes e escadas de obras públicas e privadas (KARAM & TABBARA, 2009; ZAMORA I MESTRE, 2013). Com o desenvolvimento industrial, novos materiais foram incorporados em sua composição para melhoria das propriedades, sendo que atualmente a matriz desses revestimentos também pode ser feita de materiais cimentícios modificados ou resinosos, enquanto os agregados podem ser quartzo, ônix, esmalte ou sintéticos (NTMA, 1999).

1.2.1 | Superfícies de quartzo

A rocha aglomerada foco deste estudo é fabricada basicamente a partir da mistura de quartzo e resina poliéster, e recebe a denominação comercial de superfície de quartzo (Figura 1). Sua origem remonta a Itália na década de 1980, poucos anos após a companhia italiana Breton S.p.A desenvolver o primeiro maquinário que possibilitou a produção em escala industrial (BRETON, 2018).

Originalmente, a Bretonstone (rocha aglomerada patenteada pela Breton) era produzida pela mistura de resina poliéster e agregados de mármore na forma de pequenos blocos, e depois recortados em ladrilhos. No final da década de 1970, a Breton desenvolveu uma politriz em linha para rochas duras, culminando na invenção de Bretonstone com agregados silicáticos, como areia de sílica, quartzo e granito. Em 1982 foi

vendida a primeira planta para produção de superfícies de quartzo, rapidamente expandindo-se pelo continente europeu e Estados Unidos.



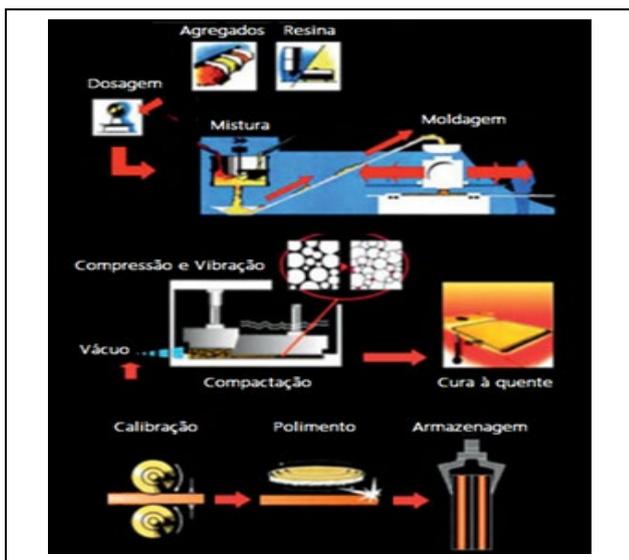
Fonte: Topztone, 2019.

Figura 1. Lavabo revestido com superfície de quartzo.

Atualmente, todo fabricante de superfícies de quartzo ainda utiliza a mesma tecnologia de produção da qual a Breton foi pioneira. A Figura 2 ilustra as etapas desse processo produtivo.

O processo inicia-se com o recebimento e inspeção das matérias primas: agregados (quartzo numa ampla faixa granulométrica), resina poliéster, pigmentos e outros aditivos. Já na planta, esses insumos ficam armazenados em silos e por meio de esteiras rolantes chegam ao misturador nas proporções determinadas. A mistura já homogeneizada desce até um carrinho transportador, o qual espalha a mistura sobre o molde com as dimensões da chapa final. Em seguida esse molde encaixa-se na prensa, onde é submetido à compressão, vibração e vácuo simultaneamente. Esse processo visa

densificar a estrutura, orientar os agregados e eliminar as bolhas de ar que se formam durante a etapa de mistura (LEE et al., 2008). Por fim, o molde vai pra a estufa para curar, onde permanece por cerca de 40 minutos a 90 °C. Depois de curadas as chapas são calibradas, polidas e armazenadas.



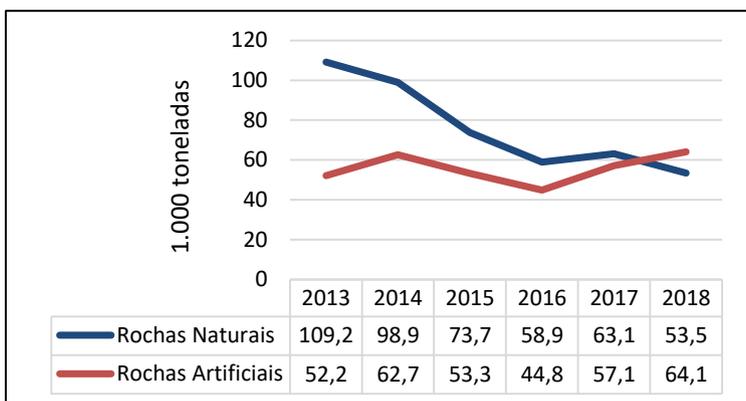
Fonte: Building Construction Authority, 2010 (adaptado).

Figura 2. Processo produtivo das superfícies de quartzo.

Nos últimos anos a demanda pelas rochas aglomeradas tem crescido de forma muito expressiva, posicionando-as como a maior concorrente da rocha natural no acabamento de obras civis (CHIODI FILHO, 2018; MONTANI, 2019).

A grande aceitação comercial das rochas aglomeradas e o aumento da demanda têm se refletido nas importações brasileiras: somente em 2018, as transações financeiras com esses materiais somaram US\$ 44,5 milhões, montante 15%

maior que o ano anterior, sendo provenientes principalmente da China e Espanha (CHIODI FILHO, 2019). Além disso, nesse mesmo ano, as importações de rochas aglomeradas superaram as importações de rochas naturais (Figura 3). No estado do Espírito Santo, maior produtor e exportador de rochas naturais do país, já existe em funcionamento uma fábrica nacional de superfícies de quartzo e inúmeros centros de distribuição.



Fonte: Chiodi Filho, 2019.

Figura 3. Evolução das importações de rochas naturais e artificiais.

Essa valorização no mercado da construção deve-se principalmente à qualidade do produto final e também à sua versatilidade de aplicação. De acordo com Hamoush et al. (2011), o processo de produção controlada da rocha aglomerada supera com sucesso muitas das deficiências do projeto e instalação da rocha natural. Além disso, a industrialização envolve um alto controle de qualidade das matérias primas, resultando em um produto final de cores homogêneas, baixa porosidade e excelente resistência mecânica (LEE et al., 2008).

Como esses produtos também são utilizados em bancadas de restaurantes e laboratórios, a resistência à temperatura e ao choque térmico são fatores relevantes a serem avaliados. Nesse escopo, Lam dos Santos, Rosa e Amaral (2011) analisaram o efeito do choque térmico e do envelhecimento térmico na resistência à flexão e módulo de elasticidade de rochas aglomeradas, concluindo que esses produtos comportam-se adequadamente dentro das faixas de temperatura avaliadas de 20 a 200 °C.

Por outro lado, os próprios fabricantes, principalmente os chineses são unânimes em reconhecer a discrepância nos resultados de caracterização tecnológica obtidos na prática para esses materiais, o que pode estar relacionado com a inexistência de normas de especificação e de requisitos de aplicação do produto, que deveriam ser estabelecidas por organização normatizadora global, como a International Standardization Organization – ISO (LIMA, 2010).

O fato é que, como materiais de construção, é de suma importância determinar as propriedades físico-mecânicas e químicas das rochas aglomeradas, a fim de certificar se atendem ao desempenho necessário em serviço. Tais características tecnológicas são obtidas por meio de análises e ensaios, executados segundo procedimentos rigorosos estabelecidos por organismos de normatização (MENDES & VIDAL, 2002). No entanto, ainda não existe no corpo de normas brasileiro nenhuma diretriz que estabeleça requisitos mínimos para o emprego da rocha aglomerada 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, a falta de normas de caracterização tecnológica prejudica a competitividade da rocha aglomerada nacional no mercado externo. A certificação dos materiais de construção por meio de fichas técnicas que apresentem resultados de caracterização tecnológica é um requisito fundamental para inseri-los no mercado, que está cada vez mais exigente com a procedência e qualidade dos produtos (BRANDER; SCHOUBORG, 2015; AMARAL et al., 2015).

O principal emprego das rochas aglomeradas se dá em pias, bancadas e revestimentos internos, inclusive de áreas úmidas. Dado o fato de não existirem normas específicas para estes produtos no Brasil, todos os ensaios de caracterização tecnológica são feitos utilizando os procedimentos do pacote de normas EN 14617 do Comitê Europeu de Normalização – CEN. Ainda assim, não existe normativa que especifique as características concretas que as rochas aglomeradas devem possuir.

Existem ainda casos inadequados em que as indústrias e instituições de pesquisa realizam os ensaios segundo as normas específicas para rochas naturais, incorrendo em erros ou incertezas de medição desconhecidos, visto serem materiais de gênese incompatível. Deve-se mencionar ainda que as metodologias de ensaios para rochas naturais são muito distintas daquelas constantes nas normas europeias específicas para rochas aglomeradas.

A necessidade de normatizar esses ensaios deve-se também ao fato de que um grande número de pesquisas vem sendo desenvolvidas para o aproveitamento de resíduos e agregados da produção de rochas naturais na fabricação de rochas aglomeradas, com grande potencial de valor agregado

(DEMARTINI; RODRÍGUEZ; SILVA, 2018; RIBEIRO et al., 2017; AGUIAR; SILVA; GADIOLI, 2016; BARANI; ESMAILI, 2016). Tais estudos têm mostrado uma alternativa viável para a reciclagem de resíduos, mas necessitam de normas para caracterizar o desempenho físico, químico e mecânico desses novos produtos.

1.3 | Incerteza da Medição

O Núcleo Regional do Espírito Santo – NRES/CETEM vem desenvolvendo um estudo pré-normativo de ensaios de caracterização tecnológica para rochas aglomeradas no intuito de submeter futuramente à Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT propostas de normas específicas para esses materiais (PAZETO & VIDAL, 2018; 2019).

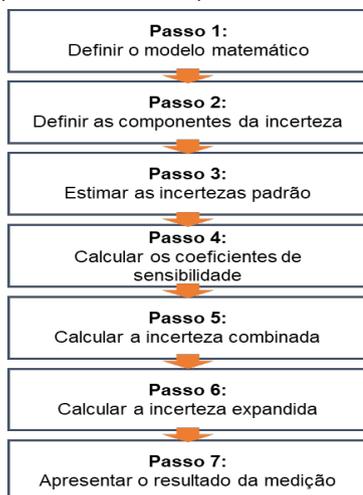
A realização de um estudo pré-normativo pressupõe a elaboração de um memorial de cálculo de incerteza da medição. Isso porque em todo ensaio ou medição existe um erro, mesmo que mínimo. Este erro corresponde à diferença entre o valor medido e o valor verdadeiro, que é desconhecido. Os erros surgem devido a imperfeições nos meios de medição ou imperfeições na caracterização do mensurando e ainda devido às grandezas de influência externa. Por sua vez, a incerteza da medição é um parâmetro não negativo que, baseado nas informações experimentais, caracteriza a faixa de dispersão dos valores atribuídos ao mensurando (VIM, 2012).

Como um resultado de medição nada mais é do que meramente uma estimativa do valor verdadeiro do mensurando, a incerteza torna-se necessária para expressar o grau de dúvida associado ao resultado da medição. Calcular

essa incerteza é essencial para validar um ensaio, principalmente quando se trata de um estudo pré-normativo, pois tal parâmetro que permite conhecer os intervalos de aceitação dos resultados dos ensaios, bem como se a metodologia utilizada é confiável (PAZETO & VIDAL, 2019).

Adicionalmente, a incerteza de medição pode ser um diferencial competitivo, pois o cliente tende a buscar aquele laboratório que tenha melhor qualidade na sua medida e, portanto, a menor incerteza. Assim, a incerteza se constitui como um parâmetro fundamental que indica a qualidade da medição (REDE METROLÓGICA RS, 2013).

O cálculo da incerteza da medição deve ser feito conforme instruções do Guia para Expressão da Incerteza da Medição – GUM 2008 (INMETRO, 2012), ilustrado sucintamente na Figura 4:



Fonte: INMETRO, 2012 (adaptado).

Figura 4. Etapas para o cálculo da incerteza da medição.

A definição do modelo matemático da medição respeita a lei de propagação de incertezas do GUM 2008 e é necessário porque na maioria das vezes o mensurando não é obtido diretamente, mas sim determinado a partir de N outras grandezas. A função f do modelo estatístico representa o procedimento de medição e o método de avaliação, descrevendo a forma como o valor do mensurando Y é obtido a partir das N grandezas de entrada X_i (Equação 1):

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N) \quad [1]$$

A incerteza de medição associada com as estimativas das grandezas de entrada, ou componentes da incerteza, é avaliada de duas formas distintas: avaliação tipo A ou avaliação tipo B. A avaliação da incerteza padrão do tipo A é o método de avaliar a incerteza por análise estatística de uma série de observações independentes n para a mesma grandeza de entrada nas mesmas condições de medição (repetibilidade). Neste caso, a incerteza padrão $u(x)$ é o desvio padrão experimental da média que resulta da determinação do seu valor médio (Equação 2):

$$u(x) = s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}} \quad [2]$$

A avaliação da incerteza padrão do tipo B é o método de avaliar a incerteza por outros meios que não a análise estatística de um conjunto de dados obtidos por medição, podendo ser baseados em observações analíticas, teóricas ou em informações preexistentes, como as constantes nos certificados de calibração dos equipamentos. A incerteza padrão tipo B também é definida como um desvio padrão e é derivada da incerteza da grandeza de entrada (a) dividindo-a por um número associado à distribuição probabilística

assumida. Na maioria dos casos, essa distribuição é normal quando se trata da incerteza herdada da calibração dos equipamentos (divisor =2) ou retangular, no caso, por exemplo, da resolução dos equipamentos (divisor = $2\sqrt{3}$). Assim (Equação 3):

$$u(x_i) = \frac{a}{2} \quad [3]$$

Por sua vez, os coeficientes de sensibilidade c_i definem o quanto a estimativa de saída Y é influenciada por variações da estimativa de entrada x_i . O produto entre a incerteza padrão, $u(x_i)$, e seu respectivo coeficiente de sensibilidade, c_i , dá origem a chamada contribuição de incerteza, $u_i(y)$, que corresponde a uma medida de dispersão equivalente a um desvio padrão, com a mesma unidade de medida do mensurando. Os coeficientes de sensibilidade são calculados através das derivadas parciais de Y em relação a cada variável X , logo (Equação 4):

$$c_i = \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \quad [4]$$

Uma vez obtidas todas as incertezas padrão e os coeficientes de sensibilidade, a lei de propagação de incertezas estabelece que as incertezas padrão relacionadas a cada variável do modelo matemático da medição devem ser propagadas para gerar uma incerteza combinada $u_c(y)$ tal que (Equação 5):

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N c_i^2 u^2(x_i)} = \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2(y)} \quad [5]$$

Por fim, é atribuído um fator de abrangência k à incerteza combinada para transformá-la em incerteza expandida U , com a qual se determina o intervalo de estimativa do valor mais provável, de acordo ao nível de confiança desejado, ou seja, a

probabilidade que o intervalo determinado inclua o valor real do mensurando. O fator de abrangência depende dos graus de liberdade da variável e do tipo de função densidade probabilidade. O tipo de distribuição da incerteza tipo A dependerá do número de observações e a do tipo B é normal. Quando a distribuição da incerteza combinada é normal, para níveis de confiança de 95%, o fator de abrangência $k=2$ (1,96). (Equação 6).

$$U = u_c k \quad [6]$$

Na apresentação final da incerteza, convém que o resultado Y seja apresentado da forma $Y = y \pm U$, fornecendo tanto a unidade de medida para y quanto para U .

2 | OBJETIVO

Realizar, com base no pacote de normas EN 14617 específico para rochas aglomeradas, ensaios de densidade, absorção d'água, resistência à flexão e resistência ao ataque químico a fim de contribuir no desenvolvimento do estudo pré-normativo brasileiro.

2.1 | Objetivos Específicos

Efetuar tratamento estatístico dos dados para correções e sugestões de modificação na metodologia europeia; e

Calcular a incerteza da medição dos ensaios com nível de confiança de 95%.

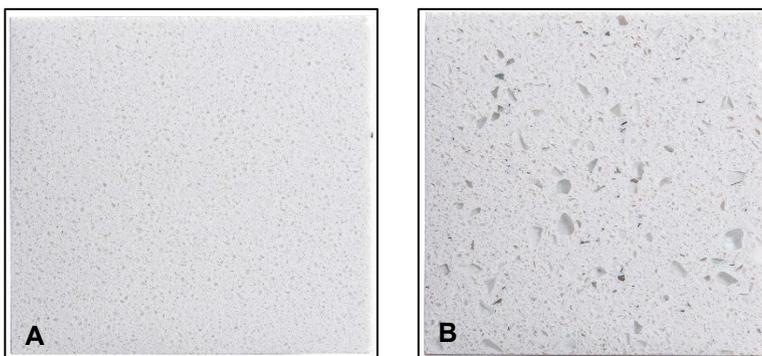
3 | EXPERIMENTAL

3.1 | Planejamento dos Ensaios

Os materiais e a metodologia descritos a seguir foram apresentados em trabalho anterior dos autores (PAZETO & VIDAL, 2019).

3.1.1 | Materiais estudados

Para o presente estudo foram selecionadas duas superfícies de quartzo produzidas no norte do estado do Espírito Santo, que recebem a denominação comercial de Branco Aldan e Branco Galaxy (Figura 5). Ambas são compostas por mais de 95% de quartzo, com faixa granulométrica entre 0,1 e 1,2 mm, e resina poliéster como aglutinante.



Fonte: Abiliane Pazeto.

Figura 5: Rochas aglomeradas sob estudo: (A) Branco Aldan e (B) Branco Galaxy.

3.1.2 | Tamanho de amostra

Quando se trata de estudo experimental sem dados anteriores, como o caso deste trabalho, a literatura estatística indica um tamanho de amostra piloto de $n > 30$ (TRIOILA, 1999), para garantir a distribuição normal. Esse tamanho de amostra foi atendido, no entanto o número de corpos de prova variou para cada um dos ensaios realizados, em função da quantidade total doada pela empresa fabricante.

3.1.3 | Local de execução dos ensaios

Todos os ensaios de caracterização tecnológica foram realizados no Laboratório de Rochas Ornamentais – LABRO, do Núcleo Regional do Espírito Santo – CETEM/NRES.

3.2 | Determinação da Densidade Aparente e Absorção d'água

A determinação da densidade aparente e absorção d'água, parâmetros comumente designados no Brasil de índices físicos, além de fornecer o peso da rocha, também fornecem importantes informações sobre as microdescontinuidades presentes na rocha aglomerada, permitindo avaliar indiretamente seu estado de coesão.

O procedimento, que consiste em determinar as massas seca, saturada e submersa do material foi realizado com 35 corpos de prova utilizando-se uma balança Marte Científica, modelo AD 2000 e seguiu a norma EN 14617-1 (AENOR, 2013). Por uma questão de disponibilidade de amostra, as dimensões dos corpos de prova utilizados foram de 50x50x30 mm, ao

invés dos 100x100x10 mm especificados pela norma. A densidade aparente (M_v) em kg/m³ foi obtida por meio da Equação 7:

$$M_v = \frac{M_o \cdot \rho_{H_2O}}{(M_t - M_a)} \quad [7]$$

Em que: M_o é a massa seca, M_t é a massa saturada, M_a a massa submersa e ρ_{H_2O} é a densidade da água no momento da pesagem submersa.

A porcentagem de absorção d'água (C) foi obtida pela Equação 8:

$$C = \frac{100 \cdot (M_t - M_o)}{M_o} \quad [8]$$

3.2.1 | Estimativa da incerteza da medição

A partir da equação da densidade aparente (Equação 7), tem-se que as incertezas padrão (u) tipo B são provenientes da balança empregada nas medições e das massas seca, saturada e submersa, que são afetadas pela lei de propagação de incertezas. A incerteza tipo A vem da própria densidade aparente, obtida a partir de uma série de observações independentes ($n=35$) sob condições de repetibilidade.

Assim, as contribuições de incerteza para a estimativa da incerteza combinada (u_c) são dadas pela Equação 9:

$$u_c = \sqrt{\left(\frac{\partial M_v}{\partial M_o}\right)^2 \cdot (uB)^2 + \left(\frac{\partial M_v}{\partial M_t}\right)^2 \cdot (uB)^2 + \left(\frac{\partial M_v}{\partial M_a}\right)^2 \cdot (uB)^2 + (uM_v)^2} \quad [9]$$

Em que B é a balança utilizada nas medições.

Para a absorção d'água (Equação 8), as incertezas são provenientes da balança, das massas seca e saturada e da

própria absorção d'água. A incerteza combinada é estimada pela Equação 10:

$$u_c = \sqrt{\left(\frac{\partial c}{\partial M_o}\right)^2 \cdot (uB)^2 + \left(\frac{\partial c}{\partial M_t}\right)^2 \cdot (uB)^2 + (uC)^2} \quad [10]$$

3.3 | Determinação da Resistência à Flexão

O ensaio simula os esforços de flexão que sofrem as rochas aplicadas em fachadas, pisos elevados ou em bancadas. O princípio consiste em colocar o corpo de prova sobre dois roletes na prensa e carregá-lo progressivamente pela sua metade.

O ensaio de resistência à flexão seguiu as diretrizes da EN 14617-2 (AENOR, 2008). Utilizaram-se 45 corpos de prova nas dimensões de 200 x 50 x 30 mm. O ensaio foi executado numa prensa hidráulica Forney, modelo F-502F-CPILOT, com capacidade de 50 kN e taxa de carregamento de 0,25 MPa/s.

A resistência à flexão (R_f) em MPa foi calculada empregando-se a Equação 11:

$$R_f = \frac{3 F l}{2 b d^2} \quad [11]$$

Em que: F é a força de ruptura, l é o espaçamento entre os roletes, b a largura e d a espessura dos corpos de prova.

3.3.1 | Estimativa da incerteza da medição

Partindo-se da equação para determinação da resistência à flexão (Equação 11), as incertezas padrão tipo B vêm do paquímetro utilizado para medir as dimensões dos corpos de prova e da máquina de ensaio. Pela lei de propagação de

incertezas, as grandezas de entrada largura (b), espessura (d) e a força de ruptura (F) também são incertezas do tipo B. A incerteza padrão tipo A corresponde às sucessivas medidas de resistência à flexão (R_f) obtidas experimentalmente ($n=45$).

Assim, as contribuições de incerteza para a estimativa da incerteza combinada (u_c) do ensaio de flexão são dadas pela Equação 12:

$$u_c = \sqrt{\left(\frac{\partial R_f}{\partial F}\right)^2 \cdot (uM)^2 + \left(\frac{\partial R_f}{\partial b}\right)^2 \cdot (uP)^2 + \left(\frac{\partial R_f}{\partial d}\right)^2 \cdot (uP)^2 + (uR_f)^2} \quad [12]$$

Em que M é a máquina de ensaio e P o paquímetro utilizado nas medições.

3.4 | Determinação da Resistência Química

A resistência química é a característica que define o comportamento de um material em contato com agentes quimicamente agressivos, capazes de reagir com sua superfície, e, portanto, corroê-la, penetrá-la permanentemente ou alterar o aspecto visual de alguma forma.

O método de ensaio aplica-se a produtos de rocha aglomerada que se destinam ao uso como materiais de revestimento em ambientes como cozinhas e banheiros, que frequentemente são expostos a produtos de limpeza ou substâncias do cotidiano que podem danificar sua superfície.

Utilizaram-se 50 placas de 120 x 120mm, as quais foram expostas aos agentes hidróxido de potássio (NaOH) e ácido clorídrico (HCl) nas concentrações e tempo de ação de acordo com a norma EN 14617-10 (AENOR, 2012). Para comparação e constatação dos possíveis danos causados na superfície dos

materiais, mediu-se o brilho antes e após o ataque químico com um medidor de brilho e cor marca BYK, modelo Spectroguide, em um ângulo de incidência de 60°.

Os efeitos do ataque químico são expressos em porcentagem de perda de brilho (ΔG) em relação à mesma amostra antes do ensaio, conforme a Equação 13:

$$\Delta G = \frac{(G_i - G_f)}{G_i} \cdot 100 \quad [13]$$

Em que G_i é o brilho inicial e G_f é o brilho após o ataque.

3.4.1 | Estimativa da incerteza da medição

A partir da equação da resistência química (Equação 13), são determinadas as incertezas padrão (u) que compõe a estimativa da incerteza da medição do ensaio. A incerteza tipo B corresponde ao medidor de brilho empregado nas medições, que pela lei de propagação de incertezas afeta as grandezas de brilho inicial (G_i) e brilho final (G_f). A incerteza padrão do tipo A corresponde às sucessivas observações da variação de brilho obtidas experimentalmente ($n=50$).

As contribuições de incerteza para obtenção da incerteza combinada (u_c) do ensaio de resistência química são dadas pela Equação 14:

$$u_c = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta G}{\partial G_i}\right)^2 \cdot (u_{G_i})^2 + \left(\frac{\partial \Delta G}{\partial G_f}\right)^2 \cdot (u_{G_f})^2 + (u_{\Delta G})^2} \quad [14]$$

Em que G_i é o medidor de brilho utilizado nas medições.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 | Ensaios de Caracterização Tecnológica

A Tabela 1 sumariza os resultados dos ensaios de caracterização tecnológica para as duas rochas aglomeradas estudadas. De forma geral, todos os ensaios apresentaram bons resultados, com amplitude de valores semelhantes a outras rochas aglomeradas oferecidas no mercado (COSENTINO, 2018 citado por PAZETO e VIDAL, 2019).

Tabela 1. Resultados dos ensaios de caracterização tecnológica para as rochas estudadas.

	Branco Aldan		Branco Galaxy	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Densidade (kg/m ³)	2.409	1,08	2.375	1,35
Absorção d'água (%)	0,05	0,01	0,06	0,01
Resistência à flexão (MPa)	56,3	2,55	41,3	3,22
Resistência química ($\Delta\%$)	-	-	-	-
HCl (1h)	13,5	3,78	9,5	4,21
NaOH (1h)	6,5	2,04	11,5	4,24
HCl (8h)	22,7	4,39	13,1	3,89
NaOH (8h)	9,8	3,17	15,5	5,95

\bar{x} - média, s- desvio-padrão

Em relação aos ensaios de densidade e absorção d'água, mesmo usando corpos de prova com dimensões distintas das recomendadas pela norma europeia, os valores obtidos estão consoantes com os encontrados por Pazeto e Vidal (2018), inclusive para o desvio padrão.

Por sua vez, a considerável dispersão nos resultados de variação de brilho após ataque químico pode refletir tanto a heterogeneidade intrínseca do material, principalmente para o Branco Galaxy, quanto uma lacuna do método de medição do brilho. Conforme a norma, as medidas antes e após o ensaio são feitas numa área e não em pontos específicos, ficando sujeitas à imprecisão.

4.2 | Contribuições para a Incerteza da Medição

A Tabela 2 apresenta o resultado completo da medição de cada ensaio. Com exceção do ensaio de resistência química, observa-se que as incertezas expandidas U apresentaram valores baixos em relação às médias de todos os ensaios, o que aponta para a confiabilidade da metodologia europeia utilizada, e o potencial para embasar o desenvolvimento das normas brasileiras para rochas aglomeradas.

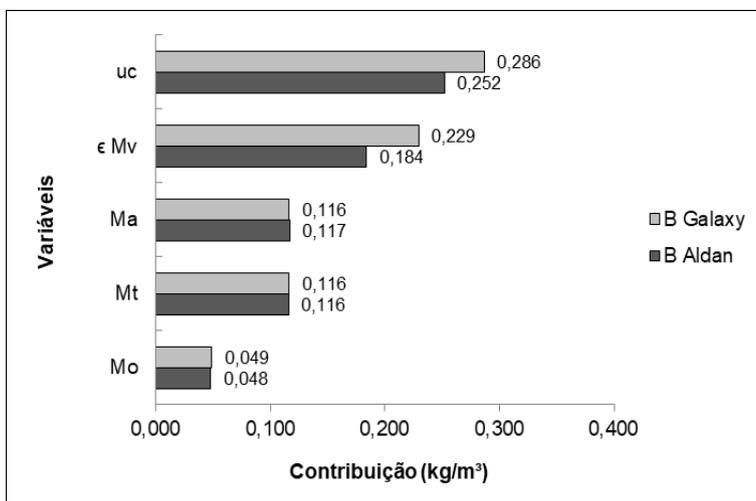
Tabela 2. Resultado da medição dos ensaios de caracterização tecnológica.

	Branco Aldan			Branco Galaxy		
	\bar{x}	$\pm U$	k	\bar{x}	$\pm U$	k
Densidade (kg/m ³)	2.409	0,51	2,02	2.375	0,58	2,03
Absorção d'água (%)	0,05	0,007	2,01	0,06	0,007	2,01
Resistência à flexão (MPa)	56,3	1,16	2,01	41,3	1,48	2,01
Resistência química ($\Delta\%$)	-	-	-	-	-	-
HCl (1h)	13,5	3,0	2,00	9,5	2,9	2,00
NaOH (1h)	6,5	2,6	2,00	11,5	2,9	2,00
HCl (8h)	22,7	3,5	2,00	13,1	2,9	2,00
NaOH (8h)	9,8	2,8	2,00	15,5	3,4	2,02

\bar{x} - média, U - incerteza expandida, k - fator de abrangência.

As Figuras 6 a 10 ilustram as contribuições de incerteza das variáveis de cada ensaio para a estimativa da incerteza combinada.

No ensaio de densidade (Figura 6), observa-se que a repetibilidade (incerteza tipo A) da própria densidade (ϵM_v) foi a contribuição de maior valor para a incerteza combinada, pois envolve a relação das três massas, as quais refletem a variabilidade natural das rochas estudadas.

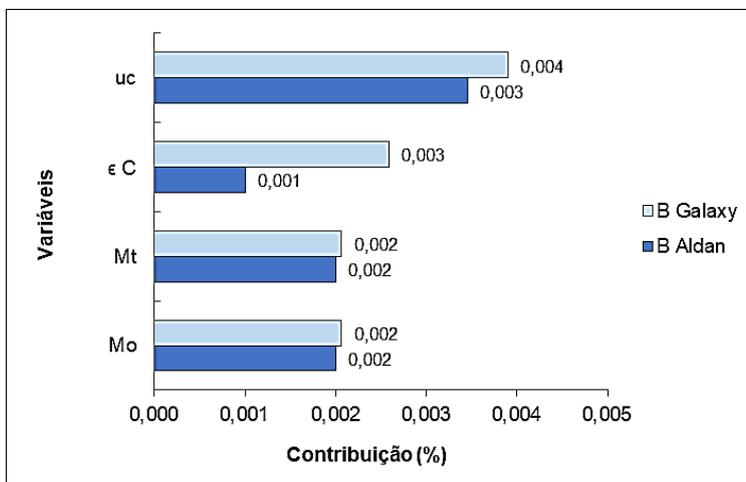


Fonte: Abiliane Pazeto.

Figura 6: Contribuições para a incerteza do ensaio de densidade: **Mo**- massa seca, **Mt**- massa saturada, **Ma**- massa submersa; **ϵM_v** -repetibilidade densidade e **uc**- incerteza combinada.

Mesmo utilizando o mesmo equipamento, e envolvendo duas grandezas iguais (massas seca e saturada), as contribuições para a incerteza do ensaio de absorção d'água (Figura 7) foram bem menores, devido às derivadas parciais para o cálculo das

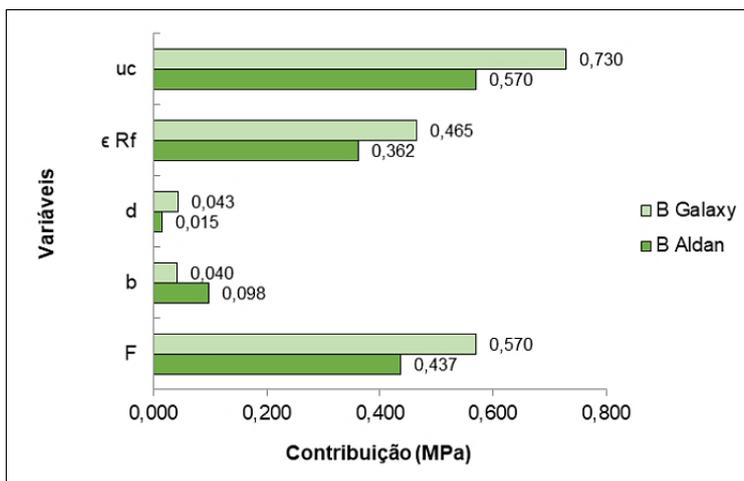
contribuições serem distintas para esses ensaios. Embora represente um valor bem baixo (6% da média), a maior contribuição vem da repetibilidade da absorção d'água (ϵC).



Fonte: Abiliane Pazeto.

Figura 7. Contribuições para a incerteza do ensaio absorção d'água: **Msec**- massa seca, **Msat**- massa saturada, **ϵC** - repetibilidade absorção d'água e **uc**- incerteza combinada.

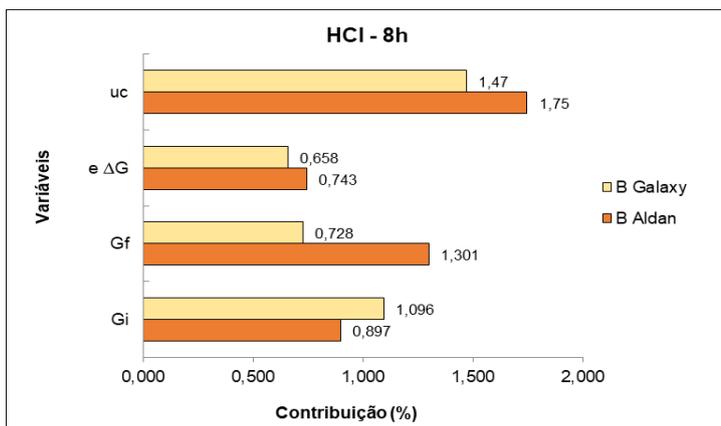
Quanto ao ensaio de resistência à flexão (Figura 8), claramente a maior contribuição vem das cargas de ruptura dos corpos de prova (F). A norma do ensaio indica uma taxa de carregamento constante de 0,25 MPa/s, no entanto a máquina de ensaio utilizada não é automática. Uma vez que o controle da carga é efetuado com uma válvula manual, a mão do operador influenciará no resultado final. A variabilidade intrínseca das amostras também influencia na dispersão dos valores.



Fonte: Abiliane Pazeto.

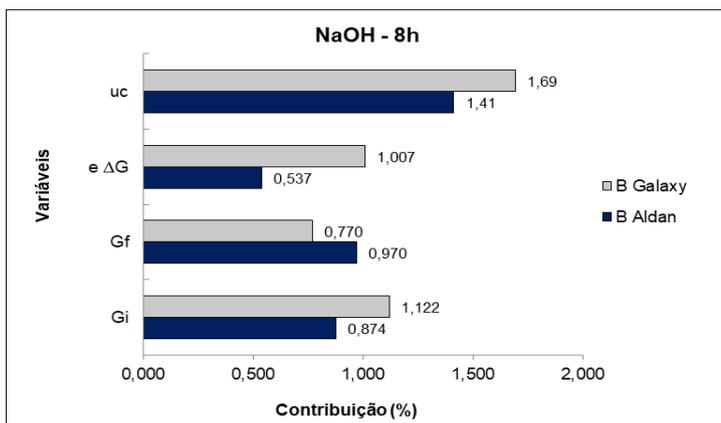
Figura 8. Contribuição para a incerteza do ensaio de resistência à flexão: **F**-carga de ruptura; **b**-largura; **d**-espessura; **ϵR_f** -resistência à flexão; **uc**-incerteza combinada.

Por sua vez, a determinação da resistência química foi o ensaio que apresentou as maiores contribuições de incerteza em relação às médias dos resultados (Figuras 9 e 10). Neste caso, observa-se que o medidor de brilho (*G*) em si já apresenta uma incerteza padrão considerável (0,43), quando comparado aos diferentes instrumentos de medição utilizados nos outros ensaios. Esse valor ainda é multiplicado aos coeficientes de sensibilidade do brilho inicial (*G_i*) e final (*G_f*), gerando contribuições ao redor de 1% para ambas medidas e para os dois materiais. Como mencionado anteriormente, além da variabilidade natural do material, a imprecisão quanto ao local das medidas de brilho inicial e final pode influenciar na dispersão dos resultados.



Fonte: Abiliane Pazeto.

Figura 9. Contribuições para a incerteza do ensaio de resistência química ao HCl: **Gi**- brilho inicial, **Gf**- brilho final; **eΔG**- repetibilidade variação do brilho e **uc**- incerteza combinada.



Fonte: Abiliane Pazeto.

Figura 10. Contribuições para a incerteza do ensaio de resistência química ao NaOH: **Gi**- brilho inicial, **Gf**- brilho final; **eΔG**- repetibilidade variação do brilho e **uc**- incerteza combinada.

5 | CONCLUSÕES

A estimativa da incerteza da medição efetuada neste trabalho é uma importante contribuição para a confiabilidade do estudo pré-normativo de ensaios de caracterização tecnológica para rochas aglomeradas que está em desenvolvimento.

Com exceção do ensaio de resistência química, a estimativa das incertezas expandidas de todos os ensaios realizados demonstrou valores bastante baixos, validando a metodologia europeia para as rochas aglomeradas estudadas nesta fase pré-normativa. As etapas futuras dessa pesquisa preveem cálculo para redução do tamanho de amostra e estudos de reprodutibilidade antes da redação da norma brasileira.

As incertezas associadas à repetibilidade (tipo A) tiveram maior influência nos resultados das medições do que os equipamentos utilizados (tipo B), exceto para o ensaio de resistência química. A fim de minimizar a incerteza desse ensaio, pode-se repeti-lo utilizando um molde vazado para restringir a área das medidas de brilho inicial e final.

Em relação à determinação da densidade e absorção d'água, sugere-se, para a futura norma brasileira, reduzir a dimensão dos corpos de prova, visto que a adaptação efetuada neste trabalho manteve os resultados do estudo anterior que seguiu as dimensões da norma europeia. Com a redução, a espessura dos corpos de prova passaria a coincidir com a das chapas comerciais de rochas aglomeradas brasileiras, facilitando a obtenção de amostras.

6 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelas bolsas concedidas (processos nº. 300190/2019-0 e 313486/2019-0), aos técnicos do LABRO/NRES pelo auxílio na execução dos ensaios e à Guidoni Quartz pela doação de amostras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACMA CONSTRUÇÃO CIVIL. Granilite renasce como tendência mundial em arquitetura e design. 2019. Disponível em: <https://www.acma.eng.br/blog/granilite-renasce-como-tendencia/>. Acesso em: 25 jun. 2020.

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.

AMARAL, P.M.; FERNANDES, J.C.; PIRES, V; ROSA, L.G. Ornamental Stones. In: Gonçalves, M. C e Margarido, F. (eds) Materials for Construction and Civil Engineering: Science, Processing and Design. Springer: 2015. p. 397-446.

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 10: Determinación de la resistencia química, 2012.

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.

BESSA, B.T; SANJAD, T.A.B.C.; GESTER, C.S.L.M. Procedimentos de limpeza aplicados na conservação de ladrilhos de marmorite do início do século XX. Ambiente Construído, v. 20, p. 313-324, 2020.

BRANDER, L.; SCHOUENBORG, B. CE-Marking of Natural Stone – Practical Application and Solutions in Sweden. In: Lollino G., Manconi A., Guzzetti F., Culshaw M., Bobrowsky P., Luino F. (eds) Engineering Geology for Society and Territory - Volume 5. Springer, Cham. 2015.

BRETON S.p.A. Bretonstone. 2018. Disponível em: https://www.breton.it/en/engineered-stone/blog/breton_bretonstone. Acesso em 30 jun. 2020.

BUILDING CONSTRUCTION AUTHORITY – BCA. Good industry practices. 2 Engineering Quartz Stone. 2010. Disponível em: <https://www.bca.gov.sg/Publications/EnhancementSeries/others/design2Ch2.pdf>. Acesso em 26 nov. 2019.

CHIODI FILHO, C. Balanço das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais em 2018. ABIROCHAS, Informe 01/2019, 17p. Disponível em: https://www.abirochas.com.br/wp-content/uploads/2018/06/Informes/Informe_01_2019_Balanco_2018.pdf. Acesso em 12 mar. 2019.

_____. Histórico brasileiro no mercado internacional. ABIROCHAS, 2018. Disponível em: https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2018/06/Panorama/Brasil_no_Mercado_Internacional_2017_b.pdf. Acesso em: 25 jun. 2020.

COSENTINO. Dekton – Manual do utilizador. 2018. Disponível em: <http://content.cosentino.com/docs/dekton/dekton-technical-manual-PT.pdf>. Acesso em: 20 abr. de 2019.

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.

FAGAN, A.L., AZEVEDO, D.G. A percepção das pessoas em contato com um produto feito através da pedra industrializada. In: Anais do 3º Fórum Internacional Ecoinnovar, 3 a 4 de Setembro de 2014, Santa Maria - RS, p. 1-15.

FRANCELINO, P.R.O. Subsídios para projeto e execução de revestimentos em granilite. 2012. Dissertação (Mestrado em Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

GOVAERTS, Y.; VERDONCK, A.; MEULEBROECK, W.; de BOUW, M. Development of artificial stone imitations at the turn of the 20th century through patent analysis in a Belgian context. Proceedings of the Fifth International Congress on Construction History, v. 2, p. 229-236, 2015.

HAMOUSH, S. et al. Development of sustainable engineered stone cladding for toughness, durability, and energy conservation, Construction and Building Materials, v. 25, p. 4006-4016, 2011.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, Avaliação de dados de medição: Guia para expressão de incerteza de medição – GUM 2008, Duque de Caixias, RJ: INMETRO/CICMA/SÉPIM, 2012, 141 p.

INSTITUTO PORTUGÊS DA QUALIDADE – IPQ. NP EN 14617-9:2010. Pedra aglomerada – Métodos de ensaio – Parte 9: Determinação da resistência ao impacto. 8 p., 2010.

_____. Norma NP EN 15286 2019. Pedra aglomerada: chapas e ladrilhos para revestimentos de parede (interiores e exteriores). 45 p., 2019.

KARAM, G.; TABBARA, M. Properties of pre-cast terrazzo tiles and recommended specifications. Revista Cerâmica, v. 55, p. 84-87, 2009.

LAM DOS SANTOS, J.P; Rosa, L.G.; Amaral, P.M. Temperature effects on mechanical behaviour of engineered stones. Construction and Building Materials, v. 25, p. 171-4. 2011.

LEE, M-Y. et al. Artificial stone slab production using waste glass, stone fragments and vacuum vibratory compaction, Cement and Concrete Composites, v. 30, 2008, p. 583-587.

LIMA, R.P.D. Uso e aplicação de materiais artificiais como rocha ornamental. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral), Recife – PE, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, 111p., 2010.

MARTINHO, C.M. Marmorite: caracterização e contributo para a sua conservação. 2017. 196 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Nova de Lisboa, Caparica, 2017.

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.

MOLINARI, É.J. Reutilização dos resíduos de rochas naturais para o desenvolvimento de compósitos poliméricos com matriz termofixa na manufatura de pedras industriais. 2007. 132 f., Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007.

MONTANI, C. XXX Relatório mármore e rochas no mundo 2019 - Dossiê Brasil. Versão em português: Cid Chiodi Filho. Disponível em: https://www.abirochas.com.br/wp-content/uploads/2018/06/dossie/Dossier_Brazil_2019%20mailing.pdf. Acesso em: 25 jun. 2020.

NATIONAL TERRAZZO & MOSAIC ASSOCIATION - NTMA. A brief history of terrazzo. 2008. Disponível em: <http://www.precastterrazzo.com/history/>. Acesso em: 29 jun. 2020.

_____. Terrazzo specification and design guide. 1999. Disponível em: http://www.naterrazzo.com/assets/resources/1528826866_Terrazzo_Specifications_amp_Design_Guide.pdf. Acesso em 29 jun. 2020.

NATURAL STONES INSTITUTE. Glossary of terms. 2011. Disponível em: <https://www.naturalstoneinstitute.org/default/assets/File/consumers/glossary.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2020.

PAZETO, A.A; VIDAL, F.W.H. Estudo pré-normativo de ensaios de caracterização tecnológica para rochas aglomeradas. VII Jornada do Programa de Capacitação Institucional – PCI/CETEM – Rio de Janeiro, p. 1-7, 2018.

REDE METROLÓGICA RS. RM68 – Incerteza de Medição: Guia prático do avaliador de laboratórios, 2013. Disponível em: https://redemetrologica.com.br/uploads/pages/15/1405816078_DOC_128.pdf. Acesso em: 13 de ago. 2019.

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.

SILVA, J.C.P. da. Fabricação e análise das propriedades mecânicas de pedra sintética a base de vermiculita e perlita. 2019. 99 f., Dissertação (Mestrado em Integridade de Materiais da Engenharia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

TOPZSTONE. Disponível em: <http://www.guidoni.com.br/v2/pt/produtos/>. Acesso em: 12 de set. de 2018.

TRIOLA, Mário F. *Introdução à Estatística*. 7a. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM, 2012). Duque de Caxias, RJ: INMETRO, 2012. 94p.

ZAMORA I MESTRE, J-L. Building diseases: interior flooring made of “terrazzo” prefabricated cement mortar tiles: Three case studies. *Engineering Failure Analysis*, v. 34, p. 102-114, 2013.

SÉRIES CETEM

As Séries Monográficas do CETEM são o principal material de divulgação da produção científica realizada no Centro. Até o final do ano de 2019, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, mais de 340 títulos, distribuídos entre as seis séries atualmente em circulação: Rochas e Minerais Industriais (SRMI), Tecnologia Mineral (STM), Tecnologia Ambiental (STA), Estudos e Documentos (SED), Gestão e Planejamento Ambiental (SGPA) e Inovação e Qualidade (SIQ). A Série Iniciação Científica consiste numa publicação eletrônica anual.

A lista das publicações poderá ser consultada em nossa homepage. As obras estão disponíveis em texto completo para download. Visite-nos em <http://www.cetem.gov.br/series>.

Últimos números da Série Rochas e Minerais Industriais

SRMI-27 - **Caracterização das rochas presentes nas edificações históricas da Ilha da Boa Viagem.** Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, Rosana Elisa Coppêde Silva, Michelle Teixeira C. C. dos Santos, Leonardo Cesar dos Santos, Anna Gabriele Oliveira de Souza, 2019.

SRMI-26 - **Silício grau solar: uma revisão das tecnologias de produção.** João Alves Sampaio, Roberto Salgado Amado, Péricles Sávio Garcia Marques, Livia Gonçalves Leida Soares, 2019.

SRMI-25 - **Alterações das rochas das fachadas da Igreja de Nossa Senhora da Candelária.** Luanna Cavalcanti Rebecchi de Moura, Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, Daniele Pereira da Silva Dalto, Amanda Guimarães dos Santos Mozer, Kátia Leite Mansur, 2018.

INFORMAÇÕES GERAIS

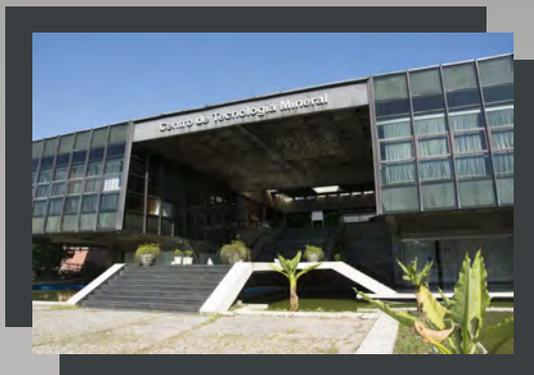
CETEM – Centro de Tecnologia Mineral
Avenida Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ
Geral: (21) 3865-7222
Biblioteca: (21) 3865-7218
E-mail: biblioteca@cetem.gov.br
Homepage: <http://www.cetem.gov.br>

NOVAS PUBLICAÇÕES

Se você se interessar por um número maior de exemplares ou outro título de uma das nossas publicações, entre em contato com a nossa biblioteca no endereço acima.

Solicita-se permuta.

We ask for interchange.



Missão Institucional

Desenvolver tecnologias inovadoras e sustentáveis, e mobilizar competências visando superar desafios nacionais do setor mineral.

O CETEM

O Centro de Tecnologia Mineral - CETEM é um instituto de pesquisas, vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC, dedicado ao desenvolvimento, à adaptação e à difusão de tecnologias nas áreas minerometalúrgica, de materiais e de meio ambiente.

Criado em 1978, o Centro está localizado no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, na Cidade Universitária, no Rio de Janeiro e ocupa 20.000m² de área construída, que inclui 25 laboratórios, 4 plantas-piloto, biblioteca especializada e outras facilidades.

Durante seus 42 anos de atividade, o CETEM desenvolveu mais de 800 projetos tecnológicos e prestou centenas de serviços para empresas atuantes nos setores minerometalúrgico, químico e de materiais.