

Resíduos de rochas ornamentais como agregado miúdo para a constituição de concretos estruturais

Ornamental stone wastes as fine aggregate for the constitution of structural concrete

DOI:10.34117/bjdv7n7-091

Recebimento dos originais: 07/06/2021

Aceitação para publicação: 06/07/2021

André Fernandes Lima

Mestre em Processos Construtivos e Saneamento Urbano - UFPA

Instituição: Programa de Mestrado Profissional em Processos Construtivos e Saneamento – PPCS/ITEC/UFPA

Endereço: Cidade Universitária José da Silveira Neto - Rua Augusto Corrêa, 01 Guamá –Belém (PA) - CEP 66075-970, Belém, Pará, Brasil

E-mail: eng.andrefernandesl@gmail.com

Marcelo de Souza Picanço

Doutor em Geologia e Geoquímica – UFPA

Instituição: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC/UFPA

Endereço: Cidade Universitária José da Silveira Neto - Rua Augusto Corrêa, 01 Guamá –Belém (PA) - CEP 66075-970, Belém, Pará, Brasil

E-mail: marcelosp@ufpa.br

Bernardo Borges Pompeu Neto

Doutor em Engenharia Mecânica – UNICAMP

Instituição: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará - PPGEI/ITEC/UFPA

Endereço: Cidade Universitária José da Silveira Neto - Rua Augusto Corrêa, 01 Guamá –Belém (PA) - CEP 66075-970, Belém, Pará, Brasil

E-mail: pompeu@ufpa.br

Glauber Tulio Fonseca Coelho

Doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional – UNIDERP

Instituição: Coordenador acadêmico Faculdade Pitágoras – São Luís

Endereço: Faculdade Pitágoras de São Luís - Avenida São Luís Rei de França, Turu – São Luís (MA) - CEP 65065470, São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: tuliosux@gmail.com

RESUMO

Este estudo apresenta a utilização de agregados miúdos reciclados de resíduos de rochas ornamentais aplicados em concretos estruturais, tendo como objetivo avaliar as características físicas e mineralógica, tal como a influência da inserção desse tipo de agregado nas propriedades mecânicas de consistência e resistência à compressão axial dos concretos produzidos. Para tal, foram confeccionados concretos por meio de uma

dosagem experimental, com um traço de referência com relação aglomerante: agregados secos de (1:5) e abatimento fixo de 100 ± 20 mm. Para isso, foram produzidas três misturas com os teores de 10%, 20% e 50% de resíduos de rochas ornamentais em substituição ao agregado miúdo natural. A princípio, realizou-se a seleção e caracterização física dos materiais, para em seguida dar continuidade às etapas de dosagem, confecção, moldagem e cura dos concretos. Para os concretos produzidos, avaliou-se o índice de consistência e a resistência à compressão axial aos 7 e 28 dias de idade. Por meio da análise dos resultados, constatou-se que os concretos confeccionados com resíduos de rochas ornamentais apresentaram resistência à compressão simples maiores que o concreto de referência, com exceção do concreto com teor de 50% de substituição. Os concretos com teores de substituição de 10% e 20% apresentaram os melhores resultados de resistência à compressão axial em comparação ao concreto de referência, com ganhos médios ao 28 dias de idade de 6,02% e 0,24% respectivamente. Concluiu-se que, quanto às características estudadas, a utilização de resíduos de rochas ornamentais em substituição ao agregado miúdo, em até 10% de massa, melhora o desempenho mecânico do concreto.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Resíduo de rochas ornamentais, Agregado reciclado, Agregado miúdo reciclado.

ABSTRACT

This study presents the use of recycled fine aggregates from ornamental stone wastes applied in structural concretes, aiming to evaluate the physical and mineralogical characteristics, as well as the influence of the insertion of this type of aggregate on the mechanical properties of consistency and resistance to axial compression of the concrete produced. For this purpose, concretes were made by means of an experimental dosage, with a reference feature with a binder ratio: dry aggregates of (1: 5) and fixed abatement of 100 ± 20 mm. For this, three mixtures were produced with the contents of 10%, 20% and 50% of ornamental stone residues to replace the natural fine aggregate. At first, the selection and physical characterization of the materials was carried out, and then the steps of dosing, making, molding and curing the concrete continued. For the produced concrete, the consistency index and the resistance to axial compression at 7 and 28 days of age were evaluated. Through the analysis of the results, it was verified that the concretes made with ornamental stone residues presented resistance to simple compression higher than the reference concrete, except for the concrete with 50% substitution content. The concretes with 10% and 20% substitution contents presented the best results of resistance to axial compression compared to the reference concrete, with average gains at 28 days of age of 6.02% and 0.24% respectively. It was concluded that, regarding the studied characteristics, the use of ornamental stone residues in substitution to the fine aggregate, in up to 10% of mass, improves the mechanical performance of the concrete.

Keywords: Sustainability, Ornamental stones waste, Recycled aggregate, Recycled fine aggregate.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção é um dos setores mais importantes no cenário econômico nacional sendo uma das atividades responsáveis pelo crescimento e

desenvolvimento do país. É uma das principais responsáveis pela geração de resíduos e consumo de matérias-primas. De acordo com a [1], os materiais de construção representaram um gasto de 22,9% do total dos custos e despesas da indústria da construção no ano de 2018.

Segundo a [2], os resíduos de construção civil originam-se de construções, demolições, reformas, reparos, de processos resultantes da escavação e preparação de terrenos como, blocos, solos, rochas, tijolos dentre outros materiais conhecidos como entulho, calça ou metralha. Esses resíduos são classificados em quatro classes: classe A compreendem os resíduos que são reutilizáveis ou recicláveis como agregados; classe B, os resíduos recicláveis para outra destinação; classe C, os resíduos que ainda não foram desenvolvidas aplicações economicamente viáveis e classe D, os resíduos perigosos oriundos de processos de construção como tintas, solventes e outros produtos prejudiciais à saúde.

De acordo com a pesquisa Panorama de Resíduos Sólidos do Brasil, realizada em 2019, pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais [3], os municípios brasileiros coletaram um total de 122.012 toneladas por dia de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) no ano de 2018. Somente na região Nordeste, cerca de 24.123 toneladas por dia foram enviadas para lixões e aterros controlados.

Segundo a [4], rocha ornamental corresponde a um “material pétreo natural utilizado em revestimentos internos e externos, estruturas, elementos de composição arquitetônica, decoração, mobiliário e arte funerária”. Esse termo, rochas ornamentais, compreende as pedras naturais, rochas dimensionadas, de cantarias e outros materiais lapídeos. Para [5], atualmente, o Brasil é um dos maiores exportadores de rochas ornamentais, tendo exportado para 120 países em todos os continentes, no ano de 2018. Esse recurso natural continua como o quinto produto de base mineral mais exportado pelo país, atrás somente do minério de ferro, cobre, ferro-ligas e ouro.

De acordo com [6], a mineração é um dos maiores responsáveis pela geração de resíduos dos setores industriais. O processo de produção das rochas ornamentais (lavra e beneficiamento), por apresentar uma baixa taxa de aproveitamento, torna-se responsável pelo aumento da produção desses resíduos sólidos. Somente na Europa foram gerados 700 milhões de toneladas de resíduos da indústria mineral no ano de 2008. No Brasil, o número é bem menor, 22 milhões de toneladas no ano de 2012. Porém, ainda alarmante,

levando-se em consideração a falta de aplicação de soluções técnicas para o aproveitamento desse recurso natural.

O não gerenciamento dos resíduos ou até mesmo a sua má utilização são causadores de diversos impactos ao meio ambiente, por exemplo, contaminação de córregos, poluição de águas superficiais e subterrâneas [7]. Conforme o [8], impacto ambiental corresponde a qualquer modificação das propriedades físicas, químicas e biológicas no meio ambiente provocadas por alguma ação oriunda de atividades humanas podendo interferir de forma direta ou indireta o bem-estar, saúde da população, atividades de cunho sociais e econômicas, meio ambiente e condições estéticas e sanitárias assim como a qualidade dos recursos naturais.

Diante deste cenário, a presente dissertação apresenta a utilização dos resíduos de rochas ornamentais – oriundos de uma marmoraria da região metropolitana de São Luís do Maranhão – para a elaboração de concreto estrutural, tendo como um dos objetivos específicos: avaliar a propriedade mecânica de resistência à compressão axial dos concretos elaborados a partir da substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de rochas ornamentais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os agregados miúdos e os resíduos de rochas ornamentais foram submetidos ao processo de secagem em estufa a 105° C por um período de 24 horas para a eliminação de qualquer umidade presente no material. Após essa etapa, foram realizados ensaios de caracterização física dos materiais empregados no programa experimental, (aglomerante hidráulico, agregados miúdos e graúdos e os resíduos de rochas ornamentais) conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização do cimento Portland, agregados miúdos e graúdos e resíduos

Materiais	Tipo	DMC (mm)	Módulo de Finura	Massa Específica (g/cm³)	Método de Ensaio
Cimento	CP II F-32			2,85	[9]
Agregado Miúdo	Areia fina	4,75	1,14	2,65	[10]
Agregado Graúdo	Brita	19	5,74	2,75	[11]
Resíduos	Rochas Ornamentais	0,60	0,92	2,78	[10]
Método de Ensaio		[12]	[12]		

Devido à diferença dos valores de massa específica do agregado miúdo natural e dos resíduos de rochas ornamentais, foi necessário realizar a compensação de massa entre as amostras. Em seguida, deu-se início a produção do concreto de referência e do concreto com os resíduos nos teores de substituição de 10%, 20% e 50%, como indicados na Tabela 2. Esse resíduos, resultantes do beneficiamento secundário de rochas ornamentais durante a etapa de recorte e polimento das chapas de mármore, granitos e outras rochas ornamentais, foram coletados em uma marmoraria da região metropolitana de São Luís – MA.

A caracterização mineralógica dos resíduos foi obtida por meio da difração de raios-X (DRX). O ensaio foi realizado no Instituto de Geociências e Engenharias (IGE), na Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa). A análise foi realizada pelo equipamento Difrátometro de raios-X, da marca Rigaku e modelo Miniflex 600 com tubos de raios X a 600 Watts. O difratograma foi elaborado com a utilização do software OriginPro a partir dos dados coletados pela análise.

Tabela 2 – Composição dos concretos elaborados

Traço do Concreto	Composição da mistura	Teor de substituição	Identificação
1 : 5,0 (1 : 2,18 : 2,82)	AMN	-	CREF
	AMN + AMR	10%	RRO10
	AMN + AMR	20%	RRO20
	AMN + AMR	50%	RRO50

Nota: AMN – Agregado miúdo natural; AMR – Agregado miúdo reciclado; RRO – Resíduos de rochas ornamentais.

Todos os traços propostos, de acordo com a Tabela 3, sofreram alterações nas relações água/cimento para que se atingisse o índice de consistência proposto de 100 ± 20 mm. Para cada traço foram produzidos seis corpos-de-prova. No total, foram produzidos 24 corpos-de-prova cilíndricos nas dimensões de 100 mm x 200 mm – conforme [13] – no laboratório de concreto da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), localizado no município de São Luís.

Tabela 3 – Traço proposto em massa

Concreto	Cimento (kg)	Areia (kg)	RRO (kg)	Brita (kg)	Água (l)	Água (l) corrigida
CREF	6,5	14,17	-	18,33	3,58	3,75
RRO10	6,5	12,68	1,49	18,33	3,75	3,65
RRO20	6,5	11,20	2,97	18,33	3,75	3,65
RRO50	6,5	6,74	7,43	18,33	3,75	4,10

O ensaio do índice de consistência do concreto foi realizado, conforme [14], logo após a mistura apresentar visualmente um aspecto homogêneo, coeso e com mínima presença de vazios. Logo após essa verificação, uma amostra do concreto foi colocada em um molde metálico em forma de tronco de cone oco apoiado sobre uma chapa metálica então mediu-se o abatimento do concreto. Após o período de 24 horas da moldagem, os exemplares foram submetidos a uma solução saturada de hidróxido de cálcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a uma temperatura de 23° C, onde permaneceram até a data da realização dos ensaios de resistência à compressão axial.

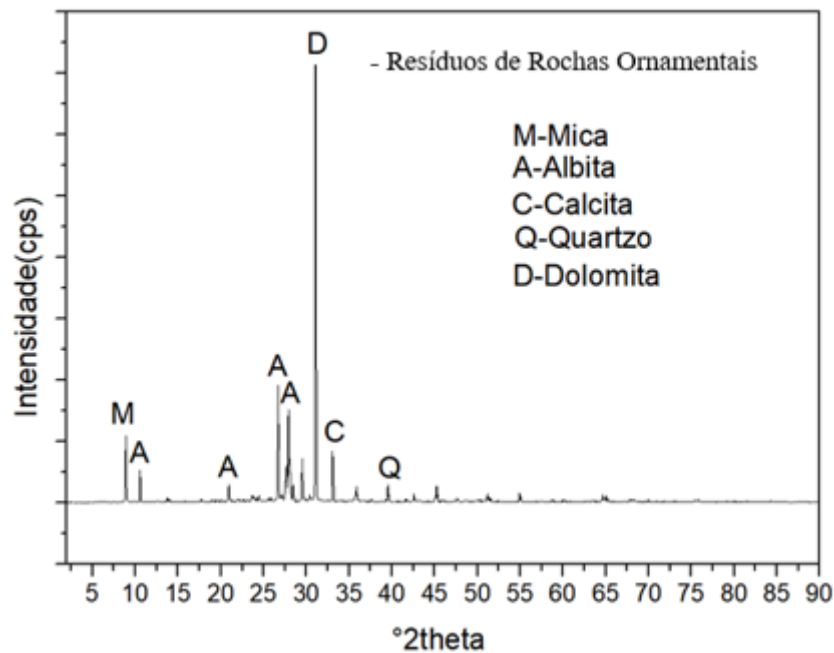
Para a avaliação do comportamento mecânico foi realizado o ensaio de resistência à compressão de acordo com as prescrições da [15]. Anteriormente ao ensaio, os corpos de prova foram capeados (com argamassa e espessura de 3 milímetros) para reduzir as variações dos resultados devido a irregularidade ou deformações em suas extremidades e uniformizar a transmissão da carga de compressão. Para as idades de 7 e 28 dias foram ensaiados três exemplares para cada traço.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 DIFRAÇÃO DE RAIOS – X

Na figura 01, é possível identificar as fases cristalinas e seus picos bem definidos dos seguintes minerais: Albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), Calcita (CaCO_3), Dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, Mica ($\text{X}_2\text{Y}_4\text{-6Z}_8\text{O}_{20}(\text{OH},\text{F})_4$) – fórmula geral para a descrição da mica, onde X é K, Na ou Ca, Y é principalmente Al, Mg ou Fe e Z é principalmente Si ou Al, podendo em alguns casos ser Fe e Ti – e Quartzo (SiO_2), segundo [16]. A Albita é integra o subgrupo dos feldspatos, pertencente ao tipo plagioclásios.

Figura 1- Difratoograma de raios-X dos resíduos de rochas ornamentais. M = Mica; A = Albita; C = Calcita; Q = Quartzo; D = Dolomita.



3.2 ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS CONCRETOS COM RESÍDUO

3.2.1 Índice de consistência

Os resultados dos ensaios da determinação do índice de consistência do concreto foram realizados de acordo com a [14] e estão classificados de acordo com a [17]. Os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Índice de consistência dos concretos

Concretos	Abatimento Proposto (mm)	Abatimento Medido (mm)	Água (l)
CREF	100 ± 20	110	3,75
RRO10	100 ± 20	90	3,65
RRO20	100 ± 20	90	3,65
RRO50	100 ± 20	85	4,10

De acordo com os dados da Tabela 4, observa-se que os concretos produzidos com resíduos de rochas ornamentais apresentaram resultados dentro do intervalo estabelecido para o abatimento. Não houve necessidade de ajustar o teor de argamassa e o uso de aditivo superplastificante, porém a proporção de água foi corrigida.

Os concretos com resíduos nos teores de 10% e 20% apresentaram consistência igual para a mesma proporção de água, o que representa uma redução de 100 mililitros de água comparados ao concreto de referência. Ao passo que o concreto com 50% de resíduos necessitou do acréscimo de 350 mililitros a mais de água, ou seja 9,3% a mais

em relação ao concreto de referência, para atingir o valor do abatimento proposto. Esse resultado está relacionado a maior proporção do resíduo na mistura e outras características físicas desse material, como a finura e formato irregular das partículas.

3.2.2 Resistência à compressão axial

Os resultados médios obtidos nos ensaios de resistência à compressão simples para as idades de 7 e 28 dias são apresentados na Tabela 5. Para tanto, a realização desses ensaios seguiu as recomendações da [18]. Ao todo, foram testados 3 corpos-de-prova para cada traço, totalizando 24 exemplares.

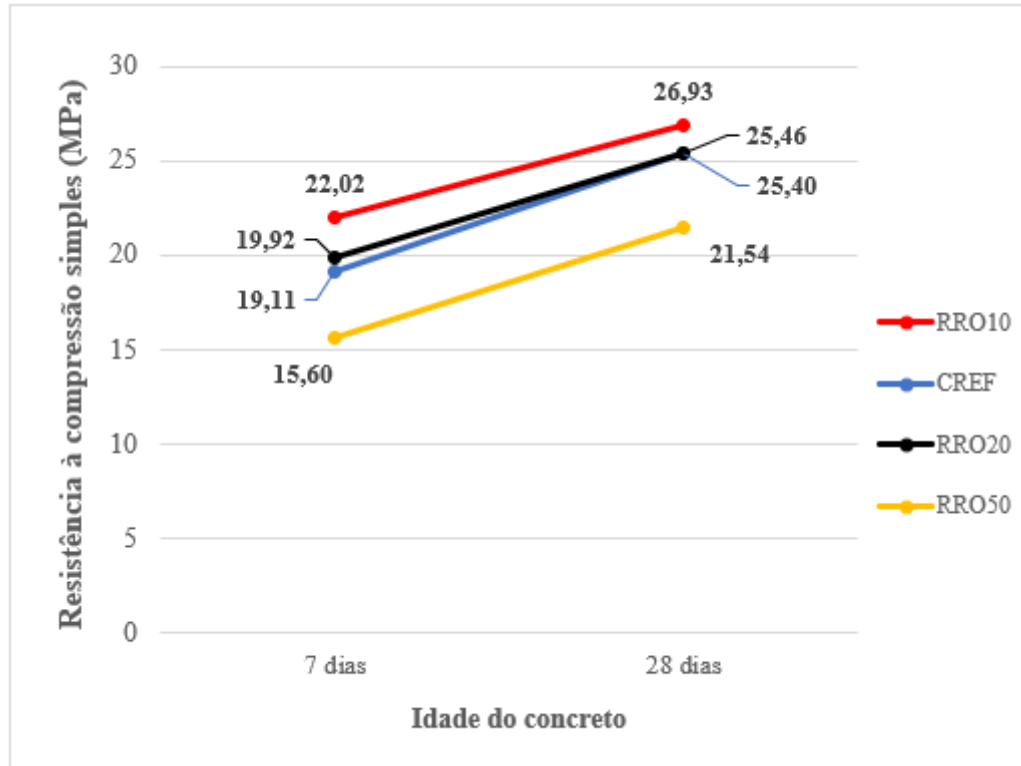
Verifica-se que as amostras com substituição do agregado miúdo por resíduos de rochas ornamentais apresentaram um crescimento em sua resistência a partir dos 7 dias, com destaque para o traço com teor de substituição de 10% (RRO10) que apresentou uma maior média em relação aos outros traços. Aos 28 dias de idade, essa mesma situação é observada neste mesmo traço – com teor de substituição de 10% de resíduos – apresentando valor superior ao concreto de referência e aos outros concretos em todos as idades em que ocorreram o ensaio.

Ao passo que o concreto com teor de 50% de resíduos apresentou desde o sétimo dia de ensaio uma resistência média menor que o concreto de referência e manteve esse comportamento aos 28 dias de idade. A figura 3 representa o gráfico dos resultados médios de resistência à compressão axial dos concretos analisados.

Tabela 5 – Valores médios das resistências à compressão dos concretos nas idades de 7 e 28 dias

Amostra	Teor de substituição	Resistencia à compressão axial (MPa)			
		7 Dias	Coefficiente de variação (%)	28 Dias	Coefficiente de variação (%)
CREF	0	19,11	3,17	25,40	1,18
RRO10	10%	22,02	5,22	26,93	3,98
RRO20	20%	19,92	5,53	25,46	4,29
RRO50	50%	15,60	0,75	21,54	5,56

Figura 3- Resistência média à compressão axial dos concretos



À medida que se aumenta o teor de substituição do agregado miúdo natural por resíduo, acima de 20%, confirma-se uma tendência de redução da resistência à compressão axial. Os resultados obtidos do concreto com 50% de resíduos não alcançaram o valor estipulado pela [19] de 25 MPa para ser classificado como concreto estrutural.

No estudo de [20], a adição de resíduos de rochas ornamentais demonstrou uma influência positiva na resistência mecânica em teores de até 15%. Amostras com teores acima desse valor provocaram o efeito inverso.

Os concretos com substituição do agregado miúdo por resíduos, nos teores de 10% apresentaram um ganho médio de 6,02% de resistência, enquanto que para os concretos com 20% de substituição houve um ganho médio de apenas 0,24% em comparação ao concreto de referência. Esse comportamento não é observado nos concretos com teores de 50% de substituição, onde o resultado médio apresentou uma redução de 15,20% de resistência em relação ao concreto de referência.

Pode-se atribuir esta diferença de resultado, em parte à variação do teor de substituição da areia pelo agregado reciclado, à quantidade de água utilizada na mistura para a produção dos concretos, à elevada finura dos grãos do resíduo utilizado e ao tipo de cimento Portland empregado. Esse último atuando como efeito fíler. O ganho de

resistência nas idades iniciais do concreto – em comparação ao concreto de referência – está relacionado a densificação da zona de transição e da matriz cimentícia, resultante do efeito físico do teor de finura dos resíduos que permite um maior preenchimento dos poros assim, reduzindo sua permeabilidade [21].

4 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo analisar a possibilidade da utilização dos resíduos de rochas ornamentais (RRO), a partir dos teores de substituição de 10%, 20% e 50% desses pelo agregado miúdo para a constituição de concretos estruturais. Desse modo, foram confeccionados 24 corpos de prova e realizados ensaios como a resistência à compressão axial e de caracterização física, química e mineralógica dos materiais empregados (índice de consistência do concreto, massa específica, granulometria e difração de raios-X).

O agregado miúdo reciclado (AMR) apresentou um diâmetro máximo de 0,60 mm, menor que o diâmetro máximo do agregado miúdo natural e módulo de finura inferior 0,92. O resíduo (RRO) apresentou uma massa específica maior que o agregado miúdo natural. Em relação ao formato das partículas, seus grãos são irregulares e angulosos.

Na análise mineralógica, por meio da difração de raios-X, constatou-se a formação de picos bem definidos dos seguintes compostos químicos: Albita, Calcita, Dolomita, Mica e Quartzo. Por meio da análise do difratograma a amostra apresentou estrutura cristalina.

Os resultados dos índices de consistência das misturas de concreto confeccionadas com os resíduos de rochas ornamentais (RRO) demonstrados nessa pesquisa foram contrários à tendência encontrada na bibliografia. Houve uma diminuição no índice consistência à medida em que o teor de substituição dos resíduos foi acrescido na mistura. Embora houvesse diferença entre os traços quanto aos resultados do teste de abatimento do tronco de cone, todas as misturas apresentaram coesão adequada sem sinais de desagregação ou exsudação em excesso.

A essa redução no índice de consistência atribuem-se os seguintes motivos: a quantidade de finos presentes nos resíduos (cerca de 32,04%), a forma irregular das partículas, maior teor de material pulverulento em comparação ao agregado miúdo natural e sua textura áspera (devido ao britamento) contribuíram para a elevada absorção de água da mistura permitindo uma diminuição da trabalhabilidade da mistura.

Quanto ao concreto no estado endurecido, a utilização dos resíduos de rochas ornamentais (RRO) proporcionou uma melhora na resistência à compressão axial. Os concretos com teores de substituição de 10% e 20% apresentaram os melhores resultados em comparação ao concreto de referência, com ganhos médios de 6,02% e 0,24% respectivamente. O que pode ser explicado por meio da diminuição da porosidade da matriz pelas características físicas dos agregados miúdos naturais e reciclados aliada a quantidade de água na mistura.

Diferentemente do concreto com teor de substituição de 50% que obteve uma redução da resistência média de 15,20% em comparação ao concreto de referência. Esse comportamento está diretamente ligado a quantidade de água utilizada na mistura, 9,3% a mais em relação ao concreto de referência, contribuindo com a queda de resistência.

Portanto, a partir dos resultados obtidos nesta pesquisa, a utilização dos resíduos de rochas ornamentais (RRO) em substituição ao agregado miúdo natural para a constituição de concreto estrutural é técnica e ambientalmente viável. Em relação ao comportamento do resíduo nas propriedades mecânicas avaliadas, pode-se afirmar que os teores de 10% e 20% de substituição apresentam-se como elencáveis para a aplicação em concretos, com destaque para o teor de 10% que se mostra como teor ótimo.

REFERÊNCIAS

- [1] PAIC – Pesquisa Anual da Indústria da Construção. Informativo 2018. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic_2018_v28_informativo.pdf. Acesso em: 03 dez. 2020.
- [2] CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n.º. 307, de 5 de julho de 2002. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. Publicada no Diário Oficial da União em 17/07/2002.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo: Abrelpe, 2019. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019>. Acesso em: 15 ago. 2019.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rochas para revestimentos de edificações — Terminologia. NBR 15012. Rio de Janeiro. 2013.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. Balanço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2018. Brasília. Abirochas, 2019. Disponível em: https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2018/06/Informes/Informe_01_2019_Balanco_2018.pdf. Acesso em: 12 maio. 2019.
- [6] VIDAL, Francisco. W. H.; HÉLIO, C. Azevedo.; CASTRO, Nuria. F. Tecnologia de rochas ornamentais – Pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013. 684p.
- [7] NAGALLI, André. Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2014.
- [8] CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução 01/1986. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 10 março. 2019.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica. NBR 16605. Rio de Janeiro. 2017.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. NBR NM 52. Rio de Janeiro. 2009.
- [11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregado graúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. NBR NM 53. Rio de Janeiro, 2009.
- [12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregados – Determinação da composição granulométrica. NBR NM 248. Rio de Janeiro. 2003.

- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. NBR 5738. Rio de Janeiro, 2016.
- [14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. NBR NM 67. Rio de Janeiro, 1998.
- [15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. NBR 7215. Rio de Janeiro. 2019.
- [16] KOGEL, J. E., TRIVEDI, N. C., BARKER, J. M., et al, 2006, “Industrial Minerals and Rocks: Commodities Markets and Uses”, 7th Edition, Colorado, Society for Mining, Metallurgy and Exploitation SME.
- [17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. NBR 8953. Rio de Janeiro, 2015.
- [18] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto – Ensaio de Compressão de corpos cilíndricos – Métodos de Ensaio. NBR 5739. Rio de Janeiro, 2018.
- [19] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto – Projeto de Estruturas de Concreto. Procedimento. NBR 6118. Rio de Janeiro, 2014.
- [20] JUNIOR, P. F. da S.; NETO, B. B. P.; OLIVEIRA, M. A. B. de. Cerâmica vermelha incorporada com resíduo de pedras ornamentais tratada termicamente. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 72545-72561, sep. 2020.
- [21] GONÇALVES, J. P. Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para a produção de concretos. Porto Alegre, 2000. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2000.