

## ESTUDO PARA REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE CORTE DE GRANITO EM BLOCOS DE CONCRETO

**Karolayne Vieira Santos<sup>1</sup>**  
**Leonardo Santos Caldas<sup>2</sup>**  
**Rhayra Guadalupe Melo Santos<sup>3</sup>**  
**Vanessa Gentil de Oliveira Almeida<sup>4</sup>**  
**Fernanda Martins de Cavalcante de Melo<sup>5</sup>**  
**Herbet Alves de Oliveira<sup>6</sup>**

### RESUMO

Resíduos de corte de mármore e granito estão presentes em todas as marmorarias do Brasil, decorrentes do processo de beneficiamento de rochas utilizado para produção de peças empregadas na construção civil. Na maioria delas, esse resíduo é descartado aleatoriamente, provocando grande impacto ambiental. Na cidade de Estância, região sul de Sergipe, existem várias fábricas que produzem blocos de concreto, estes demandam areia e cimento para sua produção e poderiam reaproveitar esse tipo de resíduo, já que o resíduo do corte de granito apresenta características similares a areia. Portanto, neste trabalho, foram elaboradas formulações para produção de blocos de concreto, em que foi incorporado o resíduo em substituição ao aglomerante, nas proporções de 10%, 20% e 40%. Os blocos foram produzidos em fôrma manual, e após cura de 28 dias em local fechado, foram submetidos aos ensaios tecnológicos de resistência mecânica à compressão, absorção de água e massa específica aparente. Os resultados obtidos mostraram que ao incorporar o resíduo, a resistência mecânica obtida foi no mínimo de 3 MPa e a absorção de água ficou abaixo de 10%, atendendo às exigências do bloco de classe “C” de acordo com NBR 6186. Assim, concluiu-se que o resíduo do corte de granito pode ser reaproveitado na produção de blocos de concreto e evitar o seu descarte no meio ambiente de maneira inapropriada.

**Palavra chaves:** Resíduo; Bloco de concreto; Granito.

<sup>1</sup> Jovem pesquisadora Curso Tec em Edificações Instituto Federal de Sergipe (IFS). Bolsista do CNPQ

<sup>2</sup> Jovem pesquisador Curso Tec em Edificações Instituto Federal de Sergipe(IFS). Bolsista do CNPQ;email: [Leo9801santos.is@gmail.com](mailto:Leo9801santos.is@gmail.com)

<sup>3</sup> Jovem pesquisadora Curso Tec em Edificações Instituto Federal de Sergipe (IFS). Bolsista do CNPQ;email [guadaluperhayra76@gmail.com](mailto:guadaluperhayra76@gmail.com)

<sup>4</sup> Professora Mestre em Eng civil do Instituto Federal de Sergipe (IFS). email: [vanessa.silva@academico.ifs.edu.br](mailto:vanessa.silva@academico.ifs.edu.br)

<sup>5</sup> Professora Mestre em Eng civil do Instituto Federal de Sergipe (IFS); email: [fernanda.melo.ifs@gmail.com](mailto:fernanda.melo.ifs@gmail.com)

<sup>6</sup> Professor Dr. Engenharia e Ciência dos Materiais do Instituto Federal de Sergipe (IFS); email: [herbet.oliveira@ifs.edu.br](mailto:herbet.oliveira@ifs.edu.br) e [herbetalves148@gmail.com](mailto:herbetalves148@gmail.com)

## STUDY FOR REUSE OF GRANITE CUTTING WASTE IN CONCRETE BLOCKS

### ABSTRACT

Marble and granite cutting residues are present in all marble factories in Brazil, resulting from the processing of rocks used for the production of parts used in civil construction. In most of them, this waste is randomly discarded, causing a great environmental impact. In the city of Estância, in the southern region of Sergipe, there are several factories that use concrete blocks, these require sand and cement for their production and reuse this type of waste, since the waste from granite cutting has characteristics similar to sand. Therefore, in this work, formulations for the production of concrete blocks were elaborated, in which it was incorporated to the waste in substitution of the binder, in the proportions of 10%, 20% and 40%. The blocks were obtained in a manual mold, and after curing for 28 days in a closed place, they were found in the technological tests of strength to compression, water absorption and bulk density. The results sought that when incorporating the residue, the strength compression obtained was at least 3 MPa and the water absorption was below 10%, meeting the requirements of the class "C" block according to NBR 6186. Thus, it concluded - it should be noted that the residue from the cutting of granite can be reused in the production of concrete blocks and prevent its inappropriate disposal into the environment.

**Keyword:** Waste; Concrete block; Granite

### 1- INTRODUÇÃO

Os blocos de concreto estrutural, tem boa aceitação na construção civil devido à uniformidade das dimensões, bem como a elevada resistência mecânica e facilidade de assentamento. No entanto, para comunidades carentes o custo desses é elevado, sendo necessário optar pelos tijolos de vedação. Na cidade de Estância/SE existem diversas fábricas de blocos de concreto para atender a comunidade local.

É de conhecimento comum, que a construção civil é uma das atividades empresariais mais consumidoras de recursos naturais, consequentemente, gera toneladas de lixo por dia atingindo gradativamente o reino animal, e poluindo a atmosfera com liberações de gases como: o CO<sub>2</sub> (OLIVEIRA, 2004).

Dentre os recursos mais explorados para construção civil destaca-se a areia, rochas e árvores. Vale ressaltar que, somente na fabricação de concreto e argamassa no Brasil é consumido aproximadamente 220 milhões de toneladas de recursos naturais por ano (BARBOSA, 2008). Assim, esse segmento é uma opção para

reaproveitar resíduos em função da grande demanda de recursos necessários para construção civil, sendo um deles os resíduos de rochas ornamentais.

Segundo Mello, (2006) na antiguidade as rochas ornamentais eram usadas na construção civil como elementos de vedação. Com o avanço da tecnologia, essas rochas são usadas apenas em elementos de cores e decorações. O beneficiamento das rochas compreende três etapas: a primeira delas é responsável pela extração dos blocos a céu aberto nas grandes jazidas, iniciando-se pela escolha desta; na segunda se processa então o desdobramento dos blocos ou o também chamado beneficiamento primário. Nas serrarias ocorre a transformação dos blocos em chapas, e finalmente a última etapa é a transformação das placas em produto final, através do uso de equipamentos chamados politrizes.

No Brasil existem mais de 12000 indústrias do setor de rochas ornamentais. Em especial, em Sergipe, existem mais de 20 unidades fabris de processamento de rochas cujos resíduos gerados são descartados de forma aleatória (ABIROCHAS, 2016). Uma das alternativas sustentáveis para o uso da lama de granito, juntamente com o cimento, está na preparação de blocos de concreto.

A quantidade de resíduo gerado por cada processo depende da facilidade de corte de cada material. O mármore, por exemplo, possui maior facilidade de corte do que a dos granitos, ou seja, permite ser desgastado com maior eficiência, gerando uma quantidade de resíduo bem menor (GONÇALVES, 2000).

Os resíduos sólidos são um dos principais problemas da humanidade, principalmente pelo aumento na quantidade produzida e pela falta de alternativas para armazenamento e conseqüentemente a possibilidade de contaminação dos solos e do lençol freático (BERTOSSI et al., 2012; FIORITI, 2012). O armazenamento e o despejo em lugares inadequados de uma variedade de compostos gerados durante a fabricação de novos produtos estão causando danos ambientais consideráveis (ACCHAR et al., 2006; AKBULUT et al., 2012).

As questões ambientais relacionadas ao descarte de vários resíduos aumentaram para um nível preocupante em todo mundo. Diferentes tipos de resíduos são gerados pelas indústrias a cada ano, e conseqüentemente, a demanda por um desenvolvimento mais sustentável aumentou ainda mais a importância da construção verde. Nos últimos anos, foram feitos extensos esforços de estudo para reciclar resíduos para o possível uso na produção de produtos de concreto.

Os blocos podem ser produzidos artesanalmente de forma manual por meio de fôrmas, ou podem ser produzidos industrialmente usando o método de prensagem a seco, em que os materiais constituintes são moldados sob cargas compactadas por meio da vibração (POON et al., 2002). Nos Estados Unidos, cerca de 23 a 30 milhões de peças blocos de concreto são produzidos anualmente (FAN, 1996). O elevado consumo de recursos naturais como areia, argila para produção do cimento, calcareo e ainda pedrisco de mármore e granito, são motivos de preocupação com o meio ambiente, principalmente com relação a destruição do equilíbrio ecológico e emissão de gases de efeito estufa tornaram-se cada vez mais graves (BLANKENDAL et al., 2014).

No processamento de pedras de mármore e granito como corte e polimento, uma quantidade considerável (20 a 25% do conteúdo total de pedras), são resíduos (SABOYA et al., 2007). O Brasil está entre as seis maiores potências responsáveis pela produção mundial de rochas ornamentais, sendo o maior produtor e exportador nacional é o estado brasileiro do Espírito Santo, onde podemos encontrar com maior facilidade e abundância a rocha geradora do granito.

Dependendo do tipo de rocha e do tipo de processo de corte e beneficiamento, resíduos com distintas características químicas podem ser gerados, provocando grandes estragos ao meio ambiente. Conhecidos em grande parte como lama abrasiva, esses insumos são depositados inadequadamente em margens de rodovias e rios, prejudicando a fauna e flora brasileira.

Diante dessa realidade cada vez maior, a sociedade vem buscando e se dedicando a encontrar soluções viáveis para o reaproveitamento desses resíduos, com o intuito de melhorar a elaboração de materiais sustentáveis, visando reduzir os danos causados por esses insumos (BINICI et al., 2008; BENATTI, 2008, ZANATTA, 2017).

Contudo, destaca-se o resíduo de mármore e granito, conhecido como lama, sendo uma massa mineral composta, basicamente, por água, gralha, cal e rocha moída. Uma vez seca, a lama do resíduo forma um pó de granulometria extremamente fina, não biodegradável, não tóxico e inerte.

Estudos têm sido realizados como de Bachete (2018) em blocos de concreto que reaproveitaram o resíduo. O resíduo tem sido testado em matrizes cimentícias a base de cimento e areia, como relatado por Oliveira et al. (2011) que incorporou de 5 a 20% de resíduo de rocha de marmorarias substituindo o cimento e verificou que a

resistência diminuiu de forma exponencial. Feitosa (2004) obteve bons resultados em blocos de concreto quando substituiu a areia pelo resíduo de granito.

A produção de blocos de concreto apresenta-se como uma das opções mais populares para a incorporação de resíduos reciclados devido aos requisitos de qualidade mais baixos dos materiais. Meng et al (2018), relacionou as principais pesquisas realizadas com reaproveitamento de resíduo em blocos de concreto. O resíduo apesar de mais fino, melhorou o empacotamento e aumentou a resistência mecânica. Gencil et al. (2012) e Uygunoğlu et al. (2012) revelaram que o uso de resíduos de rochas de mármore como um substituto do agregado fino (menos de 4 mm) favorece a redução na resistência à compressão de blocos de concreto.

Os blocos são uma necessidade da comunidade que deseja construir casas de modo geral. Utilizando um equipamento manual de conformação, nesse projeto pretende-se produzir um bloco resistente, durável e que possa ser produzido pela comunidade de modo geral, reaproveitando resíduos disponíveis na região.

## **2.MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 PREPARAÇÃO DAS MATÉRIAS PRIMAS**

O cimento utilizado na pesquisa foi o Portland CP II F 32 - RS, Cimento Portland composto com material carbonático e resistente à sulfatos). O resíduo de granito foi coletado em uma fábrica de granito na cidade de Estância/SE, Brasil. O resíduo foi destorroado e seco em estufa a  $105 \pm 5$  °C e passado pela peneira 0,42 mm. A areia utilizada foi uma areia grossa, proveniente de uma jazida da região de Estância/SE, a qual após secagem em estufa foi passada na peneira 4,00 mm.

### **2.2 CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS PRIMAS**

*Distribuição do tamanho de partículas:* O método do peneiramento para areias foi utilizado para determinação da distribuição de tamanhos das partículas, em conformidade com a norma NBR NM 248/2003. O ensaio da determinação do módulo de finura do cimento é prescrito pela NBR 11579/2013. Por sua vez, a análise do resíduo foi realizada pela técnica de difração a laser no equipamento Mastersizer 2000 da Malvern.

*Massa unitária:* A massa unitária foi realizada conforme NBR NM 45/2006. Já

a massa específica do agregado miúdo e do resíduo foram determinadas conforme a NBR 9776/1988.

*Massa específica real:* A areia e o resíduo foram realizados de acordo com a norma DNER 093/94. Por sua vez o cimento foi determinado usando um picnômetro de hélio Micromeritics modelo AccuPyc II 1340.

*Análise química por FRX:* Os percentuais dos óxidos constituintes das amostras de cimento, do resíduo e da areia foram determinados através de medidas semi quantitativas pela técnica de fluorescência de raios X (FRX).

*Caracterização mineralógica:* foi determinada por difração de raios X, técnica adotada que permite determinar a estrutura cristalina do material, além de quantificar as fases cristalinas presentes, a perfeição e a orientação dos cristais que compõem o material. Esta técnica consiste na detecção de um feixe de raios X difratado após incidir sobre o material (PADILHA et al 1985).

*Microscopia eletrônica de varredura (MEV):* As imagens do resíduo de marmoraria foram realizadas pela técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em um microscópio eletrônico de varredura marca Jeol, modelo JSM-6510LV.

### 2.3- CONFORMAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

As matérias-primas juntamente com a água foram pesadas em balança da marca Marte, de capacidade 30Kg e resolução 0,1 g. Em seguida, foram misturadas manualmente em bandeja plástica, e vertidas em fôrmas cilíndricas de 20 cm de diâmetro e 40 cm de altura, vide Figura 1. Utilizando um soquete de madeira promoveu-se a compactação para em seguida os blocos serem desformados. Foram conformados cerca de quatro blocos de cada formulação para ensaios, e após desmoldados, foram deixados protegidos do sol e ar por 28 dias para realização da cura.

Figura 1- Fôrma para confecção dos blocos de concreto



Fonte: Autores (2021)

No Quadro 1 são apresentadas as formulações propostas com cimento e para produção de blocos de concreto. O trabalho foi dividido em duas fases: na primeira, desejava-se determinar a melhor formulação para se obter os melhores resultados de resistência à compressão. Na segunda fase, para melhor formulação em que se obteve os melhores resultados de resistência, foi incorporado resíduo em substituição ao aglomerante.

Os volumes e massas apresentados no Quadro 1, correspondem a massa necessária para confecção de pelo menos um bloco. A água foi calculada considerando a massa total e foi determinada por meio de experimentação. Foram utilizados traços tradicionais praticados pelos fabricantes da região de Estância (SE), e de acordo com (FEITOSA,2004).

Quadro 1- Formulações de bloco de concreto

Traço	Traço em volume (partes)			Massa total seca		
	Cimento	Areia	Água (%)	Cimento (Kg)	Areia (Kg)	Água (ml)
1:3	1	3	9	2,00	6,00	720
1:4	1	4	9	1,60	6,40	720
1:5	1	5	9	1,33	6,67	720

Fonte: Autores (2021)

## 2.4- ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS APÓS CURA

*Tensão de ruptura à compressão (TRC):* após cura foi determinada a resistência à compressão em tensiômetro da marca EMIC capacidade de 100 toneladas, com velocidade de aplicação de carga de 50 N/min, seguindo a norma NBR 12118 (2006), cujos resultados podem ser expressos pela Eq1, em que P é a carga aplicada em N e A é área correspondente do bloco (mm<sup>2</sup>)

$$R = P/A \quad (1)$$

*Absorção de água (AA) e massa específica aparente (Mea):* foram determinados por meio de ensaios adaptados da norma NBR 9778 (2009) e ASTM C-20-2005, com imersão dos blocos em água por 24 horas e pesagem seguindo o método hidrostático. Os resultados foram expressos percentualmente pela equação Eq 2, em que m<sub>1</sub> é a massa seca, e m<sub>2</sub> a massa saturada. A massa específica foi determinada por meio da Eq 3, em que a massa m<sub>3</sub> é a massa imersa.

$$AA = (m_2 - m_1 / m_1) \cdot 100 \quad (2)$$

$$Mea = (m_1 / m_2 - m_3) \cdot 100 \quad (3)$$

## 3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é apresentada a caracterização das matérias-primas. De acordo com a densidade aparente, o resíduo de granito apresenta-se mais leve do que o cimento e areia e, portanto, deve ser mais reativo em relação a areia. Por outro lado, o resíduo por ser mais leve dificultou a compactação.

Tabela 1- Caracterização das matérias-primas

Matérias - Primas	Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad e real (g/cm <sup>3</sup> )	Finura (%)	MF
Cimento	1,19± 0,1	3,268±0,0	0,96	-
RG	1,07±0,2	2,550±0,0	0,80	-
Areia	1,52±0,1	2,620±0,0	-	2,54

MF- Módulo de finura; RG: resíduo de granito

Fonte: Autores (2021)

Na Tabela 2 é apresentada a análise química das matérias-primas. O cimento e areia são similares às matérias-primas comerciais. Já o resíduo é constituído por silicatos provavelmente devido aos feldspatos e albitas presentes no granito, seguido dos carbonatos como acessório presente nos mármore (OLIVEIRA et al., 2011; MENG et al, 2018; NASCIMENTO, 2020).

Tabela 2. Análise química das matérias primas

Matéria Prima	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MgO	TiO <sub>2</sub>	PF
Cimento	8,62	-	81,23	5,30	-	1,42	-	0,36	3,92
Areia	85,01	3,72	1,02	3,02	-	0,50	-	5,32	1,02
Resíduo	48,67	2,86	19,67	14,05	-	10,92	0,25	2,49	5,02

Fonte: Autores (2021)

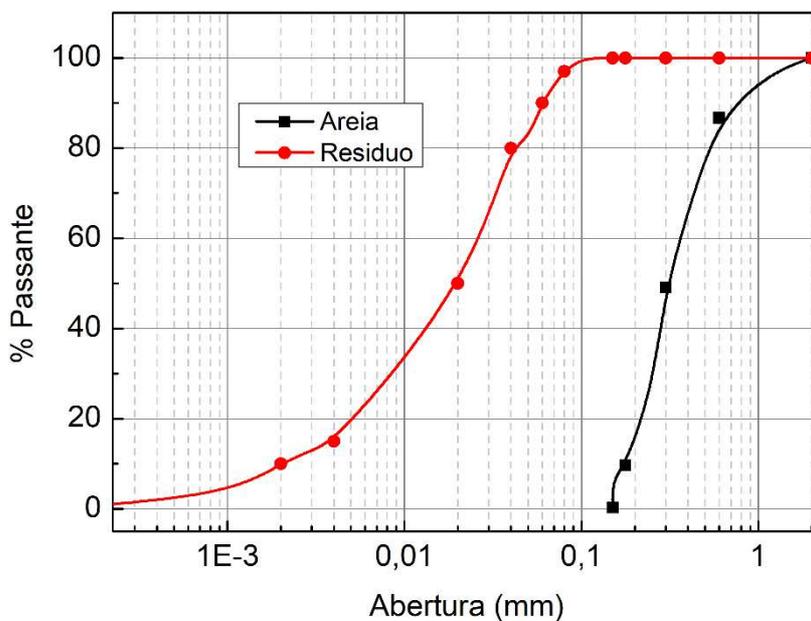
Na Figura 2 é apresentada a curva granulométrica do resíduo de granito e da areia. Foi determinado o coeficiente de uniformidade (Cu) por meio da Eq 4, em que D<sub>60</sub> é a abertura na qual passa 60% das partículas e D<sub>10</sub>, é abertura por onde passa 10% das partículas

$$Cu = D_{60} / D_{10} \quad (4)$$

Com relação ao coeficiente uniformidade Cu (1,9) a areia é classificada como muito uniforme, ou seja, apresenta grande quantidade de partículas em uma faixa estreita de dimensões. Já o resíduo o Cu (12,5) considerado de média uniformidade (CAPUTO, 2011). As matérias-primas foram também classificadas segundo o coeficiente de concavidade (Cc) por meio da Eq 5, em que D<sub>30</sub> corresponde a abertura em que passa 30% das partículas. A areia apresentou Cc (0,66) e foi classificado como mal graduado e o resíduo o Cc(1,3) e foi classificado como bem graduado.

$$Cc = D_{30}^2 / D_{60} \cdot D_{10} \quad (5)$$

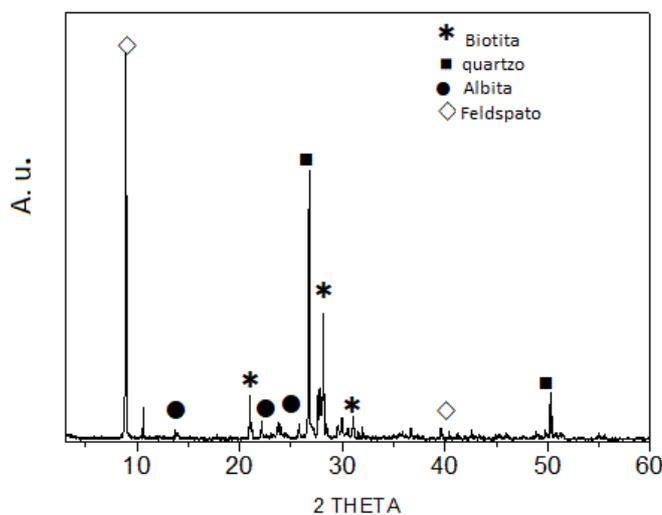
Figura 2- Curva granulométrica da areia e resíduo



Fonte: Autores (2021)

Na Figura 3 é apresentado a difratometria de raios x do resíduo estudado. O mesmo é rico em feldspato, quartzo e biotita, típicos de granito (OLIVEIRA et al., 2011)

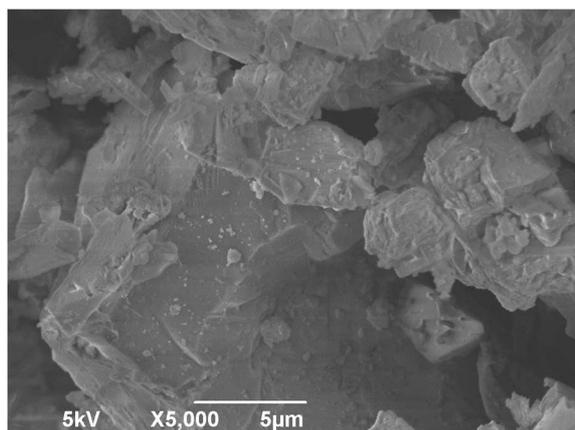
Figura 3- Padrão de difratometria de raios X do resíduo



Fonte: Autores (2021)

Na Figura 4 é apresentada microscopia eletrônica de varredura (MEV) do resíduo. O mesmo apresenta placas de feldspato e biotita característicos de granitos com feldspatos.

Figura 4- Microscopia eletrônica de varredura do resíduo com aumento de 5000 X



Fonte: Autores (2021)

No Quadro 2 são apresentados parâmetros das propriedades físicas ideais para um bloco produzido de concreto de acordo com NBR 6136 (2016). Segundo a NBR 6136 (2016), os blocos de concreto da classe “A” apresentam função estrutural. Estes blocos podem ser expostos a umidades e não recebem revestimentos como reboco. Eles possuem resistências maiores que 8 MPa. Os blocos da classe “B”, também possuem função estrutural, mas são indicados para alvenaria externa acima do nível do solo cujos valores devem ficar entre 4 e 8 MPa e os blocos da classe C com o sem função estrutural são indicados para alvenaria interna acima do nível do solo. Esses blocos apresentam resistências maiores que 3 MPa e podem ser revestidos com argamassas.

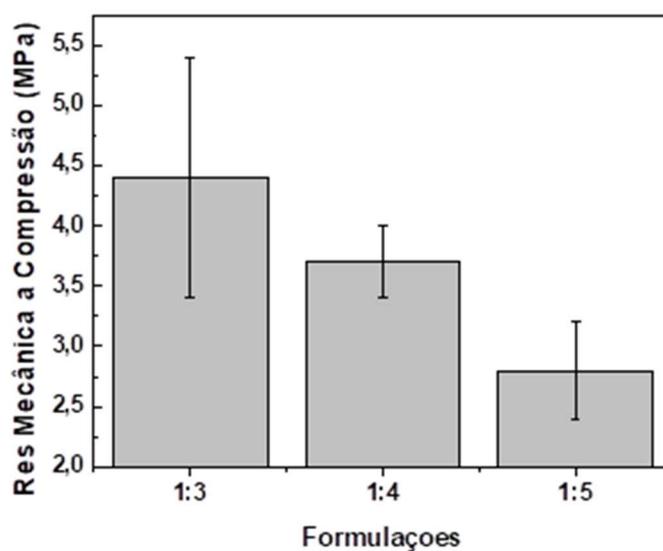
Quadro 2- Classificação de blocos de concreto produzidos com agregado normal

Classificação	Classe	Resistência à compressão axial (MPa)	Absorção de água (%)	
			Individual	Média
Função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 9,0$	$\leq 8,0$
	B	$4 < f_{bk} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 9,0$
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 11,0$	$\leq 10,0$

Fonte: NBR 6136 (2016)

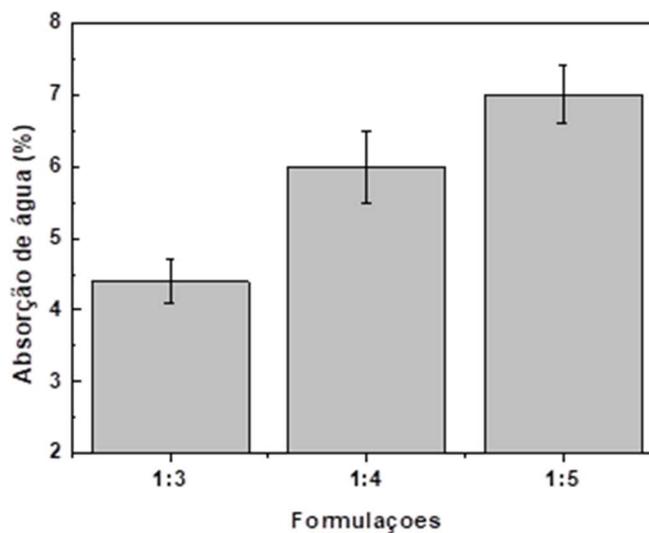
De acordo com a Figura 5, os resultados obtidos de resistência mecânica à compressão indicam que todas as formulações atendem a pelo menos a classe C, cuja resistência é no mínimo 3 MPa. Por sua vez, a formulação 1:3 foi a que apresentou melhores resultados de resistência (4,4 MPa) e absorção de água (4,4%) e foi escolhida para realizar testes com incorporação de resíduo. Na Figura 6 a absorção de água aumentou com acréscimo da areia proporcionalmente a diminuição da resistência mecânica

Figura 5- Resistência mecânica à compressão das formulações



Fonte: Autores (2021)

Figura 6- Absorção de água das formulações de blocos



Fonte: Autores (2021)

No Quadro 3 são apresentadas as formulações com traço 1:3 de cimento e areia, o qual apresentou melhores resultados de caracterização mecânica. Adicionalmente, foi incorporado resíduo em substituição ao cimento nas proporções 10, 20 e 40%.

Quadro 3- Formulações com incorporação de resíduos

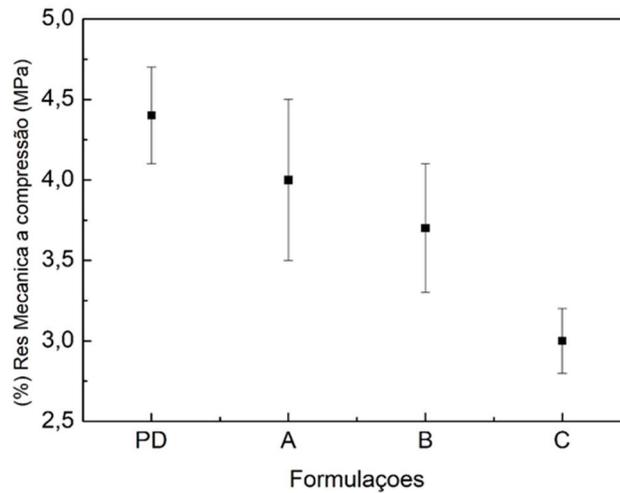
Traço 1:3	Traço em volume				Massa total seca			
	Cimento	Areia	Água (%)	Água/ cimento a/c	Cimento (Kg)	Areia (Kg)	Resíduo granito (Kg)	Água (mL)
Padrão	1	3	9	0,36	2,00	6,0	-	720
A	1	3	9	0,40	1,8	6,0	0,2	720
B	1	4	9	0,45	1,6	6,0	0,4	720
C	1	5	9	0,60	1,2	6,0	0,8	720

Legenda: (%) substituição de cimento A-10% de; B-20% ; C-40%

Fonte: Dados da pesquisa (2021)

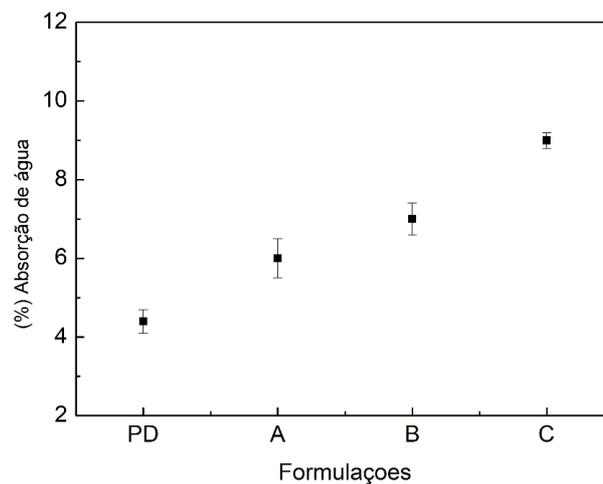
Nas Figuras 7 e 8 são apresentados os resultados de caracterização das formulações em que foi substituído o cimento pelo resíduo. Foi observado que à medida que o cimento foi substituído a resistência sofreu redução, e proporcionalmente ocorreu acréscimo da absorção de água. Isso ocorreu porque foi substituído o aglomerante por um material inerte reduzindo a resistência. Porém, todas as formulações atendem as especificações de resistência e absorção de água para a classe C, conforme apresentado no Quadro 2. Ou seja, os blocos da classe "C" possuem função estrutural e são indicados para alvenaria cuja resistência é maior do que 3 MPa.

Figura 7- Resistência mecânica à compressão das formulações



Fonte: Autores (2021)

Figura 8- Absorção de água das formulações com resíduo



Fonte: Autores (2021)

#### 4- CONCLUSÕES

A produção de blocos de concreto apresenta-se como uma das opções mais populares para a incorporação de resíduos reciclados devido aos requisitos de qualidade mais baixos dos materiais.

Os blocos são uma necessidade da comunidade que deseja construir casas de modo geral. Utilizando um equipamento manual de conformação, nesse projeto pretende-se produzir um bloco resistente, durável e que possa ser produzido pela comunidade de modo geral, reaproveitando resíduos disponíveis na região.

O resíduo ao ser recolhido nas marmorarias, apresenta elevada umidade e deve ser previamente seco antes de ser utilizado. Os resíduos são constituídos por feldspato, cálcio,

albita considerado inerte, ou seja, bastante similar ao agregado miúdo. Portanto, pode ser utilizado como matéria-prima na produção de blocos de concreto.

Nos testes, foi verificado que o resíduo de rochas pode substituir o cimento até 10% sem prejuízo das propriedades, podendo substituir o cimento em um limite de 20%. Além disso, o resíduo dificultou a compactação.

O resíduo pode ser uma excelente oportunidade de reaproveitamento para todas as fábricas que produzem blocos, pois além de reduzir os custos do processo com redução do consumo de cimento, contribuirá de forma efetiva para uma produção sustentável.

## REFERÊNCIAS

- ABIROCHAS: **Balço das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais no período janeiro-setembro de 2016** – Informe 07/2016. 11p, 2016.
- ACCHAR, W.; VIEIRA, F. A.; HOTZA, D. Effect of marble and granite sludge in clay materials. **Materials Science and Engineering**, (419), 306-309, 2006.
- AKBULUT, H.; GÜRER, C.; ÇETIN, S.; ELMACI, A. Investigation of using granite sludge as filler in bituminous hot mixtures. **Construction and Building Materials**, (36), p. 430-436, 2012.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM C-20-2005: **Standard Test Methods for Apparent Porosity, Water Absorption, Apparent Specific Gravity, and Bulk Density of Burned Refractory Brick and Shapes by Boiling Water**. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7184 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45: Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- **DNER 93/04-Determinação da densidade real de sólidos**, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776: Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman – método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11579: Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira 75 µm (nº200)**. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136, Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisito**. Rio de Janeiro, 2016

- BARBOSA, M. T. G. et al. **Estudo sobre a areia artificial em substituição à natural para confecção de concreto**. Porto Alegre. Universidade Federal de Juiz de Fora. p 52, 2008.
- BENATTI, C. T. Utilização de resíduos industriais para a produção de artefatos cimentícios e argilosos empregados na construção civil. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, (1), 3, 405-418, 2008.
- BERTOSSI, A. P. A.; NEVES, M. A.; CARDOSO, M. S. N.; PRADO, A. C. A.; DAMASCENO, C. A.; POLIDORO, J. C. Influência da utilização do resíduo fino de beneficiamento de Rochas Ornamentais Silicáticas na qualidade do solo e da água. **Geociências**, (31), 2, 185-195, 2012.
- BINICI, H.; SHAH, T.; AKSOGAN, O.; KAPLAN, H. Durability of concrete made with granite and marble as recycle aggregates. **Journal of Materials Processing Technology**, (208), p. 299-308, 2008.
- BACHETI, G., MAZIERO, P.R., GARCIA, D.P. Elaboração e caracterização de blocos de concreto com a incorporação de resíduos de granito. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 3, p.273-296, jul/set. 2018.
- BLANKENDALL, T., SCHUUR.P. et al. Reducing the environmental impact of concrete and asphalt: a scenario approach. **Journal Cleaner Production**. 66 (3), 27–36, 2014
- CAPUTO, H. **Mecânica dos Solos**, vol1, Editora Blucher, São Paulo, 2011.
- FAN, J.S. Foreign Concrete Block Production Equipment and Development Trend v. **Hebei Province Building Materials Bureau, Baoding City**, pp. 41–42, 1996
- FEITOSA, A.O. **Utilização do resíduo da serragem de granito para uso em blocos de concreto sem função estrutural**. Tese Mestrado em Engenharia Civil, UFCG, 2004.
- FIORITI, C.F., AKASAKI, J.R. Fabricação de blocos de concreto com resíduo de pneu. **Holos Environment**. doi.org/ 10.14295/holos. v4i2.349. v.4, n2, 2004.
- GONÇALVES, J.P., **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos**. Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre- RS, 2000.
- GENCEL, O., OZEL, C., KOLCSAL, F., et al. Properties of concrete paving blocks made with waste marble. **Journal Cleaner Production**, (21),62–70, 2012.
- MENG, Y., CHAI T., MO, K.H. Recycling of wastes for value-added applications in concrete blocks: overview. **Resources, Conservation & Recycling**, (138), 298–312, 2018.
- MELLO, M.R. **Utilização do resíduo proveniente do acabamento e manufaturada de mármore e granitos como matéria-prima em cerâmica vermelha**. São Paulo. Universidade de São Paulo, Dissertação de mestrado. 4-12, 2006.
- NASCIMENTO, Anny Salorny et al. Production of plaster mortar with incorporation of granite cutting wastes. **Journal of Cleaner Production**, (265), 121808, 2020.
- OLIVEIRA, D. M.; OLIVEIRA, T. N.; BEZERRA A. C. et al. **Utilização de resíduo de granito como substituição ao Cimento Portland em matrizes cimentícias**. IN: Anais do 53º Congresso Brasileiro do Concreto, 2011.
- OLIVEIRA, D. **Contribuição ao Estudo da Durabilidade de Blocos de Concreto Produzidos com a Utilização de Entulho da Construção civil**. Universidade Federal de Campina Grande. Tese de Doutorado, 2004.

PADILHA, A. F., FILHO F. A. **Técnicas de Análise Microestrutural**”, Editora Hemus, São Paulo, 1985.

POON, C.S., KOU, S.C., Lam, L. Use of recycled aggregates in molded concrete bricks and blocks. **Constr. Build. Mater.** v.16, n.5, p. 281–289, 2002.

SABOYA, JR, F., XAVIER, G.C., ALEXANDRE, J. The use of the powder marble by-product to enhance the properties of brick ceramic. **Constr. Build. Materials**, (21),10,1950–1960, 2007.

ZANATTA, P. **Gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável**. Florianópolis. Instituto de Pós-Graduação (IPOG) e Universidade Federal de Pelotas (UFPel). p 296, 2017.

UYGUNOĞLU, T., TOPCU, I.B., GENCEL, O., BROSTOW, W. The effect of fly ash content and types of aggregates on the properties of pre-fabricated concrete interlocking blocks (PCIBs). **Constr. Build. Materials**, (30), 3, 180–187, 2012.