

## ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE PERFIS DE TELHA DE CIMENTO COM SUBSTITUIÇÃO DOS AGREGADOS POR RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO E DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS.

MARIA LUÍZA RODRIGUES AURA<sup>1</sup>, RAPHAEL SAVERIO SPOZITO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Civil, PIVICT, IFSP, Câmpus Votuporanga, malu\_aura@hotmail.com.

<sup>2</sup> Mestre na área de Engenharia Civil, Docente no IFSP, Câmpus Votuporanga, rspozito@ifsp.edu.br.  
Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.01.01.01-8 Materiais e Componentes de Construção.

Apresentado no  
10º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP  
27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

**RESUMO:** Os resíduos gerados pelas atividades da indústria da construção civil são denominados de Resíduos da Construção Civil e Demolição (RCD) e, quando descartados sem controle, geram impactos negativos ao meio ambiente, sendo nesses casos considerados erroneamente como “entulhos”. Outra indústria responsável por ocasionar impactos ambientais negativos é a de rochas ornamentais, na qual as atividades de corte e beneficiamento das rochas geram quantidades significativas de resíduos sólidos poluentes (resíduo do corte de mármore e granito - RCMG) que, quando descartados de maneira incorreta, também acarretam problemas ambientais. Para a diminuição desses resíduos no meio ambiente, esses materiais são alvos de pesquisas para uso em elementos construtivos pela própria indústria da construção civil. Com isso, este estudo tem como objetivo analisar a resistência mecânica de telhas de concreto, com a utilização desses resíduos na substituição parcial dos agregados, considerando a viabilidade técnica (moldagem e ensaios) e econômica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos; Corte de Mármore e Granito; Construção e Demolição; Telha de concreto.

## ANALYSIS OF THE RESISTANCE OF CEMENT TILE PROFILES WITH THE REPLACEMENT OF AGGREGATES FOR CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE AND BENEFICIENCY OF ORNAMENTAL ROCKS.

**ABSTRACT:** Waste generated by the activities of the construction industry is called Construction and Demolition Waste (RCD) and, when discarded without control, generate negative impacts on the environment, being, in these cases, erroneously considered as “rubble”. Other industry responsible for causing negative environmental impacts is that of ornamental rocks, in which the activities of cutting and benefiting these rocks generate a significant amount of solid pollutant residues (marble and granite cutting waste - RCMG) which, when improperly disposed of, also cause environmental problems for the environment. These materials are research targets for use in building elements by the construction industry itself. Thus, this study aims to analyze the mechanical strength of concrete tiles using these residues in the partial replacement of aggregates, considering the technical (molding and testing) and economic viability.

**KEYWORDS:** Waste; Marble and Granite Cutting; Construction and Demolition; Mortar tile.

## INTRODUÇÃO

Segundo Andrade (2012), nas últimas décadas a produção de resíduos industriais de diferentes setores foi multiplicada devido ao aumento populacional, à industrialização e ao incremento nas atividades comerciais. Com isso, a produção industrial tende a acompanhar o crescimento populacional, o que acaba acarretando um aumento significativo da quantidade de rejeitos industriais gerados pelas suas respectivas atividades.

Como exemplo de resíduos industriais para a construção civil é possível citar o RCMG, ocasionado pela atividade de corte e beneficiamento da indústria de rochas ornamentais que, segundo Alves (2016), quando lançado em corpos hídricos, causa alteração do pH, turbidez, assoreamento,

contaminação de afluentes, etc., levando, assim, ao comprometimento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas para o consumo doméstico.

Outro resíduo industrial é o RCD, que, segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), no ano de 2017, foi produzido diariamente em 123.421 toneladas. Essa massa representa aproximadamente 63% do total dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil.

Face ao exposto, esse estudo possui como principal objetivo a análise do comportamento mecânico de telhas de concreto com a substituição parcial dos agregados pelos resíduos, contribuindo para o destino correto para esses materiais. Com isso, viabilizar economicamente o uso desses resíduos na fabricação das telhas, tendo potencial de ser aplicada em obras sociais, por exemplo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados para a confecção dos elementos em estudo foram a areia fina, a areia grossa, o RCD, o RCMG, o cimento (CPI-ARI) e o impermeabilizante.

A seguir, são sintetizadas as principais atividades realizadas no estudo:

- i. **Caracterização dos materiais:** com a finalidade de garantir um controle confiável dos ensaios de resistência, foram utilizadas as normas indicadas na TABELA 1;
- ii. **Estudo de dosagem da argamassa:** para determinar os traços com e sem substituições dos agregados pelos resíduos, foi utilizado o método proposto por Fernandes (2012), que utiliza a curva granulométrica ponderada dos agregados (em proporções definidas) dentro de uma faixa ótima para posterior mistura com a pasta de cimento. A determinação da faixa ótima e o cálculo para determinação do traço foram efetuados por meio de uma planilha eletrônica fornecida pelo próprio autor com as equações e o traço controle indicados no QUADRO 1.;
- iii. **Confecção de corpos de prova prismáticos controle e ensaios mecânicos:** foram moldados seis corpos de provas (lote controle) seguindo a NBR 13279 (2005) e, após sete dias, de acordo com a NBR 13279 (2005), foram realizados os ensaios de ruptura à tração na flexão.

As atividades a serem desenvolvidas compreendem a confecção de corpos de provas prismáticos com substituição parcial dos agregados pelos resíduos, que serão submetidos a ensaios de ruptura à tração na flexão possibilitando determinar qual a melhor proporção da mistura entre os agregados naturais e de resíduos. Após essa fase, será efetuada a moldagem das telhas de concreto com os traços (controle e com substituição), para, assim, proceder aos ensaios de ruptura à tração na flexão e absorção de água conforme preconiza a NBR 13858-2 (2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, são sintetizados os resultados obtidos nas atividades realizadas:

- i. **Caracterização dos materiais:**

TABELA 1. Caracterização dos materiais.

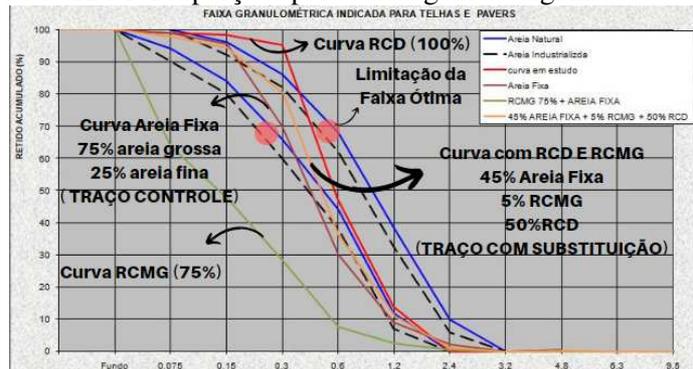
| Ensaio  | Materiais                                    |  |  |         |         |
|---|--|--|--|---------|---------|
|   | Areia Fina                                   | Areia Grossa                                 | RCD  | RCMG    | Cimento |
| Massa Unitária Compactada (MU) $\rho$ comp. (kg/m <sup>3</sup> ) - NBR NM 45 (2006) | 1645,73                                      | 1572,86                                      | 1446,57                                      | 1801,51 | -       |
| Massa Unitária Solta $\rho$ solto. (kg/m <sup>3</sup> ) - NBR NM 45 (2006)          | 1515,33                                      | 1482,08                                      | 1337,19                                      | 1612,23 | -       |
| Curva Granulométrica - NBR NM 248 (2003)  | $\phi_{\text{máx.}}$ (mm) = 0,6<br>MF = 1,89 | $\phi_{\text{máx.}}$ (mm) = 2,4<br>MF = 3,43 | $\phi_{\text{máx.}}$ (mm) = 2,4<br>MF = 3,60 | -       | -       |
| Massa Específica (ME) $d$ (g/cm <sup>3</sup> ) - NBR NM 52 (2009)                   | 2,632  | 2,653  | 2,481  | 2,744   | 3,100   |
| <b>Classificação</b>  | Zona Ótima                                   | Zona Utilizável                              | Zona Utilizável                              | -       | -       |

Fonte: Própria Autora (2019).

- ii. **Estudo e dosagem da argamassa:**

Segundo o processo adotado para o estudo e a dosagem da argamassa, as curvas granulométricas obtidas são indicadas na FIGURA 1 e, ainda em acordo com o método adotado e os resultados indicados na TABELA 1, as equações utilizadas para a definição do traço da argamassa são indicadas no QUADRO 1., que também apresenta os resultados obtidos para o traço controle.

FIGURA 1. Proporções para a dosagem da argamassa



Fonte: Própria Autora (2019).

QUADRO 1. Equações para dosagem

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| $V_c = 1/MU$ (1)                                  | $M_{h2o} = [(5) * (6)]$ (6)         |
| $I_v = (1 - (MU/ME)) * 100$ (2)                   | $P = ac + 1$ (7)                    |
| $Vol_{vazios} = [(1) * (2)]$ (3)                  | $V_{cim} = 1/ME$ (8)                |
| $M_{pasta} = [(3) * (4)]$ (4)                     | $V_{ac} = ac/1000$ (9)              |
| $M_{cimento} = [(5)/(8)]$ (5)                     | $D_{pasta} = (8)/[(9) + (10)]$ (10) |
| Traço Controle (em massa): 1 : 0,72 : 2,17 : 0,40 |                                     |

Fonte: Própria Autora (2019).

### iii. Resistência à tração na flexão:

O resultado obtido para o traço controle é indicado na TABELA 2.

TABELA 2. Ensaio de resistência à tração na flexão dos corpos de provas prismáticos – traço controle

| Resistência à tração na flexão (N) |      |     |      |      |      | Média (N) |
|------------------------------------|------|-----|------|------|------|-----------|
| 2118                               | 1568 | 997 | 1215 | 1308 | 1630 | 1473      |

Fonte: Própria Autora (2019)

## CONCLUSÕES

De acordo com a FIGURA 1, a curva com RCD e RCMG (cor laranja) possui uma granulometria ideal (entre a faixa ótima) e com um percentual considerável de resíduos. Com isso, espera-se que a produção da telha de concreto utilizando o traço com substituição tenha resultados de resistência à tração na flexão satisfatórios de acordo com as recomendações da NBR 13858-2 (2009) e que sejam economicamente viáveis para a fabricação, dado que os custos dos resíduos são inferiores ao dos agregados naturais.

## AGRADECIMENTOS

A empresa “MC- Telhas”, situada na cidade de Votuporanga-SP, que forneceu os materiais e local para futura moldagem das telhas de concreto.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 13858-2**: Telhas de concreto - parte 2 – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – **ABRELPE**: Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil. São Paulo, 2017.
- ALVES, J. C. F. **Análise do Comportamento de tijolos solo-cimento com adição de resíduos de pó de mármore-granito e cinza de bagaço de cana-de-açúcar**. Delmiro Gouveia, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – UFA, 2016.
- ANDRADE, C. **Materiais para construção civil à base de cinzas de madeira, lodo de ETA e resíduos da produção de cal**. 2012. (Mestrado em Engenharia dos Materiais). UFPR, Curitiba, 2012.
- FERNANDES, I. D. **Telhas de Concreto: Produção e Controle de Qualidade**. São Paulo: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda, 2012.