

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE BRITA NA CONFEÇÃO DE CONCRETO

GUSTAVO DE ALBUQUERQUE SOARES¹, MATEUS FERREIRA DE OLIVEIRA² e VITÓRIA KETHLEN MONTEIRO RODRIGUES³

¹Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, UFSCar, São Carlos-SP, gsoares@estudante.ufscar.br;

²Me. em Ciência e Engenharia de Materiais, UFAM, Manaus-AM oliveirafrmateus@hotmail.com;

³Acadêmica em Engenharia Civil, UEA, Manaus-AM, vkmr.eng18@uea.edu.br

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo substituir parcialmente o agregado graúdo (Brita 2) por Resíduo de Cerâmica Vermelha (RCV) nas porcentagens de 5%, 10% e 15%, em massa, para verificar as vantagens e desvantagens quanto aos teores de substituição. Desse modo, foi realizada a caracterização do agregado miúdo, do agregado graúdo e do RCV, através de análise granulométrica, massa específica e unitária. Posteriormente os foram realizados corpos de prova referenciais e com substituição de 5%, 10% e 15% para análise de suas características físicas e mecânicas (abatimento de tronco de cone e resistência característica à compressão aos 14 e 28 dias). Constatou-se que os valores obtidos de massa específica, unitária e módulo de finura do RCV, quando comparados aos da brita utilizada, foram todos menores, características essas esperadas de um agregado graúdo leve. O RCV apresentou-se como uma ótima alternativa de substituição parcial de brita pois, apesar dos teores de 5% e 15% terem valores de resistência à compressão inferiores, porém, valores próximos ao corpo de prova referencial, o teor de 10% de utilização do agregado demonstrou resistência superior ao referencial.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo de cerâmica vermelha, características físicas e mecânicas, substituição parcial.

USE OF RED CERAMIC WASTE AS PARTIAL REPLACEMENT FOR GRAVEL IN CONCRETE MAKING

ABSTRACT: The present study aimed to partially replace the coarse aggregate (Gravel 2) by Red Ceramic Residue (RCV) in percentages of 5%, 10% and 15%, by mass, to verify the advantages and disadvantages regarding the replacement levels. In this way, the characterization of the fine aggregate, the coarse aggregate and the RCV was carried out, through granulometric analysis, specific and unitary mass. Subsequently, reference specimens were performed with replacement of 5%, 10% and 15% for analysis of their physical and mechanical characteristics (slump of the trunk of the cone and characteristic compressive strength at 14 and 28 days). It was found that the values obtained for specific mass, unit and fineness modulus of the RCV, when compared to the crushed stone used, were all lower, characteristics that are expected from a light coarse aggregate. The RCV presented itself as a great alternative for partial replacement of crushed stone because, despite the contents of 5% and 15% having lower compressive strength values, however, values close to the reference specimen, the content of 10% of use of the aggregate showed superior resistance to the reference.

KEYWORDS: Red ceramic waste, physical and mechanical characteristics, partial replacement.

INTRODUÇÃO

A construção civil tem uma grande relevância no meio socioeconômico, originando empregos dada à vasta mão de obra necessária, o que também gera renda, além de estar ligada fortemente com o crescimento da economia devido à sua significativa parcela no Produto Interno Bruto (PIB) do país (MELLO e AMORIM, 2009). Por outro lado, é vista como uma grande influenciadora dos impactos ambientais, tendo em vista o alto consumo de recursos naturais, a emissão de gases durante os

processos de confecções de seus materiais, a modificação não planejada de espaços naturais e pela grande geração de resíduos construtivos (PINTO, 2005; GALÁN-ARBOLEDAS et al., 2017).

Os sistemas construtivos atuais ainda são caracterizados pelo uso abusivo de recursos naturais e pela ausência de planejamento quanto à geração de resíduos. A indústria construtiva é uma das maiores consumidoras de matérias feitas pela indústria cerâmica, devido à utilização de vários materiais como a cerâmica vermelha, presente em tijolos e telhas. Essas indústrias geram resíduos durante os processos de fabricação, geralmente fragmentos de blocos para modelagem de telhas e lajotas.

Garcia et al. (2015) ressaltam que os resíduos provenientes das indústrias de cerâmica vermelha chegam a ser 5% de toda a produção global de resíduos construtivos devido aos defeitos do processo de fabricação e a fragilidade do componente. Ademais, a limpeza desses resíduos, descartados inadequadamente, representa uma quantia significativa para os cofres públicos, despesas que poderiam ser utilizadas em outros setores como educação, saúde e infraestrutura para a população (ÂNGULO e JOHN, 2002). Não obstante, significa que uma grande quantidade de argilas calcinadas são descartadas ou não recebem aproveitamento adequado em larga escala (ABDI, 2016).

Isto posto, faz-se necessário a busca por medidas que consigam mitigar as grandes quantidades de resíduos gerados e descartados pela construção civil, empregando aquilo que é considerado como entulho e reavendo suas propriedades como materiais, potencializando a criação de um novo material que servirá como matéria-prima (ZORDAN, 1997).

MATERIAL E MÉTODOS

Agregados Convencionais

O cimento utilizado foi o CP II-32, e os agregados miúdo e graúdo foram adquiridos no mercado local da cidade de Manaus. A fim de caracterizar os materiais que seriam utilizados na composição dos corpos de prova (CPs), foram realizados ensaios com o agregado graúdo e miúdo. Para cada um dos componentes, sucederam-se os ensaios de granulometria, massa específica e massa unitária, as características obtidas são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1: Características Físicas dos Agregados

Agregados	Características	Resultados	Normalização
Areia	Massa Específica Real (g/cm ³)	2,62	NBR 16916 (ABNT, 2021)
	Massa Unitária (g/cm ³)	1,53	
	Diâmetro Máximo (mm)	1,18	NBR NM 248 (ABNT, 2003)
	Módulo de Finura (%)	2,24	
Brita 2	Massa Específica Real	2,7	NBR NM 16917 (ABNT, 2021)
	Massa Unitária	1,63	
	Diâmetro Máximo	25	NBR NM 248 (ABNT, 2003)
	Módulo de Finura	2,01	

Resíduo de Cerâmica Vermelha

O resíduo utilizado na confecção dos corpos de prova foi retirado da Olaria Santo André localizada no Cacau Pirêra, município de Iranduba-AM. Os RCV's empregados como substituintes da brita 2, neste caso tijolos, foram confeccionados a partir da argila usufruída das numerosas várzeas localizadas no município de Iranduba. Após sua extração, a argila é acrescida de água e passa por um processo de homogeneização no misturador, depois segue ao laminador para ser comprimida e então passa pelo amassador conhecido como maromba, sendo modelada por extrusão de acordo com o molde que pode variar de tamanho e formato. Os tijolos conformados saem em formato de fita contínua, e são cortados no tamanho escolhido automaticamente em um cortador elétrico, posteriormente são colocados em um carrinho para a locomoção até a câmara de secagem, onde permanecem por 24 horas. O lote é encaminhado para a fornalha, onde são arrumados e sinterizados para melhorarem as suas propriedades físicas e mecânicas. A escolha desta olaria ocorreu devido a

qualidade dos tijolos confeccionados e da argila com boa plasticidade, o que permite maior resistência ao tijolo.

Após coletado o RCV na olaria, realizou-se a preparação das amostras, onde este foi reduzido até que se alcançasse o tamanho semelhante ao da brita 2, vale ressaltar que durante a redução de tamanho do RCV, considerando a influência do fator de forma, teve-se cuidado para que nenhum agregado ficasse com o comprimento superior à altura, causando laminaridade/lamelaridade, implicando na má aderência do concreto ao agregado, ocorrendo segregação.

Realizou-se, em seguida, a análise granulométrica, para a verificação da distribuição dos resíduos de RCV, conforme preconiza a NBR NM 248 (ABNT, 2003) com o objetivo de verificar a faixa dimensional dos agregados. Posteriormente, fez-se o ensaio de massa específica real e massa unitária, estabelecidos pela NBR 16917 (ABNT, 2021).

Para determinar resistência à compressão de concretos contendo resíduos de RCV, foram confeccionados 12 corpos de prova substituindo RCV por brita 2 nas porcentagens de 5%, 10% e 15%, em massa do agregado gráudo. Insta salientar que no estado fresco foi executada a verificação do abatimento de tronco de cone (*slump-test*) com auxílio de um molde tronco de cone para determinação do abatimento. O traço utilizado, baseado em leitura bibliográfica (Correia, 2017; Wada (2010), foi de 1:1,6:2,4:0,5 e para que a água do traço não fosse absorvida pelo RCV, foi necessário deixar o agregado submerso em água por um período de 30 minutos, para obter a saturação do mesmo. Moldados os corpos de prova, procedeu-se à ruptura dos 12 CP's, após cura submersa em água durante 14 e 28 dias.

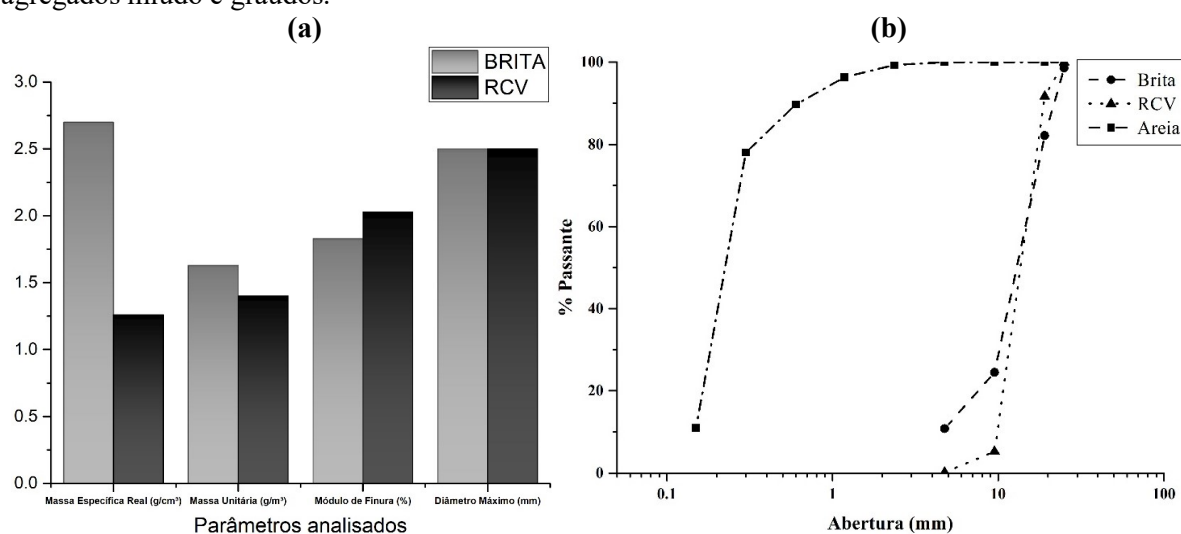
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos resultados mostrados na Tabela 2, pode-se estabelecer uma relação entre as características físicas do RCV e da brita 2, mostrada na Figura 1.

Tabela 2: Resultado dos ensaios realizados para determinação de características físicas do RCV.

Agregados	Ensaio	Resultados	Normalização
RCV	Massa Específica Real (g/cm ³)	1,26	NBR 16917 (ABNT, 2021)
	Massa Unitária (g/cm ³)	1,4	
	Diâmetro Máximo (mm)	25	NBR NM 248 (ABNT, 2003)
	Módulo de Finura (%)	1,86	

Figura 1: (a) Comparação das características físicas entre RCV e brita 2; (b) Curva granulométrica dos agregados miúdo e gráudos.



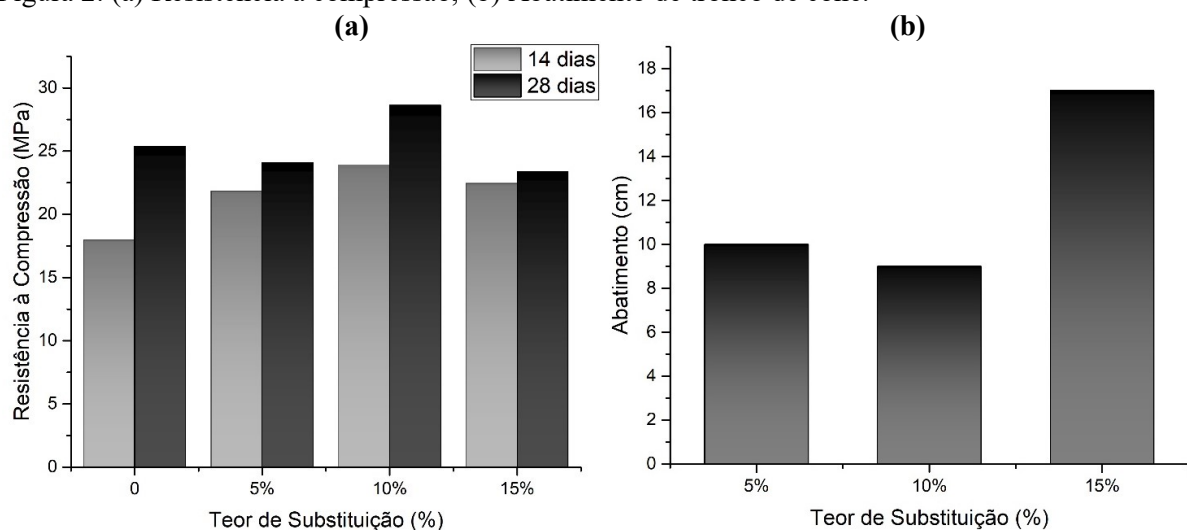
Através da Figura 1, Tabela 1 e 2 e com auxílio da curva granulométrica, verifica-se que o módulo de finura de ambos os agregados é semelhante, enquanto o diâmetro máximo obtido de ambos possui valor equivalente, mostrando que o objetivo proposto pela etapa da preparação da amostra foi

alcançado. É possível observar, ainda, pela Figura 1 que a massa específica real e unitária do RCV possuem valores menores em comparação com brita 2, agregado que se deseja substituir parcialmente. De acordo com Neville (2016), a massa específica é utilizada para cálculos de quantidade, e não como um indicativo de qualidade, sendo assim, a massa específica do agregado RCV foi menor, e a quantidade de material utilizada para confecção de concreto será maior que a de brita 2.

Outrossim, ao relacionar a massa específica com a massa unitária observa-se, então, que a massa unitária é igual a 1,11 vezes a massa específica do agregado. Para agregados graúdos com determinada massa específica, o valor elevado de massa unitária implica a existência de poucos vazios a serem preenchidos pelos agregados miúdos e pelo cimento (NEVILLE, 2016). Visto que a massa unitária é superior à específica, nota-se que o RCV possui grande capacidade de ocupar os vazios, proporcionando ao concreto maior qualidade e resistência. A partir dos resultados de resistência à compressão e abatimento de tronco de cone, construiu-se a Figura 2. Por meio desta, é possível observar uma elevação na resistência nas porcentagens de 5 e 10% em relação ao corpo de prova referencial, no entanto, observa-se que houve um leve declínio na porcentagem de 10% para a de 15%. Ao analisar a figura abaixo, percebe-se que os corpos de prova com 10% de RCV apresentam valores superiores se comparado às outras porcentagens, indicando ser o melhor resultado desta pesquisa.

O declínio na resistência à compressão observado se deve ao fato do RCV ter atingido maior proporção na confecção do corpo de prova, e assim, durante o processo de moldagem não houve absorção de água por parte do agregado brita, logo a mistura do concreto passou a ser uma massa de maior fluidez, ou seja, a massa de concreto sofreu um leve processo de exsudação. Esse fato se torna perceptível conforme a Figura 2, que mostra a elevação no abatimento do concreto com 15% de RCV em relação aos de 5% e 10%, os quais se mantiveram em valores de 9 e 10 cm enquanto que o de maior porcentagem atingiu 17 cm de abatimento.

Figura 2: (a) Resistência à compressão; (b) Abatimento de tronco de cone.



CONCLUSÃO

A caracterização dos resíduos de cerâmica vermelha mostrou que este é uma ótima alternativa na substituição parcial de brita no concreto, visto apresenta um elevado desempenho no que tange o preenchimento de poros, mostrando-se melhor que o agregado convencional, brita 2. Ressalva-se que a quantidade de partículas de RCV deverá ser menor se comparado a de brita 2 devido à diminuição nos valores de resistência à compressão, uma vez que a substituição de 10% se mostrou mais adequada, já que apresentou os resultados elevados em 14 e 28 dias de cura, além de possuir o melhor abatimento de tronco de cone, o que representa uma absorção de água adequada de todos os agregados, um adensamento ideal, resultando em uma maior resistência e conseqüentemente em um concreto de boa qualidade. Apesar de alguns decaimentos de valores, os resultados obtidos pelas outras duas porcentagens de substituição se mostraram bons e adequados para uso.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Estudo técnico setorial da cerâmica vermelha: Subsídios para a elaboração do plano de desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva de cerâmica vermelha. Brasília. Invetta, 2016. 205p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 16916: Agregado miúdo – Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro: 2021.
- _____. NBR 16917: Agregado graúdo – Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro: 2021.
- _____. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- Angulo, S. C.; John, V. M. Normalização dos agregados graúdos de resíduo de construção e demolição reciclados para concretos e a variabilidade. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002. 12 p.
- Correia, J. V. F. B.; Fraga, Y. S. B. Propriedades mecânicas de resíduos de cerâmica vermelha como agregado miúdo para a produção de concretos. Ciências exatas e tecnológicas, Aracaju, 2017.
- Galán-arboledas, R. J.; Diego, J. A.; Dondi, M.; Bueno, S. Energy, environmental and technical assessment for the incorporation of EAF stainless steel slag in ceramic building materials. Journal of Cleaner Production, [s.l.], v. 142, p. 1778-1788, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.16/j.jclepro.2016.11.110>.
- Garcia, E.; Cabral J. M.; Quarcioni, V. A.; Chotoli, F.F. Resíduo de cerâmica vermelha (RCV): uma alternativa como material pozolânico. Cerâmica Industrial, v.19, v.4, p.31-38, jul./ago., 2014.
- Pinto, T. P. Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil: A experiência do SindusCon-SP. São Paulo: Obra Limpa: I&T: SindusCon-SP, 2005.
- Mello, L. C. B. B.; Amorim, S. R. L. O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos. Prod. [online], v.19, n.2, p.388-399, 2009.
- Neville, A.M. Propriedades do Concreto. Porto Alegre: Bookman, 2016.
- WADA, P. H. Estudo da incorporação de cerâmica vermelha na composição de concreto para uso em estacas moldadas in loco. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira: 2010, 108 p.
- Zordan, S. E. A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto. 1997. 140 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil - FEC, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 1997.