

Viabilidade da substituição parcial do resíduo de construção civil pelo agregado miúdo nas propriedades físicas e mecânicas do concreto**Feasibility of partial replacement of construction waste by the small aggregate in the physical and mechanical properties of concrete**

DOI:10.34117/bjdv6n8-581

Recebimento dos originais:08/07/2020

Aceitação para publicação:26/08/2020

Carlos Fernando Gomes do Nascimento

Mestrando em Ciência de Materiais
Universidade Federal de Pernambuco
Avenida Professor Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária – Recife/PE, Brasil
carlosfernando.gn@gmail.com

Eliana Cristina Barreto Monteiro

Prof^a Dr^a em Engenharia Civil
Universidade de Pernambuco – Rua Benfica, 455, Madalena – Recife/PE, Brasil.
Universidade Católica de Pernambuco – Rua do Príncipe, 526, Boa Vista – Recife/PE, Brasil
eliana@poli.br

Marília Gabriela Silva e Souza

Graduanda em Engenharia Civil
Universidade Católica de Pernambuco
Rua do Príncipe, 526, Boa Vista – Recife/PE, Brasil
mariliagabriela__@hotmail.com

Igor Albuquerque da Rosa Teixeira

Graduado em Engenharia Civil
Universidade Católica de Pernambuco
Rua do Príncipe, 526, Boa Vista – Recife/PE, Brasil
igor_teixeira_09@hotmail.com

Leonardo José Silva do Vale

Graduado em Engenharia Civil
Universidade Católica de Pernambuco
Rua do Príncipe, 526, Boa Vista – Recife/PE, Brasil
leodovalle@outlook.com

Débora Cristina Pereira Valões

Prof^a no curso de Engenharia Civil
Faculdade de Integração do Sertão (FIS)
Rua João Luiz de Melo, 2110, Tancredo Neves, Serra Talhada/PE, Brasil
dcpvaloes@gmail.com

Lucas Rodrigues Cavalcanti

Mestrando em Engenharia Civil

Universidade de Pernambuco – POLI/UPE
Rua Benfica, 455, Madalena, Recife/PE, Brasil
lrc@poli.br

Amanda de Moraes Alves Figueira
Mestranda em Engenharia Civil
Universidade de Pernambuco – POLI/UPE
Rua Benfica, 455, Madalena, Recife/PE, Brasil
amandamoraisaf@gmail.com

Paula Gabriele Vieira Pedrosa
Graduada em Engenharia Civil
UniNassau
Avenida Conselheiro Aguiar, 3600, Boa Viagem, Recife/PE, Brasil
paulagvp@gmail.com

RESUMO

O crescimento das construções está cada vez mais frequente e, em função disto, há um aumento na geração dos resíduos decorrentes da falta de gestão para devido destino e, também, a reutilização desses dejetos. Para garantir os efeitos de reutilização, o objetivo desta pesquisa é propor a substituição dos agregados naturais pelos resíduos da construção civil gerado em demolições e/ou construções, com a finalidade de analisar métodos sustentáveis, a fim de avaliar sua resistência a compressão axial em laboratório. Foram moldados 10 CP's de referência, 10 CP's com 50% de substituição e 10 CP's com 100% de substituição do agregado miúdo pelo RCC com dimensões de (10 cm x 20 cm). De acordo com os resultados obtidos, foi constatado um aumento na resistência média dos corpos de provas de concreto com 50% de substituição com 32,48 MPa, sendo 20,86% e 4,38% maior do que a resistência a compressão de 100% e 0% (referência) respectivamente. Em suma, observa-se que os resultados foram satisfatórios, mas é necessárias realizações de outros ensaios para que possa garantir a utilização técnica do RCC nas obras, minimizando os impactos ambientais e desenvolvendo métodos que direcione o uso correto desses materiais.

Palavras-chave: Resíduo de construção civil, agregado miúdo, vida útil, sustentabilidade.

ABSTRACT

The growth of constructions is more and more frequent and, due to this, there is an increase in the generation of waste resulting from the lack of management for proper destination and the reuse of this waste. To guarantee the effects of reuse, the objective of this research is to propose the replacement of natural aggregates by civil construction waste generated in demolitions and/or constructions, with the purpose of analyzing sustainable methods in order to evaluate their resistance to axial compression in the laboratory. 10 reference CP's, 10 CP's with 50% substitution and 10 CP's with 100% substitution of the small aggregate by the RCC with dimensions of (10 cm x 20 cm) were cast. According to the results obtained, an increase in the average resistance of the concrete specimens with 50% substitution at 32.48 MPa was found, being 20.86% and 4.38% higher than the compression resistance of 100% and 0% (reference) respectively. In short, it is observed that the results were satisfactory, but it is necessary to perform other tests in order to guarantee the technical use of RCC in the works, minimizing environmental impacts and developing methods that direct the correct use of these materials.

Keywords: Construction waste, small household, useful life, sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil, mesmo em tempos de crise é um dos setores que mais crescem, gerando alguns benefícios como empregos e aumento significativo do PIB do país, no entanto é responsável por um grande volume de resíduos gerados no meio ambiente, gases como CO₂ oriundos no sistema metodológico dos materiais cimentícios e pela perda de materiais naturais (SEGANTINI; WADA, 2011; FILHO et al., 2015).

Estudos realizados por Zordan (1997), evidenciavam a utilização desses materiais, mas explica que a perda nos processos construtivos está ligada a falta de mão de obra e falta de técnicas para minimizar esses desgastes. A composição e a quantidade de RCC estão caracterizadas nas fontes geradoras desses rejeitos em fase de construções, reformas e demolições (CARNEIRO, 2005).

O Resíduo de Construção Civil é classificado em quatro classes distintas, mas esse estudo referem-se a classe A, pois são aos resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados provenientes de demolição e construção de obras civis conforme a resolução do CONAMA (BRASIL, 2002)

Os RCC's gerados no Brasil, conforme classificação acima gira em torno de 90% em massa, que consiste em concreto e argamassa, rochas naturais e material cerâmico (ÂNGULO, JOHN, 2006). Com relação ao percentual de RCC classe A, alguns estudos reportam valores na faixa de 88% a 96%, sendo 93% a média desses valores (MANFRINATO et al., 2008).

Os problemas ambientais causados pela extração de agregados naturais não ocorrem só no Brasil, mas também na América Central, México, onde a produção dos agregados é de origem vulcânica que emitem óxidos de Enxofre atmosfera, sendo a principal fonte na estratosfera (LÓPEZ et al., 2015; MARTÍNEZ-MOLINA, 2016)

Há métodos para mitigar esses impactos ambientais através da reutilização e/ou buscando alternativas para reciclagem e tratamento desses materiais que são gerados nas obras. Estudos realizados no México e nos países da União Europeia evidencia a viabilidade da utilização da ferramenta "4R" para conscientizar e minimizar as mudanças climáticas, pois a produção de resíduos da construção gira em torno de 900 milhões de toneladas/ano (JIANZHUANG et al., 2012).

A preocupação maior dentro dessa esfera ambiental é a escassez dos recursos naturais que são extraídos sem uma gestão de controle, visando diminuir os impactos, pois essa demanda só aumenta. Desta forma é importante proteger e preservar o meio ambiente de uma crise ecológica e alternativas de reuso como concretos reciclados é uma atividade de grande importância na construção civil (SANTOS; AZEREDO; NEVEU, 2020; SILVA et al., 2020).

O desempenho mecânico do concreto em estudo é avaliado em diversas perspectivas, algumas delas refere-se à durabilidade e a trabalhabilidade e essas características são observadas através do ensaio de resistência à compressão axial (CASUCCIO et al., 2008; GUNEYISI, 2010).

Algumas pesquisas informam que o desempenho físico-mecânico do concreto composto de materiais reciclados em sua matriz garante suas propriedades comportamentais estabelecidas nas normas regulamentadoras principalmente na NBR 6118 (ABNT, 2014).

Em suma, então, conscientizar e determinar valores ambientais para mitigar os impactos ambientais é extremamente importante, pois a utilização dos materiais reciclados na construção civil minimiza o acúmulo de resíduos gerados nas obras e diminui a quantidade de emissões contaminantes ao meio ambiente (MARTÍNEZ-MOLINA, 2016).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O Material foi coletado na forma de resíduo misto de construção civil, gerado pelas obras e depositados em uma empresa especializada em recolher esses rejeitos, localizada em Camaragibe-PE. O material recolhido das construtoras através de caminhões, foi processado em uma máquina de britagem Gipo Kombi que fornece alguns tipos de granulometrias recicladas após o processamento e caracterizada conforme a NBR 7211 (ABNT, 2009) permitindo o desenvolvimento de um componente mais fino semelhante a granulometria da areia grossa.

Utilizou-se cimento CII-Z-32 (Cimento Portland composto de Pozolana).

O agregado graúdo utilizado na confecção do concreto foi a brita 0, de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2009).

Foi utilizado o agregado miúdo natural e separado uma amostra de 300g posto na estufa do laboratório de materiais da Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP, durante um período de 24h numa temperatura de 105° C para que fosse retirada sua umidade.

Após secar o agregado miúdo natural, foi realizado o ensaio de caracterização granulométrica de acordo com a NBR NM 248 (ABNT, 2003).

Utilizou-se água potável da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), na confecção dos corpos de prova.

Para moldagem dos corpos de prova, foram adotados 30 moldes cilíndricos de (15 cm x 30 cm) para os ensaios de resistência à compressão dividido entre as percentagens de 0% (referência), 50% e 100%. Após moldagem, 24h depois, desmoldou-se e levou-se a cura por 28 dias e realizados os ensaios no laboratório de materiais de construção civil na própria Universidade.

Os ensaios foram submetidos a análise mecânica utilizando a prensa hidráulica com intuito de aferir a resistência mecânica direta dos corpos de prova, com porcentagem substituídas diferentes.

Os percentuais de substituição utilizados foram 0% que servirá como traço de referência para as análises, 50% e 100% de RCC.

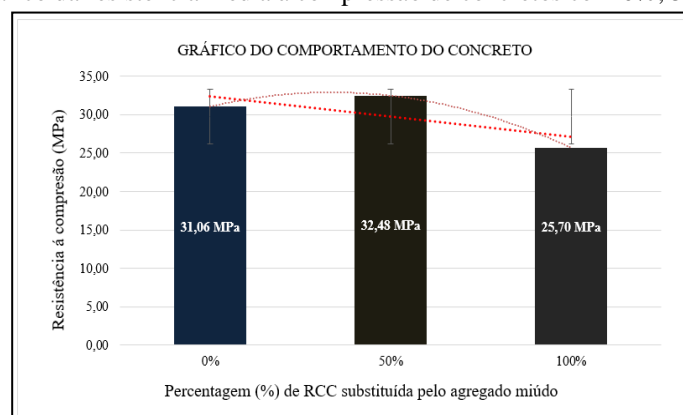
O traço utilizado foi o 1:1,4:2,4:0,50 e observando a composição da matriz do concreto, o mesmo não estava bem trabalhável. Isso se justifica provavelmente, pelo aumento da superfície específica dos agregados reciclados por conterem maior quantidade de finos. Contudo, utilizaram-se alguns parâmetros como o abatimento do tronco de cone de 90 ± 10 mm, que nos fornece a consistência do concreto.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados observados no ensaio de resistência à compressão evidenciaram um aumento significativo da eficiência mecânica do concreto com 50% de RCC comparado com o traço de referência (0%). Por outro lado, o concreto com a substituição de 100%, à resistência à compressão diminuiu em comparação com o concreto convencional.

Como se pode observar na Figura 1, na composição da matriz do concreto com 50% de agregado reciclado, o aumento da resistência à compressão foi de 4,57% comparado ao traço de referência, conferindo ao concreto com 50% de RCC 32,48 MPa.

Figura 1 – Gráfico da resistência média à compressão de concretos com 0%, 50% e 100 % do RCC.



Fonte: Autores, (2019).

Este ganho de resistência em concretos confeccionados com até 50% de RCC como material substituto do agregado miúdo natural, também foi obtido por outros autores que analisaram a eficiência mecânica do concreto com RCD em porcentagens de substituição de até 50%. Os autores

obtiveram uma eficiência mecânica, após os 28 dias, que variaram de 5% - 22% para os concretos com RCD quando comparados aos concretos convencionais (sem substituição), verificando a boa viabilidade do uso de agregados reciclados em concretos não estruturais quando analisados no aspecto mecânico (AHMED, 2013; LEITE; COSTA, 2014; THOMAS; SETIÉN; POLANCO, 2016). Todos os resultados foram obtidos seguindo os parâmetros estabelecidos pela NBR 5739 (ABNT, 2007).

No entanto, com 100% de substituição total do agregado natural houve um declínio de 22,26% na eficiência mecânica dos concretos feitos com apenas agregado miúdo reciclado, conferindo a estes corpos de prova uma média de resistência a compressão de 25,70 MPa aos 28 dias, como está mostrado também na Figura 1.

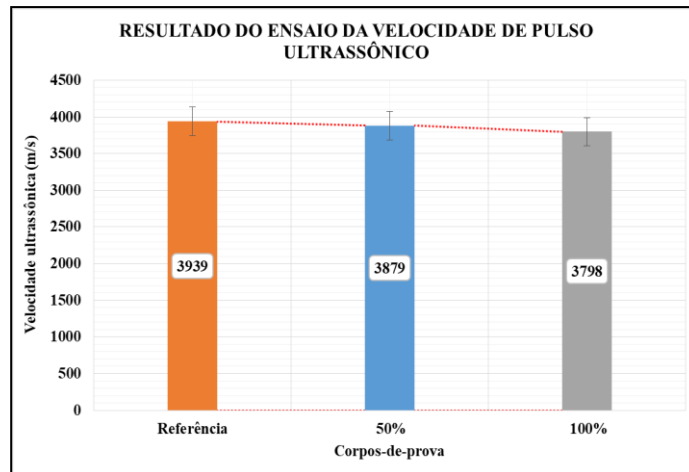
Alguns pesquisadores que fizeram uso de percentuais de substituição acima de 50% de RCC como material substituto de agregado miúdo observaram um decréscimo na eficiência mecânica do concreto à medida que foram aumentando o percentual de substituição (AHMED, 2013; ALVES et al., 2014). De acordo com alguns autores, esta, influencia na resistência à compressão pode ser devido à alta relação a/c para manter a trabalhabilidade, porosidade, alto teor de finos que fazem os concretos terem uma taxa de absorção de água elevada e prejudica a qualidade do concreto.

Como a relação a/c utilizada nesta pesquisa foi de 0.50, pode-se entender que não foi suficiente para manter a boa trabalhabilidade do material, não havendo abatimento, dificultando a vibração do concreto nos moldes e quando desmoldados observou-se vazios na superfície dos CP's provando o aumento dos vazios na estrutura interna e conseqüentemente a perda de resistência.

Com base nos resultados do ensaio de velocidade de pulso ultrassônico regido pela NBR 8802 (ABNT, 2013) calculou-se a média dos 03 (três) CP's de referência, 03 (três) CP's contendo 50% de RCD, 03 (três) CP's com 100% de RCD. Os resultados podem ser vistos na Figura 2. Para os corpos-de-prova com 100% de RCD, observou-se que a velocidade ultrassônica foi menor e esse resultado pode estar caracterizado pelo índice de vazios contidos internamente nos corpos-de-prova, devido ao grande percentual de finos.

Foi constatado que ambos os concretos (com e sem resíduo) obtiveram sua qualidade do concreto como "Boa" em relação ao ensaio de ultrassom, uma vez que as velocidades encontradas estavam entre 3500 e 4500 m/s. Logo este é mais um ponto positivo para a possível utilização do resíduo em substituição parcial do agregado miúdo.

Figura 2 – Gráfico da média de velocidades nos CP's, aos 28 dias.



Fonte: Autores, (2019).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de agregados reciclados em novos materiais cimentícios tem sido objeto de estudo de diversas pesquisas. Nota-se a ampla aplicabilidade que o material dispõe, seja para materiais cimentícios como concreto, argamassa, blocos de vedação como também uso destes no melhoramento de solos e estacas.

Compreende-se, então, que o uso de resíduo da construção e demolição como agregado reciclado se mostra cada vez mais viável na confecção de concretos não estruturais sem interferência significativa do desempenho mecânico e aspectos relacionados à qualidade do concreto.

Para os parâmetros adotados nesta pesquisa, concluiu-se que o uso de até 50% de RCD como agregado reciclado não altera a qualidade nem as características mecânicas do concreto, conferindo uma eficiência mecânica satisfatória às amostras produzidas, sendo superiores ao concreto convencional.

Para a contribuição de pesquisas futuras, vê-se a importância de analisar o desempenho dos concretos com RCD quando submetidos à exposição de agentes agressivos como Íons cloretos e Carbonatação que são os principais agentes desencadeadores da corrosão de armaduras em concretos. Assim como, a análise do uso de superplastificante para melhora das características do concreto no estado fresco e endurecido, permitindo com isso o uso maior de resíduo como agregado, podendo chegar a 100% de substituição.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739. Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211. Agregado para Concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2009.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8802. Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica: Procedimento. Rio de Janeiro, 2013.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248. Determinação da composição granulométrica: Método de ensaio: Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- AHMED, S. F. U. Properties of Concrete Containing Construction and Demolition Wastes and Fly Ash. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 25 (12), 1864–1870, 2013. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0000763](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000763).
- ALVES, A. V.; VIEIRA, T. F.; DE BRITO, J.; CORREIA, J. R. Mechanical properties of structural concrete with fine recycled ceramic aggregates. *Construction and Building Materials*, 64, 103–113, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.04.037>.
- ÂNGULO, S. C.; JOHN, V. M. Requisitos Para Execução de Aterros de Resíduos de Construção e Demolição. *Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil: BT/PCC/436*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 307, de 5 de julho de 2002, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. 2002. *Diário Oficial da União*, n. 136, de 17 de julho de 2002, Seção 1, p. 95-96.
- CARNEIRO, F. P. Diagnóstico e Ações da Atual Situação dos Resíduos de Construção e Demolição na Cidade do Recife. João Pessoa, 2005. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Escola de Engenharia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.
- CASUCCIO, M.; TORRIJOS, M. C.; GIACCIO, G.; ZERBINO, R. Failure mechanism of recycled aggregate concrete, *Construction and Building Materials* 22, 1500–1506, 2008.
- FILHO, J.; DUARTE, E., DIAS, A., FARIA, A. Gerenciamento dos resíduos de construção nas obras de um edifício comercial na cidade de São Paulo. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, V.7, Nº.4, 91-107, 2015.
- GUNEYISI, E. Fresh properties of self-compacting rubberized concrete incorporated with fly ash, *Materials and Structures*, 43, 1037-1048, 2010
- JIANZHUANG, X.; LI, W.; FAN, Y.; HUANG, X. An overview of study on recycled aggregate concrete in China. *Construction and Building Materials*, 36-38, 2012.
- LÓPEZ T.; THOMAS, H. E.; PRATAC, A. J.; AMIGO, A.; FEEA, D.; MORIANO, D. Volcanic plume characteristics determined using an infrared imaging camera, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 300, 148-166, 2015.
- LEITE, M. B.; COSTA, J. Estudo da influência do agregado reciclado de concreto de pré-moldados na resistência do concreto. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2643-2652, 2014.
- MANFRINATO, J. W. S.; ESGUÍCERO, F. J.; MARTIS, B. L. Implementação de Usina Para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil (RCC) Como Ação Para o Desenvolvimento Sustentável: estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Rio de Janeiro, 2008. Anais... Rio de Janeiro, 2008.

- MARTÍNEZ-MOLINA, W.; TORRES-ACOSTA, A. A.; ALONSO-GUZMÁ, E. M., CHÁVEZ-GARCÍA, H. L., HERNÁNDEZ-BARRIOS, H.; LARA-GÓMEZ, C.; MARTÍNEZ-ALONSO, W.; PÉREZ-QUIROZ, J. T.; BEDOLLA-ARROYO, J. A.; GONZÁLEZ-VALDÉZ, F. M. Concreto reciclado: una revisión. *Revista ALCONPAT*, 5(3), septiembre - dezembro 2015, Páginas 234-247. México, 2016.
- OIKONOMOU, N. D. Recycled concrete aggregates, *Cement & Concrete Composites* 27, 315-318, 2005
- RUGGIERI, F. J.; FERNANDEZ-TURIEL, L.; SAAVEDRA, J.; GIMENO, D.; POLANCO, E.; AMIGO, A.; GALINDO, G.; CASELLI, A. Contribution of volcanic ashes to the regional geochemical balance: The 2008 eruption of Chaitén volcano, Southern Chile, *Science of the Total Environment* 425, 75–88, 2012.
- SANTOS, F. S.; AZEREDO, P. H. A.; VENEU, D. M. Avaliação de concreto sustentável contendo teores de resíduos de agregados reciclados. *Brazilian Journal of Development*, [S.L.], v. 6, n. 7, p. 45457-45471, 2020. *Brazilian Journal of Development*. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n7-244>.
- SEGANTINI, A. A. S.; WADA, P. H. Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição. *Acta Scientiarum Technology*, v.33, n.2, p.179-183, 2011.
- SILVA, G. T. M.; RIBEIRO, C. C.; RIBEIRO, S. E. C.; OLIVEIRA, D. M.; OLIVEIRA, W. S.; ALMEIDA, M. L. B. Resíduos de construção e demolição em tecnologia de concreto: uma revisão. *Brazilian Journal of Development*, [S.L.], v. 6, n. 7, p. 46883-46896, 2020. *Brazilian Journal of Development*. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n7-357>.
- THOMAS, C.; SETIÉN, J.; POLANCO, J. A. Structural recycled aggregate concrete made with precast wastes. *Construction and Building Materials*, 114, 536-546, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.203>.
- ZORDAN, S. E. A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto, Diss. Mestrado, Fac. Eng. Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas (1997) 140p.