

# AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO PEQUENO POR RESÍDUOS DE CONCRETO NA COMPOSIÇÃO DO CONCRETO CONVENCIONAL

Ricardo Guedes de Lima<sup>1</sup>  
Maria Aparecida Bezerra Oliveira<sup>2</sup>  
Laiana Ferreira da Costa<sup>3</sup>  
Thalita Maria Ramos Porto<sup>4</sup>  
Héllykan Berliet dos Santos Monteiro<sup>5</sup>

## RESUMO

O setor da construção civil é propulsor de grandes desenvolvimentos econômicos e sociais, no entanto é um dos maiores consumidores de matéria prima e geradores de resíduos sólidos, sendo responsável por inúmeros impactos ambientais. A substituição dos agregados naturais por materiais não convencionais provenientes de resíduos de obras representa uma possibilidade sustentável. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo geral a produção de um concreto por meio da substituição parcial do agregado miúdo por resíduos classe A (concreto em geral) oriundos dos entulhos da construção civil. A caracterização física e mecânica dos materiais foi realizada no laboratório de Materiais da Faculdade Santa Maria. Determinou-se quatro tipos de traço de concreto: traço convencional (cimento portland CP 32 Z, areia média, Brita 0 e água); traço 01, traço 02 e traço 03, com substituição de 5%, 10% e 15%, respectivamente, da areia média utilizada no traço convencional por resíduo de concreto. Foi realizada a moldagem de cinco corpos de prova para cada traço com dimensões de 10x20 cm, processo de cura e, por fim, a realização dos ensaios de resistência à compressão aos 7, 21 e 28 dias. Obteve como resultado a comparação entre as resistências do concreto convencional e o concreto com a substituição parcial do agregado miúdo por agregado reciclado e concluiu-se que o percentual de 15% foi o que promoveu melhor comportamento mecânico ao concreto.

**Palavras-chave:** Resíduos reciclados, concreto modificado, Resistência à compressão.

## INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é uma das mais importantes atividades que impulsionam o progresso do Brasil no âmbito econômico e social, abrangendo desde a extração de insumos até a construção propriamente dita. Entretanto, face à capacidade de mudança da paisagem, o excessivo consumo de recursos naturais e a elevada geração de

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Santa Maria - FSM, [ricardo.guedes.50767@hotmail.com](mailto:ricardo.guedes.50767@hotmail.com);

<sup>2</sup> Docente do curso de engenharia civil da Faculdade Santa Maria - FSM, [aparecida92oliveira@gmail.com](mailto:aparecida92oliveira@gmail.com) ;

<sup>3</sup> Docente do curso de engenharia civil da Faculdade Santa Maria – FSM, [laianaferreira@gmail.com](mailto:laianaferreira@gmail.com) ;

<sup>4</sup> Docente do curso de engenharia civil da Faculdade Santa Maria - FSM, [thalita\\_porto8@hotmail.com](mailto:thalita_porto8@hotmail.com) ;

<sup>5</sup> Professora Mestre, Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Faculdade Santa Maria, [hellykan@hotmail.com](mailto:hellykan@hotmail.com)

subprodutos em grande quantidade e de naturezas diversas, o setor tem assumido a configuração de ser potencialmente degradante ao meio ambiente (BRASILEIRO e MATOS, 2015; DA SILVA et al, 2015). Segundo a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA, 2012) a cadeia produtiva da construção civil consome entre 14 e 50% dos recursos naturais extraídos no planeta. No Japão corresponde a cerca de 50% dos materiais que circulam na economia e nos EUA o consumo de mais de dois bilhões de toneladas representa cerca de 75% dos materiais circulantes.

Em 2010, a produção de agregado no Brasil foi de 451 milhões de toneladas, sendo que a de areia foi de 267 milhões de toneladas e há previsão de que essa quantidade extraída dobre em 2022 (IBRAM, 2010). Conforme Brasileiro e Matos (2015) os materiais inertes, tais como areia e cascalho, muito utilizados na construção civil são usualmente fornecidos por meio da extração de sedimentos aluviais.

A extração desses sedimentos modifica o perfil dos rios e o seu equilíbrio, além de introduzir problemas ambientais como modificações em sua estrutura hidrológica e hidrogeológica. Nogueira (2016) ainda acrescenta que quando a extração da areia se dá por meio de dragagem de leitos fluviais, podem acontecer danos ao meio ambiente como por exemplo a supressão da vegetação nativa presente às margens do local de exploração, instabilidade de ambientes ribeirinhos, aumento da turbidez da água e até mesmo modificações e desvios no leito do rio.

Associado a esse cenário de excessivo consumo de recursos naturais, a construção civil ainda é um dos setores de produção que mais desperdiça. Santo et al. (2014) afirma que o entulho muitas vezes é gerado por deficiências no processo da construção, como falhas ou omissões na elaboração dos projetos e na sua execução, má qualidade dos materiais empregados, perdas no transporte e armazenamento, má manipulação por parte da mão de obra, além da substituição de componentes em reforma ou reconstrução.

De acordo com Santo (2014) no gerenciamento dos resíduos sólidos, a sustentabilidade socioambiental se edifica com base em modelos e sistemas integrados, que propiciem tanto a reutilização de materiais rejeitados quanto na reciclagem dos materiais que sirvam de matéria prima para as indústrias, como a subtração do lixo originado pela população, diminuindo o desperdício. Baptista et al (2018) alerta que diante desse quadro, surge a necessidade de buscar soluções viáveis para os problemas socioambientais causados pela produção excedente de resíduos de construção e demolição (RCD), uma vez que futuramente o espaço disponível para descarte dos detritos será limitado, pois do mesmo

modo que a população mundial tem crescido, o lixo gerado por esse volume de pessoas também cresce. A introdução deverá conter resumo teórico sobre o tema, apresentação da pesquisa, justificativa implícita, objetivos, síntese metodológica e resumo das discussões e resultados da pesquisa, além de apresentar uma síntese conclusiva acerca do trabalho desenvolvido.

A preocupação com os impactos ambientais gerados pela produção de RCD, a perspectiva de aumento no número de construções e demolições e o desafio de unir os avanços na construção com a questão da sustentabilidade têm gerado estudos em vários países a respeito de possibilidades de reaproveitamento desses resíduos como agregados.

Segundo Pereira et al. (2012) a substituição dos agregados convencionais por agregados reciclados apresenta diversas vantagens, como economia na aquisição de matéria-prima, diminuição da poluição gerada pela produção dos agregados e melhora na preservação das reservas naturais de matéria-prima do planeta. Brasileiro e Matos (2015) acrescenta que a reciclagem de RCD contribui também para a ampliação da vida útil dos aterros, especialmente em grandes cidades, em que a construção civil é intensa e há escassez de área para deposição.

No entanto, Tam, Tam e Wang (2006) citam que as características inerentes ao agregado reciclado, incluindo heterogeneidade, alta porosidade e elevado nível de impurezas, podem afetar a resistência mecânica de concretos produzidos com esses materiais e limitar suas aplicações. Diante do exposto, pretende-se com este trabalho avaliar a substituição parcial do agregado miúdo por resíduos de concreto na composição de um concreto convencional, analisando o comportamento deste quanto à resistência mecânica por compressão. O objetivo é apresentar uma alternativa de reintrodução de RCD na cadeia produtiva de forma a reduzir os prejuízos ambientais.

## **METODOLOGIA**

O estudo desenvolvido apresentou natureza técnica e experimental, ressaltando que os ensaios foram realizados no laboratório de Materiais de Construção Civil e Técnicas Construtivas da Faculdade Santa Maria – FSM, na cidade de Cajazeiras – PB. Seguindo o objetivo de produção de concreto a partir de uma substituição parcial do agregado miúdo por um material não convencional, proveniente da produção acadêmica de concretos convencionais no laboratório referenciado. Inicialmente para a confecção deste concreto realizou-se uma caracterização geral e específica dos materiais a serem utilizados, desde o

agregado miúdo, gráudo e o tipo de aglomerante a ser adicionada na mistura, assim como, uma classificação do agregado proveniente dos corpos de provas confeccionados no laboratório.

## 2.1 CARACTERIZAÇÕES DOS MATERIAIS

Para a produção dos concretos em diferentes percentuais de substituição do agregado miúdo fez-se uso do cimento portland do tipo CP II – P – 32. Este aglomerante selecionado pela disponibilidade na região. Com a definição do aglomerante, realizou-se em seguida o ensaio de granulometria para o agregado miúdo e gráudo, tendo como base a ABNT NBR NM 248/2003: Agregados – Determinação da Composição granulométrica. O ensaio de granulometria da areia utilizou as seguintes séries de peneiras: 4,75mm, 2,36mm, 1,18mm, 600µm, 300µm, 150µm e fundo, adotando mediante as diretrizes da norma uma amostragem de 500 g do material. Para a caracterização granulométrica da brita utilizou-se a seguinte série de peneiras: 19 mm, 9,5 mm, 4,75 mm e fundo de peneira, para a realização do ensaio utilizou-se uma amostragem de 5000 g do material. Ressalta-se que antes da realização do ensaio, realizou-se o processo de quarteamento de ambos os materiais. Posteriormente, determinou-se a massa específica da areia, normatizado pela NBR 9776 – Agregados – Determinação da massa específica em agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Os resultados de massa específicas obtidas pelo ensaio, foram calculados utilizando a seguinte equação:

$$\mu = \frac{500}{L - 200}$$

Onde,

$\mu$ = massa específica do agregado miúdo; expressa em g/cm<sup>3</sup>;

L= leitura do frasco (volume ocupado pelo conjunto água-agregado miúdo).

Destaca-se a realização de duas verificações do ensaio para validação do ensaio e consequente determinação da massa específica. A massa específica do agregado miúdo foi de 2,604 g/cm<sup>3</sup>.

## 2.2 DEFINIÇÕES DO TRAÇO

A determinação do traço para dosagem do concreto foi desenvolvida utilizando os métodos da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), adotando um fck 25 Mpa de resistência, modo de produção e classe de agressividade (sd) de 5,5 e índice de trabalhabilidade na classe de 80 mm a 100mm. Para determinação da dosagem estimou o modulo de finura e diâmetro máximo a partir dos ensaios de granulometria, encontrado o seguinte traço: 1:1,33:2,41:0,50.

## 2.3 MOLDAGENS DOS CORPOS DE PROVA

Após a determinação do traço de dosagem, estimou uma substituição parcial do agregado miúdo. Considerou-se uma substituição de 5 %, 10 % e 15%, sendo produzido dois corpos de prova para cada substituição e destaca-se a produção de um traço controle para discussão dos resultados. Após a fixação das quantidades dos materiais a serem utilizados para a moldagem, utilizou uma betoneira para a mistura dos materiais. Posteriormente os corpos de prova foram moldados utilizando formas cilíndricas com dimensões de 10cm x 20cm, a moldagem seguiu as diretrizes da ABNT NBR 5738/2015: Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Após 24 horas os corpos de provas foram desmoldados e submetidos ao processo de cura submersa em água.

## 2.4 ENSAIOS DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

Determinou-se o ensaio de resistência a compressão dos corpos de prova de concreto (Figura 01), utilizando a NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos como diretriz para a realização do ensaio, vale ressaltar a utilização da prensa hidráulica manual com capacidade de até 100tf, com indicador eletrônico digital. Os resultados foram sistematizados no software Excel versão 2013.

Figura 01: Corpo de prova após o ensaio de compressão



Autor (2019)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

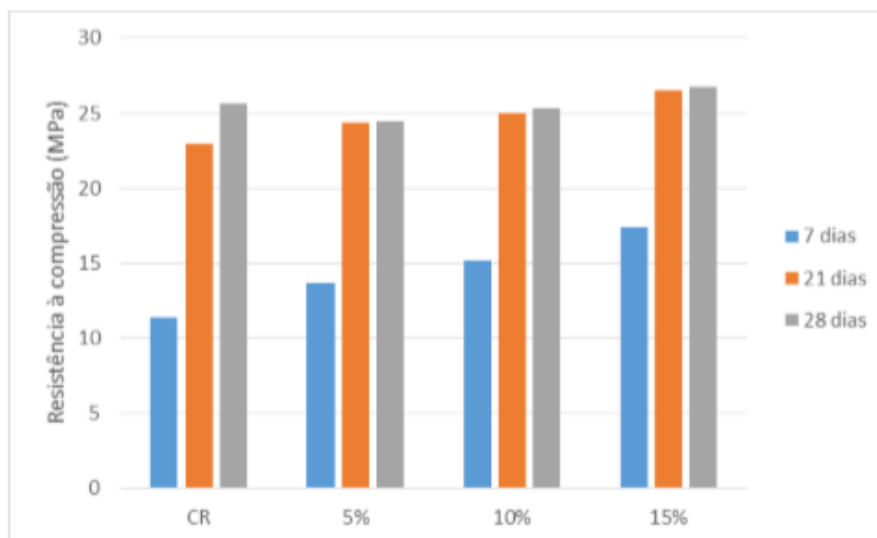
Na Figura 02 está disposto o gráfico com os resultados da compressão aos 7, 21 e 28 dias para o concreto de referência (CR), concreto com substituição de 5% da areia média, concreto com substituição de 10% da areia média e concreto com substituição de 15% da areia média. Por meio do gráfico, percebe-se um acréscimo da resistência à compressão aos 7 dias com a substituição do agregado miúdo pelo resíduo de concreto. Nota-se que a resistência à compressão aos 7 dias aumenta a medida que os teores de resíduo também aumentam.

A mesma tendência pode ser observada para o ensaio de resistência à compressão aos 21 dias, no entanto verifica-se que para a substituição de 5% e 10% os valores das resistências foram próximos, indicando que o comportamento mecânico do concreto aos 21 dias nessa zona de substituição permanece praticamente o mesmo. Comparando ainda as resistências à compressão aos 7 e 21 dias para a substituição de 5%, constata-se valores semelhantes.

Para a resistência à compressão dos corpos de prova após os 28 dias, verifica-se que há uma queda na resistência nas duas primeiras substituições, mostrando que essa zona, para esse período, seria a zona péssima de substituição. Com a substituição de 5% e 10% os valores de compressão foram mais baixos que o valor do traço de controle, mostrando que a areia sem a substituição por agregados reciclados nesses percentuais responde melhor as solicitações de compressão impostas.

Observa-se que aos 28 dias acontece um decréscimo de resistência para a zona de substituição entre 5% e 10%, no entanto com a substituição de 15% da areia pelo agregado reciclado acontece um aumento da resistência do concreto.

Figura 02: Resultados do ensaio de resistência à compressão



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização dos ensaios de resistência à compressão para todas as substituições propostas, notou-se que o melhor traço foi o que apresentou o percentual de 15% de agregado miúdo reciclado em substituição ao agregado miúdo natural, pois para todos os períodos (7, 21 e 28 dias) esse traço exibiu resistências superiores ao traço do concreto de controle.

Verificou-se uma mesma tendência de crescimento de resistências aos 7 e 21 dias para todos os percentuais de substituição e percebeu-se semelhança nos resultados de resistência dos percentuais de 5% e 10%. Foi identificado que a zona de substituição compreendida entre 5% e 10% pode resultar em um mesmo comportamento mecânico do concreto aos 7 dias e numa queda de resistência à valores inferiores ao CR aos 28 dias.

Com isso, conclui-se que o agregado miúdo reciclado apresenta potencial para ser utilizado em concreto, auxiliando assim na redução do volume de resíduos de construção e demolição gerados, sendo então uma alternativa sustentável para a reintrodução de um subproduto na cadeia produtiva da indústria da construção civil.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9776: Agregados – Determinação da massa específica em agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: Agregados – Determinação da Composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

BAPTISTA J. O.; LOPES R. K.; ROSA A. C. S. Uso de RCD na confecção de concreto dando ênfase a separação dos resíduos sólidos. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Foz do Iguaçu, PR, 2018.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. Cerâmica, v. 61, n.358, p. 178-189, 2015.

DA SILVA, O. H.; UMADA, M. K.; POLASTRI, P; ANGELIS NETO, G; ANGELIS, B. L. D. MIOTTO, J. L. Etapas do gerenciamento de resíduos da construção civil. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. v. 19, p. 39 – 48, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira (2010). Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00000957.pdf>>. Acesso em 27/05/2019.

NOGUEIRA, G. R. F. A extração de areia em cursos d'água e seus impactos: proposição de uma matriz de interação. Trabalho e Conclusão de Curso. Universidade federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2016.

PEREIRA, E.; MEDEIROS, M. H. F. de; LEVY, S. M. Durabilidade de concretos com agregados reciclados: uma aplicação de análise hierárquica. Ambiente Construído, v. 12, n. 3, jul./set. 2012, p. 125-134.

SANTO, J. O.; BATISTA, O. H. S.; SOUZA, J. K. S.; LIMA, C. T.; SANTOS, J. R.; MARINHO, A. A. M. Resíduos da indústria da construção civil e o seu processo de reciclagem para minimização dos impactos ambientais. Cadernos De Graduação, v. 1, n.1, p. 73-84, 2014.

TAM, V. W. Y.; TAM, C. M.; WANG, Y. Optimization on Proportion For Recycled Aggregate in Concrete Using Two-Stage Mixing Approach. Construction and Building Materials, v. 21, n. 10, p. 1928-1939, 2006.