AGREGADO RECICLADO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO: INFLUÊNCIA NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO

COSTA, J. Y. A. (1); MARANHÃO, F. L. (2); MARTINI, S. (3); SALVADOR, R. P. (4)

(1) Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, SP, yter_a@yahoo.com.br;

(2) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, flavio.maranhao@gmail.com;

(3) Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, SP, prof.martini@usjt.br;

(4) Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, SP, prof.renansalvador@usjt.br

Resumo: *Por meio de sua utilização como agregado, os resíduos de construção e demolição (RCD) podem contribuir de forma eficiente para a diminuição do consumo de insumos da construção civil. Um dos aspectos fundamentais dos RCD é a sua heterogeneidade, a qual apresenta maior variabilidade do que os agregados naturais. Este trabalho, por sua vez, investiga as propriedades de um concreto com diferentes misturas de RCD. Para a realização desse foram coletadas amostras de agregados reciclados na Unidade de Valorização de Resíduos Grajaú em diferentes datas. Foram efetuados ensaios para a caracterização dos agregados e produção de concreto com diferentes teores de substituição de agregados reciclados. Após a produção desse concreto, novos experimentos foram executados para avaliar a influência dos agregados reciclados sobre as propriedades do concreto. Os resultados dos ensaios mecânicos mostram uma dependência com o teor dos agregados reciclados utilizados na mistura do concreto, em virtude da heterogeneidade do RCD recebido e processado.*

Palavras-chave: *Agregados reciclados de RCD. Concretos produzidos com RCD.*

Área do Conhecimento: *Engenharia Civil, Construção Civil, Materiais e Componentes de Construção, Tecnologia de componentes para construção.*

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção é um dos maiores e mais ativos setores no Brasil e no mundo, de tal forma que seu peso é refletido, principalmente, no meio ambiente. Dentre os materiais mais utilizados por esta indústria, o concreto se destaca por ser o mais consumido no mundo todo. Os principais componentes da mistura do concreto são: cimento, agregados (finos e graúdos), água e aditivos. Entre estes, os agregados ocupam cerca de 70% a 80% do volume do concreto. Os agregados naturais utilizados são a areia, pedra britada e cascalho, e são obtidos através da mineração de recursos naturais e em pedreiras (VERIAN, 2018).

Além do consumo excessivo de energia utilizado na extração de matérias primas naturais e na produção de cimento, a indústria da construção civil gera a maior fração de resíduos sólidos urbanos igualmente responsável por impactos ambientais e sanitários (SCHNEIDER, 2003). Desse modo, a reciclagem é fundamental para reduzir volume de resíduos despejados (SILVA, 2014; SARAVANAKUMAR, 2016). Além disso, a reciclagem tem outra vantagem ambiental: a diminuição do consumo de recursos naturais.

O principal objetivo deste trabalho é avaliar a influência dos agregados reciclados de RCD nas propriedades do concreto em seu estado endurecido. A metodologia experimental consistiu na coleta e caracterização dos RCD, afim de determinar sua composição, além da produção e da caracterização de concretos com diferentes teores de substituição dos agregados reciclados de RCD. Os resultados experimentais mostram uma influência das propriedades do concreto em função da quantidade e da composição dos agregados reciclados utilizados na mistura.

2 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Os agregados naturais utilizados neste trabalho foram areia natural fina e brita Nº 1. O cimento utilizado foi o cimento Portland CP III 32. Para a produção do concreto utilizou-se um aditivo plastificante à base de

naftaleno sulfonato com 25% de sólidos, fixando o teor em 1% da quantidade de cimento. Os agregados reciclados utilizados foram oriundos da Unidade de Valorização de Resíduos de Construção Civil Grajaú (UVR Grajaú) situada em uma área de 360 mil m² no Jardim Santa Tereza, no bairro Grajaú, Região Sul da cidade de São Paulo. Nesse local, foram realizadas quatro coletas de amostras em diferentes datas. Na Tabela 1 estão apresentadas as composições dos agregados reciclados de RCD, obtidas segundo a NBR 15116 (2004) e distribuídas em porcentagens de materiais. São observados nesta Tabela, os teores de impureza variando entre 0,05% e 4,50%, para as concentrações de materiais cerâmicos foi registrado intervalo entre 0,20% e 2,49%. Das quatro amostras ensaiadas, três amostras apresentaram elevados teores de argamassa, bem como elevadas concentrações de material cerâmico, vidro e asfalto.

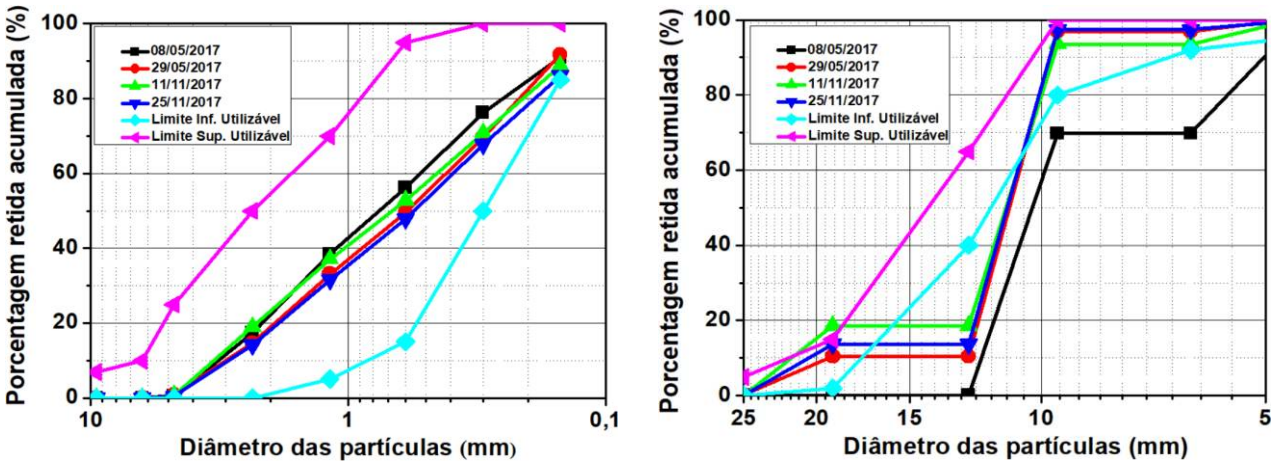
Tabela 1: Composição gravimétrica dos agregados graúdos em porcentagens (%) de materiais.

Coletas	Argamassa	Rocha	Cerâmica branca	Cerâmica vermelha	Vidros	Asfalto	Aço	Gesso
08/05/2017	40,35	55,52	1,07	1,38	-	1,44	0,18	0,05
29/05/2017	29,56	69,07	0,22	0,20	-	0,95	-	-
11/11/2017	52,46	41,98	1,71	0,94	-	2,29	-	0,05
25/11/2017	46,08	41,11	2,49	1,47	4,22	4,50	-	-

Fonte: Autores

Para a fabricação das diferentes misturas de concreto, dois tipos diferentes de agregados reciclados de RCD foram utilizados: areia reciclada e brita Nº 1, seguindo a mesma granulometria dos agregados naturais. Na Figura 1(a) é apresentada a curva granulométrica da areia reciclada, com granulometria # 0,0 - 4,8 (mm). É possível observar que os materiais ensaiados atendem aos limites especificados pela NBR 7211 (2009). Além disso, é constatado baixa variação para as peneiras a partir de #1,18 mm. Na Figura 1(b) é apresentado a curva granulométrica do agregado graúdo brita nº 1, de faixa granulométrica # 10,0 - 20,0 (mm).

Figura 1 - Análise granulométrica da (a) areia reciclada e (b) brita n^0 1



Fonte: Autores

Ainda na Figura 1, é verificado, além do mais, que grande parte das amostras apresentaram porcentagem retida inferior aos limites de utilização especificados pela NBR 7211 (2009). Este comportamento ocorreu devido à desfragmentação de uma parte da argamassa, ocorrida durante o processo de peneiramento.

Foram realizadas cinco misturas diferentes de concreto, conforme a Tabela 2. Todas as substituições dos agregados foram feitas em volume. Para compensar a maior absorção de água dos agregados

reciclados, foi realizada uma pré-saturação por 10 minutos, considerando 60% da absorção de água dos respectivos agregados, valores estes verificados nos ensaios de absorção de água dos agregados miúdos e graúdos.

Tabela 2 - Composição das misturas de concreto

Mistura	Teor de Substituição dos Agregados	
	Graúdo	Miúdo
100NAT	Agregado Natural Brita Nº 1	Areia Natural Fina
30RCD	30% de RCD (Brita Nº 1) e 70% de Agregado Natural Brita Nº 1	30% de Areia Reciclada e 70% de Areia Natural Fina
50RCD	50% de RCD (Brita Nº 1) e 50% de Agregado Natural Brita Nº 1	50% de Areia Reciclada e 50% de Areia Natural Fina
70RCD	70% de RCD (Brita Nº 1) e 30% de Agregado Natural Brita Nº 1	70% de Areia Reciclada e 30% de Areia Natural Fina
100RCD	100% RCD (Brita Nº 1)	100% Areia Reciclada

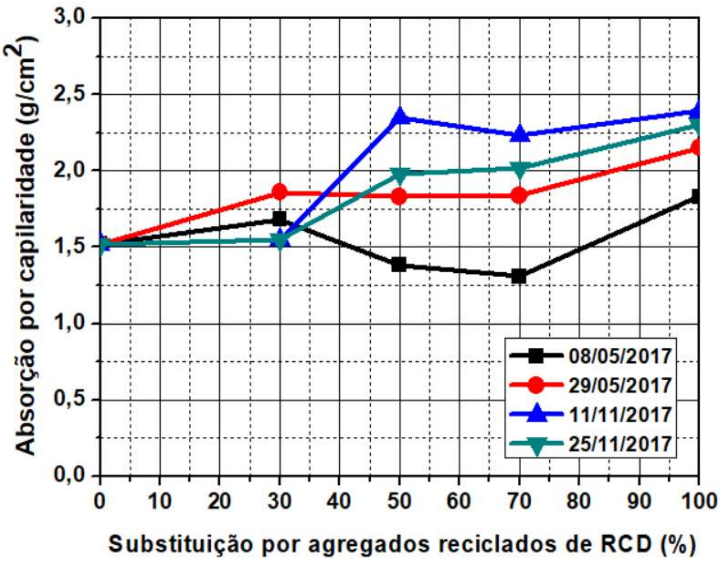
Fonte: Autores

Para dosagem do concreto foi utilizado o método IPT (HELENE, 1992), sendo que foram definidos os valores de fck de 25 MPa, fcm de 31,6 Mpa, espalhamento de (80 ± 20) mm e teor de argamassa de 51,28%. O traço obtido, em massa, foi: 1: 2,00 : 2,85 : 0,55 : 0,01. Foram utilizados corpos-de-prova cilíndricos, com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura. O adensamento foi realizado de acordo com os procedimentos descritos da NBR 5738 (2015). Foram realizados ensaios de absorção por capilaridade, resistência à compressão e módulos de elasticidade, segundo as normas NBR 9779 (2012), NBR 5739 (2018) e NBR 15630 (2008), respectivamente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 apresenta o comportamento da absorção por capilaridade em função da quantidade de RCD que foram substituídas nas misturas do concreto. O aumento da quantidade de agregados de RCDs, coletados nas datas de 29/05/2017, 11/11/2017 e 25/11/2017, contribuíram para um aumento significativo na absorção por capilaridade nos concretos. Isso é essencialmente devido à maior porosidade e diferença na composição dos agregados reciclados de RCD.

Figura 2 - Absorção por capilaridade em função da substituição por RCD.

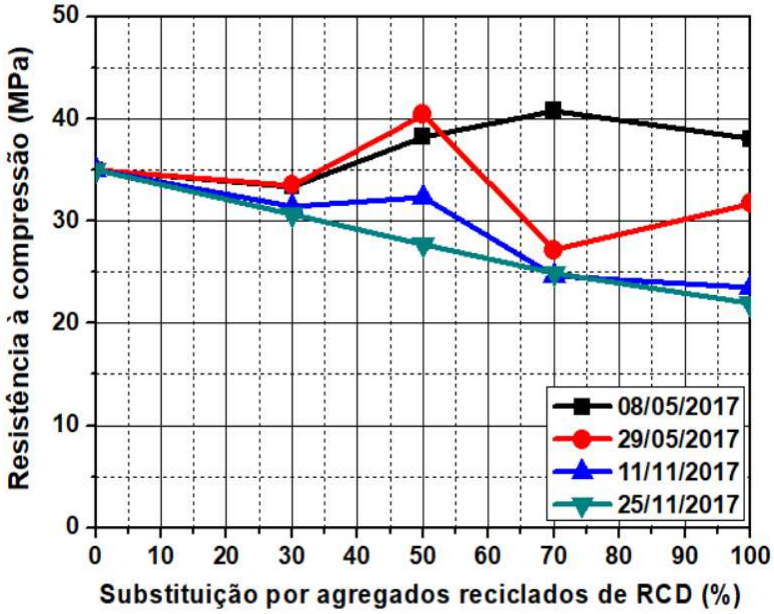


Fonte: Autores.

Entretanto, pode ser observado na Figura 2, que as substituições de 50% e 70% de RCD coletados em 08/05/2017 causaram uma diminuição da absorção capilar. Esta melhoria pode ser explicada pelo efeito de preenchimento. Segundo Bravo et al. (2015), o efeito de preenchimento é definido como um arranjo específico de pequenas partículas que preenchem os vazios da microestrutura do concreto. O efeito do preenchimento é, principalmente, causado por agregados finos. Essas pequenas partículas apenas melhoram o desempenho do concreto para uma baixa razão de agregados reciclados na mistura. Depois disso, essas partículas ocupam o espaço anteriormente ocupada por outros materiais diminuindo a compacidade das misturas.

Os resultados da resistência à compressão dos concretos feitos com diferentes substituições de RCD estão apresentados na Figura 3. Para as amostras de RCD coletadas em 08/05/2017 pode-se observar um aumento da resistência à compressão com o aumento da substituição de RCD. Esse comportamento pode ser atribuído a redução da absorção por capilaridade que foi observada nas misturas dos concretos com RCD coletados em 08/05/2107.Com exceção da mistura com 50% de RCD coletados em 29/05/2017, observa-se uma redução da resistência à compressão quando a substituição por agregados de RCD aumenta para as demais datas de coleta. O aumento observado para a mistura com 50% de RCD, coletados em 29/05/2107, pode ser atribuído a menor quantidade de argamassa na composição dos agregados reciclados de RCD, como pode ser verificado na Tabela 1. Entretanto, os resultados apresentados mostram que este efeito é mais pronunciando apenas para a mistura intermediária.

Figura 3 - Resistência à compressão em função da substituição por RCD.

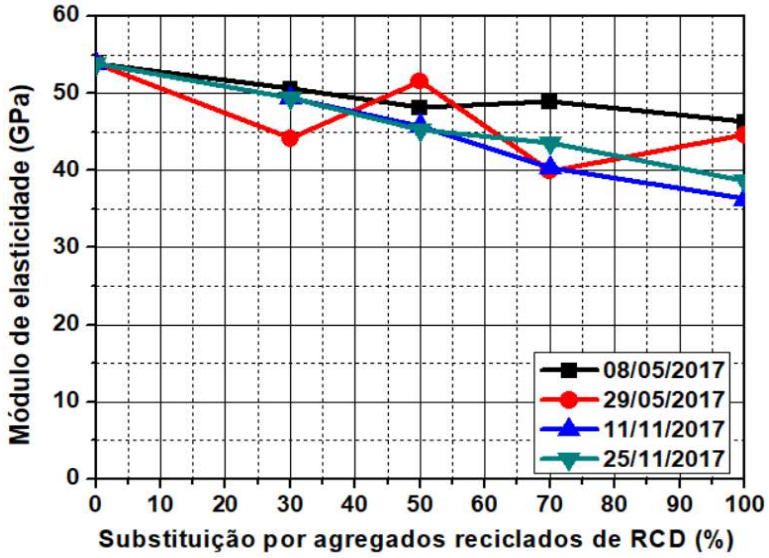


Fonte: Autores.

A menor resistência à compressão do concreto feita com RCD pode ser atribuída à presença de dois tipos zona de transição na interface da matriz. No concreto contendo RCD, a zona de transição ocorre entre o agregado original e argamassa antiga e a nova argamassa. Além disso, a argamassa antiga aderida na superfície dos RCD apresenta textura irregular e forma angular. Como resultado, a absorção de água circundante nos RCD pode afetar negativamente ligação mecânica na zona de transição interfacial (ITZ), que em última análise, diminui a resistência à compressão do material.

A Figura 4 apresenta os valores dos módulos de elasticidade longitudinais para os diferentes teores de RCD. Observa-se uma redução do módulo de elasticidade com a substituição por RCD. Esse comportamento está associado ao menor módulo de elasticidade dos agregados reciclados quando comparado aos agregados naturais. O módulo de elasticidade é influenciado pela rigidez do agregado, enquanto a resistência à compressão é mais afetada por fatores relacionados às características da pasta de cimento.

Figura 4 – Módulo de elasticidade em função da substituição por RCD.



Fonte: Autores.

4 CONCLUSÕES

Neste trabalho foram investigados os efeitos da utilização de agregados reciclados sobre as propriedades do concreto endurecido. Foram analisados diferentes teores de substituições de agregados reciclados na mistura. Através dos resultados da composição gravimétrica dos agregados reciclados, foi possível notar uma variação na composição dos agregados. Isso se deve a origem e ao processamento do RCD, o que provoca uma heterogeneidade na sua composição. Os resultados dos ensaios evidenciaram que a quantidade de argamassa antiga, aderida na superfície dos agregados de RCD, influencia negativamente sobre as propriedades mecânicas das misturas dos concretos.

5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15116**: Agregados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5739**: Concreto Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7211**: Agregados para concreto – especificação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 248**: Agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15630**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica. Rio de Janeiro, 2008.

BRAVO, M.; BRITO, J. D.; PONTES, J.; EVANGELISTA, L. Durability performance of concrete with recycled aggregates from construction and demolition waste plants. **Construction and Building Materials**, v. 77, p. 357-369, Feb. 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.12.103.

HELENE, P.R.L.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem do concreto**. São Paulo: PINI, 1992. 353 p.

SARAVANAKUMAR, P.; ABHIRAM, K.; MANOJ, B. Properties of treated recycled aggregates and its influence on concrete strength characteristics. **Construction and Building Materials**, v. 111, p. 611-617,

May 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.064.

SCHNEIDER, D. M. Deposições Irregulares de Resíduos da Construção Civil na Cidade de São Paulo. 2003. 131f.. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA, R. V.; BRITO, J. D.; DHIR, R. K. Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production. Construction and Building Materials, v. 65, p. 201-217, Aug. 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.04.117.

VERIAN, K. P.; ASHRAF, W.; CAO, Y. Properties of recycled concrete aggregate and their influence in new concrete production. Resources, Conservation and Recycling, v. 133, p. 30-49, June. 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.02.005.