

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO PRODUZIDO COM AGREGADOS RECICLADOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

GLACIELI DA CRUZ COSTA^{1*}, ENDRIK NARDOTTO RIOS²

¹ Estudante de Engenharia Civil, UNESC, Colatina – ES, glacieli.costa.eng@gmail.com;

² Engenheiro Civil, Professor campus I - UNESC, Colatina –ES, enrios@unesc.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

RESUMO: O setor da construção civil absorve uma quantia considerável de recursos naturais não renováveis. Sendo assim, possui grande contribuição na problemática ambiental, que envolve desde a extração até o descarte final dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Neste cenário, a reciclagem de RCD se apresenta como uma promissora possibilidade de mitigação dos impactos desse processo, visando assim um crescimento mais sustentável. O objetivo do presente trabalho foi caracterizar e avaliar a resistência à compressão do concreto produzido com agregados miúdos e graúdos de RCD, e compará-las com concreto a base de agregados naturais, para fins estruturais. Para isso, foram moldados corpos de provas com diferentes teores de substituição dos agregados, e também do concreto referência, confeccionado com agregados naturais. Com a idade de 7 e 14 dias os corpos de provas foram ensaiados para determinação da resistência. Os resultados revelam possibilidade de aplicação desse resíduo para uso em concreto estrutural com faixas de substituição abaixo de 50% em mistura, seja com substituição de agregado miúdo e graúdo ou apenas agregado graúdo, oriundos de agregados reciclados.

PALAVRAS-CHAVE: agregados reciclados, concreto, reciclagem, resistência.

EVALUATION OF RESISTANCE THE COMPRESSION OF THE CONCRETE PRODUCED WITH RECYCLED AGGREGATES OF CIVIL CONSTRUCTION

ABSTRACT: The civil construction department utilizes one substantial quantity of non-renewable natural resources. Therefore, it has a big contribution on the environmental problematic situation, that involves since the extraction until the final disposal of construction and demolition waste (CDW). In this scenario, the CDW recycling shows itself as a promising possibility of mitigation of these methods' impact, therefore aiming a more sustainable growth. The goal of this work is to analyze some of the main mechanic properties of the concrete produced with CDW's fine and coarse aggregate, and compare them with a natural aggregate concrete, to measure the viability of its use in a structural function. In this regard, specimens were shaped with different aggregate replacement percentage, and also from the reference concrete, made with natural aggregate. With ages of 7 and 14 days the specimens were tested in order to determine the compressive strength. The results reveal the possibility of application to the residue of structural use with the substitution bands of up to 50% in mixture, with the replacement of aggregate of kid and large or only aggregate of large, from recycled aggregates.

KEYWORDS: recycled aggregates, concrete, recycling, load.

INTRODUÇÃO

O intenso processo de industrialização associado ao crescimento populacional tem agitado o setor da construção civil no Brasil e no mundo. Esse segmento por vezes visto como parâmetro de progresso econômico, também é encarregado por diversos problemas urbanos e ambientais enfrentados pelas cidades, devido ao volume de resíduos gerados nas diferentes etapas de construção. Os resíduos da construção civil “são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos”

(RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307, 2002). A resolução versa ainda, que é obrigação dos geradores a correta destinação e beneficiamento do resíduo de construção e demolição (RCD), não podendo ser depositados em aterros de resíduos domiciliares, devendo ser encaminhados a áreas específicas, visando seu reuso ou reciclagem. Apesar de conter impurezas, os problemas gerados pelos RCD's se dão basicamente pela quantidade gerada, e não por possíveis contaminações do ambiente onde é depositado. Visando combater os problemas e prejuízos decorrentes do gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos, foi implantada em 2010 pela Lei nº 12305/10 a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), que se baseia na prevenção e redução dos resíduos, tendo como proposta a prática de adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços, além do aumento da reciclagem dos resíduos sólidos.

Pesquisas já demonstraram a viabilidade técnica e econômica do aproveitamento de agregados reciclados em obras de pavimentação viárias, entre outros destinos que não apresentem função estrutural. Contudo, para que a utilização dos agregados seja em maior escala, é essencial sua utilização em estruturas, sendo assim, estudos sobre o comportamento mecânico de concreto de RCD são de grande importância para o aprimoramento de técnicas que aumentem sua credibilidade e, possibilite sua utilização em demais segmentos, podendo assim, aumentar de maneira considerável o consumo dos agregados reciclados, contribuindo cada vez mais com o meio ambiente. O principal objetivo desse estudo foi avaliar a resistência a compressão do concreto utilizando agregados oriundos de resíduos da construção e demolição em diferentes proporções, comparada a resistência de concreto convencional como referência.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os agregados reciclados utilizados na pesquisa são provenientes de uma usina de reciclagem localizada no município da Serra – ES, a qual forneceu agregados selecionados conforme granulometria específica: agregado graúdo como brita zero e agregado miúdo como areia média. Os agregados naturais foram provenientes da região de Colatina – ES. O cimento utilizado na confecção do concreto foi o CP V – ARI e, para manutenção da plasticidade e trabalhabilidade do concreto, foi utilizado um aditivo superplastificante da marca ADITIBRAS. A figura 01 ilustra uma visão geral da empresa de reciclagem de resíduo da construção civil.

Figura 01. Pátio da empresa fornecedora dos agregados provenientes de resíduos da construção e demolição.



A determinação do traço para o concreto referência, e para os concretos com agregados reciclados foi realizada pelo método ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, método adaptado a partir da tradução da *American Concrete Institute* – ACI - 211. O método define o traço através das características dos agregados, para isso são necessários os seguintes ensaios: determinação da composição granulométrica (ABNT, NBR NM 248:2003); determinação da massa unitária (ABNT, NBR 7251:1982); determinação da massa específica do agregado miúdo (ABNT, NBR NM 52:2002); determinação da massa específica do agregado graúdo (ABNT, NBR NM 53:2009).

A preparação do concreto foi realizada da seguinte maneira: Mistura na betoneira de 50% dos agregados mais o cimento por cerca de 2 minutos; inserção de metade da água com o aditivo misturando por 1 minuto; adição do restante dos agregados misturando por mais 1 minuto; adição do restante da água de amassamento misturando por mais 3 minutos. Os corpos de prova foram moldados

de acordo com a ABNT, NBR 5738, e desmoldados após 24 horas, sendo mantidos em câmara úmida para cura até o momento dos ensaios de resistência.

Em seu estado endurecido avaliou-se a resistência à compressão do concreto (ABNT, NBR 5739:2007). Foram ensaiados três corpos de prova cilíndricos (10 x 20 cm) com a idade de 7 dias e três aos 14 dias.

Todos os ensaios foram realizados no laboratório de Materiais de Construção do Centro Tecnológico de Engenharia Civil do UNESC, campus I, Colatina – ES (Figura 02).

Figura 02. Laboratório de Materiais de Construção Civil – UNESC, campus I, Colatina - ES.



Tendo como variável relevante neste trabalho o percentual de substituição dos agregados naturais pelos agregados reciclados, determinou-se as seguintes taxas de substituição: 100% gráúdo e miúdo, reciclados; 50% gráúdo e miúdo, reciclados; 25% gráúdo e miúdo reciclados; 100% somente gráúdo reciclado e; 50% somente gráúdo reciclado. Ficou determinado ainda, que os agregados miúdos e gráúdos serão peneirados visando reduzir os finos e melhorar a trabalhabilidade do concreto, e também será realizada a pré-molhagem para controle da absorção dos agregados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas 01 e 02 retratam a caracterização dos agregados miúdo e gráúdo, respectivamente.

Tabela 01. Caracterização física do agregado miúdo: natural e reciclado

Agregado Miúdo	Módulo de Finura	Massa específica real (g/cm ³)	Absorção (%)
Natural	2,39	2,69	-
Reciclado	3,16	2,12	8,00 ¹

¹valores médios encontrados na literatura para agregado miúdo reciclado: A partir de Leite (2001) e Silva (2009).

Tabela 02. Caracterização física do agregado gráúdo: natural e reciclado

Agregado gráúdo	Massa Unitária Compactada (g/cm ³)	Massa Específica Real (g/cm ³)	Absorção (%)	Diametro Máximo Característico (mm)
Natural	1,52	2,51	1,25	9,50
Reciclado	1,29	2,28	7,58	9,50

As massas específicas dos agregados de RCD apresentaram valores menores que os agregados naturais. O agregado gráúdo reciclado apresentou massa específica maior que 2,2 g/cm³, valor mínimo recomendado para utilização estrutural, como afirma Araújo et al. (2015). A absorção do agregado gráúdo reciclado foi 6,06 vezes maior que o natural, valor bem próximo do encontrado por Dal Molin e Vieira (2004).

Ficou definido que 50% da absorção será compensada através da pré-molhagem dos agregados, que deverá ocorrer 10 minutos antes do início da produção do concreto. Os agregados reciclados e naturais apresentaram pouca ou nenhuma umidade, sendo esta característica desconsiderada no desenvolvimento do traço.

Com base nos valores encontrados, foi definido o traço do concreto referência, produzido apenas com agregados naturais, e o traço do concreto reciclado. O mesmo traço foi mantido para todos os percentuais de substituição. Na Tabela 03 são apresentados os traços encontrados.

Tabela 03 – Traços do concreto natural e reciclado.

	Cimento	Areia	Brita 0	a/c
Agregado Natural	1,00	1,55	1,89	0,49
Agregado Reciclado	1,00	1,51	1,39	0,49

A princípio optou-se por manter fixa a quantidade de aditivo, porém devido à perda de trabalhabilidade foi necessário ajustar a medida em algumas misturas. Sendo assim, nos traços com concreto natural, 100% gráudo e miúdo, e 25% gráudo e miúdo foi adicionado 5 ml de aditivo por quilo de cimento, e os traços com 50% gráudo e miúdo, 100% somente gráudo e 50% somente gráudo foi adicionado 7 ml de aditivo para cada quilo de cimento.

A tabela 04 mostra os resultados médios (desvio padrão entre parênteses), em MPa, da resistência à compressão nas idades de 07 e 14 dias, para as amostras de concreto moldados conforme as porcentagens substituídas dos resíduos. Cabe ressaltar que os resultados “referência” são representativos do controle amostral sem qualquer substituição, ou seja, moldados com agregados naturais.

Tabela 04 – Resultados em MPa da resistência à compressão em média e desvio padrão para as diferentes amostras de concreto, conforme o delineamento experimental.

Referência	Substituição dos agregados miúdo e gráudo			Substituição do agregado gráudo		
	100%	50%	25%	100%	50%	
	7 dias	29,65 (0,13)	19,23 (4,65)	25,43 (2,96)	22,88 (4,25)	18,54 (2,17)
14 dias	30,31 (2,05)	17,88 (1,18)	25,55 (2,72)	26,44 (3,54)	26,35 (7,02)	27,04 (1,23)

As substituições dos agregados naturais pelos resíduos da construção e demolição representam um declínio da resistência à compressão em qualquer idade com exceção da mistura com substituição de 50% do agregado gráudo na idade de 07 dias com média de 30,64 Mpa. Leite (2001) trabalhando com várias relações a/c evidenciaram redução na resistência à compressão do concreto para qualquer substituição parcial ou completa de agregados de RCD. As misturas com 100% de agregados reciclados em qualquer situação, principalmente nas primeiras idades, não alcançam o valor mínimo exigido para caracterizar um concreto estrutural com resistência mínima de 20 MPa. Já as misturas com 50% e 25 % dos dois agregados atenderam ao valor mínimo que caracterizasse concreto estrutural. Entretanto na mistura de 50% dos dois RCD's, mostrou-se uma queda de 14,2% e 15,7% na resistência a compressão para as idades de 7 e 14 dias, respectivamente e, as misturas com 25% dos dois RCD's geraram uma queda de 22,8% e 12,1% na resistência a compressão para as idades de 7 e 14 dias.

Sabendo-se que quanto mais se avança na idade do concreto maior a tendência de torná-lo mais resistente, no geral é essa a tendência como visto na tabela 04. Entretanto no resultado com mistura de 100% de agregados de RCD a resistência a compressão caiu em torno de 7%, fato que não é comum, o que mostra que o resultado torna-se não confiável, seja pela não homogeneidade dos materiais ou até mesmo pela falta de identificação da composição exata do RCD. Araújo et al. (2015) e Leite (2001) observaram em todos os ensaios uma tendência de incremento de resistência à compressão para todas as misturas de RCD quando se avança na idade.

O resultado com substituição apenas de agregado gráudo em 50% mais se aproximou e equiparou ao concreto “referência”, fato este devido a completa utilização do agregado miúdo natural. Os resultados utilizando apenas agregado gráudo em 100% houve um decréscimo de 37% na resistência a compressão comparado ao concreto “referência”. De maneira similar ao trabalhado dessa pesquisa, Leite (2001) observou uma queda de 16% na resistência, evidenciando que a substituição total do agregado gráudo natural contribui de forma razoável na queda da resistência à compressão.

CONCLUSÕES

Os resultados encontrados relatam uma grande possibilidade da utilização dos RCD's na produção de concreto estrutural, quando se trata da resistência a compressão. Fica evidenciado que margens de 100% de substituição dos agregados de RCD, seja na substituição dos dois agregados ou apenas na substituição do agregado graúdo, geram resultados insatisfatórios inviabilizando tal dosagem. Faixas menores de substituições da ordem de 50% e 25 % geram uma confiabilidade maior, os resultados indicam uma queda inferior diante dessa situação. Os resultados apresentados confirmam a viabilidade da aplicação do concreto reciclado para fins estruturais, no entanto com extrema cautela nos altos teores de substituições de RCD. A literatura mostra, no geral, uma tendência a se aceitar o RCD para produção de concreto para fins estruturais, no entanto torna-se imprescindível estudos específicos voltados para efeitos ainda pouco estudados com esse tipo de material, como por exemplo, a fluência e retração, que trata do comportamento do concreto ao longo da sua vida útil.

AGRADECIMENTOS

O UNESC campus de Colatina, pela oportunidade de trabalhar com pesquisa científica. A empresa URESERRA, localizada no município da Serra - ES, pela pronta disponibilidade em fornecer material reciclado da construção civil para esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Daniel Lima, FELIX, Ludmylla P.; SANTOS, Thiago M.; SILVA, Leonardo C. Influência de Agregados Reciclados de Resíduos de Construção em Propriedades Mecânicas do Concreto. REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 15, n. 4, p- 16-34, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Dosagem de concreto: importância, parâmetros e ajustes laboratoriais (Método ABCP). Disponível em < <http://www.abcp.org.br/cms/download/dosagem-de-concreto-importancia-parametros-e-ajustes-laboratoriais-metodo-abcp/> >. Acesso em 12 de Outubro de 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Determinação da composição granulométrica. NBR NM 248/2003, Rio de Janeiro, 2003, 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregado em estado solto determinação da massa unitária. NBR 7251/1982, Rio de Janeiro, 1982, 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. NBR NM 52/2002, Rio de Janeiro, 2002, 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. NBR NM 53/2009, Rio de Janeiro, 2009, 8 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. NBR 5739/2007, Rio de Janeiro, 2007, 9 p.
- BRASIL. Lei nº 12.305, 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras Providências. Câmara dos Deputados. Brasília, 2. ed., Atualizada em 2012.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. Resolução 307. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, 2002. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307> >. Acesso em 20 de outubro de 2016.
- DAL MOLIN, Denise C. C; VIEIRA, Geilma L. Viabilidade técnica da utilização de concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, v. 4, n. 4, p- 47-63, 2004.
- LEITE, Monica B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001, 290 p.
- SILVA, Cesar A. R. Estudo do Agregado Reciclado de Construção Civil em Misturas Betuminosas para Vias Urbanas. Dissertação (Mestrado) – Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009, 220 p.