



Utilização de resíduos de construção para produção de concreto

Use of construction waste for concrete production

Kétlyn Victória Turetta *, Gustavo Savaris[†],

Lara Victória Meotti de Souza[‡], Alisson Pech[§], Marcos Vinícius Schlichting[¶],

Wilson Leobet^{||}

RESUMO

A produção de resíduos sólidos tem aumentado em grande escala nas últimas décadas, de forma que a destinação adequada tem se tornado um desafio para os gestores. Na construção civil constata-se a geração de um grande volume de resíduos sólidos, principalmente materiais cimentícios e cerâmicos, madeira e papel, que podem ser reutilizados para produção de concretos sem finalidade estrutural. Este trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades mecânicas de uma dosagem de concreto com substituição parcial do agregado natural por agregado reciclado. Ensaios para determinação das propriedades físicas e mecânicas dos concretos produzidos com resíduos foram realizados, demonstrando uma redução da trabalhabilidade e da resistência à compressão axial quando utilizado agregado reciclado, porém para substituição de 5% do agregado natural por agregado reciclado esta redução não foi significativa estatisticamente, ocorrendo reduções de aproximadamente 15% na resistência à compressão quando realizadas substituições de 20% e 40%.

Palavras-chave: Reciclado, concreto, sustentabilidade, resíduos, propriedades mecânicas.

ABSTRACT

The production of solid waste has increased on a large scale in recent decades, so that proper disposal has become a challenge for managers. In civil construction, a large volume of solid waste is generated, such as cement and ceramic materials, wood and paper, which can be reused for the production of concrete with a non-structural purpose. This work aimed to evaluate the mechanical properties of a concrete mix with partial replacement of natural aggregate by recycled aggregate. Tests to determine the physical and mechanical properties of concrete produced with waste were carried out, demonstrating a reduction in workability and axial compressive strength when using recycled aggregate, but for the replacement of 5% of natural aggregate by recycled aggregate this reduction was not statistically significant, with reductions of approximately 15% in compressive strength when replacements of 20% and 40% are performed.

Keywords: Recycled, concrete, sustainability, residues, mechanical properties.



1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a produção de resíduos sólidos tem aumentado de forma que não há atualmente um modelo de destinação eficiente. Letelier et al. (2016) ressaltam que em alguns casos, as propriedades físicas e mecânicas dos materiais produzidos com resíduos satisfazem requisitos estabelecidos em normas, permitindo seu uso em construções. Assim, pesquisadores tem testado a incorporação de diferentes resíduos, em certas porcentagens, como materiais de construção.

Uma das principais aplicações dos resíduos é a substituição de agregados graúdos e/ou miúdos empregados na produção de concretos. Segundo Evangelista et al. (2004) a utilização de agregados alternativos na construção civil, que tem como função promover estabilidade dimensional aos elementos do concreto, vem aumentando com o objetivo de melhorar as propriedades deste ou reduzir os recursos financeiros gastos com o material na construção.

De acordo com Oliveira e Demuelenaere (2007), por mais que a proposta de utilização dos resíduos possua um viés extremamente interessante do ponto de vista ecológico, algumas vezes os parâmetros técnicos não são atingidos. A absorção de água, o formato e dimensões dos agregados reciclados, assim como as impurezas e composição química, influenciam nas propriedades mecânicas dos concretos produzidos com agregados reciclados Yang, Du e Bao (2011).

A presença de materiais cerâmicos nos resíduos, como tijolos, reduz a trabalhabilidade do concreto, devido à absorção de água de amassamento. Segundo Topcu e Sengel (2004), a trabalhabilidade do concreto com agregados reciclados é inferior ao concreto convencional quando mantida constante a relação água/cimento, principalmente para teores de substituição acima de 50%.

Os agregados reciclados também influenciam na resistência à compressão do concreto, que decai gradualmente com o aumento do percentual de substituição, porém alguns autores (LIMBACHIYA; LEELAWAT; DHIR, 2000; SANTOS; LEITE, 2018) ressaltam que substituição do agregado graúdo por agregado reciclado em até 40% não apresentou influência significativa sobre os resultados de resistência à compressão obtidos.

Neste sentido, este trabalho visa contribuir para a sustentabilidade da construção civil, investigar as propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com diferentes teores de agregado reciclado em substituição ao agregado graúdo natural, contribuir na redução do volume de material descartado no meio ambiente e possibilitar a redução da exploração dos materiais naturais.

2 MATERIAIS E MÉTODO

Um programa experimental foi desenvolvido no Laboratório de Materiais de Construção do campus Toledo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná para avaliar a substituição de agregados graúdos naturais por agregados reciclados nas propriedades mecânicas do concreto.

Os concretos foram produzidos utilizando o traço 1:2,49:2,79 (cimento:areia:brita) com relação água/cimento igual a 0,52, adaptado do traço apresentado por Teixeira et al. (2020). Como aglomerante foi utilizado utilizando cimento Portland tipo CP-II-Z-32, e como agregados rocha de origem basáltica e areia natural extraída de rio. Os agregados foram caracterizados quanto à massa específica e distribuição granulométrica por meio de ensaios laboratoriais baseados nas normas NBR NM 52 (ABNT, 2009), NBR NM 53 (ABNT, 2009) e NBR NM 248 (ABNT, 2003).

O agregado reciclado foi doado pela empresa Future, instalada na cidade de Cascavel-PR, que realiza a coleta de entulhos de construção em caçambas e faz a separação de materiais recicláveis, materiais



contaminados por resíduos de gesso e solo (sem destinação específica) e resíduos cimentícios com material cerâmico, que são britados e transformados em brita reciclada graduada.

O agregado reciclado foi classificado quanto à massa específica e distribuição granulométrica por meio de ensaios laboratoriais baseados nas normas NBR NM 52 (ABNT, 2009), NBR NM 53 (ABNT, 2009) e NBR NM 248 (ABNT, 2003). Duas amostras de 500 g de agregado reciclado foram classificadas, sendo separados os componentes em: concreto, tijolo cerâmico, argamassa, brita, cerâmica de revestimento e resíduos não classificáveis, e avaliado o percentual de cada componente nas amostras

As misturas de concreto com agregado reciclado foram definidas considerando a substituição do agregado natural em volume, nas proporções de 5%, 20% e 40%.

2.1 Produção do concreto e corpos de prova

Os concretos foram produzidos utilizando betoneira de eixo inclinável, sendo produzidos 35 litros de concreto em cada betonada, suficientes para moldagem de 18 corpos de prova cilíndricos.

A caracterização do concreto no estado fresco consistiu na determinação da trabalhabilidade, através de ensaio de determinação da consistência do concreto, conforme a NBR NM 67 (ABNT, 1998) e no estado endurecido foram avaliadas as resistências à compressão axial, tração por compressão diametral e módulo de elasticidade, utilizando corpos de prova cilíndricos, 10 cm x 20 cm, moldados e ensaiados conforme normas NBR 5738 (ABNT, 2008) e NBR 5739 (ABNT, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Propriedades dos agregados

Os resultados dos ensaios de granulometria dos agregados naturais graúdo, miúdo e agregado reciclado são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades físicas dos agregados

Propriedade	Areia	Brita 1	Agregado reciclado
DMC (mm)	-	19,0	19,0
Módulo de finura	1,75	-	-
Massa específica do agregado seco (g/cm ³)	2,88	2,64	2,28
Teor de material pulverulento (%)	-	3,86	2,63

Fonte: Autoria própria (2021).

O agregado reciclado era composto por concreto, tijolo cerâmico, argamassa, brita, cerâmica de revestimento e resíduos não classificáveis. Após separação manual em duas amostras de 1 kg de agregado reciclado foram determinadas as proporções dos constituintes do agregado reciclado, sendo: materiais oriundos de concreto e brita, representando 56,96%, cuja incorporação ao concreto não deve apresentar efeitos deletérios, 23,53% de argamassa, que pode ser oriunda de concreto ou rebocos, este último podendo apresentar cal em sua constituição, e 16,21 % de materiais cerâmicos, como tijolos e revestimentos de piso e parede, que podem reduzir as propriedades mecânicas do concreto e alterar sua absorção e permeabilidade, além de 3,3% materiais finos não identificáveis.



3.2 Propriedades do concreto no estado fresco

No estado fresco os concretos foram avaliados quanto ao abatimento de tronco de cone, obtendo-se os resultados 15,9, 12,5, 9,8 e 8,2 cm para os concretos REF, C05, C10 e C20, respectivamente, verificando-se a redução da trabalhabilidade do concreto com a substituição do agregado natural pelo reciclado, semelhante ao apresentado por Topcu e Sengel (2004). Ressalta-se que neste trabalho a relação água/cimento foi mantida constante e não foi utilizado aditivo superplastificante nas misturas.

3.3 Propriedades dos concretos no estado endurecido.

Na Tabela 2 são apresentadas as resistências à compressão axial, tração por compressão diametral e módulo de elasticidade, para cada corpo de prova, juntamente com a média e desvio padrão para cada traço de concreto produzido, obtidos com 6 corpos de prova para cada ensaio, aos 28 dias de idade.

Tabela 2. Resultados dos ensaios de resistência à compressão, tração por compressão diametral e módulo de elasticidade aos 28 dias.

Concreto	f_c (MPa)	Média	Desvio padrão	$f_{t,sp}$ (MPa)	Média	Desvio padrão	E_c (GPa)	Média	Desvio padrão
REF	38,58	38,60a	1,420	2,073	2,924a	0,527	33,4	35,3a	1,246
	40,55			3,125			35,9		
	39,04			2,745			36,4		
	37,74			2,784			34,4		
	39,31			3,633			36,6		
	36,40			3,186			35,0		
C05	35,20	36,06a	1,076	2,514	2,690a	0,469	34,3	34,8a	0,725
	36,79			2,524			35,6		
	36,45			2,488			34,3		
	37,55			2,643			34,3		
	35,75			3,629			35,9		
	34,63			2,349			34,6		
C20	30,11	30,19b	3,149	2,939	3,299a	0,280	33,3	32,8b	1,785
	31,84			3,674			33,9		
	32,40			3,395			32,8		
	30,74			3,531			29,2		
	24,00			3,097			33,9		
	32,03			3,160			33,5		
C40	32,26	32,62b	0,663	3,170	3,116a	0,320	33,1	32,7b	0,403
	31,71			3,157			32,2		
	32,75			3,147			33,3		
	33,71			3,626			32,6		
	32,53			2,944			32,5		
	32,78			2,651			32,7		

Fonte: Autoria própria (2021).



Verifica-se nos resultados obtidos a redução das médias de resistência à compressão axial e do módulo de elasticidade do concreto com a substituição do agregado graúdo natural por agregado reciclado, enquanto para resistência à tração por compressão diametral ocorreram variações, sem uma tendência definida. Os resultados obtidos foram avaliados comparativamente empregando análise estatística de variância (ANOVA), utilizando o programa R.

Na análise de variância o valor-p calculado foi igual a 0,0976 e por ser superior à 0,05 pode-se considerar válida a hipótese de médias iguais entre os tratamentos, enquanto para resistência à compressão axial e módulo de elasticidade o valor-p resultou em 0,0000006 e 0,001061, respectivamente, sendo então comparadas as médias utilizando o método de Tukey-Kramer, sendo indicadas na Tabela 2 por letras iguais as médias que são estatisticamente iguais.

Verifica-se então que o concreto com substituição de 5% do agregado natural por agregado reciclado apresentou resistência à compressão axial e módulo de elasticidade iguais estatisticamente ao concreto de referência, assim como os concretos com substituição de 20% e 40% não apresentaram variação significativa entre seus resultados para estas duas propriedades mecânicas.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram avaliadas experimentalmente as resistências à compressão axial e à tração por compressão diametral e o módulo de elasticidade de concretos produzidos com substituição parcial do agregado graúdo natural por agregado reciclado, sendo possível estabelecer as seguintes conclusões:

- A utilização de agregado reciclado acarretou a redução da trabalhabilidade do concreto devido à presença de como tijolos e revestimentos cerâmicos, os quais absorvem parte da água de amassamento do concreto;
- A resistência à tração por compressão diametral não foi afetada significativamente com a utilização de agregados reciclados até a proporção de 40% avaliada neste estudo;
- A substituição de 5% do volume de agregado natural por agregado reciclado não resultou em redução significativa da resistência à compressão axial e do módulo de elasticidade do concreto em relação ao concreto de referência. Entretanto, para teores mais elevados, de 20 e 40%, verificou-se redução destas propriedades mecânicas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq através de bolsa de pesquisa concedida à primeira autora deste artigo. Desta forma, os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de pesquisa, à UTFPR e ao Grupo de Pesquisa em Materiais e Estruturas pelo suporte para o desenvolvimento do trabalho e à empresa Future pela doação dos agregados reciclados.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.



- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53: Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.** Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.
- EVANGELISTA, A. C. J.; ALMEIDA, V. C.; CORDEIRO, A. C.; ALVES, L. S.; RODRIGUES, R. A. Estudo de materiais alternativos para produção de concretos e argamassas. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável.** Florianópolis, 2004.
- LETELIER, V.; TARELA, E.; MUÑOZ, P.; MORICONI, G. Assessment of the mechanical properties of a concrete made by reusing both: Brewery spent diatomite and recycled aggregates. **Construction and Building Materials**, 114, p. 492-498, 2016.
- LIMBACHIYA, M. C.; LEELAWAT, T.; DHIR, R. K. Use of recycled concrete aggregate in high strength concrete. **Materials Structures**, p. 574–580, 2000.
- OLIVEIRA, A. B. P.; DEMUELENAERE, R. G. A. Execução de Blocos de Concreto Utilizados em Pavimentos Intertravados Elaborados com Resíduos de Concreto. In: **Anais do 59º Congresso Brasileiro do Concreto.** Bento Gonçalves, 2017.
- SANTOS, A. A. M. dos; LEITE, M. B. Avaliação de concretos reciclados com agregado graúdo de concreto dosados pelo método da ABCP modificado. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 341-359, out./dez. 2018.
- TEIXEIRA, G. R. W.; IBRAHIM, L. B.; BALESTRA, C. E. T.; SAVARIS, G. Resistência do concreto curado em baixa temperatura. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 16, n. 1, p. 36-45, 2020.
- TOPCU, B.; SENDEL, S. Properties of concrete produced with concrete aggregate. **Cement Concrete Research**, 34, p.1307–12, 2004.
- YANG, J.; DU, Q.; BAO, Y. Concrete with recycled concrete aggregate and crushed clay bricks. **Construction and Building Materials**, v. 25, p. 1935-1945, 2011.