

ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE AGREGADO MIÚDO POR FRAGMENTOS DE RESÍDUOS CIMENTÍCIOS EM CONCRETOS ESTRUTURAIS

Felipe Rosa Ferreira¹, Edson Nunes Lemes Junior¹, Guilherme Batista Labre¹, e Caroline Rezende Couto Luz².

¹Estudante de graduação em Engenharia Civil – IFTO. E-mail:<felipherosal@gmail.com>

²Professora Mestra, Coordenação de Engenharia Civil - Campus Palmas IFTO. E-mail:<caroline.couto@ifto.edu.br>

Resumo: Este artigo surge de um tema muito importante em todo o mundo: o papel da construção civil na reutilização de resíduos dela. Para tanto, foi feito um estudo do comportamento de um concreto estrutural composto pela substituição do agregado miúdo por fragmentos de resíduos de cimento de blocos de concreto. Para obter parâmetros deste comportamento, foram analisados os valores de resistência à compressão axial (14 e 28 dias), o teste de slump e a massa específica de quatro diferentes traços de concreto (um sem o resíduo e outros três com diferentes porcentagens de resíduo de cimento fragmentos - 5%, 10% e 20%). Os resultados mostraram que não houve variações significativas entre o concreto convencional e o concreto composto pela substituição parcial do agregado pequeno, deixando aberta uma lacuna que possibilita a realização, em trabalhos futuros, de uma posterior análise desse resíduo através do uso de testes de resistência mecânica.

Palavras-chave: cimentício, concreto, comportamento, resíduo, substituição

1 INTRODUÇÃO

A história nos mostra como o processo de civilização humana é responsável pela crescente geração de resíduos e utilização dos recursos. A construção civil assume papel de destaque como uma das principais causadoras destas mazelas. Com o uso de, aproximadamente, 50% dos recursos naturais extraídos no mundo, a construção civil tem provocado graves impactos ambientais (JOHN; AGOPYAN, 2005). Além disso, Cardoso (2017) afirma que 50% dos resíduos gerados no Brasil tem sua origem na construção civil.

De acordo com a ABRELPE (2014) a geração total de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil em 2014 foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas. Enquanto que a coleta de Resíduos da Construção e Demolição (RCD) foi em torno de 45 milhões de toneladas para o mesmo ano, com um aumento de 4,1% em relação ao ano anterior. No entanto, a quantidade total gerada é muito maior, uma vez que os municípios coletam apenas os resíduos lançados nos logradouros públicos.

Segundo Pereira et al. (2012) a perspectiva de aumento no número de resíduos sólidos tem gerado estudos em vários países, quanto às possibilidades de reaproveitamento desses resíduos como agregados. Portanto, visando dar um fim sustentável a uma parte desses RCD, este trabalho tem como enfoque a análise da substituição parcial de agregado miúdo, em concretos estruturais, por fragmentos de resíduos cimentícios e assim averiguar os resultados de resistência à compressão axial, abatimento do tronco de cone (slump test) e massa específica em relação à um concreto convencional.

2. METODOLOGIA

Outrossim, no que tange aos objetivos, apresenta-se a análise da plasticidade, absorção do concreto e sua resistência à compressão aos 14 e 28 dias, comparando os resultados, a partir de um traço padrão e outros três com diferentes quantidades incrementadas de resíduos cimentícios.

2.1 Caracterizações dos materiais

2.1.1 Caracterização dos agregados miúdos e graúdos.

Foram utilizadas areia e brita naturais da região de Palmas; sendo estas cedidas pelo IFTO. Todas as características desses materiais foram encontradas por meio do uso das devidas normas regulamentadoras vigentes. Os dados podem ser observados nas tabelas 1 e 2 abaixo:

Tabela 1 – Caracterização do agregado miúdo

CARACTERÍSTICA	AGREGADO MIÚDO
Massa específica (NBR NM 52:2009)	2.62 g/cm ³
Massa unitária (NBR NM 45:2006)	1.60 g/cm ³
Teor de pulverulentos (DNER – ME 083/98)	1.32%
Dimensão máxima (NBR NM 248:2003)	4.8 mm
Módulo de finura (NBR NM 248:2003)	2.15

NBR= norma brasileira; NM= norma Mercosul; DNER=departamento nacional de estradas de rodagem; ME= método de ensaio.

Tabela 2 – Caracterização do agregado graúdo

CARACTERÍSTICA	AGREGADO GRAÚDO
Massa específica (NBR NM 53:2003)	2.59 g/cm ³
Massa unitária (NBR NM 45:2006)	1.32 g/cm ³
Dimensão máxima (NBR NM 248:2003)	12,5 mm

NBR= norma brasileira; NM= norma Mercosul.

2.1.2. Cimento Portland e água

Foi empregado cimento do tipo CP II – Z 32 (Cimento Portland Composto com Pozolana) fabricado pela Cimentos Planalto – CIPLAN. O mesmo foi adquirido em uma loja de materiais de construção da cidade de Palmas - TO e sua massa específica, fornecida pelo fabricante, possui o valor de 2.96 g/cm³. Já a água utilizada foi a fornecida pela rede de abastecimento do instituto e retirada de torneiras convencionais.

2.1.3. Resíduos cimentícios

Produto a ser reaproveitado, os RCD cimentícios (blocos de concreto) foram coletados manualmente em uma espécie de descarte irregular contido no Instituto Federal do Tocantins; o qual também compreendia materiais de outra natureza (resíduos cerâmicos e resíduos de corpos de prova de concreto). Após essa coleta, os resíduos foram levados para o laboratório de máquinas do mesmo local; sendo feita assim a sua completa fragmentação e posterior peneiramento (separação por meio das peneiras 0.15 mm e 4.8 mm para a retirada de torrões e material pulverulento). Com o material devidamente separado, fez-se o ensaio de massa unitária do “agregado”, obtendo-se o valor de 1.21 g/cm^3 (NBR NM 52:2009). Em seguida, todo o material foi armazenado em recipientes metálicos, estando assim, pronto para o uso. A sequência de processamento do resíduo pode ser observado na figura 1 a seguir, com fotos retiradas pelos próprios autores:



Figura 1 sequência de processamento do resíduo cimentício.

2.2. Cálculo do traço

Os valores do traço padrão, a ser executado, foi calculado manualmente por meio das premissas do método de cálculo de dosagem ACI, o qual consiste em uma adaptação brasileira do método do *American Concrete Institute* – ACI. A partir dos populares “sete passos”, foram obtidas as proporções referentes ao uso de cimento, areia, brita e água, respectivamente (traço – 1 : 1.91 ; 1.94 ; 0.516); sendo estes os componentes da mistura. Posteriormente, de forma arbitrária, definiu-se que as porcentagens a serem substituídas parcialmente no agregado miúdo pelo resíduo cimentício seriam as de 5%, 10% e 20%, buscando não obter perdas consideráveis no comportamento físico-mecânico do concreto.

2.3. Execução do concreto

As etapas de separação, pesagem e mistura dos materiais foram desenvolvidas na empresa Controle Engenharia, localizada na cidade de Palmas. Com o traço em mãos e porcentagens de



substituição definidas, foram também calculadas as proporções que diziam respeito ao resíduo a ser colocado na mistura.

Com os insumos pesados e separados, iniciou-se a execução do traço T0. Em seu fim, fez-se a limpeza por completo da betoneira e prosseguiu-se com a produção dos traços T1, T2 e T3. Ao final de cada traço, foram confeccionados 6 corpos de prova. Conforme porcentagens de substituição apresentada na tabela 3 a seguir:

Tabela 3 - Porcentagem de substituição de agregado miúdo por resíduos em cada traço

TRAÇO	PORCENTAGEM DE RESÍDUO
T0	0%
T1	5%
T2	10%
T3	20%

2.3.1 Ordem de lançamento na betoneira

Em todos os traços feitos, os materiais do concreto a ser produzido obedeceram a uma ordem de lançamento e um tempo de mistura, os quais podem ser observados na tabela 4 a seguir:

Tabela 4 - Ordem de lançamento e tempo de mistura dos materiais utilizados.

SEQUÊNCIA DE LANÇAMENTO	TEMPO DE MISTURA DOS
1º	($\frac{1}{2}$ água + brita) - 1 min 30 s
2º	($\frac{1}{2}$ água + cimento) - 1 min 30 s
3º	(areia ou areia + resíduo) - 1 min 30 s

2.3.2 Slump test

Em todos os traços feitos, após o fim da mistura, foram realizados a determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (slump test) conforme NBR NM 67:1998. Este ensaio apresenta parâmetros relativos à consistência e mostrará o quanto o concreto com adições de resíduos perderá ou ganhará em trabalhabilidade quando comparado ao que não possui essa adição. O aspecto visual do ensaio pode ser observado na figura 2 a seguir, com fotos retiradas pelos próprios autores após a realização do ensaio:

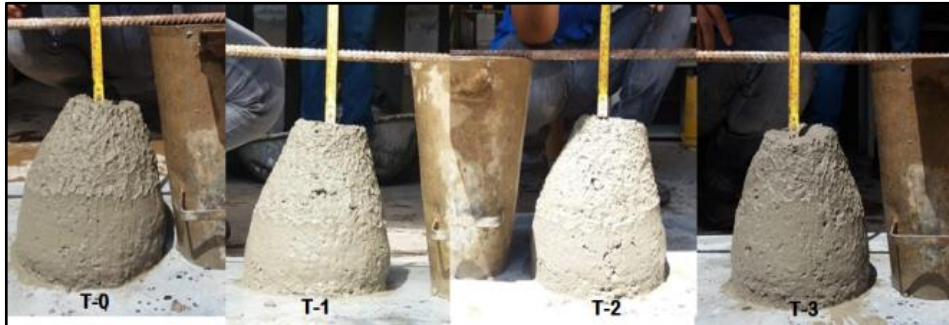


Figura 2 Slump test T0; T1; T2 e T3.

2.4 Ensaio de Compressão axial

O ensaio de resistência à compressão axial foi realizado conforme a NBR 5739:2018 que determina os parâmetros do ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Os ensaios ocorreram quando os traços atingiram as idades de 14 e 28 dias de confecção, com 3 corpos de prova para cada traço.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Massa específica

Massa específica é a relação entre a massa do concreto e seu volume, sem considerar os poros permeáveis à água. O ensaio foi realizado após 14 dias de confecção dos traços, foi determinado pela relação da massa do concreto pelo seu volume. O resultado foi obtido pela média aritmética simples dos 6 corpos de prova de cada traço (T0, T1, T2 e T3), onde se é possível perceber que a substituição do agregado miúdo pelo o resíduo proporcionou uma redução na massa especifica do concreto. Conforme a tabela 5 a seguir expõem:

Tabela 5 - Massa específica dos traços

TRAÇO	PORCENTAGEM DE RESÍDUO	MASSA ESPECÍFICA (Kg/dm ³)
T0	0%	2.31
T1	5%	2.29
T2	10%	2.28
T3	20%	2.28

3.2. Abatimento do tronco de cone (slump test)

O Slump test foi o ensaio que apresentou uma maior variação de resultados. Quanto maior a porcentagem de resíduos no traço, menor foi a trabalhabilidade. Esta mudança pode ser associada a massa unitária do resíduo, que por ter um valor inferior à da areia, absorve maior quantidade de água, fazendo com que haja perda na trabalhabilidade. A maior variação foi encontrada no traço T3, conforme pode ser observado na tabela 6 a seguir:

Tabela 6 - Ensaio de Slump test em cada um dos traços.

TRAÇO	PORCENTAGEM DE RESÍDUO	SLUMP TEST (mm)
T0	0%	100
T1	5%	90
T2	10%	80
T3	20%	75

3.3. Resistência à compressão axial

O ensaio de compressão axial é o ensaio responsável por testar uma das principais e mais esperadas características de um concreto estrutural, a resistência a compressão. Os resultados de resistência foram obtidos através da média aritmética simples do resultado de 3 corpos de prova de cada traço aos 14 dias de cura e aos 28 dias. Com tais resultados foi possível observar que a substituição do agregado por resíduo não teve significativa variação na resistência final do concreto, além de que em determinadas substituições foi observado um pequeno ganho de resistência, como no caso do traço T2. Tais resultados podem ser observados na tabela 7 e tabela 8, de rompimento aos 14 e 28 dias de cura respectivamente:

Tabela 7 - Resistência à compressão axial (14 dias).

TRAÇO	PORCENTAGEM DE RESÍDUO	MÉDIA (Mpa)
T0	0%	21,815
T1	5%	19,548
T2	10%	22,061
T3	20%	20,414

Tabela 8 - Resistência à compressão axial (28 dias).

TRAÇO	PORCENTAGEM DE RESÍDUO	MÉDIA (Mpa)
T0	0%	22,999
T1	5%	22,473
T2	10%	23,459
T3	20%	23,657



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os resultados obtidos pode-se concluir que não houve significativas variações com a substituição parcial de agregado miúdo por resíduos cimentícios.

Em relação a trabalhabilidade (slump test) foi onde obteve maiores variações. Entretanto, todos os resultados do slump test estão dentro da variação esperada, que era de +/- 25mm.

No que tange a resistência à compressão axial, podemos concluir que a substituição parcial de agregado miúdo por resíduos cimentícios em concretos estruturais é viável e apresenta um sentido sustentável.

Para futuros trabalhos, recomendamos que se faça um maior emprego de ensaios de resistência mecânica, permitindo, assim, que haja uma maior análise da viabilidade da confecção de concretos estruturais com este tipo de resíduo.



REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 26**. *Agregados – Amostragem: Referências: Elaboração*. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**. *Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de Vazios*. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 46:2003**. *Agregados – Determinação do material fino que passa na peneira 75 μ m, por lavagem..* Referências: Elaboração. Rio de Janeiro, 2010.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776**. *Agregados – Determinação da massa específica Chapman*. Referências: Elaboração. Rio de Janeiro, 1987.

JOHN, V.M.; AGOPYAN, N. **Reciclagem de resíduos da construção**. https://www.researchgate.net/publication/228600228_Reciclagem_de_residuos_da_construcao. Acesso em 12 de janeiro de 2019.

Associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. 2014**. <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>. Acesso em 03 de janeiro de 2019.

Pereira, Eduardo; Medeiros, Marcelo Henrique Farias de; Levy, Salomon Mony, (2012). **Durabilidade de concretos com agregados reciclados: uma aplicação de análise hierárquica**. *Ambiente Construído*.