

CONCRETO COM RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO: DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO MÉTODO DE DOSAGEM

MARCELO SUBTIL SANTI¹; RAFAELA MEDINA DA SILVA²; BEATRIZ DIANE DE OLIVEIRA SOUZA²; VENANCIO AYRES DE MESQUITA NETO²; GUILHERME HÖEHR TRINDADE³

¹Universidade Federal de Pelotas – m.subtilsanti@outlook.com

²Universidade Federal de Pelotas – rafaelamediina@hotmail.com, beatrizdiane@hotmail.com, venancioayresneto@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – guihoehr@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

Com a difusão e entendimento acerca das mudanças ambientais e a conscientização crescente relativa a preservação do meio ambiente em todos os ramos industriais, aumenta a cada dia a necessidade de conservar o máximo de recursos naturais, visando uma melhor qualidade de vida da população e redução nos custos de produção.

Como apontado por TUTIKIAN e DAL MOLIN (2008), o concreto é o material mais consumido na construção civil. Dados coletados pelo Sindicato Nacional da Indústria do Cimento, material básico para produção do concreto, em 2009 foram comercializadas aproximadamente 52 mil toneladas de cimento chegando a quase 58 mil toneladas em 2016, tendo um pico de 71,703 mil toneladas em 2014, com base nesses dados podemos concluir que consumo de concreto cresce de maneira expressiva.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2011), os resíduos sólidos gerados pela construção civil representam de 50 a 70% da massa total produzida no Brasil. Apesar de regularizada da resolução CONAMA nº 307, a disposição irregular do resíduo é uma prática comum entre as empresas do ramo. Em estudo realizado pela Fundação Dom Cabral (2012), foi apontado que 75% dos recursos naturais e 44% da energia produzida no país são consumidas na construção civil.

Diante do expressivo impacto ambiental e as problemáticas advindas deste setor, fica evidente a necessidade de buscar alternativas tecnológicas que minimizem estes problemas. Sendo o concreto utilizando RCD uma alternativa para sanar ambos os problemas apontados anteriormente, este trabalho propõe uma inovação para dosagem de concretos estruturais considerando a substituição dos agregados graúdos de origem natural por agregados de resíduos de construção e demolição (RCD) a partir de uma análise das propriedades no estado fresco (trabalhável).

2. METODOLOGIA

2.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados foram: Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI), agregado graúdo de origem granítica brita 0 e 1, agregado miúdo de origem natural (areia) e aditivo superplastificante de 3ª geração. Também, resíduos de construção e demolição (RCD), constituídos por materiais cerâmicos, concreto e argamassa, adquirem de duas fontes distintas. Através de ensaios de caracterização dos materiais foram identificadas as seguintes propriedades dos materiais: massas específicas em g/cm³ (areia = 2,6, brita 0 = 2,62, brita 1 = 2,66, RCD 0 = 2,16, RCD 1 = 2,23 e cimento = 3,01), unitárias em g/cm³ (areia = 1,45,

brita 0 = 1,33, brita 1 = 1,22, RCD 0 = 0,83, RCD 1 = 0,75), conforme as NBR NM 52 de 2009, NBR NM 45 de 2006 e NBR NM 53 de 2009, respectivamente.

2.2 MÉTODOS

Para utilização do RCD foi necessário realizar uma triagem preliminar separando os materiais indesejados como madeira e plástico. Após essa triagem o material passou por um processo de britagem, com o auxílio de um britador de mandíbulas, e peneiramento para separação das granulometrias necessárias para seu emprego como agregado graúdo para concreto. Assim como a brita, o RCD foi selecionado em duas faixas de tamanho: material passante na peneira 9,5mm e retida na 4,75mm, correspondente a brita 0 e passante na peneira 19mm e retido na 9,5mm, correspondente a brita 1.

Após o preparo do RCD foi realizado uma inspeção visual para identificar a composição do material. Para isso o material foi homogeneizado com o auxílio de uma betoneira, em seguida foi separado uma quantidade de material e dividido em duas categorias: cerâmicos e cimentícios. O critério utilizado foi a cor do material analisado de maneira visual, concluindo uma composição 40% cerâmica (vermelho) e 60% cimentícia (cinza). Essa identificação de categorias, assim como as propriedades identificadas na caracterização dos materiais, se faz necessárias, pois influenciam diretamente nos novos parâmetros considerados nesse novo método de dosagem para concreto.

Conforme identificado no ensaio de absorção de água, o agregado de RCD absorve maior quantidade em comparação com a brita natural. Buscando compreender o comportamento dessa diferença entre esses materiais nas propriedades do concreto no estado fresco, foram realizados experimentos para medir a taxa de absorção e de perda de água do RCD. Com esse experimento identificou-se que a taxa de absorção de água do RCD foi, em média, 0,57 g/h e a taxa de perda de água foi, 89,6 g/h. Estes dois ensaios, absorção e perda de água, foram fundamentais para definir a quantidade de água de pré-molhagem descrita adiante.

De maneira a comprovar a validade do novo método de dosagem para o concreto com o emprego do RCD, foi realizado um traço de referência sem RCD. Para esse estudo de dosagem foram estipulados os teores água/cimento (a/c) de 0,65; 0,45 e 0,35 (traço pobre, médio e rico) e a substituição do agregado natural por 20, 50 e 100% de RCD.

Para que os concretos confeccionados apresentassem características que permitissem a comparação entre eles, foram fixadas as variáveis de consumo de cimento (C) e relação água/materiais secos (H), variado com o a/c, e teor de argamassa (α), fixado em 54%, calculadas pelas formulas a seguir:

$$m = a + b + r \quad \text{eq. 1}$$

$$\alpha = \frac{(1 + a)}{(1 + m)} \quad \text{eq. 2}$$

$$H = \frac{a/c}{(1 + m)} \quad \text{eq. 3}$$

$$C = \frac{1000}{\frac{1}{\gamma_c} + \frac{b0}{\gamma_{b0}} + \frac{b1}{\gamma_{b1}} + \frac{r0}{\gamma_{r0}} + \frac{r1}{\gamma_{r1}} + \frac{a}{\gamma_a} + \frac{a}{c}} \quad \text{eq. 4}$$

Sendo: **a**, **b** e **r** respectivamente massa de areia, brita e RCD; γ a densidade dos materiais.

No estado fresco do concreto foi verificado a trabalhabilidade através do slump teste, seguindo a norma NBR NM 67 – 1998, e também a coesão da mistura por inspeção visual.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da metodologia empregada foram obtidos os seguintes traços unitários com as características previamente definidas e variáveis calculadas. Os valores obtidos empregando o novo método de dosagens para concretos estão descritos nos quadros 1, 2 e 3, respectivamente.

ID	Brita 0	Brita 1	RCD 0	RCD 1	Areia	Cimento	m=a+b+r (g)	Aditivo (% em massa do cimento)	Pré Molhagem (% em massa de RCD)	Consumo de Cimento (kg/m³)
Referência	1.12	2.61	-	-	3.39	1	7,12	3.52%	-	270,56
20% RCD	0.88	2.05	0.22	0.51	3.31	1	6,97	2.34%	3.51%	270,64
50% RCD	0.54	1.25	0.54	1.25	3.19	1	6,76	3.65%	3.50%	270,68
100% RCD	-	-	1.03	2.39	3.02	1	6,43	2.22%	3.51%	270,75

Quadro 1. Dosagem de concreto com a/c = 0,65.

ID	Brita 0	Brita 1	RCD 0	RCD 1	Areia	Cimento	m=a+b+r (g)	Aditivo (% em massa do cimento)	Pré Molhagem (% em massa de RCD)	Consumo de Cimento (kg/m³)
Referência	0.78	1.81	-	-	2.04	1	4,62	1.88%	-	393,16
20% RCD	0.61	1.42	0.15	0.36	1.98	1	4,52	0.66%	3.52%	393,18
50% RCD	0.37	0.87	0.37	0.87	1.90	1	4,38	2.21%	3.50%	393,31
100% RCD	-	-	0.71	1.66	1.78	1	4,15	1.94%	3.50%	393,50

Quadro 2. Dosagem de concreto com a/c = 0,45.

ID	Brita 0	Brita 1	RCD 0	RCD 1	Areia	Cimento	m=a+b+r (g)	Aditivo (% em massa do cimento)	Pré Molhagem (% em massa de RCD)	Consumo de Cimento (kg/m³)
Referência	0.60	1.41	-	-	1.36	1	3,37	1.36%	-	508,57
20% RCD	0.47	1.11	0.12	0.28	1.32	1	3,30	1.80%	3.50%	508,37
50% RCD	0.29	0.67	0.29	0.67	1.26	1	3,18	2.03%	3.50%	508,54
100% RCD	-	-	0.55	1.29	1.16	1	3,01	1.67%	3.50%	508,80

Quadro 3. Dosagem de concreto com a/c = 0,35.

A identificação das propriedades dos concretos no estado fresco está descrita no quadro 4.

Referência			20% RCD			50% RCD			100% RCD		
a/c	Slump (cm)	Relação água/materiais secos H	a/c	Slump (cm)	Relação água/materiais secos H	a/c	Slump (cm)	Relação água/materiais secos H	a/c	Slump (cm)	Relação água/materiais secos H
0.65	17	0.080	0.65	18	0.080	0.65	20	0.084	0.65	18	0.087
0.45	23	0.080	0.45	13	0.080	0.45	21.5	0.084	0.45	21.5	0.087
0.35	19	0.080	0.35	16.5	0.080	0.35	24	0.084	0.35	13	0.087

Quadro 4. Relação H e slump para os concretos investigados.

Fazendo uma análise dos dados podemos observar que conforme ocorre o aumento na substituição do agregado natural, a massa total de agregados (m) diminui. Entretanto a substituição de massa interfere de maneira ínfima no volume total produzido de concreto. Para controlar este volume foi definido manter a constante fixa H, corroborando com isso podemos observar o praticamente constante consumo de cimento para um mesmo a/c.



Para manter o teor de argamassa fixo foi necessário fazer uma correção na massa de areia devido às diferenças na massa específica entre o RCD e o agregado natural. A solução encontrada foi a redução da massa de areia e brita de maneira proporcional à diferença de massa apresentada entre o agregado natural e o RCD.

Ao caracterizar o RCD foi observado uma absorção de água de 12,31% sobre a massa do agregado, este valor se torna expressivo quando comparado à brita natural de origem granítica que apresenta uma absorção de 0,79%. Para evitar que o RCD absorvesse a água destinada a hidratação do concreto foi proposta uma pré-molhagem do agregado reciclado. Em ensaio realizado foi observado que o RCD absorveu 59% da sua capacidade, ou 7,3% sob a massa do agregado, em 5 min e uma absorção extremamente lenta no tempo posterior. Também foi observado que em condições ambientes o mesmo possuía 3,8% de umidade incorporada. Por fim, a água pré-molhagem foi realizada com 3,5% da massa total de agregado reciclado, sendo realizada a mistura dentro da betoneira, anteriormente a realização do traço, misturando o agregado por 5 minutos com a água de pré-molhagem.

Para atingir um slump mínimo necessário para um bom adensamento, valor de 10 cm, foi necessário empregar a adição de um superplastificante. Ao utilizar o aditivo, todos os slumps atingiram valores superiores que o mínimo, sendo o maior 24 cm, no traço com $a/c = 0,35$ e 50% de RCD, utilizando 29,23g de aditivo (2,03% da massa do cimento) e o menor 13 cm encontrado nos traços $a/c = 0,45$ e 20% de RCD, utilizando 7,4 g (0,66% da massa do cimento) e $a/c = 0,35$ e 100% de RCD, utilizando 24,15 g (1,67% da massa do cimento). Devido à grande variabilidade comportamental do aditivo não foi possível prever uma quantidade exata a ser utilizada para padronizar os traços neste quesito.

4. CONCLUSÕES

Nesta etapa do trabalho foi possível obter trabalhabilidade mínima necessária em concretos com e sem agregado reciclado. Também atingimos o objetivo de incluir a variável relativa ao RCD nas fórmulas de dosagem e manter os parâmetros pré-definidos nos traços. Para maior compreensão sobre o comportamento do concreto com RCD serão realizados ensaios de resistência e módulo de elasticidade neste material. No entanto, essa inovação na metodologia de dosagem para concreto considerando o emprego do RCD e suas propriedades características como agregado graúdo se mostra promissora.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45 - Agregados – Determinação da massa unitária e o volume de vazios**. 2006.

_____. **NBR NM 52 – Agregado Miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente**. 2009.

_____. **NBR NM 53 – Agregado Miúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. 2009.

_____. **NBR NM 67 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. 1998.



Núcleo de Sustentabilidade. **O setor da construção está atrás do restante do País.** Fundação Dom Cabral. Acessado em 12 set. 2017. Online. Disponível em: <http://www.fdc.org.br/blogespacodialogo/Lists/Postagens/Post.aspx?ID=307>

Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Guia para elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos.** Brasília 2011.

Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. **Números.** Acessado em 26 set. 2017. Online. Disponível em http://www.snic.org.br/numeros_dinamico.asp

TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; DAL MOLIN, Denise Carpena Dal. Concreto autoadensável. São Paulo, 2008.