

## CONCRETOS CONVENCIONAL E COM ADIÇÃO DE CAVACOS DE ALUMÍNIO: ESTUDO COMPARATIVO

Luiza Maria Moreira Vilar<sup>1</sup>, Ana Paula Moreno Trigo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Civil, IFSP, Câmpus Votuporanga - SP, luiza\_vilar@hotmail.com

<sup>2</sup> Professora do Curso de Engenharia Civil, IFSP, Câmpus Votuporanga - SP, apmtrigo@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.01.01.00-0 Construção Civil

Apresentado no

10º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP ou no 4º Congresso de Pós-Graduação do IFSP

27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

**RESUMO:** O concreto vem sendo utilizado há muito tempo na construção civil, mas, devido a algumas limitações, surgiram novas tecnologias para melhorar o seu desempenho. Uma dessas tecnologias consiste em adicionar materiais metálicos, como fibras de aço, na matriz cimentícia; embora não seja uma tecnologia nova, ainda é pouco empregada na construção civil. Assim, pesquisas recentes estão voltadas para o emprego de fibras alternativas, como o cavaco de alumínio, oriundo do processo de usinagem de peças. Desta forma, este trabalho tem como objetivo analisar o comportamento do concreto com adição de cavacos de alumínio, tanto no estado fresco, com a trabalhabilidade, quanto no estado endurecido, com resistência à compressão, à tração e absorção de água. Ao comparar o concreto referência com os concretos contendo resíduo, foi possível avaliar a influência do cavaco de alumínio na mistura.

**PALAVRAS-CHAVE:** concreto; cavaco de alumínio; trabalhabilidade; compressão; tração; fissuração.

### CONVENTIONAL CONCRETE AND WITH THE ADDITION OF ALUMINUM CHIPS: COMPARATIVE STUDY

**ABSTRACT:** The concrete has been used for many years in civil construction, but due to some limitations, new technologies have emerged to improve its performance. One of these technologies consists in adding metallic materials, as steel fibers, to the cement matrix; although this is not a new technology is still little used in civil construction. Thus, recent researches are directed to the use of alternative fibers, such as aluminum chips, from the machining process. In this way, this study aims to analyze the behavior of the concrete with addition of aluminum chips, both in the fresh state, with the workability, and hardened state, with resistance to compression and traction, water absorption and state of cracking. The results will be compared with those obtained in a reference concrete, without addition, and it is possible to evaluate the influence of the aluminum chip in the mixture.

**KEYWORDS:** concrete; aluminum chip; workability; compression; traction; cracking.

### INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje o concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil, devido à fácil moldagem, baixo custo, quando comparado a outros, e mão de obra não qualificada, podendo ser empregado em obras desde as mais simples até as mais complexas (LIMA *et al*, 2014). Entretanto, o concreto possui limitações, entre elas, a resistência à tração. Buscando melhorar tal característica, pesquisas se voltam para a adição de fibras de aço à matriz cimentícia, agregando, assim, propriedades do aço ao concreto de modo a obter um material mais resistente e eficiente (FIGUEIREDO, 2011).

Desta forma, o presente trabalho propõe a inserção de cavacos de alumínio ao concreto. Os resíduos são provenientes de processos de usinagem realizados em aulas práticas no Laboratório de Mecânica do IFSP, Campus Votuporanga, e se encontram disponíveis para uso. O estudo de concretos com cavaco de alumínio ainda é pouco difundido na área da construção civil, sendo necessárias

pesquisas que auxiliem tanto no conhecimento das características das fibras quanto no comportamento mecânico do concreto quando estas forem inseridas. O presente trabalho vem, portanto, contribuir neste sentido.

## MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste trabalho foi desenvolvida em duas fases. Na primeira fase foi feita a caracterização dos materiais cavaco de alumínio, areia, brita e cimento. A segunda fase refere-se ao estudo de dosagem e confecção dos traços de concreto baseado no método da ABCP/ACI.

Para a caracterização da brita e da areia foram realizados os ensaios de análise granulométrica (NBR NM 248: 2003), massa específica (NBR NM 52: 2009 e NBR NM 53: 2009) e massa unitária (NBR NM 45: 2006). Em relação ao cimento, as características foram fornecidas pelo fabricante.

A caracterização do cavaco de alumínio consistiu no corte do mesmo em tamanhos de aproximadamente 3 e 9 centímetros. Serão estudados três teores de adição do resíduo nas misturas, sendo: Teor 20, com 6,92 kg/m<sup>3</sup> de cavacos de alumínio (correspondente à 20 kg/m<sup>3</sup> de fibras de aço); Teor 25, com 8,65 kg/m<sup>3</sup> de cavacos de alumínio (correspondente à 25 kg/m<sup>3</sup> de fibras de aço); e Teor 30, com 10,38 kg/m<sup>3</sup> de cavacos de alumínio (correspondente à 30 kg/m<sup>3</sup> de fibras de aço).

Em seguida, foram confeccionados sete traços de concreto: Traço Controle (sem adição de cavacos de alumínio), Traço 20-3 e 20-9 (com cavacos no Teor 20 e tamanhos de 3 e 9 cm), Traço 25-3 e 25-9 (com cavacos no Teor 25 e tamanhos de 3 e 9 cm) e Traço 30-3 e 30-9 (com cavacos no Teor 30 e tamanhos de 3 e 9 cm). Na sequência, foi analisada a trabalhabilidade dos traços de concretos (NBR NM 67:1998) e feitas moldagem e cura dos corpos-de-prova (NBR 5738:2007).

Foram moldados oito corpos-de-prova cilíndricos para cada traço de concreto, sendo três ensaiados na resistência à compressão (NBR 5739:2007), três na resistência à tração por compressão diametral (NBR 7222: 2011) e dois na absorção de água (NBR 9778:2005). Assim, será possível avaliar a influência dos diferentes teores de cavacos de alumínio em tais propriedades.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A TABELA 1 mostra os resultados de caracterização da areia e da brita. Considerando diâmetro máximo e módulo de finura, o agregado miúdo classifica-se como areia média na zona ótima (NBR 7211:2009), e o agregado graúdo (brita basáltica) como brita 1 (Ministério de Minas e Energia, 2009).

TABELA 1. Resultados de caracterização dos materiais utilizados.

Denominação	$\phi_{\text{máx}}$ (mm)	Módulo de finura	Massa esp. absoluta (g/cm <sup>3</sup> )	Massa unit. solta (g/cm <sup>3</sup> )	Massa unit. compactada (g/cm <sup>3</sup> )
Areia	2,4	2,46	2,648	1,527	1,549
Brita	19	6,67	2,834	1,585	1,638

Fonte: próprio Autor.

O cimento usado foi o CP II-F-32, com massa específica absoluta igual a 2,96 g/cm<sup>3</sup>. A partir dos resultados de caracterização foram feitos os cálculos de dosagem dos concretos, resultando no traço controle 1:1,59:2,71:0,47, usado como referência para os demais traços, mudando-se apenas a quantidade de cavaco de alumínio utilizada. A TABELA 2 apresenta o consumo de materiais dos traços. O teor de cavaco de cada traço foi calculado dividindo-se a quantidade ótima de fibras de aço para uso em concreto, indicada pelo fabricante, pela relação entre as massas específicas do aço e a do alumínio.

TABELA 2. Consumos (kg) de material por m<sup>3</sup> de concreto dos traços estudados.

Traços	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	Água (kg/m <sup>3</sup> )	Areia (kg/m <sup>3</sup> )	Brita (kg/m <sup>3</sup> )	Cavaco de Alumínio (kg/m <sup>3</sup> )
Traço Controle	425,53	200,00	668,26	1162,98	-
Traço 20	425,53	200,00	668,26	1162,98	6,92
Traço 25	425,53	200,00	668,26	1162,98	8,65
Traço 30	425,25	200,00	668,26	1162,98	10,38

Fonte: próprio Autor.

Na TABELA 3 estão os resultados de abatimento, resistência à compressão, à tração e absorção de água dos traços estudados. Observa-se que a trabalhabilidade do concreto diminuiu em torno de 22,2% ao se adicionar cavaco de alumínio de 3 cm, sendo a perda mais significativa para teores maiores de substituição e com fibras mais longas, chegando a 66,7% para o Traço 30-9. Em termos de resistência à compressão, a adição acarretou queda média de 15%. Para a resistência à tração, todos os traços tiveram os valores reduzidos, exceto o Traço 20-3 que apresentou ganho de 5,6% após inserção do resíduo. E os valores de absorção de água se elevaram em 7%, na média, após introdução do cavaco, sendo condizente com a queda na resistência à compressão apresentada pelos concretos com adição.

TABELA 3. Resultados médios de resistência à compressão, à tração, absorção de água e abatimento dos traços estudados.

Traços/Resultados	Traço Controle	Traço 20-3	Traço 20-9	Traço 25-3	Traço 25-9	Traço 30-3	Traço 30-9
$f_{c,28}$ (MPa)	30,98	27,09	26,67	26,80	24,62	25,15	24,39
$f_{t,28}$ (MPa)	3,22	3,40	2,91	2,89	2,65	2,60	2,14
Absorção (%)	5,19	5,34	5,42	5,51	5,62	5,60	5,83
Abatimento (mm)	150,0	130,0	65,0	120,0	60,0	100,0	50,0

Fonte: próprio Autor.

## CONCLUSÕES

Ao comparar o concreto referência com os concretos contendo cavaco de alumínio, pode-se concluir que o resíduo acarretou diminuição nos valores das propriedades mecânicas, sendo esta atribuída à formação de grumos e consequente inserção de vazios no interior da mistura, ocasionada pela alta ductilidade do alumínio e má distribuição das fibras no concreto. Com isso conclui-se que, apesar de serem uma opção ecologicamente correta e sustentável, os cavacos de alumínio provenientes da usinagem de peças, usados tal como saem do torno, não são eficientes como as fibras de aço.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR/NM 45: agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.
- \_\_\_\_\_. NBR/NM 52: agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
- \_\_\_\_\_. NBR/NM 53: agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.
- \_\_\_\_\_. NBR/NM 67: concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
- \_\_\_\_\_. NBR/NM 248: agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- \_\_\_\_\_. NBR 5738: concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2007.
- \_\_\_\_\_. NBR 5739: concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- \_\_\_\_\_. NBR 7222: concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.
- \_\_\_\_\_. NBR 9778: argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.
- FIGUEIREDO, A. D. Concreto reforçado com fibras. 2011. Tese (Livre Docência em Materiais e Componentes de Construção Civil) – EPUSP, USP, São Paulo, 2011.
- LIMA, C. I. V. *et al.* Concreto e suas inovações. Caderno de Graduação da Faculdade Integrada Tiradentes – FITS, Maceió, v. 1, n. 1, mai. 2014. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/index.php/fitsexatas/article/view/1285>>. Acesso em: 10 mai. 2019.