



CONCRETO COM ADIAÇÃO DE RESÍDUOS DE INDÚSTRIA METAL MECÂNICA PARA FINS DE FABRICAÇÃO DE PEÇAS PRÉ-MOLDADAS SEM FUNÇÃO ESTRUTURAL

*Gisele Hiromi Matsumoto de Freitas¹; Ronan Yuzo Takeda Violin²;
Judson Ricardo Ribeiro da Silva³*

RESUMO: A indústria de fibra de aço produz um resíduo sólido que não possui um destino adequado. Ao incorporar esse resíduo no concreto diminui-se a poluição causada por ele no meio ambiente e melhoram as propriedades do concreto. Com a substituição em percentual da areia pela fibra de aço, reduzimos o uso de agregados naturais, cuja extração gera impactos ambientais. E com o concreto de flexibilidade ele trará benefícios, como não precisando de reparos e tendo durabilidade maior. O concreto flexível desenvolvido a partir de fibras de aço o torna mais resistente e sua massa mais leve, auxiliando assim para que as obras não atrasem seu cronograma e minimizando o uso de recursos naturais. Desta forma o objetivo geral deste trabalho consiste em avaliar as características do concreto obtido pela substituição de parte da areia do concreto por fibra de aço e de reduzir sua manutenção. Para o desenvolvimento da pesquisa, foram realizados ensaios de granulometria dos agregados, *slump-test*, também chamado de teste de abatimento do tronco de cone, ensaios de rompimento de corpos de prova para análise da resistência (conforme a idade do molde) e relatórios de amostragem de dados. Com a análise dos dados e resultados do *slump-test* e da resistência à compressão notou-se que fazendo a substituição parcial da areia por metal tem-se um concreto com resistência maior e com um abatimento aceitável. Conclui-se que o resultado obtido com a substituição parcial da areia é de uma resistência superior ao esperado.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto; Fibra de aço; Flexível; Resistência.

ABSTRACT: A Steel fiber industry produces a solid residue which does not have an appropriate destination. By incorporating this residue in concrete decreases the pollution caused by it in the environment and improve the properties of concrete. With the replacement percentage of sand by steel fiber, reduce the use of natural aggregates, whose extraction generates environmental impacts. And with the flexibility it will bring concrete benefits, such as not needing repairs and having greater durability. The flexible concrete developed from steel fibers makes it tougher and lighter mass, thus helping to ensure that the works do not delay your schedule and minimizing the use of natural resources. Therefore, the objective of this study is to assess the characteristics of the concrete obtained by replacing part of the sand for steel fiber concrete and reduce maintenance. For the development of research, tests were performed grading of aggregates, slump-test, also called test rebate frustum, tests disruption of specimens for analysis of resistance (depending on the age of the mold) and reports data sampling. In the data analysis and test results of the slump, and compressive strength was noted that by doing partial substitution of the sand by metal has a higher specific resistance and a reduction acceptable. It was concluded that the result obtained by the partial substitution of the sand is a resistance higher than expected. As your flexibility not obtained an expected result by not using appropriate additives.

¹ Acadêmica do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Maringá – Unicesumar, Maringá – Paraná. Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI/CNPq). gisele-hiromi@hotmail.com.

² Orientador e docente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Maringá – Unicesumar, Maringá - Paraná. ronan.cesumar@gmail.com ; ronan.violin@cesumar.br

³ Co-orientador e docente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Maringá – Unicesumar, Maringá - Paraná. judson.silva@cesumar.br

KEYWORDS: Concrete; Flexible; Resistance; Steel fiber.

1. INTRODUÇÃO

"O concreto é atualmente o material de construção mais utilizado do mundo, em função de diversos fatores, dentre eles, o principal, sua facilidade de conformação" (CARVALHO, 2008).

"As fibras de aço podem ser classificadas fibras de alto módulo de elasticidade. Logo podem ser consideradas como fibras destinadas ao reforço primário do concreto, ou seja, não se destinam ao mero controle de fissuração" (FIGUEIREDO, 2000).

O Brasil já conta com fabricantes de fibras de aço desenvolvidas especialmente para o reforço do concreto e a produção mensal dos mesmos já ultrapassou a centena de toneladas. Com isto, cresceu muito a importância econômica deste material, o qual será objeto principal de análise neste trabalho. "As vantagens do emprego do concreto reforçado com fibras de aço são bem conhecidas do meio técnico internacional e começam a ser nacionalmente" (FIGUEIREDO, 2000).

Mindess em 1995 chega a apontar a utilização de fibras no concreto como de grande interesse tecnológico mesmo em estruturas convencionais de concreto armado, onde, em conjunto com o concreto de elevado desempenho, aumenta a competitividade do material, quando comparados com outras tecnologias como a das estruturas de aço, por exemplo (FIGUEIREDO, 2000, p.12).

Já esse concreto foi desenvolvido para dobrar e se quebrar em finíssimas lacunas, que são metade de um diâmetro de um fio de cabelo. Ele tem seu auto conserto com apenas adição de água e dióxido de carbono (CO₂). Esse concreto pode tornar a obra mais segura e durável. Possui uma sigla em inglês de *ECC (Engineered Cementitious Composites)*, e foi desenvolvido pelo professor de engenharia Victor Li, da universidade de Michigan (EUA) (MINARD, 2010, p.23).

Esse concreto já foi utilizado em uma ponte nos Estados Unidos (EUA) na cidade de Michigan como mostra a figura 1. Disse LI, (2009), "uma das grandes atrações, para além de reduzir os requisitos de manutenção, é o fato de que [o concreto novo] é muito calmo", sem juntas de dilatação (YANG, 2007)



Figura 1: Manutenção da ponte em Michigan (CEE Newsletter)

O trabalho de reparação mais recente, realizado sobre esta estrutura era uma fina sobreposição de asfalto betuminoso, para se estender a vida da ponte por mais 5 a 7 anos, foram utilizado o concreto flexível nessas juntas de dilatação, por volta de 20 m, que

seriam 3 caminhões de 7 m³ cada. Fora essas faixas que foram feitas, também houve a reforma da ciclovia.

O concreto convencional com o passar do tempo de sua vida útil irá apresentar desgastes reduzindo as suas propriedades mecânicas e físicas, o que difere do concreto com adição de fibras e características de maleabilidade, onde permite a dobra da peça de concreto em formato de “U”, sem que o ocorra a quebra, apenas com o aparecimento de fissuras, que em contato com água possuem a propriedade de se expandir e fechar as fissuras que vieram a aparecer.

Nesse contexto, este projeto tem seu foco justamente sobre o concreto flexível reforçado com fibras de aço, principalmente no que se refere aos aspectos tecnológico e sustentável. Assim, a questão de pesquisa que norteia este estudo na viabilidade de adicionar fibras de aço de resíduos da indústria metal mecânica em concretos que apresentem a propriedade de maleabilidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa desenvolveu-se nos laboratórios do Centro Universitário de Maringá (Unicesumar), na qual se produziu 60 corpos de prova para análise de suas características físicas através de ensaio de compressão para determinação da resistência.

Para composição do traço de concreto, fez-se necessário a realização dos ensaios por meio das normas:

- NBR 6.457/ 1986 – Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização;
- NBR NM 248/ 2001 – Agregados - Determinação da composição granulométrica;
- NBR 12.655/ 2006 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento;
- NBR NM 67/1998 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone;
- NBR 5.739/ 1994 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.

Para desenvolvimento utilizou-se o traço de concreto para resistência de $F_{ck} = 20$ MPa, composição para volumétrica de 1:3:3 (1 saco de cimento de 50kg, 3 caixas de areia fina lavada, 3 caixas de brita 0.) e fator água-cimento 0,3125 (32 litros). A dimensão da caixa utilizada foi de 35x35x32cm (largura x comprimento x altura).

Para produzir os corpos de prova utilizou-se Cimento Portland CII 32 E, água potável. O traço de concreto supracitado possui em sua composição a adição de fibras sintéticas, na qual, substituem-se por fibras de aço, resíduos de outra fonte geradora.

Converteu-se o traço de concreto em volume para o traço em massa para realização dos ensaios, através da densidade dos agregados graúdos e miúdos.

Considera-se, segundo Nandes (2011), areia fina seca com densidade de 1500 kg/m³, pedrisco com 1430 kg/m³, cimento Portland 1200 kg/m³.

O traço de concreto, em massa, definiu-se como traço “convencional” para ser a referência sem adição de fibras de aço “cavaco de torno”.

A adição das fibras de aço “cavaco de torno”, procedeu-se durante a mistura do concreto. A fibra de aço obtida da metalúrgica encontra-se em estado bruto, assim faz-se necessário a retirada de todas as impureza contidas agregadas ao resíduo. Procedeu-se com a limpeza das fibras de aço por meio da lavagem com solvente “gasolina” para

retirada de óleo e graxas. As fibras de aço, em grande maioria, são os resíduos do torneamento de peças metálicas, comum conhecido como “cavaco de torno”.

Após retiradas de óleos e graxas, deixou-se as fibras de aço exposto ao sol para secagem do solvente e procedeu-se com o corte do material em peças de tamanho padrão em 2 cm de comprimento.



Figura 2. Fibra de aço “cavaco de torno”, AUTOR

Desenvolveram-se dois traços, os quais durante o estudo foram chamados “convencional” e o “com substituição”. O preparo foi realizado na betoneira e para a colocação dos componentes foi feita uma ordem, que é:

- Parte da água (80%);
- Cimento;
- Agregado graúdo;
- Agregado miúdo;
- Restante da água;
- Cavaco de torno, para o concreto “com substituição”.

As proporções de adição para o desenvolvimento dos traços de concreto foram:

- 50,0 gramas;
- 100,0 gramas;
- 150,0 gramas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ensaio granulométrico para 720 gramas de areia fina e brita 0, obteve-se uma maior proporção (5%) de agregado miúdo com dimensões de 300 μm , 4,50% para agregado graúdo com dimensões de 4,75mm, conforme apresentado nas Figuras 3 e 4.



Figura 3. Curva granulométrica do agregado miúdo (areia)



Figura 4. Curva granulométrica do agregado graúdo (brita)

O traço de concreto, em massa, obtido (47,04kg : 176,4kg : 168,168kg), que dividiu-se por 6 para transformar o traço tendo com referência 6 kg para o cimento, limitação da balança analítica, assim obteve-se o traço de 6kg : 29,4 : 28,028 e 4,08 litros de água através de interpolação linear em relação ao traço inicial.

Para o preparo do concreto, pesaram-se todos os materiais e conforme a NBR 12.655/2006 preparou-se o concreto, com as respectivas adições de “cavaco de torno”.

Após o preparo dos traços de concreto “convencional”, “substituição de 50g”, “substituição de 100g” e “substituição de 150g”, obteve-se o resultado para o ensaio de abatimento de cone (*Slump Test*), conforme se apresenta na Tabela 1 e Figura 5.

Tabela 1. Resultados do *slump-test*

Traço de Concreto	Abatimento de cone (<i>slump test</i>) (cm)
Convencional	4,00
Substituição de 50 g	3,20
Substituição de 100 g	2,50
Substituição de 150 g	2,00



Figura 5. Slump-test do traço "com substituição de 100 gramas"

Os resultados de resistência do concreto foram determinados para o tempo de 7, 14 e 21 dias de cura úmida apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Rompimento do corpo de prova, analisando a resistência fck (Mpa)

Traço de concreto		Corpo de Prova				
		CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
Convencional	7 dias	15,85	16,19	16,14	15,92	16,5
	14 dias	17,25	18,45	18,39	17,64	18,89
	21 dias	19,03	20,76	19,4	20,95	20,37
Substituição de 50 g	7 dias	16,00	17,83	16,98	17,64	17,58
	14 dias	18,02	19,87	18,69	19,37	19,75
	21 dias	19,76	21,08	19,98	20,98	21,00
Substituição de 100 g	7 dias	17,66	17,52	17,03	17,71	17,92
	14 dias	19,67	19,48	19,12	19,89	20,10
	21 dias	21,52	21,14	20,99	21,76	22,13
Substituição de 150 g	7 dias	17,99	18,01	18,32	18,28	18,43
	14 dias	19,87	20,03	20,37	20,18	20,4
	21 dias	21,02	22,29	22,64	22,39	22,79

Observa-se que as adições dos resíduos de torno apresentam melhora na resistência a compressão para o concreto.

4. CONCLUSÃO

Por meio de esta pesquisa conclui-se que a adição do "cavaco de torno" apresenta melhora a resistência do concreto, em relação ao aumento o do valor do Fck, observa-se que o aumento da quantidade de "cavaco de torno" diminui o valor do "slump test" adaptando a um traço de concreto convencional a possibilidade de menor teor de água com trabalhabilidade e maior resistência a flexão tridimensional devido a orientação das fibras de aço na composição do concreto.

O emprego da fibra de aço em elementos sem fins estruturais como calçamento, guias e sarjetas irá melhorar as condições de resistência destes materiais com isso aumentaria a vida útil, assim pode-se empregar em órgãos públicos, como prefeituras, por

possuírem setor de manutenção de máquina e também setor de obras públicas, na qual são produzidos artefatos de cimento, com a diminuição da manutenção destas peças.

Esta pesquisa necessita de um estudo mais aprofundado em relação a determinação de outros indicadores para esse tipo de concreto como determinação do módulo de elasticidade longitudinal (E) e transversal (G), coeficiente de Poisson, resistência a abrasão.

5. REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR NM 67**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR 5.739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6.457**: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.655**: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

ASSUNÇÃO, J. W. **DOSAGEM RACIONAL DO CONCRETO**. Maringá: Centro de Tecnologia Departamento De Engenharia Civil, 2009. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAeGYAH/dosagem-concreto>>. Acesso em: 6 de junho de 2012.

CARVALHO, João Dirceu Nogueira de. Sobre as origens e desenvolvimento do concreto. **Revista Tecnológica**, Maringá, v. 17, n. , p.95-112, 23 mar. 2008.

FIGUEIREDO, Antônio Domingues de. **Concreto com fibras de aço**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000. 70 p.

MINARD, Anne. Bendable Concrete Heals Itself -- Just Add Water. **The Spill**, [S.L], n. , p.23, 28 out. 2010. National Geographic. Disponível em: <<http://ngm.nationalgeographic.com/2010/10/table-of-contents>>. Acesso em: 15 mar. 2012.

YANG, Yingzi et al. Autogenous healing of engineered cementitious composites under wet–dry cycles. **Cement And Concrete Research**, Estados Unidos, v. 39, n. 5, p.382-390, 01 dez. 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884609000222>>. Acesso em: 10 abr. 2012.