

Concreto de alto desempenho para estruturas de proteção

High performance concrete for protective structures

RESUMO

O presente artigo busca mostrar materiais alternativos que podem ser incorporados no concreto, para aumentar o efeito de mitigação de ondas de choque de barreiras de proteção do tipo *Blast-Wall* e também aumentar sua resistência, que além de atender sua função estrutural, atende a segurança e proteção nas vias públicas. O reforço do concreto contribui para sua durabilidade, pois diminui a necessidade de reparos constantes nas estruturas, aumentando assim seu tempo de vida útil. Portanto, a investigação proposta buscará avaliar experimentalmente o benefício da incorporação de diferentes materiais no traço do concreto. Analisando assim os benefícios que esse material pode agregar e melhorar na durabilidade do concreto. Este trabalho buscou referências do comportamento da fibra de aço quando incorporada ao concreto, analisando seu comportamento mecânico, como sua resistência a compressão e módulo de elasticidade e com os resultados obtidos, serviu de embasamento para a confecção de placas de concreto submetidas ao impacto de projeteis em Tibúrcio (2019).

PALAVRAS-CHAVE: Concreto de alta resistência. Agregados. Impacto.

ABSTRACT

This paper aims to show alternative materials that can be incorporated into concrete, to increase the shockwave mitigation effect of Blast-Wall protection barriers and to increase their resistance, which, besides meeting their structural function, meets safety and protection on public roads. The reinforcement of the concrete contributes to its durability, as it decreases the need for constant repairs to the structures, thus increasing its useful life. Therefore, the proposed investigation will try to experimentally evaluate the benefit of incorporating different materials in the concrete trace. Thus analyzing the benefits that this material can add and improve the durability of concrete. This work sought references of the behavior of steel fiber when incorporated into concrete, analyzing its mechanical behavior, such as its compressive strength and modulus of elasticity. in Tiburcio (2019).

KEYWORDS: High strength concrete. Aggregates. Impact.

Aline Viana Pereira
aline.1996@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Campo Mourão, Paraná,
Brasil

Jeferson Rafael Bueno
jefersonrafael@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Campo Mourão, Paraná,
Brasil

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais importantes da construção civil já desenvolvido. Muito procurado por sua versatilidade, que permite sua utilização em diversas áreas da construção. Novas tecnologias foram desenvolvidas ao longo dos últimos anos que permitiram que a produção de concreto elevasse consideravelmente sua resistência à compressão, trabalhabilidade e durabilidade. Porém apesar de todo o progresso, cada material apresenta determinadas limitações, o concreto continua apresentando um comportamento frágil quando se estuda a sua resistência à tração, sendo necessária a adição de outros materiais na sua composição para garantir uma maior resistência.

Para melhorar este baixo desempenho, uma proposta de solução seria a utilização de fibras descontínuas dispersas na matriz cimentícia, no qual o material seja capaz de suportar solicitações de tração mais elevadas e apresentar um melhor comportamento frente à deformação.

Existem diversos tipos de fibras de diferentes materiais, como por exemplo, o aço, o carbono, o vidro, os asbestos, a aramida, o polipropileno, o sisal, o coco e o bambu, que se adicionadas ao concreto podem reforçar as matrizes, gerando diferentes características.

Nesta pesquisa buscou-se estudar a adição de materiais ao concreto no intuito de aumentar a resistência à tração da estrutura de concreto para garantir a segurança contra impactos balísticos. Para isso buscou-se um concreto de alta resistência, com a finalidade de melhorar e aumentar sua resistência.

Deste modo, com a realização de pesquisas e dos embasamento teóricos definiu-se neste trabalho o traço que foi utilizado para a confecção das placas e corpos de prova de concreto, a determinação das dimensões que as placas teriam e ainda a quantidade que seria confeccionada em Tibúrcio (2019).

Este trabalho busca novas tecnologias para melhorar o desempenho do concreto, como as fibras. A que será analisada neste trabalho é a fibra de aço, com o objetivo de analisar seu comportamento quando uma placa de concreto é submetida a ensaios contra impactos balísticos.

Caso o ensaio com essas placas apresente um resultado positivo, o concreto que suportar impacto balísticos pode ir às ruas e ser uma forma a mais de proteção, como a segurança de vias públicas, empregando barreiras de concreto que possibilitem a contenção de projéteis oriundo de tiroteios para evitar que adentrem as vias urbanas.

Com intuito de melhorar e aumentar a resistência do concreto com a adição de materiais de reforço interno, como a fibra de aço, tem-se o objetivo de aumentar as propriedades mecânicas da estrutura de concreto e diminuir assim o

estilhaçamento e evitar a perfuração das placas de concreto por projéteis com a utilização do traço abordado neste trabalho.

Ao adicionar fibras de aço, com o módulo adequado, ao concreto com um teor apropriado, o material deixa de possuir características mais frágeis. Isso acontece devido à fibra funcionar como ponte de transferência de tensões nas fissuras, diminuindo assim a concentração das mesmas nas extremidades da fissura. Deste modo, tem-se uma grande diminuição da velocidade de propagação das fissuras no material que passa a ter um comportamento pseudo-dúctil ou não frágil.

MATERIAIS E MÉTODO

Para a pesquisa, os procedimentos metodológicos podem ser divididos em quatro etapas:

- Etapa 1: definição dos materiais a serem utilizados;
- Etapa 2: moldagem dos corpos-de-prova e placas de concreto;
- Etapa 3: cura e desmoldagem;
- Etapa 4: ensaios de propriedades mecânicas do concreto.

Na primeira etapa por embasamento teórico, definiu-se os materiais, procurando uma maior resistência inicial, por isso escolheu o CPV-ARI e manteve o traço utilizado por Magalhães (2012). Sendo ele:

- a) cimento CPV – ARI;
- b) areia natural de rio lavada com módulo de finura igual a 2,88 e dimensão máxima característica de 2,4 mm;
- c) Brita 0, agregado graúdo foi gnaisse britado com dimensão máxima característica de 9,5 mm;
- d) aditivo superplastificante, solução de policarboxilato modificado de TEC FLOW 7000;
- e) sílica ativa SILITEC;
- f) Fibra de aço marca Wirand® FF1 da Maccaferri, conforme especificações do quadro 1.

Quadro 1 – Especificações da Fibra de Aço

Características	Wirand® FF1
Diâmetro (mm)	1,00 ± 0,1
Comprimento (mm)	50 ± 0,5
Fator de forma – comprimento/ diâmetro	50
Número de fibras por kg	3244
Resistência à tração do aço (MPa)	>1100
Módulo de elasticidade (GPa)	210

Fonte: Modificado de Maccaferri (2012).

Com os materiais definidos obteve-se o traço para um concreto de 70 MPa, conforme especificado no Quadro 2:

Quadro 2 – Composição do Traço de 70 MPa

Componentes	Traço Massa	Consumo (kg/m ³)
Cimento CPV-ARI	1	457
Areia	1,59	726
Brita 0	2,27	1039
Sílica ativa	0,10	46
Superplastificante	0,02	9,1
Água	0,35	160

Fonte: Modificado de Magalhães (2012).

A moldagem das placas foi realizada na seguinte ordem: colocou-se na betoneira primeiramente todo o agregado graúdo e 1/3 da água, misturou-se cerca de 3 minutos para que toda a brita seja molhada, em seguida adicionou-se o cimento CPV-ARI, a sílica ativa e 1/3 de água e misturou por mais 3 minutos, para que toda a brita fosse envolvida pela pasta de cimento, logo após, acrescentou-se o agregado miúdo e 1/3 de água restante misturada com o superplastificante, adicionou-se por fim as fibras de aço, colocadas manualmente aos poucos de forma lenta e uniforme deixando a betoneira girar por 5 minutos para a homogeneização completa do concreto.

Na segunda, terceira e quarta etapa todos os procedimentos foram feitos na própria instituição, com o auxílio dos técnicos dos laboratórios de materiais e de estruturas para realizar os devidos ensaios. Primeiramente foi passado desmoldante em todas as placas e corpos de provas confeccionados, a cura do concreto foi a submersa e com os corpos de prova se realizou os ensaios de compressão axial e módulo de elasticidade.

Ainda, uma quinta etapa está associada a esta pesquisa, a qual corresponde aos ensaios de resistência balística das placas de concreto. Os procedimentos e resultados estão apresentados em Tibúrcio (2019). Isso se deve ao fato de a presente pesquisa estar inserida em grupo de pesquisa sobre o Aumento de resistência de barreiras de proteção à explosão (Blast Wall) via tecnologia do concreto, no qual cada membro tinha sua função determinada e os resultados dos ensaios das placas, encontra-se em Tibúrcio (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos do ensaio de compressão axial nos corpos de provas foram após 28 dias deles submersos e mais 7 dias armazenados em condições ambiente dentro do laboratório.

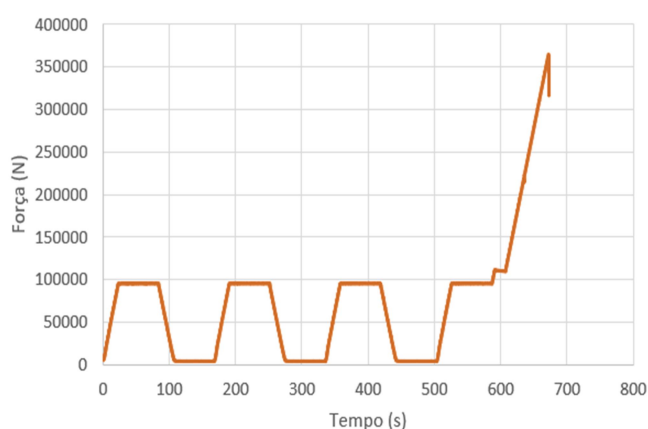
Sendo três corpos de prova cilíndricos, dos quais um destinado ao ensaio de resistência à compressão axial e dois submetidos ao ensaio de módulo de elasticidade, todos eles ensaiados com o traço sem adição de fibra, pois Tibúrcio (2019) explica que a resistência à compressão não era o foco do trabalho e sim o impacto da fibra quando submetida ao ensaio balístico.

Inicialmente os corpos de prova foram retificados. Em seguida foram levados ao laboratório de estruturas da instituição, no qual o CP3 foi submetido a

um ensaio de compressão axial segundo a ABNT NBR 5739:1994 e o CP1 e CP2 foram submetidos ao ensaio de módulo de elasticidade, segundo a ABNT NBR 8522:2017.

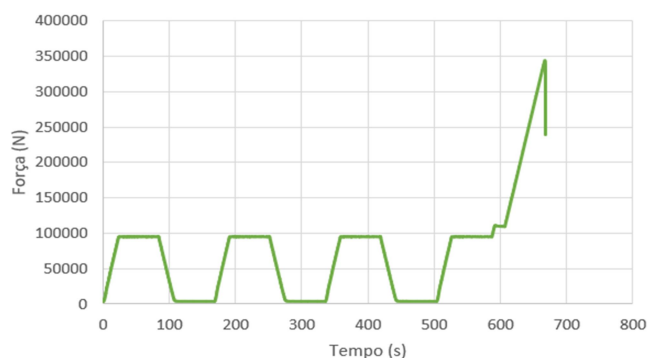
Com o resultado do ensaio de módulo de elasticidade no CP1 conclui-se que a força máxima foi de 364,14 kN, a resistência efetiva foi de 46,27 MPa com módulo de elasticidade de 55,4 GPa de acordo com a Figura 1. No ensaio de módulo de elasticidade do CP2, com o ensaio conclui-se que a força máxima foi de 344,50 kN, a resistência efetiva foi de 43,78 MPa e o módulo de elasticidade foi de 36,3 GPa, segundo a Figura 2. E o ensaio de compressão do CP3 resultou em uma força máxima de 319,42 kN e uma resistência efetiva à compressão de 40,39 MPa, conforme mostra a Figura 3.

Figura 1- Força x Tempo CP1



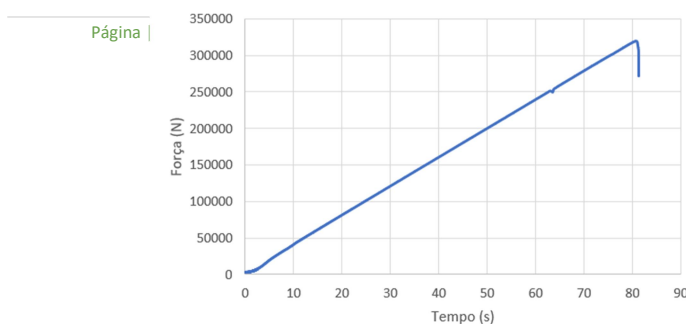
Fonte: Tiburcio (2019)

Figura 2 – Força x Tempo CP2



Fonte: Tiburcio (2019)

Figura 3 – Força x Tempo CP3



Fonte: Tiburcio (2019)

CONCLUSÃO

Com os resultados apresentados, conclui-se que os ensaios realizados com os corpos de prova sem fibra não foram satisfatórios para caracterizar como concreto de alta resistência e comparado a dados teóricos dos estudos de Magalhães (2012) e Garcez (2005) o concreto reforçado com fibras apresenta maior resistência ao impacto de projéteis, apresentando fissuras menores, obtendo um comportamento diferente do previsto, o típico comportamento frágil do material quando tracionado. Portanto, com a utilização de fibras, nas placas de concreto pode-se garantir menor fissuração do concreto para a realização dos ensaios balísticos. As fibras se distribuem de forma aleatória no concreto, reforçando assim toda a placa e não apenas em determinados lugares, o que normalmente ocorre quando são utilizadas armaduras convencionais, essa afirmação pode-se ser comprovada com a pesquisa de Tibúrcio (2019), sendo uma continuação do trabalho aqui abordado.

Conclui-se que a fibra adicionada ao concreto melhora a compressão axial e o traço estudado neste trabalho pode-se ser utilizado para os ensaios balísticos e o esperado é que tenha resultados satisfatórios na absorção do impacto, causando menores fissuras no concreto. Neste trabalho o resultado de compressão não foi o esperado possivelmente ao mau manuseio na confecção dos corpos de prova.

REFERÊNCIAS

TIBURCIO, G D. **ANÁLISE EXPERIMENTAL DE PLACAS DE CONCRETO SUBMETIDAS A IMPACTO DE PROJÉTEIS EM ALTA VELOCIDADE**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

Magalhães Junior, F L. **Concreto armado reforçado com fibras sob cargas de impacto para a segurança de vias públicas**. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro, Instituto Militar de Engenharia, 2012.

Garcez, E A. **Análise teórico – experimental do comportamento de concretos reforçados com fibras de aço submetidas a cargas de impacto**. 2005. Dissertação (Mestrado em Estruturas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, PPGEC, UFRGS, Porto Alegre.