

INCORPORAÇÃO DE FIBRA DE GARRAFA PET EM CONCRETO COMO ADIÇÃO

INCORPORATION OF PET BOTTLE FIBER IN CONCRETE AS ADDITION

Fernando Batista da Rocha Jorge¹

Diogo Pedreira Lima²

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos

² Me. Diogo Pedreira Lima (Orientador)

RESUMO: A utilização de materiais alternativos na construção civil cresce com o aumento da necessidade de minimizar os impactos causados no meio ambiente e ao mesmo tempo diminuir os custos através da reutilização de materiais que iriam para o lixo. Um desses materiais é o PET (Polietileno tereftalato), material com certa resistência e flexibilidade. Esse estudo analisou a resistência do concreto a tração quando incorporado com fibra de garrafa PET como adição, verificando a viabilidade desta união. No entanto, não foi possível se obter o resultado esperado, isso se dá devido as disposições das fibras de PET no concreto conforme as adições de teores de fibras, uma vez que quanto maior o teor de fibra, menos homogênea se torna a mistura, o que reduz a resistência do concreto com o decorrer dos dias de cura. Para trabalhos futuros é aconselhado modificar a utilização de fibras de PET para pó de PET, com o intuito de se obter uma mistura mais homogênea.

Palavras-chave: PET. Fibra. Resistência. Concreto.

ABSTRACT: The use of alternative materials in civil construction grows with increasing need to minimize impacts on the environment while lowering costs through

the reuse of materials that would go to waste. One such material is PET (Polyethylene Terephthalate), a material with a certain degree of strength and flexibility. This study aims to analyze the mechanical behavior of concrete when incorporated with PET bottle fiber as addition, verifying the feasibility of this union. However, it was not possible to obtain the expected result, this is due to the provisions of the PET fibers in the concrete according to the additions of fiber contents, since the higher the fiber content, the less homogeneous the mixture becomes, the which reduces the strength of the concrete over the course of curing days. For future work, it is advisable to modify the use of PET fibers to PET powder, in order to obtain a more homogeneous mixture.

Keywords: PET. Fiber. Resistance. Concrete.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil está entre os setores que geram maior produção de resíduos para a sociedade e esse descarte se tornou um assunto cada vez mais delicado. A reutilização do resíduo pode contribuir diretamente na redução dos impactos ambientais. Aproximadamente 76% dos resíduos sólidos vão parar em aterros sanitários, no qual 17 % deste percentual correspondem ao Politereftalato de Etileno (PET) e outros plásticos (CEMPRE, 2017).

No decorrer dos anos, houve um aumento nos estudos realizados e na implantação de novas tecnologias voltadas à sustentabilidade. Em sua maioria direcionada a aplicação no concreto, visando obter melhor desempenho, durabilidade e redução de custos.

Freire e Beraldo (2003) propõem o emprego de materiais alternativos na construção civil como uma solução econômica e adequada. Segundo Onuki e Gasperetto (2013), existem no mercado diversos tipos de fibras que, quando incorporadas ao concreto, podem minimizar o comportamento frágil do concreto, no entanto, o custo das mesmas é elevado.

O concreto apresenta elevada resistência aos esforços de compressão, no entanto, seu desempenho à tração é ruim. Com isso surge a necessidade de se adicionar um composto que terá por finalidade reforçar a resistência à tração do concreto. Geralmente se utilizam fibras de aço, nylon ou carbono, que possuem custo

elevado. Por demonstrar bastante elasticidade, resistência térmica e mecânica, o emprego do PET se adapta (teoricamente) muito bem na construção civil, pois mesmo tempo reduz o custo do concreto integrado com fibras se comparado com os outros tipos encontrados no mercado atual, também auxilia na redução dos impactos ambientais ocasionados pelo descarte impróprio.

As fibras têm como papel principal minimizar as fissuras que podem se formar no concreto, sob as ações de cargas externas, mudanças de temperatura entre outros fatores. Devido a sua elasticidade, acredita-se que a incorporação do PET no concreto, venha a ocasionar aumento na resistência à tração minimizando o fissuramento, justificando as premissas desse projeto.

O PET já vem sendo estudado como uma alternativa para a substituição de agregados naturais na confecção de concreto, por ser 100% reciclado e possuir alta resistência, além de seu baixo custo de produção, se torna ideal para a fabricação de novos produtos (BETIOLI, 2003).

2 METODOLOGIA

Para verificar a influência dos diferentes teores de fibras de PET na resistência do concreto, foram confeccionados corpos de provas com diferentes teores de fibras (1%, 1,5% e 2% em relação ao volume total de concreto confeccionado). Com os resultados obtidos no ensaio de tração por compressão diametral realizou-se uma comparação da resistência do concreto conforme os diferentes teores de fibra PET.

Essa composição é baseada nos estudos apresentados por Pereira (2016), onde as proporções que atenderam os limites mínimos da NBR 15823-2:2017 foram de 1% a 4%. Conforme Thomaz (2006), mesmo com grande dosagem de fibras de aço (2% do volume) não se tem grande aumento na resistência do concreto à compressão e devido isso não foi realizado ensaios de resistência a compressão.

Os ensaios foram realizados nos laboratórios de materiais de construção e laboratório de práticas, localizados no ITPAC Porto Nacional - TO. O ensaio de resistência à tração por compressão diametral (tração indireta) conforme NBR 5739. O cimento utilizado foi o TOCANTINS CP-II P-26.

Para a obtenção do quantitativo PET, se adotou como peso específico 1,39 gr/cm³, valor estipulado pelo IFA (instituto de segurança no trabalho do seguro de acidentes estatutários alemão). Este valor foi adotado devido as variações de densidades devido ao tipo de PET (PET coloração verde, transparente).

Equação elaborada para determinação d e quantitativo de PET conforme o teor de fibra

$$PET_{Kg} = V_{Concreto} * Adição_{PET} * \gamma_{PET} * 10 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$V_{Concreto}$ = Volume de concreto

$Adição_{PET}$ = Teor de PET (em %)

γ_{PET} = Peso específico da PET (1,39 g/cm³)

A obtenção do traço utilizado no ensaio, foi possível através do método ACI. Onde foi possível se obter o quantitativo de materiais a serem utilizados na confecção dos corpos de prova (cimento, areia, brita, água) demonstrado no quadro 1. Para a o quantitativo de PET, teve-se como base de cálculo o volume total do concreto em sua devida porcentagem de fibra, conforme a equação 1.

Quadro 1 - Dosagem do concreto para o volume de 0,02199 m ³ equivalente à 14 CP's cilindricos de 10 x 20 cm. O traço unitario calculado foi 1 : 1,65 : 2,01 : 0,42						
Teor de PET	Cimento	Areia	Brita	Agua	PET	Total
0,0 %	10,12 Kg	16,71 Kg	20,31 Kg	4,24 Kg	0,00 Kg	51,38 Kg
1,0 %	10,12 Kg	16,71 Kg	20,31 Kg	4,24 Kg	0,31 Kg	51,69 Kg
1,5 %	10,12 Kg	16,71 Kg	20,31 Kg	4,24 Kg	0,46 Kg	51,84 Kg
2,0 %	10,12 Kg	16,71 Kg	20,31 Kg	4,24 Kg	0,61 Kg	51,99 Kg

A obtenção das fibras de PET (corte e limpeza) deu-se por forma manual, como o auxílio de tesoura e régua, conforme ilustrado na figura 1.



Figura 1 – Obtenção das fibras (demarcação e corte)

Fonte 1: Arquivo próprio do autor, (2015).

Para confecção dos corpos de provas, foram utilizados os seguintes equipamentos: moldes cilíndricos de 10 x 20 cm; betoneira de 90 litros para obtenção do traço.

Com a quantidade de materiais já estipulada iniciou-se a confecção das fibras de garrafa PET nos laboratórios da ITPAC, de forma manual com auxílio de tesoura e régua, cortadas em forma de pequenas tiras (fibras de dimensões medias de 1,85 x 33,4 mm) seguindo como referência as dimensões adotadas para as fibras comercializadas no mercado. Após a quantia desejada de fibras, todo o material foi transportado para o laboratório de materiais do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos - ITPACPORTO, onde se realizou a classificação e seleção dos agregados graúdos e miúdos, através dos ensaios de granulométrica, massa específica e massa unitária.

Para o ensaio de granulometria seguiu-se a NBR NM 248 para agregado graúdo e miúdo.

Para o ensaio de massa específica seguiu-se a NBR NM 53 para agregado graúdo e NBR NM 52 para agregado miúdo.

Para ensaio e massa unitária, seguiu-se a NBR NM 45 para agregado graúdo e miúdo.

Após este procedimento os materiais selecionados (agregado graúdo e miúdo) foram encaminhados para o laboratório do ITPAC e secos em estufa.

Para realização do traço convencional (sem PET) utilizou-se o método ACI e as recomendações da NBR 12655 (2015), na seguinte sequência: limpeza da betoneira (retirada de impurezas remanescentes de uma utilização anterior), separação, preparação e identificação dos moldes de corpo de prova, placa de fixação, cone para ensaio slump, haste vibratória para abatimento do concreto.

Prosseguiu-se para a moldagem dos corpos de prova (CP's) seguindo as recomendações da NBR 5738 e posteriormente a verificação das dimensões e deformações dos CP's (desplacamento, irregularização de superfície) atendendo exigências da NBR 5738:2015.

Concluído estas etapas, os CP's foram encaminhados ao laboratório de materiais, onde se realizou a cura submersos em água (cura na pior situação). Nas datas prevista de cura (7, 14, e 28 dias), foi realizado o ensaio de tração por compressão diametral.

2.1 ENSAIO DE TRAÇÃO INDIRETA (COMPRESSÃO DIAMETRAL)

Foi desenvolvido por Lobo Carneiro, em 1943. Para a sua realização, um corpo de prova cilíndrico de 10 cm x 20 cm é colocado com o eixo horizontal entre os pratos da prensa sendo aplicada uma força até a sua ruptura por tração indireta (ruptura por fendilhamento).

O ensaio de compressão diametral é o ensaio mais utilizado, por ser mais simples de ser executado e utilizar o mesmo corpo de prova cilíndrico do ensaio de compressão (10 cm por 20 cm).

A fixação dos corpos de prova foi feita com auxílio pratos metálicos (200 x 400mm) onde se utilizou ripas de madeira (seção transversal 15mm x 5 mm) conforme NBR 7222:2011.

Para o ensaio de tração por compressão diametral, os corpos de prova foram retirados do tanque de cura e encaminhados para a prensa, conforme ilustração da figura 2.

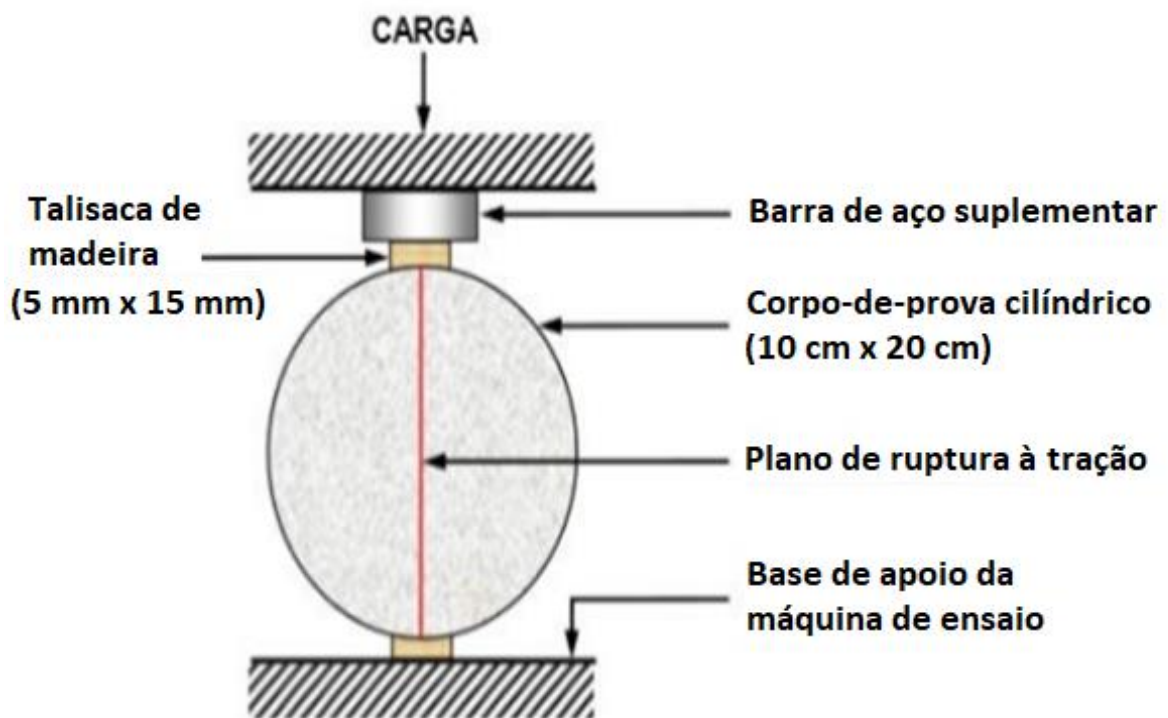


Figura 2 - Demonstração ensaio de tração por compressão diametral

Fonte 2: Rayan, (2015).

3 RESULTADOS

Os valores foram obtidos através do equipamento. A figura 3 ilustra a execução do ensaio, obtenção dos resultados e descarte dos CP's.

Para apoiar o corpo de na prensa deve-se utilizar pratos metálicos (200 x 400 mm), onde ripas de madeira (seção transversal de 15 x 5 mm), ou tiras de papelão, que terá como função impedir o deslocamento lateral. Para a execução do ensaio foi utilizado prensa automática CONTROLS.



Figura 3 – Ensaio de tração por compressão diametral [ensaio (A), obtenção de dados (B), descarte dos CP's (C)].

Fonte: Arquivo próprio do autor, (2018).

Foram rompidos 3 CP's para cada amostra e os valores médios encontrados em cada proporção de adição de fibre de PET são demonstrados na figura 4.

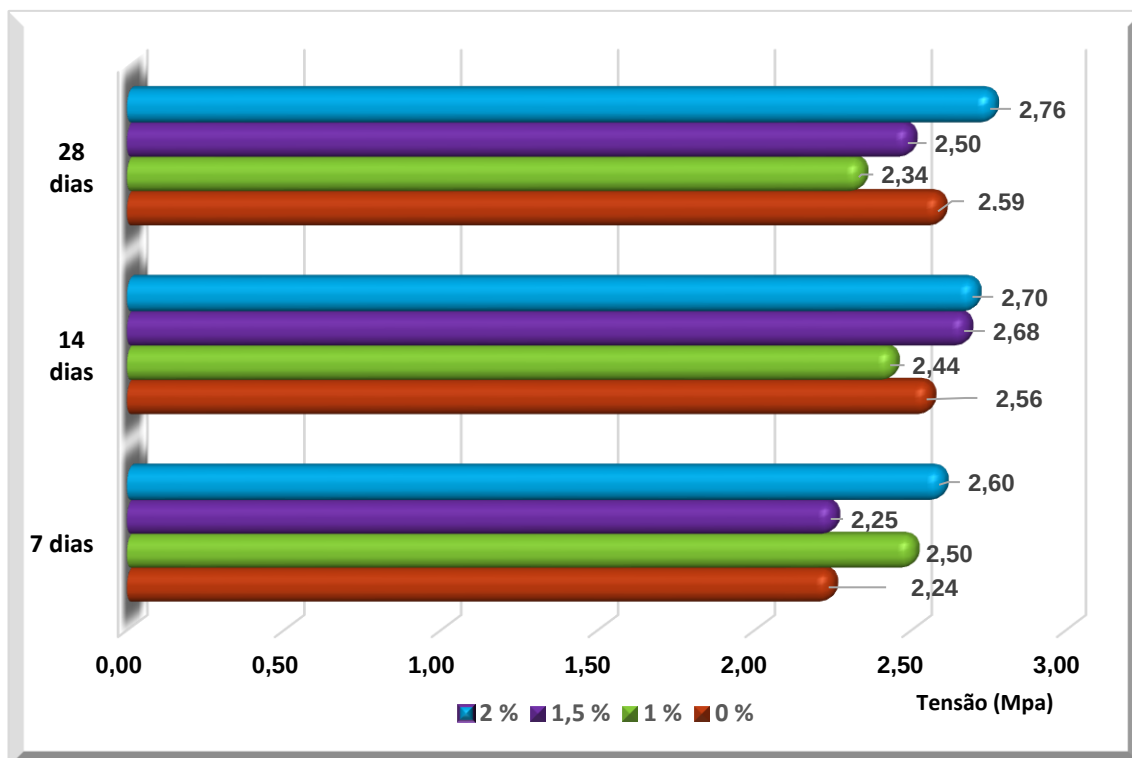


Figura 4 –Percentual de tensão de ruptura do concreto (compressão diametral)

Os valores obtidos nos ensaios foram condizentes ao estipulado pela NBR 7222:2011, onde após 28 dias de cura os valores mínimos de resistência a tração do concreto devem equivaler a 10% do valor do seu f_{cj} (25 MPA). Para os teores de 1,5% e 2% estes valores se mantiveram satisfatórios. O concreto convencional se manteve dentro dos valores padrões estipulados pela normativa.

Através dos resultados pode-se notar que o teor de 2% foi o que teve melhor desempenho entre os outros, também se notou com os resultados que o teor de 1% teve uma perda na resistência conforme os dias de cura e o com teor de 1,5% teve ganho no início, no entanto com os passar dos dias obteve-se perda de resistência a tração.

4 DISCUSSÃO

As principais mudanças observadas nas propriedades do concreto com adição de fibras é a redução da retração plástica, o aumento da tenacidade, da ductilidade, da resistência ao impacto, e um possível aumento da resistência à tração (GALVÃO, 2010).

A propagação de tensões no concreto gera fissuras, proporcionando uma “ponte de transferência de tensão”, que é ocasionado pela tração das fissuras existentes no concreto, isso resulta em aumento de energia essencial à ruptura do material e ao controle da propagação de fissuras, esse comportamento é uma característica de um material frágil (SCHETTINO, 2015).

O teor de fibras adicionadas ao concreto está ligado diretamente à sua capacidade de reforço. Ou seja, quanto maior o teor, maior será a quantidade de fibras atuando como ponte de transferência de tensão, o que amplia a resistência pós-fissuração (ISAIA, 2005).

Segundo Freitas (2012), para ajudar no entendimento no comportamento do concreto armado, deve-se conhecer também a sua resistência à tração, mesmo se não for levado em conta no projeto a resistência à tração.

Com base em resultados do ensaio, concluiu-se que houve um ganho de resistência de 6% à ruptura inicial do concreto (para o teor de 2% em relação ao convencional), verificada no ensaio de tração por compressão diametral entre o concreto confeccionado com fibra de PET e o convencional.

Também foi possível notar que mesmo após ruptura, o concreto não se partia ao meio como o convencional, ou seja, o PET melhorou a ductilidade do concreto, provavelmente por possuir maior capacidade de deformação do que os materiais que constituem o concreto.

Segundo Thomaz (2006), as fibras têm como objetivo reduzir a abertura das fissuras e não a quantidade total de fissuras. Ele ainda afirma que as fibras realmente contribuem para o aumento de ductilidade do concreto.

5 CONCLUSÃO

não haver compreensão total do comportamento das fibras incorporadas ao concreto e por não existir normas específicas para seu uso, ainda se tem certo receio na sua utilização. Mesmo com as muitas obras que levam consigo a aplicação de fibras no concreto como: revestimento de túneis, pavimentos rígidos, estabilização de

taludes (concreto projetado), obras hidráulicas, estradas, pátios aeroportuários, pisos industriais (concreto projetado), estacionamentos, pavimentação de pontes.

Devido à dificuldade na obtenção das fibras torna-se inviável a sua utilização das fibras de PET em concreto, a menos que se desenvolva uma máquina para se obter tais fibras. Em relação a resistência a tração do concreto obteve-se pouco ganho de resistência e sua aplicação nas obras seria motivada mais para fins ecológicos afim de dar um destino sustentável para o PET do que por reforço do concreto.

6 REFERÊNCIAS

ABNT - NBR 15823-2:2017- **Concreto autoadensável - parte 2: determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual - método do cone de abrams**

ABNT - NBR 5739 - **Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**

ABNT NBR NM 248:2003 - **Agregados - Determinação da composição granulométrica**

ABNT NBR NM 53:2009- **Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**

ABNT NBR NM 52:2009 - Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente

ABNT NBR 12655:2015 - **Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento**

ABNT NBR 5738:2015 - **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**

ABNT NBR 7222:2011 - **Concreto e argamassa — determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**

RAYAN, Alef. Estudante da UNASP-EC, 2015.

BETIOLI, Andrea M. **Degradação de fibras de pet em materiais à base de cimento *portland***. IF-SC, Florianópolis, 2003.

CEMPRE – **Reciclagem: Ontem, Hoje, Sempre**. Compromisso Empresarial para a Reciclagem. Caderno de Reciclagem N° 2. Disponível em: <www.cempre.org.br> Acesso em: 04.abr.2018.

FREIRE, Wesley Jorge; BERALDO, Antonio Ludovico. **Tecnologias e materiais alternativos de construção**. UNICAMP. Campinas-SP, 2003.

FREITAS, Renan. **Controle de qualidade em concreto endurecido: ensaios mecânicos**. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), 2012.

GALVÃO, José Carlos Alves. **Uso de materiais poliméricos reciclados em estruturas de concreto para superfícies hidráulicas**. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia e Ciências dos Materiais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

IFA - (institut für arbeitsschutz der deutschen gesetzlichen Unfallversicherung). Disponível em: < <http://gestis.itrust.de>> Acesso em: 12.mai.2018.

ISAIA, Geraldo Cechella. **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**. 1. ed. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2005. v. 2. 1579p. IBRACON, 2005, pp.11941225. 3. CONCRETO COM FIBRAS

MINDESS, Sidney. **Advances in Cement and Concrete** - ASME – American Society of Civil Engineers – 1994

ONUKE, Michelle Akemi fatiga; GASPARETTO, Patrycia Alberton. **Comparativo das propriedades do concreto no estado fresco e endurecido com adição de fibras de aço e de polipropileno**. Monografia do Curso Superior de Tecnologia em Concreto do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba. 2013.

PEREIRA, Jonatha Roberto. **Análise da produção de concreto auto adensável (caa) e da adição do pó de poli tereftalato de etileno (pet) reciclado**. Dissertação (mestrado) - UNICAMP, São Paulo, 2016.

SCHETTINO, Rômulo Marczuk. **Concreto com adição de fibras de politereftalato de etileno**. Dissertação (Mestrado) – UniFOA / Mestrado Profissional em Materiais. Volta Redonda. 2015.

THOMAZ, Eduardo C. S. **Fibre Reinforced Concrete – Myth and Reality**. Resumo de artigo. 2006.

