

ADIÇÃO DE PÓ DE PET EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MIÚDO EM PISO INTERTRAVADO

ADDITION OF PET POWDER TO REPLACE FINE AGGREGATE IN INTERLOCKING FLOORS

Kleyton Barreto¹

Resumo: A crescente busca na diminuição dos impactos gerados ao meio ambiente, a aplicação de materiais de origem alternativa na construção civil aumenta e a necessidade da diminuição dos custos por parte das empresas através da reciclagem de materiais que iriam ser eliminados no lixo. Um desses materiais é o PET (Polietileno tereftalato), material com certa resistência e flexibilidade. Esse estudo visa analisar a resistência do concreto a tração quando incorporado com fibra ou o pó de garrafa PET como adição, verifican-

do a viabilidade desta união.

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

Abstract: The growing quest to reduce the impacts generated on the environment, the application of materials of alternative origin in civil construction increases and the need for companies to reduce costs through the recycling of materials that would be disposed of in the trash. One of these materials is PET (polyethylene terephthalate), a material with certain resistance and flexibility.

1



This study envisages analyzing the tensile strength of concrete when incorporated with fiber or PET bottle powder as an addition, verifying the feasibility of this union.

Keywords: PET. Fiber. Resistance. Concrete.

INTRODUÇÃO

A busca na utilização de materiais recicláveis na construção civil, vem de encontro com as ondas crescentes e a diminuição dos impactos ambientais e da necessidade de uma destinação da forma mais apropriada sem grandes prejuízos ao meio ambiente e ao mesmo tempo diminuir os custos através da reciclagem de materiais que iriam para o lixo. Um desses materiais é o PET (Polietileno tereftalato), material com certa resistência e

flexibilidade. Esse estudo visa analisar a resistência do concreto a tração quando incorporado com fibra ou o pó de garrafa PET como adição.

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar os efeitos da incorporação de PET em troca parcial ao agregado miúdo em concretos para produção de peças para pavimento intertravados, e a posterior utilização em paredes de concreto com função de vedação, não estrutural.

METODOLOGIA

Para verificar a influência dos diferentes teores de fibras de PET na resistência do concreto, foram utilizados corpos de provas com diferentes teores de fibras (1%, 1,5% e 2% em rela-



ção ao volume total de concreto confeccionado). Através dos resultados que serão obtidos, no ensaio de tração por compressão diametral irá ser feita 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 devam atender os limites mínimos da NBR 15823-2:2017 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 será realizado os ensaios de resistência a compressão.

Os ensaios serão realizados nos laboratórios de materiais de construção e laboratório de práticas, localizados no ENIAC - SP., bem como nos laboratório da

empresa Daher Engenharia Consultiva e Tecnológica, Curitiba - PR. O ensaio de resistência à tração por compressão diametral (tração indireta) conforme NBR 5739. O cimento a ser será o SUPREMO CP-II. 4 Para a obtenção do quantitativo PET, se adotou como peso específico $1,39 \text{ gr/cm}^3$, 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 de quantitativo de PET conforme o teor de fibra



$$PET_{kg} = V_{Concreto} * Adição_{PET} * \gamma_{PET} * 10$$

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, será possível através do método ACI. Onde é 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 de dosagem de concreto com o volume de 0,02199m³ para 14 CP's cilíndricos de 10 x 20cm. O traço calculado foi 1:2:3 (traço de massa 1:1,65:2,01:0,42)

TEOR DE PET	CIMENTO(KG)	AREIA(KG)	BRITA(KG)	AGUA (KG)	PET(KG)	TOTAL(KG)
0,00%	10,12	16,71	20,31	4,24	0,00	51,38
1,00%	10,12	16,71	20,31	4,24	0,31	51,69
1,50%	10,12	16,71	20,31	4,24	0,46	51,84
2,00%	10,12	16,71	20,31	4,24	0,61	51,99

Tabela 1 - Fonte: Arquivo próprio do autor, (2022).

Para confecção dos corpos de provas, serão utilizados os seguintes equipamentos: moldes cilíndricos de 10 x 20 cm; betoneira de 110 litros para obtenção do traço.

Com a quantidade de materiais já estipuladas se iniciará a confecção das fibras de garrafa PET nos laboratórios da DAHER Engenharia Consultiva e Tecnológica, de forma manu-



al com auxílio de lixa de cinta, em forma de pequenas quantidades de pó seguindo como referência as dimensões adotadas para as fibras comercializadas no mercado. Após a quantia desejada de pó, todo o material será transportado para o laboratório de materiais do DAHER Engenharia Consultiva e Tecnológica, onde se realizará a classificação e seleção dos agregados graúdos e miúdos, através dos ensaios de granulométrica, massa específica e massa unitária.

Para o ensaio granulométrico 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. Após este procedimento os materiais selecionados (agregado graúdo e miúdo) serão enca-

minhados para o laboratório da DAHER 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 seqüência: 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.

Prosseguirá 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 (deslocamento, irregularização de superfície) atendendo exigências da NBR 5738:2015.

Concluído estas etapas, os CP's serão encaminhados ao



laboratório de materiais, onde se realizará a cura submersos em água (cura na pior situação). Nas datas prevista de cura (7, 14, e 28 dias), será realizado o ensaio de tração por compressão diametral.

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 serão feitos com auxílio de pratos metálicos (200 x 400mm) onde se utilizam 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 serão retirados do tanque de cura e encaminhados para a prensa, conforme ilustração da figura 2.



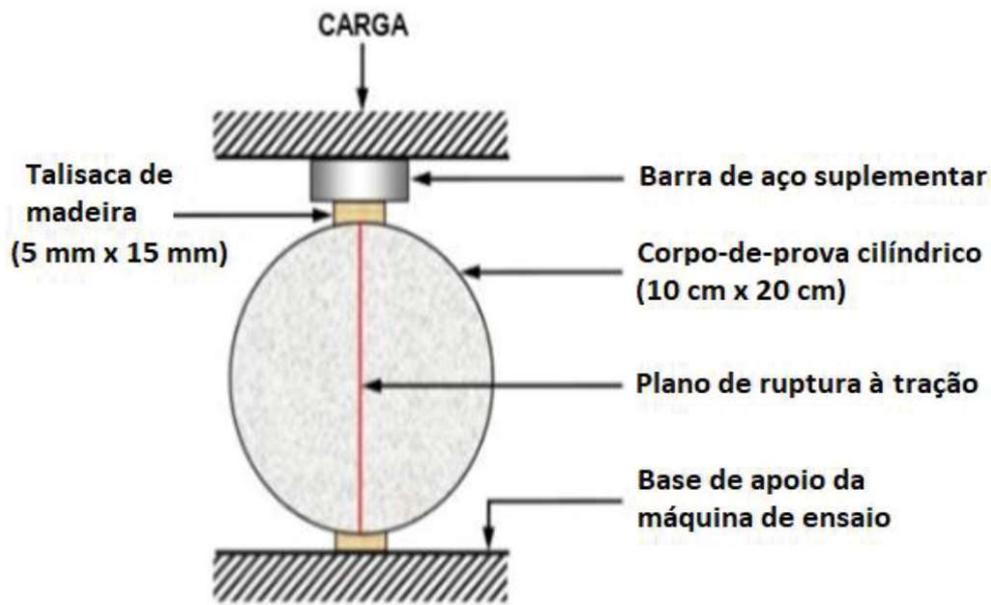


Figura 2 - Demonstração ensaio de tração por compressão diametral

Fonte 2: Rayan, (2015).

DESENVOLVIMENTO

Um dos maiores geradores de resíduos é o setor da construção civil que devida sua alta produção de material residual, se torna a cada dia um assunto muito polêmico e importante no centro de nossa sociedade gerando grande preocupação para sociedade. O material residual sendo reutilizado pode trazer benefícios diretos para a sociedade na redução dos impactos ao meio

ambiente. 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).

Com o passar dos anos, os impactos ambientais causados por esses insumos provenientes da falta ou também de uma melhor forma de reciclagem e aproveitamento gerando enormes impactos ambientais causados



por esse insumo , e dessa forma se faz necessário cada vez mais investimentos em novas tecnologias e formas juntamente com estudos na implantação de novas tecnologias voltadas à sustentabilidade. Em grande parte direcionada a aplicação no concreto, visando obter melhor desempenho, durabilidade e redução de custos.

Freire e Beraldo (2003) propõem o emprego de materiais que possam vir a serem substituídos 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 dessas matérias é muito alto.

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).

RESULTADOS

Os valores foram obtidos através do equipamento. 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.

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



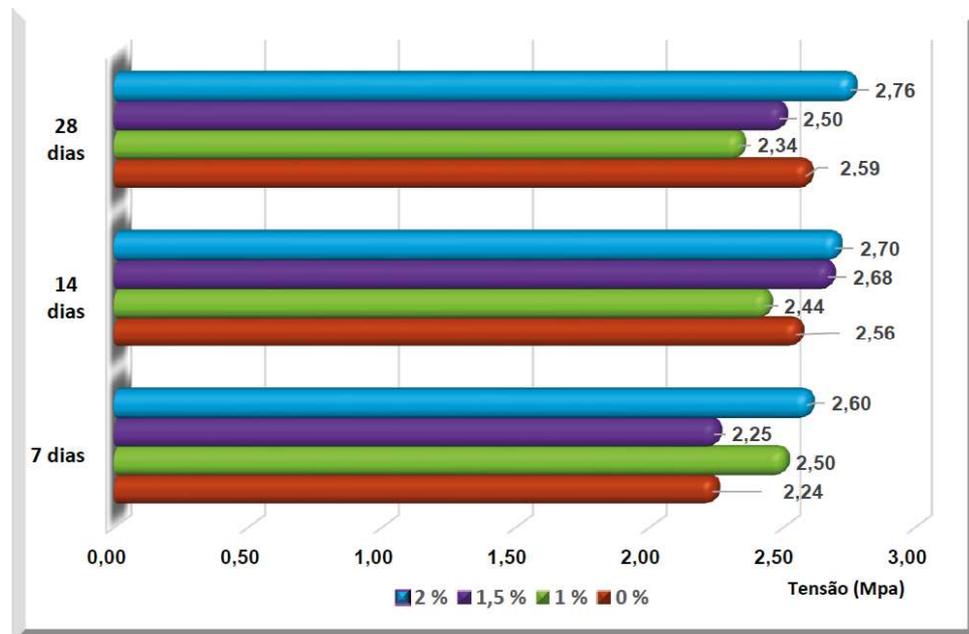


Figura 4 –Percentual de tensão de ruptura do concreto (compressão diametral)

Fonte: FOCUS IN SCIENTIAE.
Fernando Batista da Rocha Jorge 2018

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_{ck} (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 o passar dos dias obteve-se perda de resistência a tração.

CONSIDERAÇÕES FINAIS



As principais mudanças com foco na observação 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.

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, es-

tradas, pátios aeroportuários, pisos industriais (concreto projetado), estacionamentos, pavimentação de pontes.

Devido à dificuldade na obtenção das fibras torna-se alta a demanda de tempo despendida na fabricação das fibras de PET, para sua utilização no concreto, a proposta para solução desse quesito seria a fabricação de um equipamento que pudesse filetar as fibras de PET, ou até mesmo para uma melhor homogeneidade a transformação em pó da fibra do PET. Em relação a resistência a tração do concreto, obteve-se um ganho de resistência de 6% à ruptura inicial, visualizando uma melhor análise futura, quanto a empregabilidade, prática dessa adição, seria de suma importância sua observação e novos estudos com mais tempo e sua aplicação nas obras, tendo em vista esse objeto de estu-



do que foi desenvolvido, haveria mais uma motivação mais para fins ecológicos afim de dar um destino sustentável para o PET do que por reforço do concreto.

FONTES CONSULTADAS

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 - Ensaios 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 especí-

fica 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. Degrada-



ção 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 con-

creto 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

FERNANDO BATISTA DA ROCHA JORGE, Estudante Eduardo C. S. Fibre Reinforced Concrete – Myth and Reality. Resumo de artigo. 2006.



DIOGO PEDREIRA LIMA,
Eduardo C. S. Brazilian Journal
of Focus in Scientiae Resumo
de artigo. OITPAC 2018 .

.PROF ME. DIOGO PEDREIRA
LIMA Brazilian Journal of Focus
in Scientiae Resumo de artigo
OITPAC. 2018.

