

AVALIAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS DE PISOS INTERTRAVADOS INCORPORADOS COM POLÍMERO

Loredanna Melyssa Costa de Sousa (1); Maria Alinne Matias (1); Conrado Cesar Vitorino Pereira da Silva (2); Camila Gonçalves Luz Nunes (3); Ana Maria G. Duarte Mendonça (4)

Universidade Federal de Campina Grande, loredanna.mcs@gmail.com

Universidade Federal de Campina Grande, mariaalinnematias@hotmail.com

Universidade Federal de Campina Grande, cesar.vtr@hotmail.com

Universidade Federal da Paraíba, camilanunes.engcivil@gmail.com

Universidade Federal de Campina Grande, ana.duartemendonca@gmail.com

Resumo: O PET um material largamente utilizado em todo o mundo para a fabricação de embalagens, principalmente em garrafas para bebidas tais como refrigerantes, águas com gás, cervejas etc. Graças a essas características o PET tem ocupado uma posição de destaque no que diz respeito a aplicações tecnológicas, principalmente na forma de fibras e filmes. Sua ampla faixa de cristalinidade permite diversas aplicações, por isso, o interesse por sua estrutura e propriedades tem aumentado, tanto nas áreas científicas quanto nas tecnológicas. Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a resistência à compressão e a tração de peças de pisos intertravados incorporados com polímero tipo PET na forma triturada. Foram moldados corpos de prova de 16 faces e corpos de prova prismáticos nas dimensões de 5 cm x 10 cm para determinação da resistência à compressão simples e resistência a tração na flexão, respectivamente. Foram utilizados teores de 5% e 10% de PET triturado em substituição ao agregado miúdo (areia quartzosa) e avaliado as resistências a 28 dias. Observou-se que a substituição do agregado miúdo por polímero (PET triturado) promoveu a redução da resistência à compressão e a tração na flexão das peças para pisos intertravados, quando comparados aos resultados obtidos para as peças de referência. No entanto, os resultados satisfazem os parâmetros estabelecidos pela norma na ABNT NBR 9781 (ABNT, 2013).

Palavras-chave: Propriedades, material alternativo, concreto.

1. INTRODUÇÃO

O PET um material largamente utilizado em todo o mundo para a fabricação de embalagens, principalmente em garrafas para bebidas tais como refrigerantes, águas com gás, cervejas etc. O PET apresenta várias outras utilidades, sendo encontrada em diversos segmentos de mercado (ABIPET, 2014).

As garrafas de PET são totalmente inertes. Isto significa que, mesmo indevidamente descartadas, não causam nenhum tipo de contaminação para o solo ou lençóis freáticos. Entretanto, o PET dura muitos anos para se decompor na natureza, provocando entupimentos de esgotos e armazenamento de água causando a proliferação de insetos, ratos e baratas, que podem causar doenças.

Devido à crescente utilização do PET em embalagens plásticas, a necessidade de sua reciclagem tornou-se imperativa e o estudo das propriedades do material reciclado vem sendo muito abordado, uma vez que sua produção tem crescido a uma taxa de 10% ao ano (SILVESTRE, 2013). Por isso, a reutilização desse material, é benéfica em todos os sentidos. Uma alternativa é a adoção de “práticas limpas”.

Segundo Martins (2012) uma “prática limpa” pode ser a introdução de um novo processo menos poluidor, ou a recuperação da matéria prima perdida e recirculada na fabricação, ou ainda a valorização de um resíduo que poderá dar origem a um subproduto. Novos usos para o PET vêm sendo estudados numa forma de atingir sua máxima utilização.

A reutilização desse material está em plena ascensão no Brasil e no mundo, proporcionando benefícios, dentre eles, a redução do volume de lixo coletado; economia de energia elétrica e de petróleo; geração de empregos (catadores, sucateiros, operários); produtos com menor preço, etc.

A partir da reutilização e da evolução do mercado bem como dos avanços tecnológicos, houve um incentivo às novas aplicações para o PET, dentre elas é possível citar: *Indústria automotiva e de transportes* - tecidos internos (estofamentos), carpetes, peças de barco; *Pisos* - carpetes, capachos para áreas de serviços e banheiros; *Artigos para residências* - enchimento para sofás e cadeiras, travesseiros, cobertores, tapetes, cortinas, lonas para toldos e barracas; *Artigos industriais* – rolos para pintura, cordas, filtros, ferramentas de mão, mantas de impermeabilização; *Embalagens* – garrafas, bandejas, fitas; *Vestuário* – têxteis, roupas esportivas, calçados, malas, mochilas, vestuário em geral; *Uso químico* – resinas alquídicas, adesivos (ABIPET, 2014).

Na construção civil o PET é utilizado em caixas d’água, tubos e conexões, torneiras, piscinas e telhas. Mármore sintético com PET reciclado é usado para produção de bancadas e pias.

Estudos realizados por Melo *et al.* (2015) constataram

que as adições de 0,25% a 4,0% de resíduos de PET melhoraram as propriedades do solo (usado na construção de aterro na rodovia BR-101, trecho Paraíba), em especial na resistência mecânica, representada pelo índice de suporte Califórnia, o que indica que o uso de resíduos sólidos em obras rodoviárias pode ser viável tecnicamente.

Em estudo elaborado por Akcaozoglu (2010), grânulos de PET, obtidos pela trituração de garrafas, foram utilizados para produção de concreto na proporção de 50% da massa do ligante. Metade deste ligante era composto por escória de alto forno e a outra metade de cimento Portland. Os resultados apontaram que o concreto pode ser usado com função estrutural.

Em estudo realizado por Prasad (2009) foram feitas misturas de resíduos de PET com solo típico local (*murrum*) e com cinza volante. Pode-se constatar que adições de resíduos desse plástico, da ordem de 0,30% e 0,40%, incrementam a resistência mecânica (em termos de índice suporte Califórnia) em misturas com *murrum* e cinza volante, respectivamente, para emprego de camadas de sub-base.

2. MATERIAIS E METODOLOGIA

2.1 Materiais

Politereftalato de Etileno: O PET utilizado nesta pesquisa apresenta-se na forma triturada, ou seja, cominuído em partículas cuja dimensão máxima é de 0,6 mm, proveniente da indústria DEPET Reciclagem, situada no município de Campina Grande – PB, apresentando diâmetro máximo de 0,60mm e finura de 1,29%.

Agregado graúdo: Brita de origem granítica, apresentando diâmetro máximo padronizado para brita 0, apresentando massa específica seca de $2,63\text{g/cm}^3$, massa específica na condição SSS de $2,64\text{ g/cm}^3$, massa específica aparente igual a $2,67\text{g/cm}^3$, finura de 6,19 e diâmetro máximo 6,3mm;

Agregado miúdo: O agregado miúdo, utilizado na pesquisa, foi do tipo natural proveniente de jazida do leito do Rio Paraíba, apresentando diâmetro máximo de 2,36mm, finura igual a 2,42%, massa específica de $2,618\text{g/cm}^3$, massa unitária solta igual a $1,429\text{g/cm}^3$, e teor de materiais pulverulentos de 0,07%;

Cimento: Cimento Portland de Alta Resistência Inicial Resistente a sulfatos (CPV), fabricado pela MIZU Cimentos Especiais, apresentando massa específica de $3,10 \text{ g/cm}^3$ e finura de 1,4%;

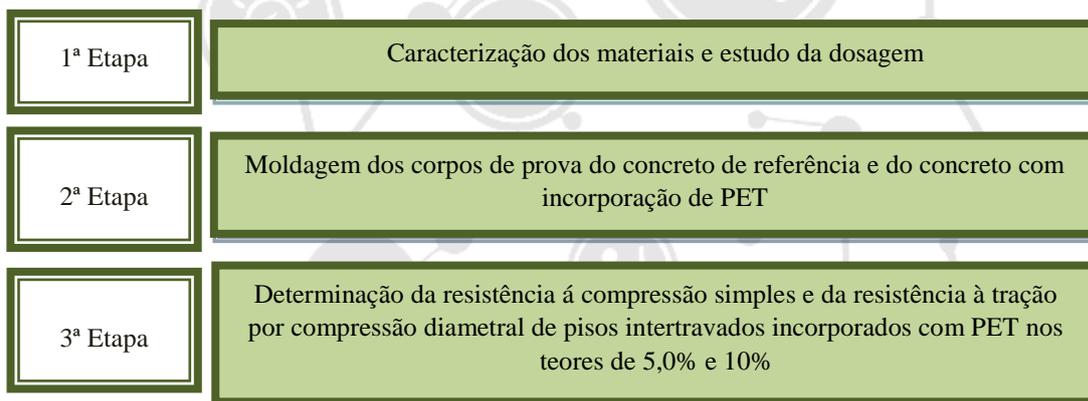
Água: destinada ao consumo humano, fornecida pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA);

Aditivo: marca LIQUIPLAST 1700-S Super Plastificante.

2.2 Metodologia

A Figura 1 ilustra o fluxograma das etapas da pesquisa.

Figura 1 – Fluxograma das etapas da pesquisa



2.2.1 Caracterização e estudo da dosagem

Nesta etapa foram selecionadas as matérias-primas convencionais e alternativas e realizou-se ensaios de caracterização física para o cimento e os agregados e caracterização física, química e mineralógica para do PET triturado.

Após a caracterização dos materiais foi realizado o estudo da dosagem, estabelecendo-se o traço (1:1,5:1,5), com fator água cimento de 0,45. A substituição do agregado miúdo foi feito pelo PET triturado no teor de 5,0% e 10%.

2.2.2 Moldagem dos corpos de prova

Para determinação da resistência a compressão simples foram moldados peças de 16 faces nas dimensões de 24 cm x 10 cm x 4 cm e, para determinação da resistência a tração na flexão utilizou-se corpos de prova prismáticos nas dimensões de 20 cm x 10 cm x 6 cm.

O processo utilizado para produção das peças de 16 faces é conhecido popularmente como “processo dormido”, no qual o concreto permanece no molde de um dia para outro, e como os moldes são de plástico, a peça fica com um acabamento superficial extremamente liso.

A Figura 2 ilustra os corpos de prova utilizados para determinação da resistência a compressão simples e a tração na flexão.

Figura 2 - Corpos de prova utilizados para determinação da resistência a compressão simples e a tração na flexão.



2.2.3 Determinação da resistência à compressão e da resistência a tração na flexão

2.2.3.1 Determinação da resistência a compressão simples

O ensaio de resistência à compressão foi utilizado para comprovar as características mecânicas de uma peça indicando a que tensão ela sofreu a ruptura. Para realização deste ensaio utilizou-se uma prensa da marca Cyber-Tronic, modelo YIMC109, com capacidade de 150 toneladas. O ensaio foi realizado no Laboratório de Engenharia de Pavimentos da UFCG. Para este ensaio foram usadas peças de 16 faces. Os

resultados são provenientes da média de 3 corpos de prova.

A Figura 3 ilustra a realização do ensaio.

Figura 3 – Execução do ensaio de resistência à compressão simples



Admite-se que a resistência à compressão obedece à distribuição normal, sendo o valor característico estimado pela Equação 1:

$$f_{pk,est} = f_p - t \times s \quad \text{sendo} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (f_p - f_{pi})^2}{n-1}} \quad (\text{Eq. 1})$$

f_p : é a resistência média das peças, expressa em megapascals (MPa);

f_{pi} : é a resistência individual das peças, expressa em megapascals (MPa);

$f_{pk,est}$: é a resistência característica estimada à compressão, expressa em megapascals (MPa);

n : é o número de peças da amostra;

s : é o desvio-padrão da amostra, expresso em megapascals (MPa);

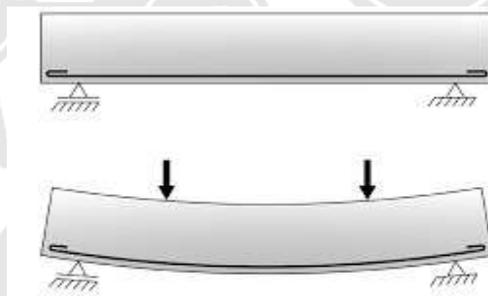
t : é o coeficiente de Student, em função do tamanho da amostra.

Neste ensaio usou-se $n = 6$, logo $t = 0,920$.

2.2.3.2 Determinação da resistência a tração na flexão

A NBR 12142 (ABNT, 2010) determina o procedimento de ensaio de tração na flexão. Este consiste em aplicar duas cargas linearmente distribuídas nos terços médios de um prisma, de modo a provocar tração na face inferior do corpo de prova. Essa face terá suas fibras tracionadas até a ruptura do concreto. Devido à forma de aplicação da carga de ruptura do elemento de concreto, o terço central da peça fica sob a ação de flexão pura, não havendo efeitos de esforços cortantes, como pode ser observado através de diagrama de esforços solicitantes na Figura 4.

Figura 4 - Peça submetida ao ensaio de tração na flexão



O ensaio foi realizado numa prensa da marca Shimadzu, modelo Serve Pulser Controller 4890, com capacidade de 10 toneladas. O ensaio foi realizado no Laboratório de Engenharia de Pavimentos da UFCG.

A Figura 5 ilustra a execução do ensaio.

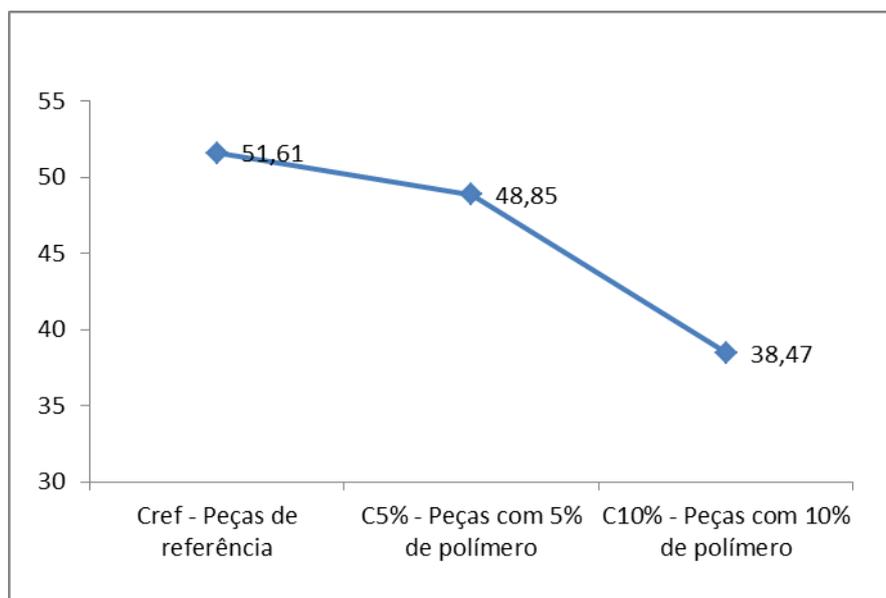
Figura 5 – Execução do ensaio de resistência à tração na flexão



3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 6 ilustra os resultados do ensaio de resistência à compressão simples e de peças de piso intertravado incorporado com polímero (PET triturado).

Figura 6 - Resistência à compressão simples de peças de piso intertravado incorporado com polímero.



De acordo com os resultados ilustrados na Figura 6, observa-se que a substituição do agregado miúdo por polímero PET triturado promoveu a redução da resistência quando comparado ao concreto de referência. Para os teores de 5,0% de substituição, verificou-se uma redução da resistência, de aproximadamente 5,35%, quando comparado ao concreto de referência, no entanto, para o teor de 10,0% de PET triturado, obteve-se resultados que limitam sua utilização, verificando-se uma redução de resistência de aproximadamente 25,47%, visto que a NBR 9781 (ABNT, 2013) estabelece o limite de resistência mínima de 35 MPa para que as peças possam ser utilizadas em solicitações para passagem de pedestres e veículos leves.

A Figura 7 ilustra os resultados obtidos para a resistência atração de peças.

Figura 7 - Resistência à tração na flexão de peças de piso intertravado incorporado com polímero (PET triturado)



Analisando os resultados ilustrados na Figura 7, observa-se que a resistência à tração é reduzida com o aumento do percentual de substituição do agregado miúdo convencional por polímero (PET triturado). Os fatores que influenciam a resistência à compressão, influenciam também a resistência à tração. Estes resultados foram registrados por diversos autores, contudo, contrariam o estudo feito por Sadeghifar e Sohrabi (2014), no qual a resistência à tração aumentou com o aumento do teor de substituição do agregado miúdo por PET.

Nos estudos de Ramadevi e Manju (2012), analogamente à resistência à compressão, a resistência à tração do concreto aumentou quando se utilizou os teores de 0,5%, 1% e 2% de PET em substituição ao agregado miúdo, entretanto, a resistência à tração diminuiu para os teores de 4% e 6%.

Os estudos de Vanu e Rao (2010) apontaram que a resistência à tração na flexão do concreto foi aumentada quando se usou 1% de polipropileno de alta densidade (resíduo de corpos descartáveis) e 2% de fibras de PET (resíduo de garrafas de água mineral).

Nos estudos de Taherkhani (2014) a resistência à flexão das misturas reforçadas com fibra aumentou com o aumento do comprimento da fibra, no entanto, ela diminuiu com o aumento do teor de fibras. A resistência à tração da mistura reforçada com fibra foi inferior à da mistura de controle. Para os menores teores de fibra, a resistência à flexão aumentou com o aumento do comprimento de fibra, enquanto que, a níveis mais elevados, diminuiu com o aumento do

comprimento da fibra.

A aderência entre o agregado e a pasta de cimento é uma propriedade significativa para a resistência do concreto, principalmente para a resistência à flexão. A aderência ocorreu devido ao intertravamento do agregado e a pasta de cimento hidratada, em virtude da aspereza da superfície das partículas de agregado.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pôde-se concluir que:

A substituição do agregado miúdo por polímero (PET triturado) promoveu a redução da resistência à compressão das peças para piso intertravado. Para os teores em estudo, %5 e 10% verificou-se a obtenção de resultados inferiores aos obtidos para o concreto de referência, porém, estes satisfazem aos parâmetros normativos NBR 9781 (ABNT, 2013) que estabelecem uma resistência mínima de 35 MPa.

Para a resistência a tração na flexão verificou-se um comportamento semelhante ao obtido para a resistência a compressão, no entanto os resultados obtidos estão em torno de 10% da resistência à compressão.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2013) NBR 9781. **Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2010) NBR 12142. **Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos**. Rio de Janeiro: ABNT.

ABIPET – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET.

São Paulo, SP. Disponível em: <<http://www.abipet.org.br>>.

AKCAOZOGLU, Semiha. **An investigation on the use of shredded waste PET bottles as aggregate in lightweight concrete**. In: Waste Management. Volume 30. Pág. 285–290. Fev-2010.

MARTINS, Geruza Beatriz Henriques. **Práticas limpas aplicadas às indústrias têxteis de Santa Catarina.** Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 2012.

MELO, Ricardo de Almeida *et al.* **Estudo de viabilidade do uso de resíduo PET em obra Rodoviária.** In: Ambiente Construído. 2015.

PRASAD, D. S. V.; Raju, G. V. R. P.; Kumar, M. A. **Utilization of industrial waste in flexible pavement construction.** Electronic Journal of Geotechnical Engineering. Vol. 14. 2009.

RAMADEVI K. MANJU, R. **Experimental investigation on the properties of concrete with plastic PET (bottle) fibre as fine aggregates.** In: International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. Pág 42-46. 2012.

SADEGHIFAR, Adel. SOHRABI, Mohammad Reza. **Investigating the properties of mechanical concrete containing waste plastic bottles replaced instead rock material.** In: Interdisciplinary Journal of Contemporary Research In Business. Vol 5. Fev-2014.

SILVESTRE, T. **Brasil descarta 53% de garrafas PET na natureza.** In: Revista Meio Ambiente. Ed. 103. Mai/Jun-2013.

TAHERKHANI, Hasan. **An investigation on the properties of the concrete containing waste PET fibers.** In: International Journal of Science and Engineering Investigations. Vol. 3. Abr-2014.

VANU, Malagavelli. RAO, P. N. **Effect of non-degradable waste in concrete slabs.** In: International Journal of Civil and Structural Engineering, vol. 1, no. 3, pp. 449-457, 2010.