



DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO DE PISOS INTERTRAVADOS MANUFATURADOS COM INCORPORAÇÃO DE POLÍMERO

MENDONÇA, Ana Maria G. Duarte (1); COSTA, Loredanna Melyssa (2); NETO
Valter Ferreira de Sousa (3); MATIAS Maria Alinne (4)

Universidade Federal de Campina Grande, ana.duartermendonca@gmail.com; *Universidade Federal de
Campina Grande, loredannamcs@gmail.com; Universidade Federal de Campina Grande,
valterneto51@gmail.com; Universidade Federal da Paraíba, alinne_gata_pib@hotmail.com*

RESUMO

O concreto é um dos materiais da construção civil mais consumidos no mundo e este é formado basicamente por cimento, agregado graúdo, agregado miúdo e água. A exploração destes materiais em sua fonte (pedreira, depósito sedimentar) depende basicamente de três fatores: a qualidade do material, o volume de material útil e o transporte, ou seja, a localização geográfica da jazida. A utilização de resíduos é uma das formas de melhorar a oferta de materiais de construção, tornando possível à redução do valor dos insumos, gerando benefícios sociais por meio da política habitacional. Estes benefícios podem surgir devido aos incentivos dados à produção de habitações de baixa renda, empregando-se produtos de desempenho comprovado. Assim, este trabalho tem como objetivo determinar o módulo de elasticidade estático de pisos intertravados manufaturados com incorporação de polímero. Foram moldados corpos de prova de 16 faces e corpos de prova cilíndricos nas dimensões de 5 cm x 10 cm para determinação da resistência a compressão simples e módulo de elasticidade respectivamente. Utilizou-se os teores de 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10% de resíduo de polímero (PET micronizado), sendo avaliadas estas propriedades para as idades de 7, 14 e 28 dias. Observou-se que a substituição do agregado miúdo por polímero (PET micronizado) promoveu a redução da resistência à compressão e do módulo de elasticidade estático.

Palavras-chave: Propriedades. Material Alternativo. Concreto.

ABSTRACT

Concrete is one of the most consumed building materials in the world and this is basically made up of cement, aggregate, small aggregate and water. The exploitation of these materials at their source (quarry, sedimentary deposit) depends basically on three factors: the quality of the material, the volume of useful material and the transport, that is, the geographic location of the deposit. The use of waste is one of the ways to improve the supply of construction materials, making it possible to reduce the value of inputs and generating social benefits through housing policy. These benefits may arise because of the incentives given to the production of low-income housing by employing products with proven performance. Thus, this work aims to determine the static elastic modulus of interlocking floors manufactured with polymer incorporation 16-sided specimens and the cylindrical test specimens were dimensioned at 5 cm x 10 cm for determination of the resistance to simple compression and modulus of elasticity, respectively. The contents of 2.5%, 5.0%, 7.5% and 10% of polymer residue (micronized PET) were used, and these properties were evaluated at the ages of 7, 14 and 28 days. It was observed that the replacement of the kid's aggregate with polymer (micronized PET) promoted the reduction of the compressive strength and the static modulus of elasticity.

Keywords: Properties. Alternative Material. Concrete.

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais da construção civil mais consumido no mundo e este é formado basicamente por cimento, agregado graúdo, agregado miúdo e água. A exploração destes materiais em sua fonte (pedreira, depósito sedimentar) depende basicamente de três fatores: a qualidade do material, o volume de material útil e o transporte, ou seja, a localização geográfica da jazida.

O estudo de concreto deve estar inserido no conhecimento estratégico da “inteligência” de seus países ao lado de recursos naturais, saúde, biotecnologia, eletrônica, espaço sideral e outras (HELENE & ANDRADE, 2010).

Os Estados Unidos e o Canadá consideram o investimento no estudo das estruturas de concreto, como um dos mais importantes investimentos na ciência e tecnologia para obter e manter a qualidade de vida de seu povo e a liderança de seu parque industrial. Essas sociedades entendem que o profundo conhecimento sobre concreto posiciona e mantém a sua indústria na fronteira do conhecimento, assegurando sua alta competitividade.

Atualmente, devido ao crescimento populacional, aliado à intensa industrialização e ao advento de novas tecnologias, o consumo de matéria-prima tem se tornado excessivo, havendo, portanto, a necessidade da utilização de resíduos. A construção civil é responsável por uma grande parcela da produção de resíduos. Esta pode diminuir consideravelmente o aumento do consumo de matéria prima utilizando resíduos gerados por outros setores ou utilizando seus próprios resíduos, atendendo, dessa forma, ao que determina a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), que atribui ao gerador do resíduo a responsabilidade por sua adequada disposição.

Um dos resíduos que ocupa maior volume nos aterros sanitários são os plásticos, devido suas aplicações terem evoluído rapidamente em todo o mundo e ao elevado tempo que este produto leva para se degradar.

No Brasil, as garrafas PET são utilizadas principalmente por indústrias de refrigerantes e de sucos e movimentam um mercado que produz cerca de 9 bilhões de unidades ao ano. Destas, cerca de 4,7 bilhões são descartadas ou dispostas de forma ambientalmente inadequada (cerca de 53%). Segundo Silvestre (2013), para fazer a reciclagem desse excedente atual, seriam necessários 224 milhões de quilowatts por hora de energia elétrica e 120 milhões de litros de água.

O Politereftalato de etileno (PET) é um tipo de plástico largamente utilizado para fabricação de embalagens e de diversos outros produtos. Devido à crescente utilização deste material e ao descarte inadequado deste no meio ambiente, tornou-se imperativo o estudo e o conhecimento de suas propriedades buscando novos usos, numa tentativa de atingir sua máxima utilização (FREIRE, 2009).

Alguns materiais empregados na pavimentação têm custo elevado e estão se tornando escassos, desse modo, o setor tem grande potencial para absorver vários tipos de resíduos, a exemplo do resíduo de PET, seja em execução de camadas de sub-base e base ou em revestimento.

Numa análise preliminar, levando-se em conta as propriedades físicas, químicas, mineralógicas e mecânicas dos produtos derivados de resíduos de garrafas PET,

é possível estabelecer a hipótese de que o PET micronizado pode servir como um dos componentes para produção de peças de concreto para pavimentação intertravada.

Este estudo tem como objetivo determinar o módulo de elasticidade estático do concreto incorporado com polímero (PET micronizado nos teores de 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10%).

2. MATERIAIS E METODOLOGIA

2.1 Materiais

Politereftalato de Etileno: O PET utilizado nesta pesquisa apresenta-se na forma micronizada, 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%;

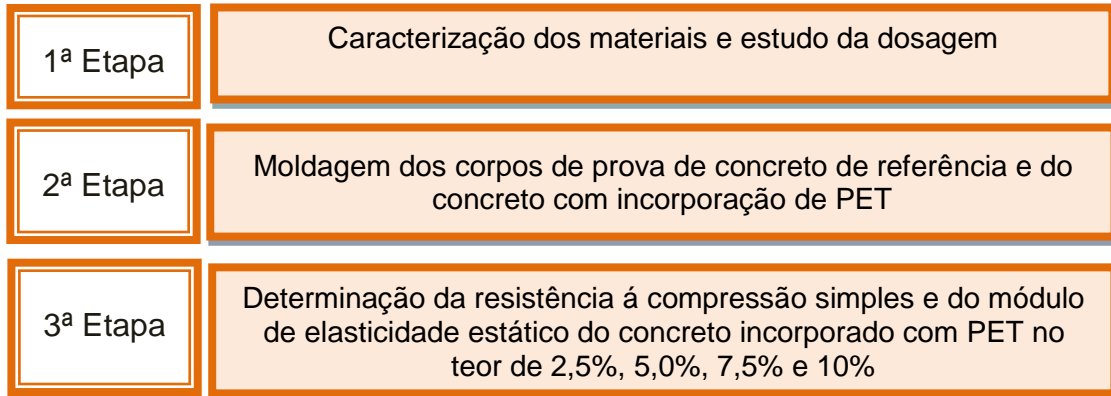
Água: destinada ao consumo humano, fornecida pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA);

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



Fonte: Autoria própria (2017)

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 o polímero (PET micronizado).

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 polímero (PET micronizado) no teor de 2,5%, 5,0%, 7,5% e 10%.

2.2.2 Moldagem dos corpos de prova

Para confecção dos corpos de prova foram utilizados moldes cilíndricos e fôrmas de peças de 16 faces. As peças de 16 faces foram utilizadas porque apresentam bom intertravamento. As dimensões das peças de 16 faces são 24 cm x 10 cm x 4 cm e foram produzidas para determinação da resistência característica à compressão, Os corpos de prova cilíndricos, com dimensões 5 cm x 10 cm, foram utilizados para o ensaio de determinação do módulo de elasticidade. O processo utilizado para produção dos corpos de prova 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 moldes utilizados para confecção dos corpos de prova para realização dos ensaios.

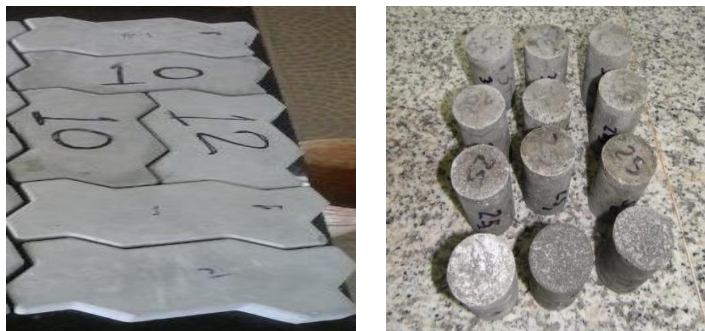
Figura 2 - Moldes utilizados para confecção dos corpos de prova



Fonte: Aatoria própria (2017)

A Figura 3 ilustra os corpos de prova utilizados para realização dos ensaios.

Figura 3 - Corpos de prova utilizados para realização dos ensaios.



Fonte: Aatoria própria (2017)

2.2.3 Determinação da resistência à compressão e do módulo de elasticidade estático do concreto

2.2.3.1 Determinação da resistência a compressão simples

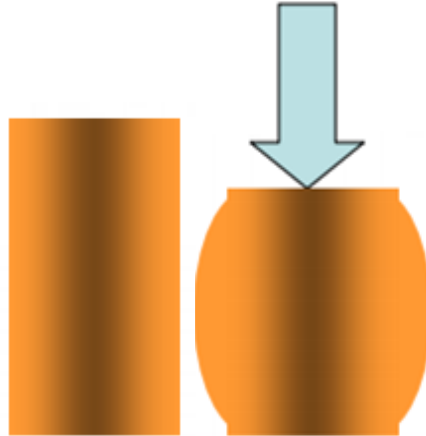
O ensaio de resistência à compressão foi utilizado para comprovar as características mecânicas de uma peça indicando a que tensão ela sofreu a ruptura. Para realização deste ensaio utilizou-se uma prensa da marca Cyber-Tronic, modelo YIMC109, com capacidade de 150 toneladas. O ensaio foi realizado no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

2.2.3.2 Determinação do Módulo de elasticidade estático

Quando o material é submetido a tensões crescentes de tração ou de compressão, verifica-se que, até determinado limite, as tensões (σ) são proporcionais às deformações específicas correspondentes (ϵ). Esta deformação específica é entendida como sendo o quociente entre o alongamento ou encurtamento do corpo de prova e o comprimento inicial deste. Este fenômeno é conhecido como Lei de Hooke ($\sigma = E \cdot \epsilon$). A constante de proporcionalidade (E) é uma propriedade característica do material em ensaio, denominada de módulo de elasticidade, ela é um parâmetro mecânico que proporciona uma medida da rigidez de um material sólido. Neste ensaio foram utilizados corpos de prova cilíndricos com dimensões 5 cm x 10 cm. O ensaio foi realizado de acordo com

a NBR 8522 (ABNT, 2008). A Figura 4 ilustra o corpo de prova recebendo carga axialmente.

Figura 4 - Corpo de prova recebendo carga axialmente.



Fonte: A autoria própria (2017)

Para este ensaio foi utilizada uma prensa da marca Shimadzu, modelo Serve Pulser Controller 4890, com capacidade de 10 toneladas, conforme ilustra a Figura 5.

Figura 5 - Ensaio para determinação do módulo de elasticidade.

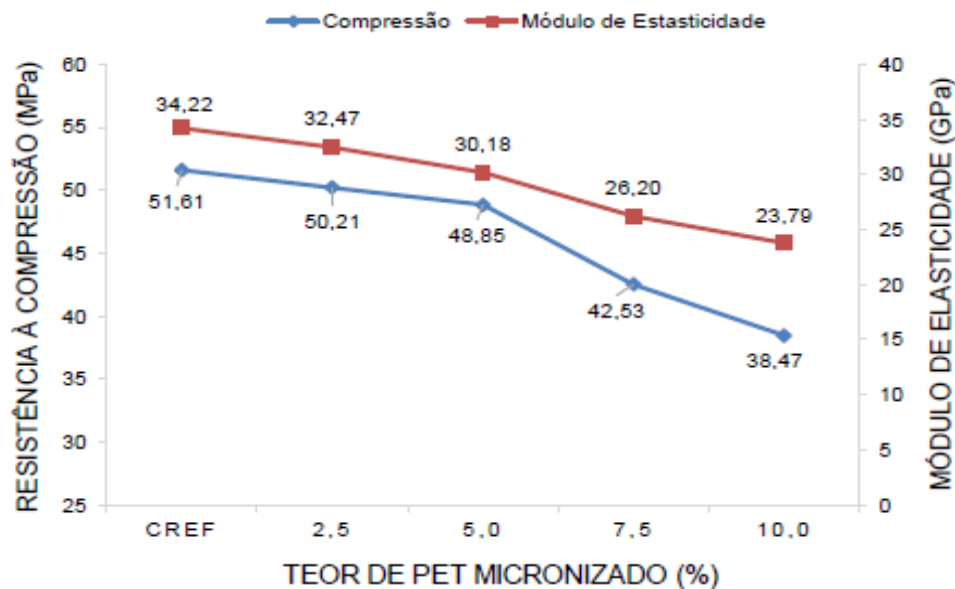


Fonte: A autoria própria (2017)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 6 ilustra os resultados do ensaio de resistência à compressão simples e do módulo de elasticidade do concreto incorporado com polímero (PET micronizado).

Figura 6 - Resistência à compressão simples e módulo de elasticidade do concreto incorporado com polímero (PET micronizado)



Fonte: Autoria própria (2017)

De acordo com os resultados apresentados na Figura 6, é possível perceber uma relação direta de proporcionalidade entre o módulo de elasticidade e a resistência à compressão nos concretos analisados. O concreto de referência (CREF) apresentou maior valor para resistência e para o módulo de elasticidade comparando aos valores obtidos para os concretos contendo PET. Este fenômeno ocorreu devido à maior porosidade dos concretos contendo PET e ainda devido à resistência intrínseca dos agregados naturais serem superior a resistência do PET micronizado.

A dimensão, a forma, a textura superficial, a distribuição granulométrica e a composição mineralógica dos agregados influenciam a fissuração na zona de transição na interface, e assim, afeta o módulo de elasticidade. Agregados mais densos têm maiores valores de módulo de elasticidade, conseqüentemente, quanto menor a quantidade de agregados de quartzo e maior a quantidade de PET em cada composição, menor será o valor do módulo de elasticidade do concreto. Nos estudos de Venu e Rao (2010) a capacidade de carga de concreto aumentou 4,62% nos concretos contendo 1% de fibra polipropileno de alta densidade (resíduo de corpos descartáveis) e, a capacidade de carga de concreto aumentou 9,11% nos concretos contendo 1% de fibra de PET (resíduo de garrafas de água mineral). Taherkhani (2014) estudou os efeitos do uso de resíduos de PET em concreto. Foram utilizadas fibras de PET nos comprimentos

de 1 cm, 2 cm e 3 cm, adicionando ao concreto nos teores de 0,5% e 1%, em volume da mistura total. As misturas que continham fibras mais curtas apresentaram menor módulo de elasticidade do que a mistura de controle. A utilização de fibras longas proporcionou a obtenção do melhoramento do módulo de elasticidade. As misturas reforçadas com fibra foram capazes de manter a sua integridade após a ruptura, o que indicou que elas absorviam mais energia.

4. CONCLUSÕES

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

A resistência à compressão das peças com incorporação de PET apresentaram valores inferiores aos obtidos para o concreto de referência, porém, os resultados obtidos são superiores a 35 MPa, que é o mínimo prescrito pela NBR 9781 (ABNT, 2013) para solicitações leves, podendo ser utilizado até o teor de 10,0% de PET micronizado;

Para o módulo de elasticidade estático observou-se que a incorporação do polímero (PET micronizado) ocasionou a obtenção de resultados inferiores aos obtidos para o concreto de referência e estes apresentaram comportamento similar aos resultados obtidos para a resistência à compressão simples.

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. (2008) **NBR NM 8522**. Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. Rio de Janeiro: ABNT.

Freire, MT. de A. Reyes, F.G.R. **A importância do polietileno tereftalato (PET) na indústria de embalagens para alimentos**. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de alimentos. 2009.

Helene, Paulo. Andrade, Tibério. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. In: **Revista IBRACON**. 2010.

Lei nº 12.305/2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2010.

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.

Venu, 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.