

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE ARGAMASSAS INCORPORADAS COM POLITEREFTALATO DE ETILENO

Mila Thais Rezende e Silva (1), Conrado Cesar Vitorino Pereira da Silva(1) José Bezerra da Silva (2) Maria Aline Matias(3) Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça (4)

Universidade Federal de Campina Grande, mila.rezende@outlook.com

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

Universidade Federal de Campina Grande, prbezerracg@gmail.com

Universidade Federal de Campina Grande, mariaalinnematias@hotmail.com

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

Resumo: A busca por soluções sustentáveis em todos os seguimentos da sociedade visando proteção ambiental, justiça social e viabilidade econômica deram espaço ao uso de materiais PET (politereftalato de etileno) pós-consumo, uma vez que esses quando não reciclados são destinados para deposição em aterros, gerando aumento da quantidade de resíduos e contribuindo para um aumento no consumo de matéria-prima. Pensando nisso, o material PET tem sido utilizado como uma alternativa em substituição ao agregado miúdo na produção de concreto, agregando valor ao concreto na otimização de suas propriedades como a trabalhabilidade bem como reduzindo impactos ambientais. A princípio foram realizados ensaios de caracterização do PET bem como dos agregados e cimento Portland seguidos do estudo de dosagem dos materiais de acordo com a metodologia da ABCP – Associação brasileira de Cimento Portland. Com isso, foram realizadas modelagem de corpos de prova de argamassas de referência, utilizando a areia como agregado, e incorporadas com PET triturado, no teor de 10%, para a realização tanto do ensaio de determinação da absorção de água, quanto para o de resistência à compressão. Os resultados do estudo indicaram que a partir da adição de PET como agregado miúdo na produção do concreto num teor de 10%, há um aumento da absorção de água, como consequência de um provável aumento do índice de vazios. O concreto com adição de PET teve um desempenho satisfatório quanto sua resistência à compressão simples, apresentando um aumento da resistência para todas as idades (7, 14 e 28 dias) quando comparado a argamassa de referência.

Palavras-chave: PET, Concreto, Agregado, Argamassa.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem sido recorrente a preocupação dos países com questões relacionadas ao meio ambiente visto que há um consumo excessivo e ineficiente dos recursos naturais. Com isso, todos os seguimentos da sociedade procuram reduzir de alguma forma esse consumo. De acordo com Agopyan (2011), o conceito de sustentabilidade busca um equilíbrio entre proteção ambiental, justiça social e viabilidade econômica.

A ABIPET 2016 indica que, no Brasil, o PET (politereftalato de etileno) reciclado tem a maior variedade de aplicações do mundo, ainda que uma grande parcela deste produto não possua esta mesma destinação pós-consumo e são encaminhados para a deposição em aterros. A não reciclagem de embalagens de PET para a fabricação de novos produtos de mesma composição resulta, invariavelmente, em um maior consumo de matéria-prima não renovável e no aumento de áreas de deposição de resíduos (MODRO,2009).

De acordo com Coelho (2005), diversos estudos sobre a substituição de agregados minerais convencionais em concreto de cimento Portland estão sendo realizados atualmente, e entre eles podem ser destacados: uso de grãos de polipropileno reciclado, em substituição aos agregados de concreto. Porém a substituição do agregado por resíduo PET altera a trabalhabilidade de concretos de cimento Portland (ALMEIDA et.al, 2004).

Neste contexto, a utilização de resíduos de PET pós-consumo, como substituto de agregados minerais em concreto de cimento Portland, apresenta-se como uma alternativa viável para dar uma destinação mais nobre aos mesmos, agregando valor e reduzindo impactos ambientais para a obtenção de concretos com propriedades otimizadas para uma aplicação específica (MODRO,2009).

Assim, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a influência da substituição parcial do agregado miúdo convencional, por PET triturado, no teor de 10% na absorção de água da argamassa, nas idades de 7 ,14 e 28 dias .

2. METODOLOGIA

2.1 Materiais

Foram utilizados os seguintes materiais:

Agregado Miúdo: O agregado miúdo (areia quartzo) utilizado para este trabalho é proveniente do leito do Rio Paraíba.

Cimento: O cimento utilizado na pesquisa foi o Portland CII Z, fornecido pela fábrica de cimento Zebu, no município de Santa Rita-PB.

Politereftalato de etileno: O Politereftalato de etileno utilizado na pesquisa foi reciclado de garrafas do tipo PET e triturado.

Cal hidratada: A cal hidratada utilizada foi da marca bom-cal.

Água: A Água utilizada na pesquisa é a mesma destinada ao consumo humano fornecido pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA).

2.2 Métodos

Os métodos de ensaios utilizados baseiam-se em normas, entre elas, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e normas internacionais da ASTM e da AASHTO.

A princípio foi efetuada a caracterização dos materiais através das Análises Térmicas Diferenciais (DTA) e Termogravimétricas, para o PET (politereftalato de etileno), além da Fluorescência de Raio-X, que determina a sua composição química, de onde foram obtidos os óxidos presentes (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Ti_2O , entre outros). Para os agregados foram realizados os ensaios: *Determinação da composição granulométrica*, segundo a ABNT NBR 7217 (ABNT, 1987), que determina a distribuição percentual dos diferentes tamanhos de grãos dos agregados, *Determinação da massa unitária*, através do ensaio da ABNT NBR 7251 (ABNT, 1982), que corresponde ao quociente da massa do agregado lançado no recipiente e o volume desse recipiente, *Determinação dos materiais pulverulentos*, de acordo com a norma ABNT NBR 7219 (ABNT, 1987), que são partículas minerais que passam na peneira de malha de nº 200 com abertura de $75\mu\text{m}$, *Determinação da absorção*, conforme ensaio ABNT NBR NM 53 (ABNT, 2003), que é o incremento de massa de um corpo sólido poroso devido à penetração de um líquido em seus poros permeáveis. Também para o cimento foram realizados os ensaios: *Determinação da massa específica*, a qual é a relação da massa e o seu volume, não considerando os vazios permeáveis da água. Este valor tem importância no cálculo do consumo dos materiais a serem determinados no traço de concreto. A determinação da massa específica da areia foi realizada por meio do frasco de Chapman, segundo a norma ABNT NBR 9776 (ABNT, 1987). Para o agregado

graúdo a determinação da massa específica foi obtida utilizando-se a norma ABNT NBR NM 53 (ABNT, 2009) e para o cimento, o ensaio foi realizado seguindo a norma DNER – ME 085/1994, *Determinação do índice de finura*, que é a determinação da porcentagem, em massa, de cimento Portland cujas dimensões de grãos são superiores a 75 µm através do método de peneiramento manual de acordo com a norma ABNT NBR 11579 (ABNT, 2012).

Em seguida, foi realizado o estudo da dosagem dos materiais, de acordo com a metodologia estabelecida pela ABCP – Associação brasileira de Cimento Portland, e, conforme as seguintes etapas: Na primeira etapa foram determinados os traços. Na segunda etapa determinou-se os teores de substituição e idades de controle que seriam utilizados na pesquisa. O traço determinado foi de 1:2:9, (cimento: cal: areia) e o fator água cimento foi definido segundo o método de Selmo (1989), com um valor de 2,18. E através das massas específicas de cada material foi possível um traço em massa para o volume de um corpo de prova: 33g de cimento; 66g de cal; 296,96 de areia; 71,93 ml de água. Usando uma taxa de desperdício de 10%.

Foram moldados corpos de prova nas dimensões de 5 cm x 10 cm para as argamassas de referência e incorporadas com PET triturado, no teor de 10%, para a realização do ensaio de determinação da absorção de água. O ensaio foi executado através de imersão de acordo com a norma NBR 9778 (ABNT 1987).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização do agregado miúdo

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de caracterização do agregado miúdo (areia) a fim de determinar sua utilização na dosagem do traço do concreto.

Tabela 1 – Caracterização do Agregado miúdo

Parâmetro Determinado	Valor Obtido
Massa Específica Real	2,618 g/cm
Massa Unitária	1,429 g/cm ³
Teor de Materiais Pulverulentos	0,07%

Fonte: Autoria própria

Quanto ao módulo de finura, verificou-se o valor de 2,78%, estando assim classificado de acordo com a norma NBR 7211 (ABNT, 2009) como areia de granulometria média, pois pertence ao intervalo de $2,4 < MF < 3,2$, e estando o módulo de finura dentro do parâmetro de 2,20 a 2,90, é considerado por norma pertencente da zona ótima de utilização. Quanto ao diâmetro máximo do agregado, obteve-se um valor de 4,80mm. De acordo com os valores obtidos esta areia é considerada bem graduada. O teor de materiais pulverulentos encontrados foi de 0,07%, podendo-se afirmar que esta areia apresenta poucos finos.

Caracterização do cimento Portland

Como resultados da caracterização física do cimento, verificou-se que a massa específica do cimento CP II F 32 é de $2,91 \text{ g/cm}^3$. O módulo de finura obtido foi igual a 2,84%. Este valor satisfaz ao limite máximo estabelecido pela norma da ABNT NBR 11579 (ABNT, 2013) que é igual a 12%.

Caracterização da Cal

Analisando os resultados obtidos, verificou-se que a cal possui um elevado teor de óxido de cálcio (CaO) e baixo teor de óxido de magnésio, sendo os valores de 49,35% e 26,45% respectivamente, podendo ser considerada dolomítica. Quanto aos demais componentes encontrados na composição química da cal, como principais impurezas, apresentam valores inferiores a 2%.

Caracterização do Politereftalato de Etileno – PET triturado

De acordo com as análises das curvas de Calorimetria Exploratória Diferencial, observou-se a ocorrência de picos endotérmicos a partir da temperatura de 200°C , indicando a ocorrência de modificações físicas e químicas na composição do Politereftalato de etileno. Através da análise termodiferencial e termogravimétrica verificou-se que aproximadamente a $82,64^\circ\text{C}$ há ocorrência de um pico endotérmico, indicando a mudança de estado físico do material (sólido para líquido), havendo uma pequena perda de massa. A temperatura de $129,62^\circ\text{C}$ observa-se a ocorrência de um pico exotérmico indicando uma nova mudança de estado físico (líquido para vapor). De acordo com a análise termogravimétrica, pode-se verificar que houve uma perda de massa total de 0,24%.

Ensaio de absorção de água por imersão

Os corpos de prova para os ensaios de absorção foram moldados conforme a NBR 5738/15 (Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova)

Após a produção dos corpos de prova de argamassa com incorporação de PET triturado com teores de 0% e 10% em substituição ao agregado miúdo, foram realizados os ensaios de absorção de água de acordo com a NBR 9778/2005.

A determinação da absorção de água da argamassa foi obtida para as idades de 7, 14 e 28 dias, conforme apresentado na Tabela 2 e Figura 1.

Tabela 2 – Absorção por imersão nas idades de 7, 14 e 28 dias

TEOR DE PET	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
0%	17,87%	16,54%	17,87%
10%	17,97%	16,75%	17,97%

Fonte: Autoria própria

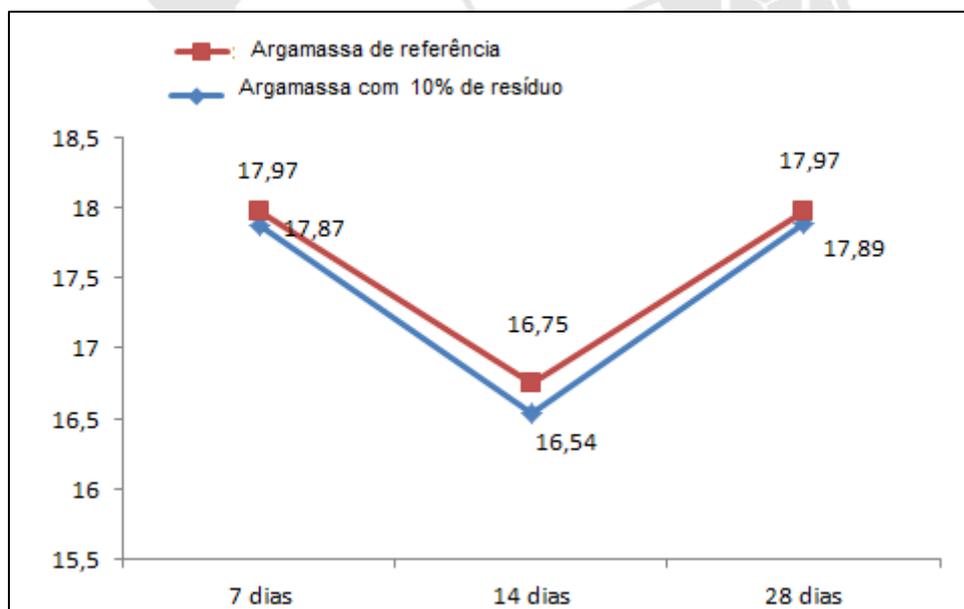


Figura1 - Absorção por imersão nas idades de 7, 14 e 28 dias.

De acordo com os resultados obtidos aos 7 dias, verifica-se que a incorporação de 10% de PET à argamassa, proporcionou a redução de absorção provavelmente devido a granulometria do PET ter preenchido um melhor empacotamento das partículas, favorecendo a obtenção de uma estrutura menos porosa, aos 14 dias a absorção obteve um aumento mínimo, sendo semelhante à verificada para a argamassa de referência, indicando que para esse teor de incorporação, a granulometria do PET não atuou com o preenchimento dos vazios, já para os 28 dias houve um aumento na absorção de água por parte dos corpos de prova quando se incorporou o teor de PET, seguindo o padrão verificado no ensaio dos 14 dias, indicando que a utilização do PET triturado na composição de argamassas ocasiona uma maior permeabilidade com um possível aumento no índice de vazios do material, proporcionando assim uma maior captação de água por meio da sua superfície

Segundo Pietrobelli (2010) a adição de resíduo de PET a concretos ocasiona redução da resistência e também uma perda de trabalhabilidade quando comparado ao concreto de referência, pelo fato do agregado de polietileno ter menor peso e maior volume comparado com o agregado natural e que os traços produzidos em peso apresentam uma quantidade de PET bastante elevada. Sendo necessária uma correção do traço, uma vez que a quantidade de agregado reciclado presente na mistura, está diretamente ligada e interfere diretamente e significativamente no desempenho aos esforços mecânicos dos concretos produzidos.

4. CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados, pode-se concluir que a adição de PET triturado às argamassas indicou um aumento no teor de absorção de água a essas. Como consequência, uma maior permeabilidade e provavelmente aumento no índice de vazios do material.

Os resultados apresentados permitem classificar esta argamassa como sendo do tipo I segundo a ABNT NBR 13281.

Sendo assim, conclui-se que a utilização dessa solução ambiental proporciona um destino adequado ao material pós-utilização e proporciona redução de custos na produção da argamassa, servindo como um incentivo econômico para a utilização desse na indústria da construção civil.

5. REFERÊNCIAS

- ABIPET – Associação Brasileira dos Fabricantes de Embalagens de PET. **10º Censo da Reciclagem de PET no Brasil** (2016).
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2001) NBR 53. **Agregados graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2005) NBR 9778. **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2005) NBR 13281. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2012) NBR 11579. **Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200)**. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1996) NBR 7215. **Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro/RJ: ABNT.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2016) NBR 11513. **Materiais granulares usados em fundição - Determinação da massa específica pelo uso do frasco volumétrico de “Le Chatelier”**. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2015) NBR 5738. **Procedimentos para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro: ABNT.
- AGOPYAN, V; JOHN, V. M. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. Ed. Edgard Blucher, v.5, 2011.
- ALMEIDA, M.O., JUNIOR, M.J.F. SONCIM, S.P., JUNIOR, G.B.A., "Uso de areia de PET na fabricação de concretos", In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia e Resíduos e Desenvolvimento Sustentável – Livro de Resumos, pp.39, Santa Catarina, Outubro 2004.

COELHO, R.T., Contribuição ao estudo da aplicação de materiais alternativos à base de cimento Portland: uso de grãos reciclados de polipropileno reciclado em substituição aos agregados de concreto, Dissertação M.Sc., UNICAMP, Campinas, SP, Brasil, 2005.

MELLO, A.L. **Utilização de resíduos de PEAD como alternativa aos agregados naturais em argamassa.** 172p. Dissertação (Mestrado), Engenharia Ambiental Urbana, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

MODRO, N.L.R.; MODRO, N.R.; OLIVEIRA, A.P.N. Avaliação de concreto de cimento portland contendo resíduos de PET. **Revista matéria**, v.14, n.1, p. 725-736, 2009.

PIETROBELLI, E. R. **Estudo de viabilidade do PET reciclado em concreto sob aspecto da resistência a compressão,** 2010. Trabalho de conclusão (Graduação) - Universidade Comunitária Regional de Chapecó, Chapecó, 2010

SELMO, *et al.* **Propriedades e especificações de argamassas industrializadas de múltiplo uso.** 2010. 27 f. Artigo. Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo. 2010.