



ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

VERIFICAÇÃO DA CONDUÇÃO TÉRMICA DE CONCRETOS PRODUZIDOS COM A INCORPORAÇÃO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE GARRAFA PET

Luana da Silva Gonçalves¹; Maria A. G. Tommaselli².

¹Acadêmica de Engenharia de Produção da FAEN/UFGD; ²Professor Adjunto IV-UFGD-
Caixa Postal 322, 79825-480 Dourados – MS; e-mail: goncalvessluana@gmail.com;
mariamachado@ufgd.edu.br

RESUMO

Devido as suas propriedades ideais, o consumo de plástico tem sido cada vez maior, principalmente no setor alimentício, o que, conseqüentemente, gera muitos resíduos. As garrafas PET (tereftalato de polietileno) é um desses resíduos obtidos durante esse processo de pós-consumo, sendo que 42,9 % desses resíduos não são reciclados. Objetivando reduzir os impactos ambientais causados, utilizar os resíduos de PET em outras áreas industriais é um dos métodos mais aceitáveis para a coleta e tratamento de resíduos. Além de reduzir os impactos ambientais, há uma grande viabilidade econômica na utilização destes resíduos para a obtenção de concretos com propriedades otimizadas para uma aplicação específica. As propriedades térmicas apropriadas dos materiais, por exemplo, contribuem para o melhor conforto térmico no interior das construções. Sendo esse um parâmetro físico importante na engenharia civil, pois por meio dele é possível estimar, por exemplo, o fluxo de calor através de uma parede. Portanto, este trabalho tem por objetivo reutilizar garrafas PET moídas, como substituto parcial do agregado miúdo (areia) em concreto, sendo confeccionados corpos de prova de referência, ou seja, 0% de PET e corpos de prova na concentração de 5% e 10 % de PET. Foram realizadas medições para verificar a condutividade térmica destes materiais, utilizando um sistema adiabático e observou-se que a introdução desse resíduo no concreto influenciou os resultados obtidos.

Palavras-chave: concreto, condutividade térmica, PET.

INTRODUÇÃO

A sociedade atual é marcada pelo seu grande consumismo, um exemplo disso é o uso de polímeros sintéticos nas embalagens de produtos, porém após o consumo seu destino muitas vezes é o lixo. A quantidade de resíduos sólidos gerados nos centros urbanos varia de cidade para cidade, sendo que o percentual de material plástico tem aumentado significativamente, principalmente devido à substituição das embalagens de papel e vidro pelas embalagens plásticas (DI SOUZA et al, 2008).

O polímero mais conhecido é o poli (tereftalato de polietileno), polímero termoplástico, comercialmente denominado PET. Segundo Wiebeck, et al 2005, as principais características do PET são a baixa densidade, transparência, brilho, boa performance em diferentes designs, segurança e facilidade de moldagem, alta resistência química e mecânica, além de excelente barreira para gases e odores. Essas propriedades são ideais para satisfazer a demanda do consumo doméstico de bebidas carbonatadas (refrigerantes) e produtos que necessitem de embalagens transparentes e resistentes (DI SOUZA et al, 2008).

Entre as possíveis alternativas para a destinação final de resíduos podem-se destacar a deposição em aterros e a reciclagem que, além de reduzir a necessidade de criação de novos aterros, possibilita a redução da utilização de novos recursos naturais não renováveis (MODRO, N.L.R. et al . 2009).

Segundo a Associação Brasileira da Indústria do PET (ABIPET) (2014) a reciclagem de PET no Brasil é uma das mais desenvolvidas no mundo, a nona edição do Censo aponta crescimento de 12% na reciclagem de PET e relata que foram coletadas 331 mil toneladas de embalagens de PET, confirmando que a reciclagem de PET é uma atividade em crescimento. Estima-se que em 2016 o consumo de PET chegue a 840 mil toneladas apresentando um aumento de 8% desde 2011. A ABIPET e Petroquímica Suape (2013) levam em consideração para esta estimativa, eventos internacionais importantes como a Copa do Mundo e as Olimpíadas, que ocorrerão no Brasil durante este período.

O 8º Censo da Reciclagem do PET no Brasil realizado pela ABIPET, 2012, mostra que 57,1 % do PET consumido no Brasil são reciclados. Porém, mesmo sendo um dos maiores recicladores do mundo, evidencia-se que 42,9% desse resíduo não são

reciclados. Sendo o descarte pós-consumo realizado em aterros, implicando em sérios problemas ambientais.

Neste contexto, utilizar os resíduos de PET em outras áreas industriais é um dos métodos mais aceitáveis para a coleta e tratamento de resíduos. O setor da construção civil é uma delas, podendo consumir uma grande quantidade de resíduos, devido a sua alta capacidade de consumo (AKÇAÖZOG˘LU et al, 2010).

Uma das maneiras mais viáveis economicamente para a utilização dos resíduos de PET pós-consumo é quando os mesmos são triturados e usados como substituto de agregados minerais em concreto de cimento Portland. Além da viabilidade econômica, a utilização destes resíduos em concreto reduz os impactos ambientais para a obtenção de concretos com propriedades otimizadas para uma aplicação específica (AKÇAÖZOG˘LU et al, 2010 e MODRO, N.L.R. et al . 2009).

As propriedades térmicas apropriadas dos materiais contribuem para o melhor conforto térmico no interior das construções. Assim, quando se pretende minimizar as perdas de calor, baixos valores de condutividade térmica são exigidos, o que contribui para a eficiência energética das edificações (SANTOS, 2002).

A condutividade térmica é a propriedade do material que diz respeito à capacidade que este possui em transferir calor, estando relacionada ao fluxo de calor por condução. Na Engenharia Civil este é um parâmetro físico importante, pois por meio dele é possível estimar, por exemplo, o fluxo de calor através de uma parede. (SACHT et al, 2010).

De acordo com Halliday, 2009, a condutividade térmica de um material, de que é feita uma placa, é menor quanto maior for a resistência térmica da placa. Desse modo, um mau condutor de calor possui uma resistência térmica elevada sendo, portanto, um bom isolante térmico.

A medição das propriedades de condutividade térmica de um material é uma questão muito importante para atender o desempenho ideal para uma aplicação particular (YESILATA, 2007). Para isso é preciso comparar o material com outro material conhecido, utilizando de sistemas térmicos feitos de materiais resistentes ao calor.

Segundo Yesilata, 2007, diferentes técnicas de medições das propriedades térmicas dos materiais tem sido desenvolvidas, a técnica mais antiga é a técnica de

estado estacionário. Esta se baseia na criação de um gradiente de temperatura ao longo de uma espessura conhecida de uma amostra e de controlar o fluxo de calor de um lado para o outro. Assim a condutividade térmica é determinada medindo o gradiente de temperatura e o fluxo de calor através da amostra.

A partir desses fatores, este trabalho tem por objetivo reutilizar garrafas PET moídas, como substituto parcial do agregado miúdo (areia) em concreto, verificando sua condutividade térmica. Para isso, foram confeccionados corpos de provas com diferentes concentrações de PET e areia e foram testados em um sistema elaborado por Silva et al, 2013.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a confecção dos corpos de prova foram reutilizadas garrafas PET de diversas marcas de refrigerantes conhecidas nacionalmente, cimento CPII- E32, da marca Cauê, areia e brita 0. Sendo a areia, brita 0 e o cimento adquiridos em estabelecimento comercial de Dourados – MS.

As garrafas PET passaram pelo processo de moagem para serem incorporadas aos corpos de prova. Para este processo foram retirados seus rótulos e em seguida as garrafas foram lavadas e secadas, e posteriormente, com auxílio de uma tesoura, foram cortadas em tamanhos menores para facilitar o processo de moagem. O moinho utilizado foi da marca Marconi. Após a moagem, as partículas do material apresentou tamanho de material passante em peneira 20 mesh.

Em trabalho anterior de Lima (2012) foi realizada a caracterização da areia e da brita 0. O ensaio de distribuição granulométrica para caracterização física destes materiais, realizado em laboratório, seguiu orientações da norma NBR 7217-1987, que prescreve o método para determinar a composição granulométrica de agregados miúdos e grãos para concreto. Desse modo, a areia foi classificada como muito fina e o agregado grão ficou nos limites que estabeleceram sua classificação como brita 0.

Para a realização das medidas de condutividade térmica foram confeccionados corpos de prova na forma retangular, possuindo dimensões de 19,5 cm de comprimento por 10 cm de largura e 2 cm de altura.

A confecção dos corpos de prova em concreto, denominado como referência (0% de PET) foi realizada utilizando apenas o agregado miúdo (areia), o agregado graúdo, cimento e água. Já para a confecção dos demais corpos de prova, foram utilizados os mesmos materiais, porém o agregado miúdo foi substituído parcialmente por PET triturado na concentração de 5% e 10% referente à quantidade de agregado miúdo. A Tabela 1 mostra a relação das quantidades de cada material utilizado.

TABELA 1. – Traços utilizados para a confecção dos corpos de prova

Componentes	Traços utilizados		
	0 % PET	5% PET	10% PET
	Quantidade (Kg)	Quantidade (Kg)	Quantidade (Kg)
Água	0,450	0,450	0,450
Areia	2	1,9	1,8
Brita 0	1	1	1
PET	-	0,1	0, 2
Cimento	1	1	1

*Uchida, J. *et al* (2013)

Foi utilizada uma balança digital para a pesagem dos materiais utilizados, sendo esta da marca Welmy modelo W – 1, e uma argamassadeira da marca Pavistest para a mistura dos mesmos. Após a concretagem dos corpos de prova, com um intervalo de 24 horas, estes foram retirados das formas e imersos em solução saturada de água e cal para a cura.

Para as medidas de transferência de calor foram confeccionados três corpos de prova para cada concentração de PET e após o tempo de cura de 28 dias eles foram submetidos aos testes de transferência de calor utilizando o aparato desenvolvido em laboratório por Silva et al, 2013.

O aparato utilizado trata-se de um sistema adiabático, constituído de duas caixas de EPS (Poliestireno Expandido) com diferentes dimensões, além de um aquecedor de água. Dentro da caixa de EPS menor, uma forma de metal foi utilizada para armazenar a água e foram instalados termômetros em diferentes localizações do sistema para a verificação da transferência de calor através dos corpos de prova.

Os seguintes passos foram seguidos para o emprego do aparato para as medidas de transferência de calor: primeiramente a forma metálica era preenchida com 1000 g de

água, em seguida o aquecedor e os termômetros eram posicionados e o corpo de prova selecionado era encaixado na abertura da tampa do EPS menor e o sistema era fechado. Então, acionava-se o aquecedor que era, posteriormente, desligado assim que a temperatura da água atingisse 70°C. A leitura dos termômetros foi realizada a cada 5 minutos durante 180 minutos. A temperatura de todos os termômetros foram anotadas e posteriormente comparadas graficamente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes foram realizados em três corpos de prova confeccionados para as diferentes concentrações de PET e calculada a média das temperaturas para cada concentração de PET, elaborando-se um gráfico comparativo. Apesar de existirem quatro termômetros instalados em todo o tempo do experimento, a análise comparativa é feita através da observação da temperatura da água, visto que, teoricamente, o EPS isola todas as saídas de calor, exceto a abertura onde o corpo de prova está encaixado, tornando o corpo de prova, a única saída de calor do sistema criado. É evidente que existem perdas de calor pelo EPS e por fissuras entre o corpo de prova e a caixa, porém, isso não afeta a comparação já que todos os corpos de prova estão sujeitos às mesmas condições.

Os resultados dos testes de medida de calor das amostras são apresentados na Figura 1. O gráfico indica as temperaturas instantâneas da água que se encontra dentro da caixa de EPS menor, cuja superfície superior se encontra o corpo de prova. A curva de temperatura para cada tipo de amostra é a média de temperaturas obtidas a partir dos três corpos de prova idênticos. Os valores da temperatura ambiente foram obtidos pela média das temperaturas instantâneas medidas durante os testes. As variações da temperatura ambiente permaneceram dentro de 23°C.

As curvas do gráfico para os corpos de prova mostram comportamento semelhante no início das medições, início com uma queda mais acentuada e, em seguida, ocorre uma desaceleração. A maior taxa de perda de calor ocorre para o concreto com concentração de 5% de PET. Embora os experimentos durassem 3 horas, a temperatura de equilíbrio não poderia ser obtida.

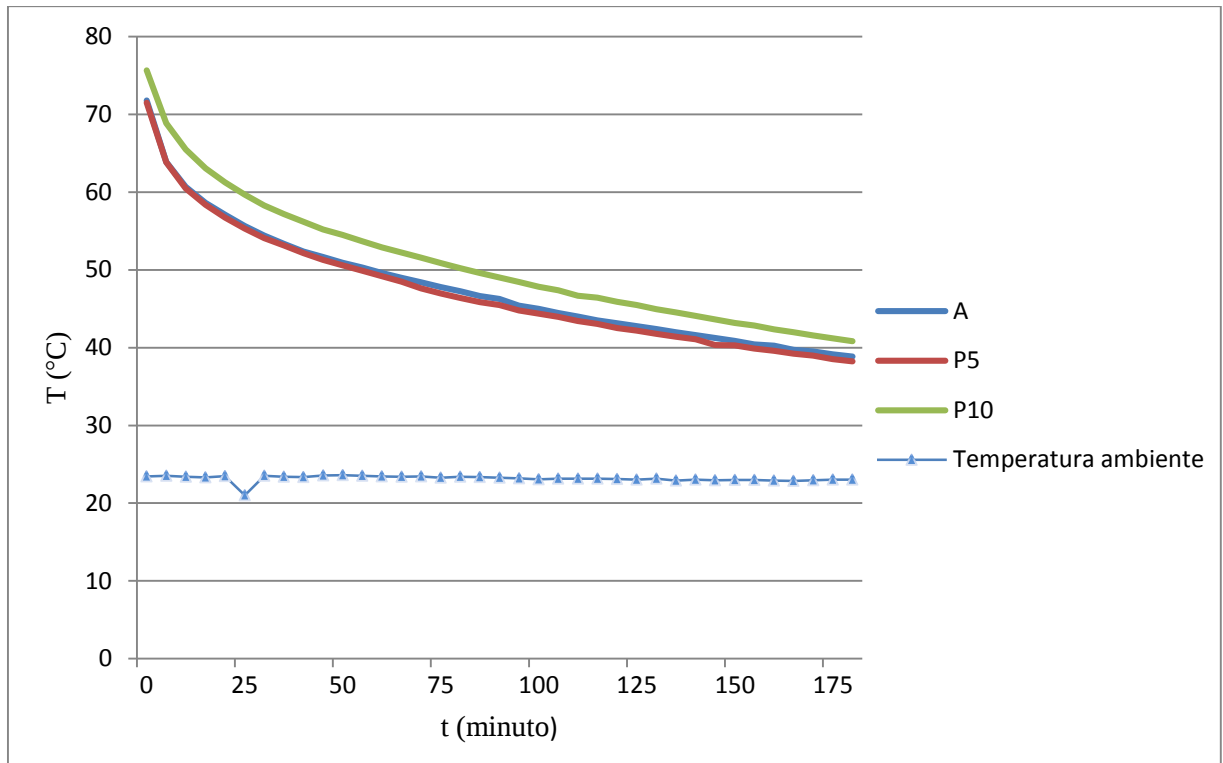


FIGURA 1 – Temperaturas instantâneas da água para cada amostra

Na elaboração dos gráficos comparativos utilizou-se de temperaturas adimensionais (θ^*) para as amostras, definida pela equação a seguir.

$$\theta^* = \frac{T_i - T_a}{T - T_a} \quad (1)$$

Onde T_i e T são, respectivamente, a temperatura da água no instante escolhido ($i = 0, 5, 10, \dots, 180$ min.) e T a temperatura da água no início da coleta de dados ($i = 0$ min.) e T_a é a temperatura da água antes do aquecimento da mesma (YESILATA, 2007).

A razão encontrada é uma constante adimensional, capaz de mostrar a energia absorvida pela água a ser transferida pelo sistema, ou seja, pelo corpo de prova. Ao analisar os gráficos, pode-se observar que quanto mais rápido a queda de θ^* , mais rápida foi a queda de temperatura da água e, conseqüentemente, mais energia foi transferida e, portanto, menos resistente termicamente é o material. As variações de θ^* com o tempo são mostradas na Figura 2 para as amostras testadas, onde pode-se observar mais claramente as diferenças nos seus comportamentos térmicos.

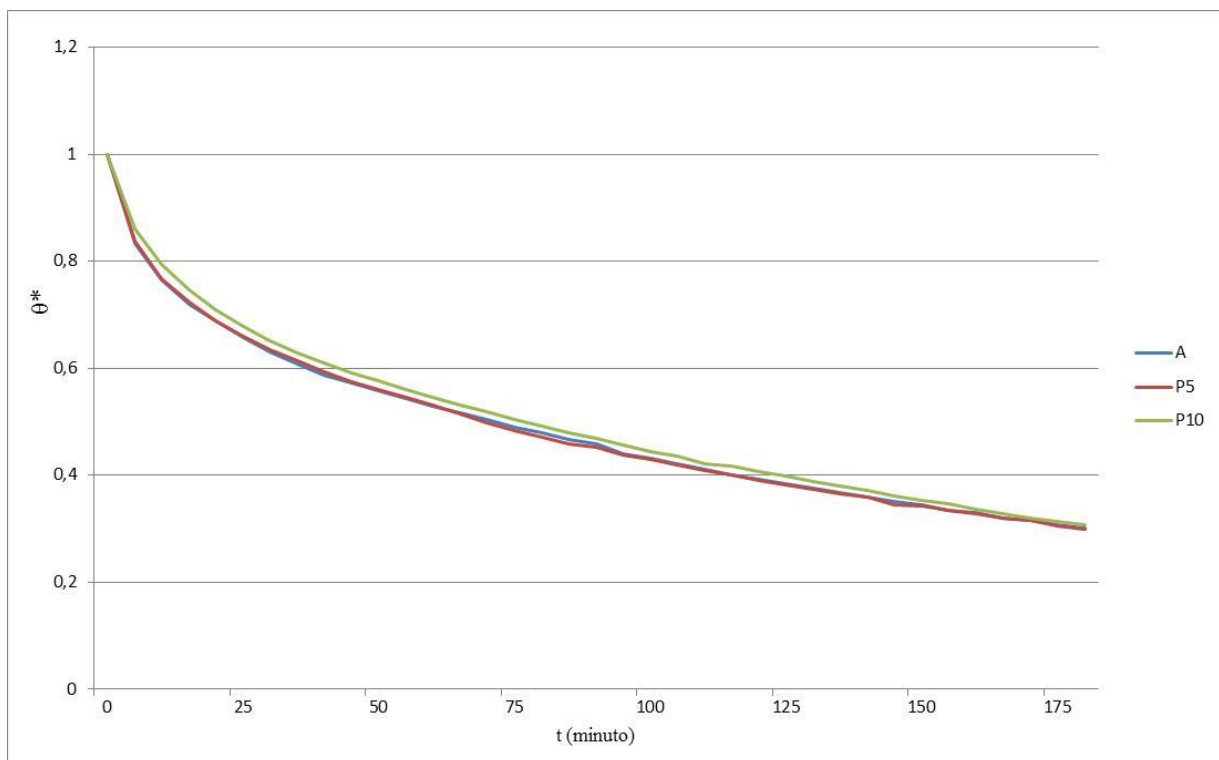


FIGURA 2 - Gráfico adimensional comparativo dos corpos de prova em concreto com diferentes concentrações de PET.

Com base nos dados mostrados no gráfico da Figura 2, pode-se dizer que não houve grande variação na condutividade térmica para os corpos de prova com concentração de 5% de PET se comparados com a referência (0% de PET). Já para os corpos de prova com concentração de 10 % de PET, θ^* apresentou uma queda menor, ou seja, menos energia foi transferida e, portanto, este material é mais resistente termicamente.

Portanto, pode-se afirmar que os concretos com concentração de 10 % de PET são um mau condutor de calor, quando comparados com o concreto referência, sendo, assim, bons isolantes térmicos. Percebe-se que quanto maior a concentração do resíduo mais resistente termicamente é o material, porém é necessário a realização de mais testes para confirmação da concentração de PET esta afirmação é válida.

REFERÊNCIAS

ABIPET – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE EMBALAGENS DE PET. Disponível em <http://www.abepet.com.br>. Acesso em Julho de 2014.

ABIPET. Panorama 2013: Indústria do PET no Brasil. 2013. Disponível em: <<http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=36>>. Acesso em Julho de 2014.

AKÇAÖZOGLU, S; ATIS, C. D; AKÇAÖZOGLU, K.. An investigation on the use of shredded waste PET bottles as aggregate in lightweight concrete. Elsevir, 2010, v. 30, p. 285 - 290.

DI SOUZA, Luiz; TORRES, Maria Conceição M.; RUVOLO FILHO, Adhemar C.. Despolimerização do poli (tereftalato de etileno) - PET: efeitos de tensoativos e excesso de solução alcalina. Polímeros, São Carlos , v. 18, n. 4, 2008

HALLIDAY, D.; RESENICK, J. W.. Fundamentos da física, volume 2, 8º ed, editora LTC, Rio de Janeiro, 2009. 190-192p.

LIMA A. V., TOMMASELLI M. A. G., ALVES A. L., ZANFOLIM A. A., AQUINO G. U. A.. Desenvolvimento de microconcretos produzidos a partir da cinza residual do bagaço de cana como substituto do agregado miúdo areia. Anais do 6º Encontro de Iniciação Científica. ENEPE, Dourados, 15 p, 2012.

MICHELS C.. Análise da transferência de calor em coberturas com barreiras radiantes. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MODRO, N.L.R. et al . Avaliação de concreto de cimento Portland contendo resíduos de PET. Matéria (Rio J.), Rio de Janeiro , v. 14, n. 1, Apr. 2009 .

SACHT, H.M.; ROSSIGNOLO, J.A.; SANTOS, W.N.. Avaliação da condutividade térmica de concretos leves com argila expandida. Matéria (Rio J.), Rio de Janeiro, v.15, n. 1, 2010.

SANTOS, W.N.. The hot wire method: the hot wire parallel technique and the hot wire surface technique. Cerâmica 48: 86- 91, 2002.

SILVA E. P., GONÇALVES L. S., TOMMASELLI M. A. G., MACHADO C. A. C., ALVES A. L., ZANFOLIM A. A.. Elaboração de um aparato experimental para comparação da transferência de calor de concretos de diferentes composições. Anais do 7º Encontro de Iniciação Científica. ENEPE, Dourados, 8 p , 2013.

TONOLI, G. H. D.; SANTOS, S. F.; RABI, J. A. SANTOS, W. N.; JUNIOR, H. S.. Thermal performance of sisal fiber-cement roofing tiles for rural constructions. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), v.68, n.1, p.1-7, January/February 2011.

WIEBECK, H. & HARADA, J.. Plásticos de Engenharia. Artliber: São Paulo, 2005.

YESILATA, B.; TURGUT, P.. A simple dynamic measurement technique for comparing thermal insulation performances of anisotropic building materials. Energy and Buildings 39. 8 p, 2007.

UCHIDA, J.; TOMMASELLI, M. A. G.; SOUZA, C. C.; ALVES, A. L.; ZANFOLIM, A. Verificação da Resistência Mecânica de Concretos Produzidos a Partir de Garrafas PET. 4^o Encontro de Ensino de Graduação, 6^o Encontro de Ensino de Pós-Graduação, 7^o Encontro de Iniciação Científica e 7^o Encontro de Extensão UFGD – 21 a 24 outubro 2013 – Dourados-MS, 2013.