

ANÁLISE DO CONCRETO UTILIZANDO O POLIESTIRENO EXPANDIDO E POLITEREFTALATO DE ETILENO EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO GRAÚDO

HYAGO SODRE SOUSA¹; FRANCISCO CARLOS LOPES BITENCOURTE^{2*};
GRAZIELLE LEAL³; KELLY RODRIGUES DO MONTE⁴; MARK ANDERSON MOREIRA E SILVA⁵.

¹Graduando Engenharia Civil, UNINOVAFAPI, Teresina-PI, hiago46@hotmail.com;

²Graduando Engenharia Civil, UNINOVAFAPI, Teresina-PI, carlosbitencourte@gmail.com;

³Graduanda Engenharia Civil, UNINOVAFAPI, Teresina-PI, grazielle-leal@hotmail.com;

⁴Graduanda Engenharia Civil, UNINOVAFAPI, Teresina-PI, kellyengenharia@outlook.com;

⁵Mestrando em Materiais, IFPI, Teresina-PI, mark_anderson@hotmail.com;

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: A cultura do consumo leva a rápida substituição dos produtos e a perda de valor, logo a quantidade de resíduo sólido no meio ambiente deve aumentar anualmente em virtude do grande consumo, acarretando no acúmulo de resíduos devido à falta de reciclagem. E os agregados oriundos da construção civil estão mais escassos, logo é necessário o desenvolvimento de alternativas que venham a substituir estes materiais. Neste trabalho foi avaliado o comportamento do concreto com adição do resíduo de politereftalato de etileno (PET) e de poliestireno expandido (EPS) substituindo os mesmos pelo agregado graúdo (Brita). O trabalho estuda as propriedades do concreto produzido com diferentes teores de flocos de EPS (10, 20 e 30%) e de flakes de PET (10, 20 e 30%), além de um concreto referência, ressalva-se que foi utilizado o mesmo traço para todos os concretos produzidos. Foram realizados ensaios de resistência à compressão, resistência à tração, massa específica, índice de vazios e Slump Test, objetivando encontrar um teor que pudesse ser classificado como concreto leve estrutural. Os resultados encontrados retratam que o concreto com 30% de EPS atingiu o esperado quanto a classificação de concreto leve, porém não é estrutural. A melhor substituição foi o concreto com 10% de PET, pois pode ser usado como concreto estrutural de acordo com a resistência à compressão e tem a mesma resistência à tração e menor valor de índice de vazios que o concreto referência.

PALAVRAS-CHAVE: Reciclagem. Concreto. Concreto Leve. PET. EPS.

CONCRETE ANALYSIS USING EXPANDED POLYSTYRENE AND ETHYLENE POLYTETHYLATE IN PARTIAL REPLACEMENT OF AGGREGATE GRAUD

ABSTRACT: The consumption culture leads to rapid product replacement and loss of value, so the amount of solid waste in the environment should increase annually due to the large consumption, resulting in the accumulation of waste due to the lack of recycling. And the aggregates from civil construction are more scarce, so it is necessary to develop alternatives that will replace these materials. In this work, the behavior of the concrete with the addition of the polyethylene terephthalate (PET) and expanded polystyrene (EPS) was evaluated, replacing them with the large aggregate (Gravel). The work studies the properties of concrete produced with different levels of EPS flakes (10, 20 and 30%) and PET flakes (10, 20 and 30%), in addition to a reference concrete. Where tests of compressive strength, tensile strength, specific mass, void index and Slump Test were carried out, aiming at finding a content which could be classified as lightweight concrete structure. The results show that the concrete with 30% of EPS reached the expected level of light concrete, but it is not structural. The best substitution was the concrete with 10% PET, because it can be used as structural concrete according to the compressive strength and has the same tensile strength and lower value of voids than the concrete reference.

KEYWORDS: Recycling. Concrete. Lightweight Concrete. PET. EPS.

INTRODUÇÃO

Pesquisas feitas pela ABRELPE (2015) definem que a geração de lixo no Brasil aumentou 29% de 2003 a 2014, o que equivale a cinco vezes a taxa de crescimento populacional no período. Mais de 41% das 78,6 milhões de toneladas de resíduos sólidos gerados no país em 2014 tiveram como destino lixões e aterros controlados. O desafio quanto a gestão de resíduos sólidos é agravada devido ao consumismo que é impulsionado pelo capitalismo. A cultura do consumo leva a rápida substituição dos produtos e a perda de valor, assim materiais como os plásticos, garrafas PET, papéis, alumínio e isopor deveriam ser reutilizados, o que minimizaria o acúmulo de resíduos e garantiria melhor qualidade de vida à população.

O emprego de poliestireno expandido e politereftalato de etileno como agregado leve formará concretos com propriedades otimizadas para uma aplicação específica e afetará positivamente no meio ambiente, pois diminui o uso da areia, que devido a sua extração desordenada traz sérios danos e às vezes incorrigíveis ao meio ambiente (SCOBAR, 2016).

A substituição parcial da brita por agregados leves pode originar o concreto leve. O concreto leve é caracterizado segundo Scobar (2016), por reduzir o peso próprio das estruturas e para Helena (2009), pela baixa densidade devido a utilização de agregados leves e resíduos industriais.

A massa específica é que determina se o concreto será considerado leve, logo a massa específica do concreto leve segundo o ACI 213R/03, deve ser em torno de 1120 a 1920 kg/m³. Se tratando de resistência à compressão a norma NBR 6118 de 2014, define que concreto com função estrutura deve ter resistência mínima de 20 Mpa, já de acordo com a norma americana ACI 213R a resistência deve ser superior a 17 Mpa.

O julgamento das propriedades dos concretos produzidos serão através de ensaio de resistência à compressão, ensaio de resistência à tração por compressão diametral, SLUMP TEST, que definirá a consistência (Trabalhabilidade), da massa específica e índice de vazios e os resultados serão comparados com as propriedades do concreto convencional, que será usado como referência.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia desta pesquisa foi elaborada de forma a analisar as influências do poliestireno expandido e do politereftalato de etileno substituindo parcialmente pela brita no comportamento do concreto. Foram verificadas as propriedades do concreto no estado fresco (trabalhabilidade) e as propriedades no estado endurecido (massa específicas, índice de vazios, resistência à compressão e resistência à tração por compressão diametral), utilizando diferentes teores de substituição do agregado graúdo.

Os materiais utilizados na produção do concreto foram: o cimento CP V-ARI, da marca Cimento Nacional, essa escolha deve-se ao fato de ser um cimento com maior rendimento e não conter adições. Logo, o concreto irá possuir resistências elevadas, compensando a baixa resistência dos agregados utilizados. Como agregado miúdo natural foi empregada areia quartzosa fina; como agregado graúdo foi empregada brita basáltica 01; água; poliestireno expandido com densidade de 1,04 g/cm³; politereftalato de etileno com D_{máx}/MF de 6,3/5,32.

O cálculo da dosagem foi feito conforme o método de dosagem da ABCP. Considerou-se o concreto com resistência à compressão característica de 30 MPa, já que este é destinado para uso estrutural; desvio padrão de 4 porque a confecção dos corpos de prova foi feita com o auxílio de um profissional habilitado, com materiais medidos em peso e auxílio de medidor de água. Adotou-se a areia com módulo de finura de 1,8 e o agregado graúdo com diâmetro máximo de 19 mm. Para o abatimento do tronco do cone admitiu-se o intervalo entre 80 e 100 mm. A Tabela 1 indica o resultado encontrado para essa dosagem, expresso em termos de proporções em massa.

Tabela 1. Dosagem para concreto convencional

Cimento	Areia	Brita	Água
1,00	1,76	3,10	0,55

As substituições parciais dos agregados por poliestireno expandido e politereftalato de etileno se deu em percentuais de 10%, 20% e 30% e um concreto sem substituição para servir de referência. Foram moldados 105 corpos de prova e para cada porcentagem de substituição foram feitas cinco (5) amostras.

A moldagem realizada seguiu as instruções da NBR 5738/15 – moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Os corpos de prova são cilíndricos de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura e foram usados para o ensaio de Resistência à Compressão, de Resistência à Tração por Compressão Diametral, Massa Específica e Índice de Vazios. A Tabela 2 indica os ensaios realizados e suas devidas quantidades de corpos de provas.

Tabela 2. Disposição da quantidade de corpos de prova por ensaio

CONCRETO	PORCENTAGEM	COMPRESSÃO	TRAÇÃO	MASSA ESPECÍFICA/ ÍNDICE DE VAZIOS
COMUM	0%	5	5	5
POLIESTIRENO EXPANDIDO	10%	5	5	5
	20%	5	5	5
	30%	5	5	5
POLITEREFTALATO DE ETILENO	10%	5	5	5
	20%	5	5	5
	30%	5	5	5

Para o ensaio de trabalhabilidade foi utilizado uma amostra de concreto representativa de todo o lote. Para cada porcentagem foi feito um único ensaio, assim se sucedeu para concreto com poliestireno expandido e para o com adição de politereftalato de etileno. Ressalva-se que o abatimento do corpo de prova durante o ensaio é expresso em milímetros. O ensaio seguiu as instruções da NBR NM 67 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

A massa específica e o índice de vazios do concreto no estado endurecido se baseou na NBR 9778 - Argamassa e Concreto Endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. O ensaio de resistência à compressão seguiu a NBR 5739 – Concreto – Ensaio de Compressão de corpo de prova cilíndrico e o de tração diametral foi feito baseado no NBR 7222 - Argamassa e Concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.

A ABNT 8953- Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupo de resistência e consistência de 2015 será usada para identificar em qual classe de resistência à compressão estará o concreto com poliestireno expandido (EPS) e com politereftalato de etileno (PET) e posteriormente para saber quais das porcentagens de substituição poderá ser usado para fins estruturais, pois segundo essa norma se a resistência for inferior C20 não é concreto estrutural. O Quadro 1 define todos os ensaios e os métodos estatísticos usados.

Quadro 1. Ensaio e métodos estatísticos

ENSAIOS	MÉTODO ESTATÍSTICO
MASSA ESPECÍFICA	TESTE T / DESVIO PADRÃO / MÉDIA
ÍNDICE DE VAZIOS	TESTE T / DESVIO PADRÃO / MÉDIA
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	TESTE T / DESVIO PADRÃO / MÉDIA
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO	TESTE T / DESVIO PADRÃO / MÉDIA

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o concreto com substituição de politereftalato de etileno, os resultados do teste de abatimento do tronco de cone, obtiveram-se os valores desejados, como pode-se observar na. É visível que com a adição de PET houve uma perda de trabalhabilidade, embora ser possível o seu adensamento e manuseio, porém com muita dificuldade. O concreto sem substituição mostrou-se ser mais trabalhável que o concreto produzido com agregado de politereftalato, isso ocorre provavelmente por causa das fibras do agregado de politereftalato e pelo seu menor peso em comparação com a brita. Para as porcentagens de substituição de PET de 10, 20 e 30%, fez-se necessário inserir mais água na mistura, adicionando 350 ml, 600 ml e 1000 ml respectivamente.

O teste de abatimento do tronco de cone também foi realizado para o concreto com poliestireno expandido. Não houve a necessidade de adicionar mais água a medida que é acrescentado mais poliestireno e através do ensaio é possível constatar que quanto maior a quantidade de EPS menor é a sua trabalhabilidade. Portanto, a falta da brita impossibilita a obtenção de uma coesão satisfatória da mistura, provocando por consequência a sua desagregação com facilidade. A Tabela 3 expressa os valores de Slump Test da PET e do EPS.

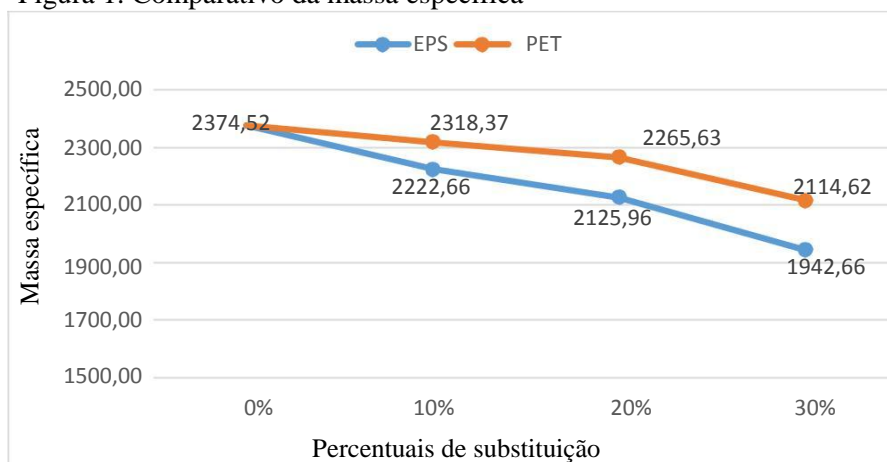
Tabela 3. Valores de abatimento (Slump)

% de PET/EPS	Slump (PET)	Slump (EPS)
0%	10	10
10%	9	11
20%	7	13
30%	6	19

Percebe-se que a massa específica e o índice de vazios do concreto são inversamente proporcionais à quantidade de PET (politereftalato de etileno) e de EPS (poliestireno expandido), ou seja, a medida que era aumentado o percentual de substituição acarretou na diminuição da massa específica.

Tomando o concreto sem substituição como referência houve uma diminuição da massa específica de 2,4%, 4,59% e 10,95% para o com concreto com 10, 20 e 30% de PET, respectivamente. E para as porcentagens com 10, 20 e 30% de EPS houve diminuição da massa específica de 6,4%, 10,47% e 18,19%, respectivamente. Os dados que são representados a seguir é a média de cada porcentagem de substituição (Figura 1).

Figura 1. Comparativo da massa específica



Levando em consideração a norma do Mercosul NM 35 (1995) e a norma americana ACI 213 R (2003), não é possível a classificação dos tipos de concretos analisados como concreto leve estrutural, pois a porcentagem de substituição de EPS e de PET mostrou-se ser insuficiente. Provavelmente serão necessárias porcentagens superiores, assim para a PET é preciso aumentar a quantidade para 50% e para o EPS a partir 40% para atender as normas citadas.

Já pela ABNT NBR 8953 analisando os dados com 30% de EPS já atende a especificação da norma e, portanto, é classificado como concreto leve e que os demais tipos de concreto são classificados como concreto normal. Possivelmente para que algum percentual de PET consiga atender a norma faz-se necessário o aumento da quantidade em percentuais acima de 40%.

É notório que quanto maior é a quantidade de EPS e PET na mistura mais poroso é o concreto e também que o concreto referência possui mais vazios que os concretos com 10, 20% de PET e 10, 20 e 30% de EPS, provavelmente o que ocorreu foi que a baixa porcentagem de EPS e de PET preencheu os vazios, porém a confirmação só poderá ser feita mediante o ensaio da microestrutura do concreto.

Com relação a resistência a tração a medida que se aumenta o EPS e PET, a resistência a tração diminui. Em relação aos dois concretos, a maior redução ocorreu no concreto com adição de 30% de EPS (Tabela 5).

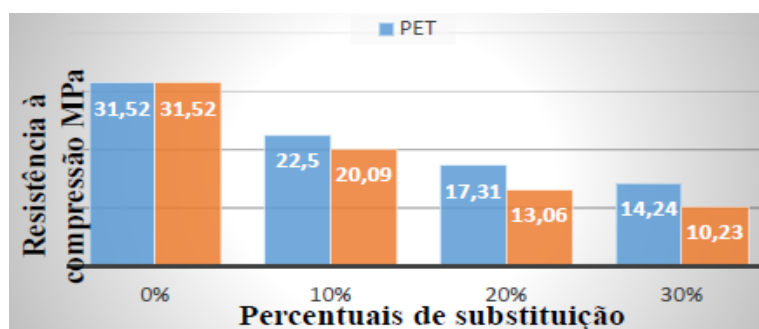
Tabela 5. Resultados da resistência à tração por compressão diametral

TIPO DE CONCRETO	MÉDIA DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (MPa)
Concreto referência	3,48
Concreto com 10% de PET	3,36
Concreto com 20% de PET	2,64
Concreto com 30% de PET	1,85
Concreto com 10% de EPS	3,13
Concreto com 20% de EPS	2,14
Concreto com 30% de EPS	1,80

Os concretos com EPS apresentaram falhas nos corpos de prova e por consequência ficaram suscetíveis ao surgimento de fissuras. As falhas apresentadas foram geradas pelos flocos, pela falta de rigidez, de coesão e pela dificuldade de adensamento, acarretando na redução considerável da resistência à compressão. Houve redução da resistência em relação ao concreto referência de 36,62%, 58,57% e 67,54% para os concretos com 10, 20 e 30% de EPS, respectivamente.

A medida que era aumentado as substituições de PET houve redução da resistência à compressão. Os concretos com substituição parcial de 10, 20 e 30% de flakes de PET apresentaram uma redução da resistência à compressão em relação ao concreto referência de 28,62%, 45,08% e 54,82%, respectivamente. A figura a seguir expressa todos os valores de resistência.

Figura 2. Comparativo da resistência à compressão



O concreto referência, o com 10% de PET e 10% de EPS, poderão ser usados como concreto estrutural conforme classificação da ABNT NBR 8953.

CONCLUSÃO

A busca pelo modelo de desenvolvimento sustentável, fez com que o trabalho abordasse aspectos relacionados a utilização do poliestireno expandido e do politereftalato de etileno na construção civil e ao possível aproveitamento desses resíduos, que de forma geral é descartado no meio ambiente sem nenhum tipo de destinação. Os resultados das propriedades mecânicas para os concretos com substituições foram considerados deficientes, ou seja, em relação ao concreto referência houve perdas de resistência à compressão. Os corpos de prova de EPS usados para a realização dos ensaios apresentaram fissuras, além de dificuldade no adensamento, sendo, portanto, aspectos precursores para a diminuição da resistência à compressão.

REFERÊNCIAS

- Scobar, R.L. Concreto leve estrutural: Substituição do agregado graúdo convencional por argila expandida. 48f. Dissertação (Graduação), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.
- American Concrete Institute ACI 213R-03. Guide for structural lightweight aggregate concrete. USA, 1999.
- ABRAPEX. Associação Brasileira do Poliestireno Expandido. **Aplicações do EPS**. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br/03Aplicacoes.html>>. Acesso em: 25 maio. 2018.