

PROPRIEDADES MECÂNICAS E MORFOLOGIA DA FRATURA DE CONCRETO COM RESÍDUO DE BORRACHA DE PNEUS DO PROCESSO DE RECAPAGEM.

SOUSA, F.S.^(1,2); OLIVEIRA FILHO, E.G.^(1,2); MEDEIROS BRANCO, C.N.⁽²⁾;

GOMES, L.G.⁽¹⁾

fabio.eng.materiais@gmail.com

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará.

2 Universidade Federal do Pará

RESUMO

Os resíduos gerados no processo de recapagem de pneus são uma problemática ambiental quando lançados de forma irregular na natureza. Devido a este fato, o presente trabalho objetiva utiliza-lo como agregado na produção de concretos avaliando os efeitos da substituição em massa de areia pelo resíduo de borracha em 5% e 10% nas propriedades mecânicas e morfologia da fratura. Os materiais foram caracterizados quanto a granulometria e morfologia. Foram produzidos traços de concreto sem resíduo, e com 5%, 10% de resíduo em substituição do agregado miúdo pelo resíduo. Os corpos de prova cilíndricos 10 cm por 20 cm, os quais foram ensaiados segundo as normas NBR 5739 e NBR 7222 visando a determinação da resistência à compressão axial e diametral. Para analisar da superfície de fratura foi utilizado o MEV. O Concreto com 5% apresentou tensão de ruptura axial de 11,95 MPa e 14,53 MPa aos 7 e 28 dias, respectivamente. Além disso, o mesmo apresentou resistência a compressão diametral de 1,07 MPa e 1,30 MPa aos 7 e 28, respectivamente. O Concreto com 10% apresentou tensão de ruptura axial de 6,47 MPa e 2,05 MPa aos 7 e 28 dias. Já a resistência à compressão diametral foi de 0,77 MPa e 0,30 MPa aos 7 e 28, respectivamente. Os resultados obtidos mostram que há uma redução da resistência a compressão axial e diametral a medida que há um aumento percentual da substituição da areia pelo resíduo. Com relação a superfície de fratura constatou-se algumas regiões com boa adesão e com baixa adesão.

Palavra-chave: Resíduo de borracha de pneu, Concreto leve, Concreto com resíduo de borracha de pneu, reciclagem.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o crescimento da indústria automobilística se destaca, e um dos materiais essenciais é a borracha utilizada na produção de pneus. Os pneus após determinado tempo de utilização sofrem desgaste. Para readequar estes pneus utiliza-se um dos processos de recuperação do pneu que se denomina recapagem. Porém, durante a etapa de raspagem são gerados resíduos de borracha.

Alguns pesquisadores já utilizaram este resíduo de borracha na fabricação de compósitos como forma de minimizar os impactos deste ao meio ambiente, além reduzir o consumo de matérias-primas FATTUHI E CLARCK (1996), ALBUQUERQUE (2009), ELDIN e SENOUCI (1993 apud ROSA; MORENO; MARTINS, 2007). Destacando-se a utilização deste resíduo em argamassas e concretos.

O concreto convencional, não armado, apesar de suas vantagens, tem comportamento frágil. Uma forma de atenuar esses inconvenientes pode ser a introdução de fibras descontínuas para melhorar este comportamento (NEVILLE, 2013).

É crescente o número de pesquisas relacionadas sobre a utilização de fibras em materiais compósitos (GOMES *et al.*, 2015, 2013; SOARES, *et al.*, 2014; BRANDÃO, 2012; CARNIO, 2009; HEINRICKS *et al.*, 2000; AGOPYAN, 1991; RILEN, 1984), até resíduos provenientes da própria indústria da construção (FONSECA, 2006; BAZUCO, 1999), visando agrupá-los de acordo com sua forma, processo, tipo de matriz, tipo de reforço, entre vários outros critérios, ou seja, temos uma variedade considerável de combinações com classes distintas entre si. Entretanto, são escassos os trabalhos relacionados à utilização dos resíduos de pneus. Fioriti *et al* (2010) analisou experimentalmente blocos intertravados de concreto com adição de resíduos de pneus e verificou a possibilidade de utilização deste material em ambientes de solicitações baixas.

O descarte de resíduos de pneus são um problema ambiental grave ainda sem uma destinação realmente eficaz, muitos são os problemas ambientais gerados pela destinação inadequada dos resíduos de pneus. Esse resíduo é prejudicial tanto a sociedade quanto ao meio ambiente, por se tratar de um material de alta resistência a intempéries e não se decompõe facilmente na natureza. Um desses problemas é a geração de resíduos provenientes da indústria de recapagem que são

descartados com lixo, ou seja, sem uma readequação do resíduo. A recapagem nada mais é do que a substituição da banda de rodagem (parte do pneu que entra em contato com o solo), Figura 1.

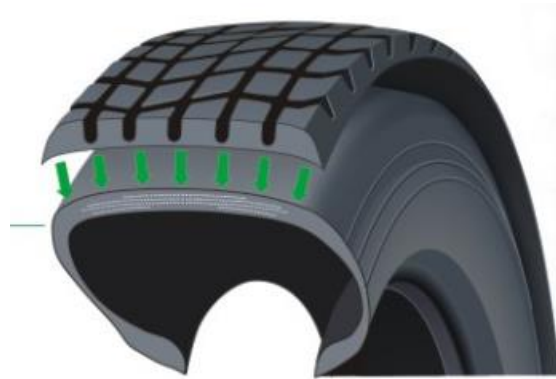


Figura 1. Estrutura de um pneu, recolocação da banda de rodagem.

Fonte: <http://www.steffenpneus.com.br/Recapagem/Marangoni/>, acessado em 07/03/2016.

Diante disso, torna-se de fundamental importância desenvolver alternativas de reutilização deste resíduo de pneus, a fim de evitar impactos ambientais ocasionado pelo mesmo. Uma dessas medidas é utilizá-lo como agregado na produção de concreto. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo a substituição parcial da areia por resíduo de recapagem de pneus em 5% e 10%, e analisar suas propriedades mecânicas e morfologia da superfície de fratura.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Os materiais utilizados foram a areia (fina e média), seixo, cimento CP II-Z32 e resíduo de borracha do processo de recapagem de pneus adquirido em uma empresa localizada em Ananindeua-PA. Fig.1

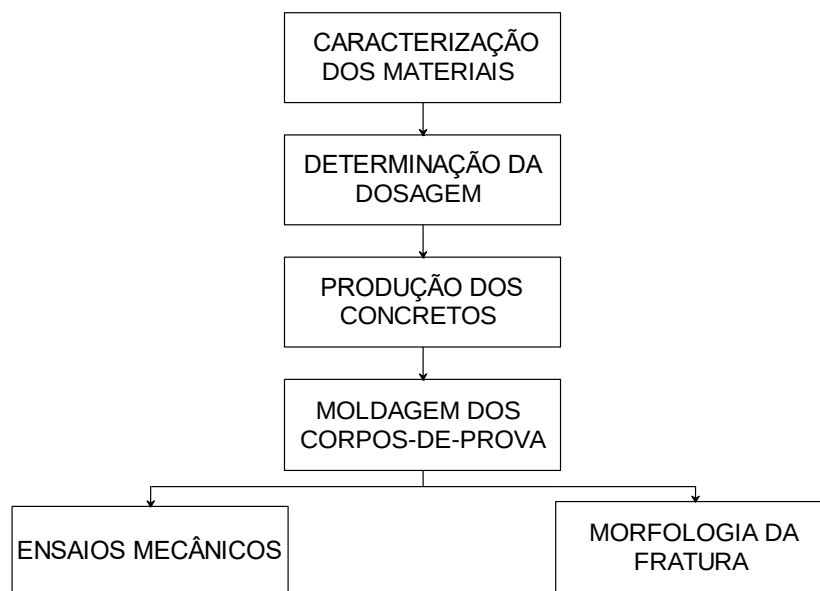
Metodologia

A metodologia utilizada para a produção dos concretos de referência e com resíduos de pneus é mostrada no fluxograma da Figura 2. Primeiramente, o resíduo de borracha foi separado em material fino e médio utilizando agitador de peneiras mecânico. Os materiais foram caracterizados segundo a norma NBR NM 248 (ABNT, 2003). Foram fabricados dois tipos de concreto: o concreto de referência (com areia média para substituição de 5% e areia fina para substituição de 10%) e

concreto com resíduo de pneus (com substituição em massa de 5 % e 10% de areia por resíduo fino)

Para a produção dos concretos foi feita a substituição parcial em massa da areia em 5% e 10 % por resíduo de borracha. Foram produzidos 2 lotes, um de referência, e com 5% de substituição para o primeiro traço (1:1,71: 2,61: 0, 56); outro de referência e com 10% de substituição para o segundo traço (1:2: 3:0, 67).

Aos 7 e 28 dias realizou-se ensaio de compressão axial, diametral e tração na flexão segundo as NBR 5739/2007, NBR 7222/2007. A Figura 1 mostra o esquema dos procedimentos realizados neste trabalho.



Ensaio de compressão axial, diametral e tração na flexão e Morfologia da Fratura

Os corpos de provas foram ensaiados em Máquina de Ensaio Universal, de acordo com a norma NBR 5739/2007, NBR 7222/2007.

Para a morfologia da fratura, foram retiradas amostras de parte do compósito e utilizou-se o microscópio de varredura eletrônica para observar a interface matriz /resíduo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Propriedades mecânicas do concreto

Resistência à compressão

Analisando os resultados de compressão axial do concreto de referência e comparando com os resultados do concreto com resíduo de borracha verifica-se uma queda da resistência à medida que o teor de resíduo aumenta. Para o traço de 5% de resíduo, o concreto de referência e o concreto com borracha apresentaram resistência a compressão, aos 7 dias de cura, de 16,97 MPa e 11,95 Mpa, respectivamente. Estes resultados mostram uma queda da resistência a compressão axial de aproximadamente 30%, aos 7 dias. Além disso, para este mesmo traço, aos 28 dias de cura, a resistência do o concreto de referência e o concreto com borracha apresentaram resistência a compressão de 28,36 MPa e 14,53Mpa, respectivamente. Estes resultados mostram uma queda da resistência a compressão axial de aproximadamente 51%.

Para o traço com incorporação de 10% de resíduo, o concreto de referência e o concreto com borracha apresentaram resistência a compressão, aos 7 dias de cura, de 6,47 MPa e 2,05 MPa, respectivamente. Os dados obtidos mostram uma queda da resistência a compressão axial de aproximadamente 68%, aos 28 dias de cura. Estes dados encontram-se na Tabela 1.

. Esta queda na resistência foi atribuída a falta de aderência entre a superfície da borracha e matriz cimentícia. Além disso, percebeu-se que o modulo de elasticidade do concreto não foi afetado de maneira significativa com a substituição de 5% e 10%, porém houve uma diminuição da tensão de ruptura do mesmo se comparado com o concreto de referência para este traço.

Resistência à tração por compressão diametral

Como na resistência a compressão, a resistência à tração por compressão diametral diminuiu com aumento da porcentagem de resíduo de borracha de pneus ao concreto. Para o traço de 5% de resíduo, o concreto de referência e o concreto com borracha apresentaram resistência à tração por compressão diametral, aos 7 dias de cura, de 1,75 MPa e 1,07 Mpa, respectivamente. Quando se compram resultados do concreto de referência com o concreto com borracha verifica-se uma queda da resistência a compressão diametral de aproximadamente 39%, aos 7 dias. Para este mesmo traço, aos 28 dias de cura, o concreto de referência e o concreto

com borracha tiveram resistência à tração por compressão diametral de 1,75 MPa e 1,07 MPa, respetivamente. Os resultados do concreto de referência e concreto com resíduo de borracha indicaram uma queda da resistência a compressão diametral de aproximadamente 38%. Para o traço com incorporação de 10% de resíduo, os resultados obtidos para o concreto de referência e concreto com resíduo de borracha foram de 0,77 MPa e 0,3 MPa, respetivamente. A partir dos dados obtidos, observou-se uma queda da resistência a compressão diametral de aproximadamente 61%, aos 28 dias de cura.

Tabela 1-Propriedades mecânicas dos concretos estudados (compressão axial, diametral)

Ensaio	5% de substituição				10% de substituição	
	Concreto de referência (RF)		Concreto com resíduo (RB)		Concret o RF (28 dias)	Concret o RB (28dias)
	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias		
Compressã o axial (MPa) (desvio)	16,97 (±0,29)	28,36 (±0,108)	11,95 (±0,49)	14,53 (±0,248)	6,47 (±0,744)	2,05 (±0,33)
Compressã o diametral (MPa) (desvio)	1,75 (±0,08)	2,09 (±0,151)	1,07 (± 0,019)	1,30 (±0,001)	0,77 (±0,055)	0,30 (±0,014)

Morfologia da Fratura no concreto com resíduos de pneus.

A análise por MEV permitiu a verificação da porosidade e da interface matriz e resíduo de borracha. Os poros podem ser notados nas micrografias obtidas no MEV. Como pode ser observado o aumento da incorporação de partículas de borracha provocou um aumento nas quantidades de micro-poros presente na matriz (Figura 2). Além disso, verifica-se através das micrografias algumas regiões de fraca aderência das fibras de borracha com a matriz, essa aderência é dificultada a medida que a porcentagem de partículas e fibras aumenta.

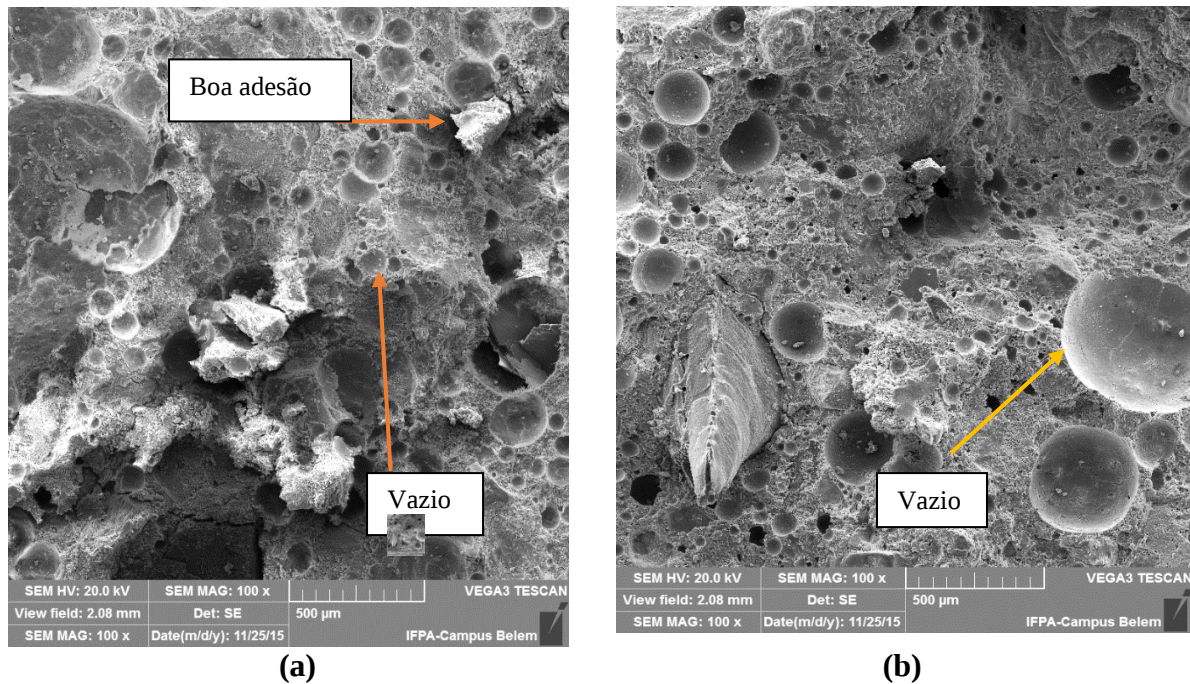


Figura 2 – Microscopia de varredura eletrônica da superfície de fratura do compósito (a. 5% de substituição e b 10% aos 28 dias, aumento 100X)

CONCLUSÕES

Pode-se concluir neste trabalho que o resíduo de borracha proveniente do processo de recapagem pneus apresenta condições favoráveis para substituição parcial do agregado miúdo.

A porcentagem de substituição influencia diretamente na redução da massa específica do concreto, tal redução é aumentada à medida que aumenta a porcentagem de resíduo presente na matriz. Essa redução é fundamental para fabricação de concretos mais leves. Além disso, com aumento da porcentagem de resíduo há um aumento no índice de vazios.

Para as porcentagens de substituição estudadas, a resistência à compressão axial, diametral e tração na flexão diminuem com aumento da incorporação do resíduo, isso se deve ao fato a fraca aderência entre a borracha e a matriz.

Os resultados mostram que é possível utilizar o resíduo de borracha ao concreto produzido a partir da substituição parcial da areia em obras com baixa solicitação mecânica. Além disso, este compósito pode ser uma alternativa de

material com aplicação na construção civil, desse modo, diminuindo os impactos ambientais deste material.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V. Materiais reforçados com fibras para a construção civil nos países em desenvolvimento: o uso de fibras vegetais. Tese (Livre docência). EPUSP, São Paulo, 1991.

ALBUQUERQUE, A.C. Estudo das Propriedades de Concreto Massa com Adição de Partículas de Borracha de Pneu.2009. Tese (Doutorado em Engenharia) -Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5738. Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro, 1994.

_____.NBR 5739. Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto. Rio de Janeiro, 2007.

_____.NBR 7222: Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2010. 5 p.

_____.
BAZUCO, R. S.Utilização de Agregados Reciclados de Concreto para a Produção de Novos Concretos.1999. 103 f. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

BRANDÃO A. A. Desenvolvimento de Compósitos de Matriz Polimérica Reforçados Por Fibras de Curauá e Açaí Fabricados Por Infusão. Dissertação de graduação. IFPA. Belém-Pará, 2012

CARNIO, M. A. Propagation of fatigue cracking of reinforced concrete with low fiber content. Faculty of Mechanical Engineering, University of Campinas, 2009, 145p. Thesis (Ph.D.)

ELDIN, N.N.; SENOUCÉ, A.B., Cement, Concrete and Aggregates.1993.

FATTUHI, N. I; CLARK, L. A. Cement-based materials containing shredded scrap truck tyre rubber' Construction and Building Materials, 10(4), 1996. pp. 229-236

FIORITI, C. F.; INO, A.; AKASAKI, J. L. Análise experimental de blocos intertravados de concreto com adição de resíduos do processo de recauchutagem de pneus. Acta Scientiarum – Technology, Maringá, v. 32, n. 3, p. 237-244, 2010.

FONSECA, A. P. Estudo comparativo de concretos com agregado graúdo reciclado de talha cerâmica e agregado graúdo natural. 2006. 200 f. Dissertação 70 (Mestrado em Engenharia das Estruturas) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

GOMES, L. G.; SOARES, D. C. B. L.; SILVA, C. C. B. Caracterização e Ensaio Mecânico de Concreto com Fibras Naturais Regionais. Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto. IBRACON, 2013.

GOMES, L. G.; SILVA, C. C. B.; SOARES, D.C. B. L.; QUEIROZ, N. C. A.; ARAÚJO, J. R. M.; QUEIROZ, S. R. S. Avaliação das propriedades mecânicas do concreto com fibras da semente do açaí. Congresso Brasileiro do Concreto (57CBC). Bonito/MS. 2015.

HEINRICKS, H.; BERKENKAMP, R.; LEMPFER, K.; FERCHLAND, H. Global review of Technologies and markets for building materials. In: Inorganic-bonded wood and fiber composite materials, Proceedings. Moscow, University of Idaho, 2000.

RILEN. "Testing methods for fibre reinforced cement – based composites", Matériaux et Constructions, Vol. 17, nº 102, 1984, pp.441-56, RILEM Draft Recommendations, Technical Committee 49 TFR

ROSA, D.; MORENO, A.; MARTINS, T. Avaliação da influência da granulometria na incorporação de pneus pós-consumo em compósitos de concreto. Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo 26 (2), 2007. pp. 103-110

SOARES, D. C. B. L.; SILVA, C. C. B.; GOMES, L. G., Avaliação quanto ao uso da fibra do açaí como reforço de compósito cimentícios. Trabalho de conclusão de curso (graduação em engenharia de materiais), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Belém – PA, 2014.

MECHANICAL PROPERTIES AND FRACTURE MORPHOLOGY OF CONCRETE WITH WASTE OF RUBBER TIRES OF THE RETREADING PROCESS.

The waste generated in the tire retreading process is an environmental problem when released irregularly in nature. Due to this fact, the present study aims to use it as an aggregate in concrete production evaluating the effects of replacing mass of sand by rubber residue in 5% and 10% in the mechanical properties and morphology of the fracture. The materials were characterized for particle size and morphology. without waste concrete mixtures were produced (reference concrete), and 5%, 10% residue in place of the fine aggregate residue. The cylindrical test specimens 10 cm

by 20 cm, which were tested in accordance with NBR 5739 and NBR 7222 standard for the determination of resistance to axial and diametrical compression. To analyze the fracture surface was used SEM. The concrete with 5% showed axial tensile strength of 11.95 MPa and 14.53 MPa at 7 and 28 days, respectively. Moreover, it showed diametrical compression strength of 1.07 MPa and 1.30 MPa at 7 and 28, respectively. The concrete showed 10% axial tensile strength of 6.47 MPa and 2.05 MPa at 7 and 28 days. The concrete had the same diametrical compression strength of 0.77 MPa and 0.30 MPa at 7 and 28, respectively. The results show that there is a reduction in resistance to axial and diametrical compression measurement that there is an increased percentage of substitution of the sand residue. Regarding the fracture surface it was found some areas with good adhesion and low adhesion. The results indicate the possibility of some applications in prefabricated elements for construction

Key word : tire rubber residue , lightweight concrete, concrete with Tire Rubber Waste, Recycling .