

CONCRETO PRODUZIDO COM BRITA CALCÁRIA E RESÍDUO DE BORRACHA DE PNEU EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL A AREIA.

F. A. da, Silva júnior¹; S. C. M. Silva¹; D. D. Pereira¹; H. M. T. Lopes¹

¹Universidade Federal Rural do Semi Árido, Av. Francisco Mota 572, Costa e Silva, Mossoró/RN, Brasil, CEP: 59625-090; 55 (84) 3317 8330 Ramal 1524

juniorparau@ufersa.edu.br

RESUMO

Os resíduos poderão se tornar um grande auxiliador na produção de materiais alternativos de menor custo, substituindo em grande parte os agregados naturais empregados em concretos, argamassas, blocos, bases para pavimentação, etc. Paralelo ao desenvolvimento do concreto contendo resíduos sabe-se que mundialmente o número de veículos aumenta todos os anos. Esse aumento gera, entre outras coisas, subprodutos da utilização desses veículos como, por exemplo, os resíduos de borracha vulcanizada. Contudo, devido ao processo de recauchutagem, as bandas de rodagem dos pneus tornam-se resíduos. Desta maneira, conclui-se que a recauchutagem de pneus, é uma fonte que contribui em grande número para o acúmulo desse tipo de resíduo. Uma alternativa para o reaproveitamento de pneus inservíveis consiste na utilização de partículas de borracha como material de substituição parcial do agregado miúdo em concretos. O presente trabalho apresenta resultados experimentais de concretos de baixa resistência com diferentes taxas de substituição parcial do agregado miúdo por resíduo fibrilar de borracha de pneu, proveniente do processo de recauchutagem. Dosando-se traços de concreto, utilizando brita calcária, sem adição de resíduo, utilizado como referência, e outros com substituições em massa do agregado miúdo (areia) por 5,0; 7,5; 10,0; 12,5 e 15,0 % de resíduo. Realizando-se ensaios de compressão axial simples onde os resultados mostraram a baixa trabalhabilidade destes concretos e a redução na resistência a compressão.

Palavras-Chave: Concreto, Resíduo de Borracha de Pneu, Brita calcária.

INTRODUÇÃO

Em 2012, as dez empresas associadas à Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP) produziram 62,6 milhões de pneus, com volume de Vendas: (produção + importação por associados da ANIP) de 67,9 milhões de unidades⁽¹⁾.

Das alternativas mais atuais de reuso dos pneus destaca-se o processo de recauchutagem ou reconstrução, que consiste em aproveitar a estrutura resistente do pneu gasto (liso), desde que esta esteja em boas condições de conservação, e incorporar-lhe nova borracha de piso, de forma a que este ganhe outra vida. No entanto, dentre as operações de reconstrução de pneus, ocorre a raspagem, que consiste na retirada da superfície do pneu, para remover a banda remanescente, de forma a definir sua geometria, e preparar a textura da superfície para receber a nova borracha. Este processo gera uma espécie de resíduo fibrilar de dimensões variadas.

Em meio às várias alternativas para reciclagem de resíduos sólidos no aproveitamento ou manufatura de outros produtos, pode-se citar a construção civil, que consome em seus diversos serviços, uma variedade de resíduos, não só das suas próprias obras, como também, já se preocupa em adicionar produtos de resíduos provenientes de outras linhas.

Dentro desta esfera, o concreto de cimento Portland é o insumo mais utilizado na construção civil, sendo mundialmente o segundo material de consumo, ficando atrás apenas da água⁽²⁾. O concreto é destinado entre outras aplicações à confecção de placas. Sendo estas, geralmente em grandes volumes de concreto, que além de ser um material frágil, possuem como inconveniente, pouca capacidade de deformação, altos índices de retração, além de, em variações elevadas de temperaturas, existir o aparecimento de dilatações. Processos esses, que podem acarretar no surgimento de trincas que possibilitam infiltrações, desestruturação do conjunto e a conseqüente ruptura.

O resíduo de borracha de pneu possui características elástico/plásticas e flexibilidade. Ao somar-se a fragilidade do concreto, como compósito, a incorporação de fibras de borracha de pneu, em dimensões compatíveis com as da areia, como agregado miúdo ao concreto de cimento Portland convencional, promove melhores características de material dúctil, diminuindo o aparecimento de trincas.

Um dos componentes do concreto é o agregado graúdo, com dimensões maiores que 4,75 mm. A brita atualmente é o composto mais utilizado para esta finalidade. Em sendo um produto proveniente da quebra de pedras naturais, são exemplos de britas encontradas no país: a brita de origem granítica e a de origem calcária. Comercialmente, a brita de origem granítica é mais procurada que a de origem calcária, devido ao não conhecimento desta, assim como, algumas características menos favoráveis da pedra calcária comparada à pedra granítica, como sua dureza inferior⁽³⁾. O preço pago pela brita de origem granítica chega a ser o dobro do da brita calcária.

Segundo o Instituto Brasileiro de Mineração⁽⁴⁾, nas últimas duas décadas, pelo menos oito grandes grupos que trabalham com extração de calcário e beneficiamento de calcário demonstraram interesse de instalar unidades industriais no Rio Grande do Norte, especificamente nas regiões de Mato Grande, Vale do Açu, Mossoró, Chapada do Apodi e parte do Vale do Jaguaribe, no estado do Ceará, pois estas regiões têm aflorando mais de 20 mil quilômetros quadrados de rocha calcária, com espessura que varia de 50 a 400 metros. Esta estimativa, que já foi comprovada e está pronta para ser explorada, é do Departamento Nacional de Produção Mineral. O geólogo Otacílio Carvalho, da Secretaria Estadual de Desenvolvimento Econômico, disse que o Rio Grande do Norte tem a maior reserva de calcário, de boa qualidade, do País. No entanto, nem todo o calcário disponível serve para a fabricação de cimentos, sendo classificado como material de segundo plano. Este material não possui ainda uma destinação amplamente conhecida, e sua utilização como pedra a ser britada ainda necessita de investigações.

Diante do apresentado, a confecção de concreto com brita calcária e resíduo de borracha de pneu pode ser uma alternativa para concretos com níveis de solitação moderado a baixo, propícias a retração, expostas a variações de intempéries características de regiões semiáridas, assim como, ajuda na obrigatoriedade imposta pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA)⁽⁵⁾, por meio da resolução 258 (1999), alterada pela resolução 301 (2002) e revogada pela resolução 416 (2009), que diz que as empresas fabricantes de pneus ficam obrigadas a dar destinação adequada a todos os pneus inservíveis por elas confeccionados.

Portanto, justifica-se o estudo das propriedades mecânicas do concreto produzido com resíduo de pneus e brita calcária, colaborando, através de ensaios de

laboratórios, com a viabilidade técnica do mesmo e a sua aplicação para construção de concreto, gerando ganho ecológico correto ao resíduo, que, juntamente com a brita calcária, também terá valor agregado na cadeia produtiva.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo principal avaliar a influência do resíduo de borracha de pneu, derivado do processo de recauchutagem, e da brita originária do processo de beneficiamento da rocha calcária, proveniente do rejeito de matéria prima na fabricação de cimentos, na produção de concretos destinados a pisos com níveis de solicitações baixos a moderados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Foram confeccionados corpos de prova de concreto convencional e com substituição em massa de parte do agregado miúdo por resíduo de borracha de pneu (RBP, tratados com **Hidróxido de sódio 1M**) proveniente do processo de recauchutagem para análise mecânica. Desta forma, os insumos utilizados nesta pesquisa são: **Cimento** – cimento Portland CP IV 32 RS; **Agregado miúdo**: Areia e Resíduo de borracha de pneu (RBP) proveniente do processo de recauchutagem de Pneus; **Agregado graúdo** (brita 01 – calcária); **Água** – respeitando-se o que preconiza a norma ABNT NBR 15900/2009⁽⁶⁾.

Planejamento dos experimentos

Como método de trabalho, procurou-se avaliar as características do concreto, partindo de traços (**1,0: 2,5: 3,5: 0,65**) referência sem RBP na sua composição, mas com as mesmas proporcionalidades dos demais materiais. Confeccionou-se os concretos (ABNT NBR 12655/2006⁽⁷⁾) para a realização das análises:

- Quando no estado fresco (trabalhabilidade - ABNT NBR NM 67/1998⁽⁸⁾), moldando-se - cilíndricos com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura – cura em imersão aos 28 dias (ABNT NBR 5738/2003⁽⁹⁾);
- No estado endurecido - resistência à compressão - ABNT NBR 5739/2007⁽¹⁰⁾.

Ao traço referência, tem-se a substituição de parte do agregado miúdo (areia) por RBP, proveniente do processo de recauchutagem, tratado com NaOH 1, nas proporções especificadas em relação a massa de areia em: **5,0 %; 7,5 %; 10,0 %; 12,5 %; 15,0 %**.

O fluxograma da Figura 1 especifica as etapas de realização dos experimentos.

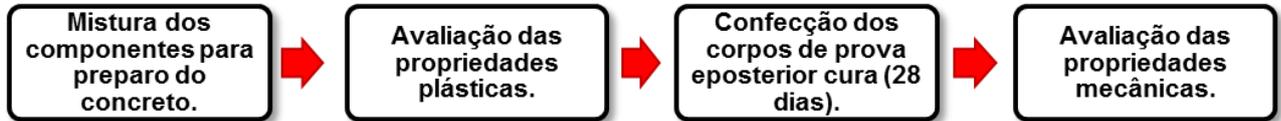


Figura 1– Fluxograma de realização dos experimentos.

Para as variáveis dependentes resistências a compressão (tensões) são realizadas ponderações estatísticas calculando-se: Média; Mediana; Desvio padrão; Variação da média (%); Coeficiente de variação (%); Valor máximo; Valor mínimo.

As tensões obtidas dependem do operador, no processo de moldagem e execução do ensaio. Sendo assim, podem variar excessivamente fugindo da representatividade. Desta forma, calculam-se as variações dos valores de resistência (tensão) em relação à sua média, sendo descartado o valor com maior variabilidade e que supere 10,0 %. Após a exclusão do valor distorcido, nova média é calculada, assim como, a nova variação de cada valor, e se a variabilidade persiste superior a 10,0 % para algum valor de resistência, o processo é refeito até que não haja valores de tensão máxima com variabilidade superior a 10,0 %. Como as cargas dão origem às tensões, assim como, as deformações axiais, dependem destas, estes valores relacionados à tensão excluída também serão excluídos.

Tratamento do resíduo de borracha de pneu (RBP)

Os RBP's foram tratados em solução de 1mol de hidróxido de sódio (NaOH – soda cáustica), a fim de aumentar sua hidrofelicidade, baseando-se que este tratamento foi o que obteve o melhores resultados, segundo as referências pesquisadas.

Adiciona-se RBP correspondente a uma concentração de 25,0 % (1/4) em volume real em relação à solução (água + NaOH). A massa de borracha foi determinada conhecendo-se a sua massa específica real antes do tratamento (1,16 g/cm³).

A borracha foi deixada em imersão na solução por 20 minutos, mexida a cada 5 minutos. Depois coada em um pano e valada em água corrente por 5 minutos \pm 1.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Propriedades plásticas do concreto

A Tabela 1 mostra os resultados de consistência para o concreto referência e seus respectivos produtos derivados.

Tabela 1– Resultado do ensaio de abatimento.

RBP	Abatimento (mm)
0,0 %	25,0
5,0 %	23,0
7,5 %	20,0
10,0%	19,0
12,5 %	16,0
15,0 %	10,0

O traço referência, mesmo partindo de um fator *a/c* alto, possui uma consistência muito elevada. Concretos com este abatimento reportaram em dificuldades de adensamento. Somado a isto, observa-se que ocorre um aumento da consistência do concreto com os incrementos de substituições de areia por RBP. Este resultado acarreta em concretos com menor trabalhabilidade, formação de poros e conseqüente dificuldade de adensamento. Corroborando com os resultados da literatura.

Como a massa específica do RBP inferior a da areia, tem-se um acréscimo de volume para a mesma massa, ou seja, quando ocorrem as substituições em massa, o volume de material seco introduzido é maior, para um mesmo fator água/cimento. Desta forma, os incrementos de RBP provocam cada vez menor lubrificação entre as partículas, pois se terá maiores superfícies a serem molhadas, pela mesma quantidade de água, diminuindo assim, a possibilidade de excedente a molhagem entre as partículas, assim como, o seu formato fibrilar tende a amarrar a argamassa.

Os traços produtos da referência reproduziram abatimentos menores que o limite inferior aceitável para pisos ou lajes de concreto com valor de 25 mm.

Propriedades mecânicas

Após o tratamento estatístico, tem-se o que é apresentado na Tabela 2 e Figura 2 para os valores de tensão de compressão.

Tabela 2- Tensão de ruptura aos 28 dias.

Variável	Concentração de borracha					
	0,0 %	5,0 %	7,5 %	10,0 %	12,5 %	15,0 %
Tensão de ruptura a compressão aos 28 dias (MPa)						
N° de CP	4	4	3	3	3	4
Média	19,27	12,26	11,54	7,31	4,01	3,20
Mediana	19,16	12,13	11,74	7,10	3,92	3,24
Desvio padrão	1,02	0,49	0,53	0,40	0,29	0,13
Coeficiente de variação	5,32%	4,00%	4,64%	5,53%	7,13%	4,14%
Mínimo	18,16	11,84	10,93	7,06	3,78	3,01
Máximo	20,62	12,95	11,94	7,78	4,33	3,30

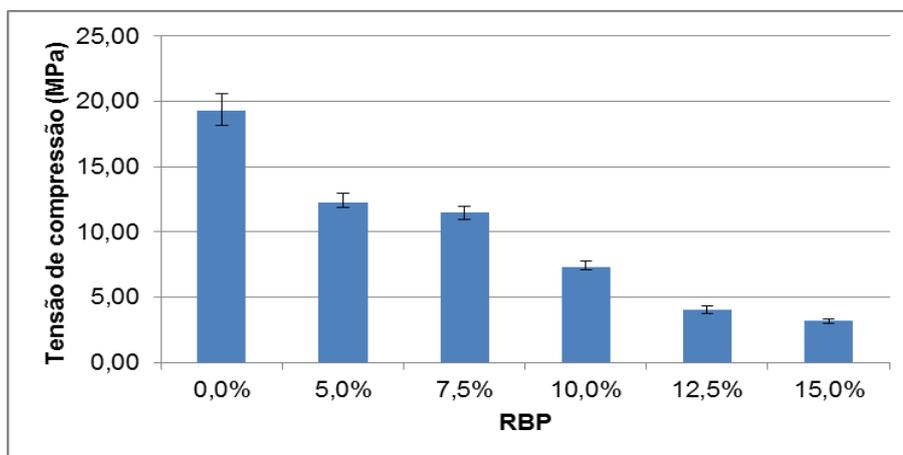


Figura 2– Resistência à compressão aos 28 dias em relação à porcentagem de RBP.

Como observado existe uma diminuição progressiva na resistência a compressão do concreto com aumento substituição de areia por RBP para este traço. Estas diminuições de resistência aos 28 dias (TABELA 3) seguem as diminuições encontradas nas referências pesquisadas que podem chegar a 85,0 %, segundo o que diz Santos⁽¹¹⁾. Para Freitas⁽¹²⁾, com traço de 1,0: 2,02: 2,96: 0,5, as reduções podem ser de 21,68 %, 41,33 %, 45,09 % e 48,84 %, respectivamente para substituições de 5,0 %, 10,0 %, 15,0 % e 20,0 % de RBP. Já Bewick *et al*⁽¹³⁾, encontraram reduções de 41,33 %, 57,38 %, 60,89 % e 88,99 %, respectivamente para substituições de areia por pneu triturado nas proporções de 10,0 %, 20,0 %, 30,0 % e 40,0 %. No entanto, as diminuições obtidas neste trabalho são maiores que

as encontradas nos trabalhos referenciados. Este fato pode ser atribuído ao baixo consumo de cimento (um dos objetivos do trabalho) utilizado no traço.

Tabela 3– Variação das diminuições de tensão de compressão axial.

RBP	Diminuição a partir da referência	Diminuição com incrementos de RBP a partir do traço anterior
5,0 %	36,38 %	36,38 %
7,5 %	40,11 %	5,87 %
10,0 %	62,07 %	36,66 %
12,5 %	79,19 %	45,14 %
15,0 %	83,39 %	20,20 %

Existe uma redução na diminuição para a proporção entre 7,50 % e 10,0 %.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados de caracterização dos componentes do concreto e realização de ensaios avaliativos do comportamento deste, com proporções em massa de 1,0: 2,5: 3,5 (Cimento: Agregado miúdo: Agregado graúdo), obtidos neste trabalho pode-se ter como considerações finais:

- O traço contendo brita calcária, a fim de se obter uma trabalhabilidade mínima no concreto sugerido, o fator água/cimento deverá ser bastante elevado, o que não reporta em resistências desejáveis. Uma possível alternativa seria a utilização de plastificantes para minimizar os efeitos de consistência do concreto causados pela brita calcária;
- Ao se aumentar a substituição parcial de areia por RBP, tem-se uma redução na trabalhabilidade e nas propriedades mecânicas à medida que se aumenta esta substituição;
- Os traços com brita calcária, não contendo plastificante não são trabalháveis com as proporções de 0,65 para o fator água/cimento e introduções de RBP. Concretos nestas proporções de cimento e agregado deve-se aumentar o fator água/cimento, e isto acarreta em menores resistências, logo, vê-se a necessidade de utilização de plastificante para traços contendo brita calcária e RBP;
- Para a utilização destes concretos contendo RBP como elementos estruturais, devem-se corrigir as proporcionalidades, aumentando a porcentagem de cimento, fazendo-se testes de compressão aos 28 dias até se encontrar a

resistência desejada (superior a 20 MPa). Este possivelmente terá maior resistência à tração, devido a introdução superior a 7,5 % de RBP, comparado ao concreto com a mesma resistência a compressão aos 28 dias, e chegará a resistências maiores após este período.

REFERÊNCIAS

- (1) ANIP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS. São Paulo. 2013. Disponível em: < <http://www.anip.com.br> >. Acesso em 02 de Dezembro de 2013
- (2) MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P. J. M.. **Concreto: Estruturas, propriedades e materiais**. São Paulo: IBRACON, 2008.
- (3) HERMETO BUENO, C. F. . **Tecnologia de materiais de construção**. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. MG. 2000.
- (4) **IBRAM- Instituto Brasileiro de Mineração**. Disponível em < www.ibram.org.br/003/00301009.asp?ttCD_CHAVE=153706 > Acesso em 13 de dezembro de 2013.
- (5) CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA n. 416, de 30 de Setembro de 2009**. BRASIL. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências. Diário Oficial da União Nº 188, Brasília, 01 outubro de 2009. p. 64-65. Disponível em <: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=616> >. Acesso em 02 de dezembro de 2013.
- (6) ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15900 – **Água para amassamento do concreto**. Rio de Janeiro, 2009. 11p
- (7) ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655 – **Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2006. 18p
- (8) ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67 - **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998. 8p
- (9) ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738 – **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2003. 6p
- (10) ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739 – **Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007. 9p

(11) SANTOS, A. C. DOS.. **Avaliação do comportamento do concreto com adição de borracha obtida a partir da reciclagem de pneus com aplicação em placas pré-moldadas**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Alagoas. MACEIÓ, 2005.

(12) FREITAS, C.; PORTELLA, K. F.; JOUKOSKI, A.; GALVÃO, J. C. A.; FILHO, C. V. G.; FERREIRA, E. S.. **Desempenho físico-químico e mecânico de concreto de cimento Portland com borracha de estireno-butadieno reciclada de pneus**. Química Nova, Vol. 32, No. 4, 2009.

(13) Bewick RBP T.; SALIM, H. A.; SAUCIER, A.; JACKSON, C.. Crumb rubber concrete panels under blast loads. Air Force Research Laboratory – Materials and Manufacturing Directorate. University of Missouri, Columbia MO, 2010.

CONCRETE MADE FROM LIMESTONE GRAVEL AND WASTE TIRE RUBBER IN PARTIAL SAND REPLACEMENT.

ABSTRACT

Waste may become a great helper in the production of lower cost alternative materials, largely replacing natural aggregates used in concrete, mortar, blocks, paving bases, etc. Parallel to the development of concrete containing waste, It is known that, globally, the number of vehicles is increasing every year. This increase produces, among other things, by-products from these vehicles use, such as vulcanized rubber waste. However, due to the retreading process, the treads of tires become waste. Thus, we can conclude that the retreading of tires is a source that contributes in large scale for this type of waste accumulation. An alternative for the reuse of waste tires is the use of rubber particles as partial replacement material of little aggregate in concrete. This paper presents experimental results of low-strength concrete with different partial replacement rates of little aggregates by waste tire rubber febrile aggregate, from the retreading process. Dosing up concrete mixtures using limestone gravel, without residue addition, used as reference, and others with mass substitutions of the little aggregate (sand) by 5.0; 7.5; 10.0 ; 12.5 and 15.0 % of residue. By performing simple axial compression tests, where the results showed the low workability and a reduction in the concrete compressive strength.

Keywords: Concrete, Waste Tire Rubber, Limestone Gravel.