

USO DE RESÍDUO DE BORRACHA DE PNEUS EM CONCRETO PARA MEIO FIOS E SARJETAS

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.8.25.VII-001>

Joel Carlos Moizinho*, Rebeca Martins dos Santos, Arthur Henrique Moizinho, Adriano Frutuoso da Silva,

* Universidade Federal de Roraima, joel.moizinhofrr@gmail.com

RESUMO

A pesquisa apresenta um estudo do comportamento mecânico de concreto de cimento Portland com substituição de parte da areia por igual massa de fibras de pneus inservíveis, visando sua aplicação em concreto não estrutural. Foram realizados testes de resistência à compressão simples e diametral em corpos de provas moldados sem adição de fibras (traço de referência) e com adição de 5%, 10% e 15% de fibras de pneus substituindo o agregado miúdo. Os ensaios mostram a diminuição da trabalhabilidade da mistura com o aumento do resíduo, necessitando as misturas de mais água para atingir o Slump desejado. Houve diminuição da massa do concreto seco com a incorporação da borracha, tendo em vista esta ser mais leve do que os demais agregados nas misturas, sugerindo então a idéia de obtenção de concreto mais leve, importante em alguns setores da construção civil. Os testes de compressão axial mostraram redução na resistência à compressão simples à medida que se foi aumentando o teor de borracha nas misturas. O traço mais satisfatório foi o que usou 5% de fibras de pneus, obtendo-se aos 28 dias de cura, uma redução de aproximadamente 50% de resistência em relação ao traço de referência. No ensaio de compressão diametral (tração) as perdas de resistência foram inferiores as obtidas com relação à compressão simples. A mistura com 5% de resíduo apresentou perda de resistência a tração aos 28 dias de aproximadamente 15%. De um modo geral a adição de fibras de pneus inservíveis no concreto mostrou que se pode obter concreto mais leve, que geram menos ruídos e que podem ser aplicados em concretos para calçadas de pedestres, fabricação de meio fios, ciclovias. Desta forma dando destino ao insumo de forma ecologicamente correta.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto com fibras, Pneus inservíveis, Concreto não estrutural.

ABSTRACT

The research presents a study on the mechanical behavior of Portland cement concrete with partial replacement of sand by an equal mass of waste tire fibers, aiming at its application in non-structural concrete. Tests were carried out to evaluate simple compressive strength and splitting tensile strength on concrete specimens molded without the addition of fibers (reference mix) and with the addition of 5%, 10%, and 15% tire fibers replacing fine aggregate. The tests showed a decrease in the workability of the mixture as the amount of residue increased, requiring more water to achieve the desired slump. There was a reduction in the dry concrete mass with the incorporation of rubber, given that rubber is lighter than the other aggregates in the mixtures, suggesting the possibility of producing lightweight concrete, which is important in some sectors of civil construction. The axial compression tests showed a reduction in compressive strength as the rubber content in the mixtures increased. The most satisfactory mix was the one with 5% tire fibers, which showed, after 28 days of curing, an approximate 50% reduction in strength compared to the reference mix. In the splitting tensile strength test, the losses in strength were lower than those observed in the compressive strength tests. The mixture with 5% residue showed a tensile strength loss of approximately 15% after 28 days. Overall, the addition of waste tire fibers to concrete demonstrated the potential for producing lighter concrete that generates less noise and can be used in pedestrian walkways, curb manufacturing, and bike lanes. Thus, it provides an environmentally friendly destination for the waste material.

KEY WORDS: Fiber-reinforced concrete, Scrap tires, Non-structural concrete

INTRODUÇÃO

Os resíduos de pneus têm gerado problemas no meio ambiente. Diante da elevada produção e descarte de maneira inadequada, esses materiais têm causado severos danos ambientais, dentre os quais a proliferação de mosquitos causadores da Dengue, Zika e Chikungunya e outras doenças. Por outro lado, os resíduos de borracha de pneus inservíveis podem ser usados como matéria prima na fabricação de concretos, dando uma finalidade útil ao material e contribuindo para mitigar danos ambientais. Os resíduos de pneus, por exemplo, podem ser empregados na fabricação

de meios-fios, sarjetas, bloco de concretos, pisos emborrachados, calçadas etc., desde que atendam as especificações técnicas para tais fins.

Para que o impacto no meio ambiente seja ainda de maior proporção é ideal que se realizem pesquisas que busquem resultados satisfatórios no quesito de resistência à compressão em função do aumento do percentual de borracha empregado na mistura do concreto e dos diferentes tipos de tratamento para a borracha, possibilitando consequentemente em um maior número de pneus removidos da natureza.

Pesquisas recentes têm indicado o potencial do uso deste produto como agregado do concreto, um dos materiais mais consumidos no mundo, com importância primária na indústria de construção civil. Tais estudos mostram que o concreto com resíduo de pneus pode ser aplicado em: Estruturas submetidas a impacto; pavimentação intertravada de baixo tráfego; Áreas de jardins; calçadas com pouco fluxo de pedestres; tampas de valas e bueiros; paredes de concreto, sarjetas, meio fio.

A utilização de resíduos de pneus em obras da construção civil contribui para dar uma destinação nobre a um elemento altamente poluente ao meio ambiente e poderá proporcionar uma sensível redução de custos no processo de produção do concreto, considerando a substituição de alguns agregados naturais de uso tradicional para produção deste composto. Não se pode ignorar, contudo, que um dos aspectos de grande relevância na utilização deste material é o ecológico. Diante desse contexto, o presente trabalho busca é avaliar a viabilidade técnica de um concreto produzido com inserção de resíduo de borracha de recauchutagem de pneus para elementos de concreto tais como sarjetas, ciclo vias, meio fios e outros.

OBJETIVO

Avaliar o comportamento mecânico do concreto de cimento Portland produzido com substituição parcial de agregado miúdo (areia) por fragmentos de borracha de pneus inservíveis para uso na produção de concreto para fabricação de ciclovias, meio fios e sarjetas de pavimentos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais definidos para a realização deste trabalho foram o: agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita), água, cimento e resíduos de borracha de pneu. A Tabela 1 mostra a quantidade e os ensaios realizados para a caracterização física da areia, brita e resíduo de borracha de pneus utilizados na pesquisa.

Tabela 1. Ensaios de caracterização física dos materiais pesquisados. Fonte: Autoria Própria

Ensaio	Norma	Quantidade
Composição granulométrica (areia, brita, resíduos de pneus)	ABNT NBR NM 248 (2003)	2
Equivalente de areia pela norma rodoviária	DNER-ME 054/97	3
Determinação de massa específica por meio do frasco de Chapman (areia e borracha)	DNER- ME 194/98	2
Determinação da massa unitária	ABNT NBR NM 45 (2006)	3
Massa específica, massa	NBR 53/2003	1

específica aparente e absorção (brita)		
Abrasão Los Angeles	DNER-ME 035/98-IPR/DNIT	2

A figura 1 mostra a fibra de borracha usada na pesquisa.



Figura 1. Aspecto das fibras de borracha de pneus usadas na pesquisa

Fonte: Autoria própria

O ensaio de compressão axial simples foi realizado segundo as recomendações da ABNT NBR 5739 (2007), que prescreve uma metodologia, na qual devem ser ensaiados à compressão os corpos de prova cilíndricos de concreto, moldados conforme a ABNT NBR 5738 (2015). Utilizou-se 6 corpos de prova cilíndricos para cada traço, que foram ensaiados aos 7, 14 e 28 dias de cura. Após o procedimento, realizou-se a determinação da resistência à compressão axial simples, dividindo-se o valor da força aplicada pela área do corpo de prova rompido.

A tabela 2 apresenta o programa experimental para dosagem e confecções dos corpos de prova de concreto.

Tabela 2. Programa experimental - Quantidade de corpos de prova. Fonte : Autoria Própria.

Tipo de concreto	Resíduo de pneu (%)	Ensaio de compressão		
		3 dias	7 dias	28 dias
CP	0	6	6	6
CRB 5%	5	6	6	6
CRB 10%	10	6	6	6
CRB 15%	15	6	6	6
TOTAL		72		

• Elaboração dos traços para confecção dos corpos de provas

Primeiramente, pesaram-se todas as quantidades de materiais necessários para confecção dos traços para então seguir ao procedimento de produção do concreto, nesta ordem: umidificação da betoneira; colocação de todo o agregado graúdo; colocação de metade da areia; inserção de metade da água; mistura na betoneira por 1 minuto; adição de todo o cimento; adição do restante de areia; inserção da borracha (para o traço de referência – pular essa etapa); homogeneização dos materiais na betoneira por mais 3 minutos, e; mistura do restante de água, rodando a betoneira por mais 2 minutos.

Para verificar a consistência do concreto no estado fresco, retirou-se uma amostra que foi submetida ao ensaio do abatimento pelo tronco de cone (slump test), segundo o que estabelece a ABNT NBR NM 67 (1998). Para cada um dos

traços confeccionados obteve-se um slump. Após a moldagem, os corpos de prova foram postos em um tanque para cura úmida até as datas de serem ensaiados.

De acordo com a norma ABNT NBR 5738:2003, os corpos de prova foram moldados em moldes cilíndricos de diâmetro igual a 10 cm e altura de 20 cm e moldes prismáticos de 15 cm de largura, 15 cm de altura e 50 cm de comprimento. O adensamento foi realizado em mesa vibratória, rasados. Após vinte e quatro horas foram desenformados e armazenados em câmara úmida para processo de cura por 28 dias.

A Tabela 3 apresenta os traços aplicados na pesquisa.

Tabela 3. Dosagem dos traços de concreto. Fonte: Autoria própria.

Identificação do traço	Proporções do material				
	Cimento	Areia	Brita	Água	Borracha
TPA	1	2,00	3,00	0,57	0
TCRB5%	1	1.9	3.00	0,57	0.1
TCRB10%	1	1.8	3.00	0,57	0.2
TCRB15%	1	1.7	3.00	0,57	0.3

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Tabela 4 mostra o resultado para massa unitária dos materiais usados na pesquisa.

Tabela 4. Massa unitária no estado solto dos agregados. Fonte: Autoria própria.

Agregados (g)	Massa unitária (kN/m³)
Areia	14,5
Brita	15,3
Borracha	3,9

A tabela 5 apresenta os resultados de massa específica agregado miúdo e RBP.

Tabela 5. Resultados massa específica. Fonte: Autoria própria.

Material	Massa específica (kN/m³)
Areia	25,6
Borracha	11,5

Em relação à massa específica e massa unitária. Verifica-se que, a borracha possui baixos valores para essas grandezas em comparação com o seixo e a areia. Os valores obtidos na presente pesquisa estão em consonância com as informações obtidas nas literaturas pesquisadas, onde a massa unitária da borracha varia de 0,27 a 0,50 g/cm³, enquanto a massa específica mais recorrente é de 1,14 g/cm³. Essa característica leva, com a incorporação da borracha, a um concreto mais leve.

A tabela 6 apresenta o resultado de equivalente de areia para a areia usada na pesquisa.

Tabela 6. Resultados equivalente de areia. Fonte Autoria própria.

AMOSTRA	1	2	3
Altura Argila	8,6	8,6	9,6
Altura Areia	8	8	9
Equivalente de areia	93,02%	93,02%	93,75%
Média	93,27%		

O equivalente de areia foi de 93,3% tratando-se de uma areia limpa e com valor compatível para uso em concreto de cimento Portland.

A Tabela 7 apresenta os resultados de caracterização física e mecânica da brita pesquisada.

Tabela 7. Caracterização da brita. Fonte: Autoria própria.

Massa específica do agregado seco (kN/m ³)	Massa específica real (kN/m ³)	Absorção (%)	Perda por Abrasão (%)
26,8	27,1	0,48	30,38

A massa específica real do agregado de 27,1kN/m³ estar coerente com o tipo de brita usada na pesquisa. Com relação ao desgaste Los Angeles de 30,38%, este ficou abaixo do máximo permitido que é de 50%, portanto o agregado gráudo apresentou condições para uso em concreto de cimento.

- **Concreto no estado fresco**

A Tabela 8 a seguir ilustra os valores do ensaio de abatimento do cone para os diferentes concretos produzidos.

Tabela 8. Resultado ensaio Slump test. Fonte Autoria própria.

Concreto	Slump (cm)
CP	11
CRB5%	10
CRB10%	7,8
CRB15%	4,6

De acordo com os dados mostrados na Tabela 8, o Slump diminuiu com a adição de borracha, fato esperado pelo fato de a borracha não absorver água, necessitando o traço de menor relação água cimento para sua estabilização, o que pode gerar menor abatimento da massa de concreto.

- **Concreto no estado endurecido**

Na Tabela 9 são apresentadas as médias dos pesos dos corpos de prova.

Tabela 9. Peso dos corpos de prova ensaiados. Fonte: Autoria própria.

PESO DOS CORPOS DE PROVA (kg)	
CP	3,76
CRB5%	3,68
CRB10%	3,51
CRB15%	3,47

A tabela 9 mostra que o peso dos corpos de provas confeccionados sem e com a inserção da borracha variaram entre si. À medida que aumenta o teor de borracha o corpo de prova diminui sua massa. Este fato já era de se esperar uma vez que a borracha tem massa específica bem inferior aos demais elementos que entram na mistura do concreto, como a brita, a areia e a água. O incremento de borracha, torna, portanto, o concreto mais leve.

- **Resistência à compressão**

Os resultados de resistência à compressão simples obtidos dos corpos de provas ensaiados são mostrados na Figura 2.

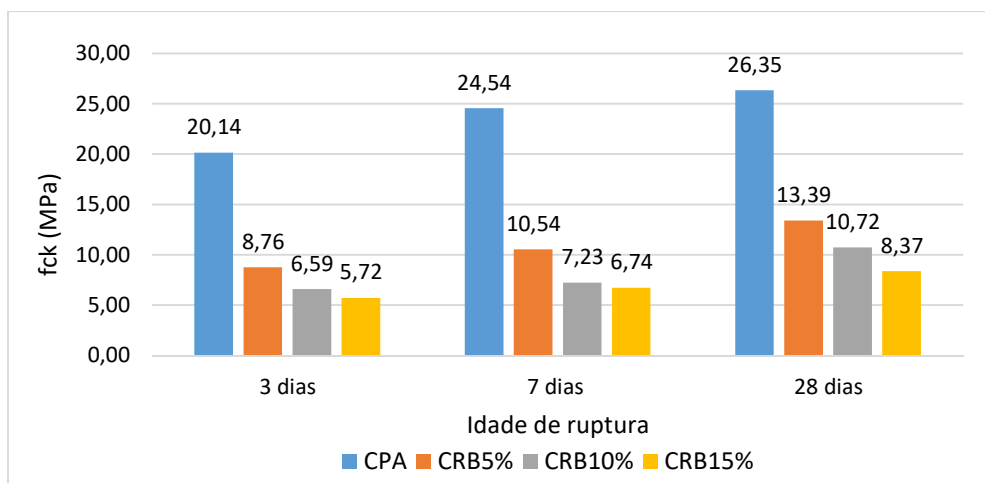


Figura 2 . Resistência à compressão média dos corpos de prova de concreto.

Os resultados dos ensaios de compressão axial demonstram que existe uma relação inversamente proporcional entre a quantidade de borracha inserida no concreto e sua queda de resistência

Observa-se que o traço de referência apresentou resistência à compressão de 20,14MPa aos três dias de cura e evoluiu para 24,54MPa aos 14 dias, atingindo 26,35MPa aos 28 dias de cura.

Com adição de 5% borracha a resistência atingiu o máximo de 13,39%, representando para este período de cura, uma queda de resistência de 49,18%. Verifica-se também ao analisar a Figura 1 que quantidades maiores de borracha tendem a diminuir a resistência do concreto. Esse fato deve-se à fraca aderência entre a borracha e a matriz cimentícia. No entanto, a incorporação de 5% de borracha, torna o concreto ainda aceitável para fabricação de elementos não

estruturais, como confecção de elementos e peças pré-moldadas, preferencialmente pisos para baixo tráfego, bueiros, sarjetas etc.

- **Resistência à tração por compressão diametral**

Os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão diametral dos seis blocos ensaiados em cada traço, com idade de 28 dias, são apresentados na Figura 3.

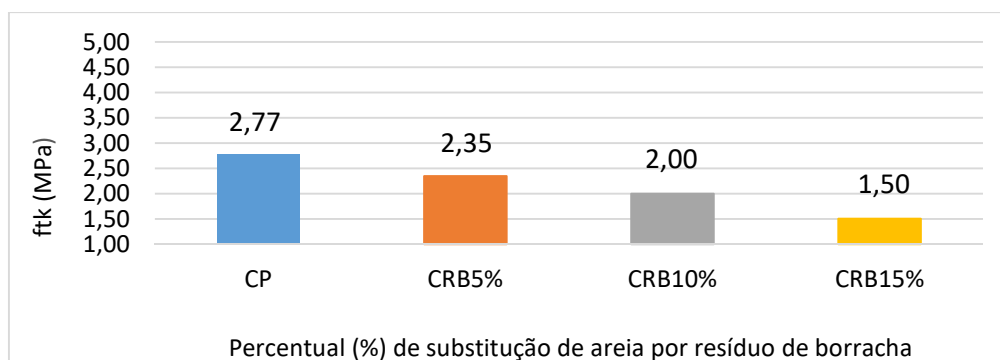


Figura 3 . Resistência à compressão diametral média dos corpos de prova de concreto.

A figura 3 mostra o decréscimo de resistência a tração dos corpos de provas em relação ao incremento de borracha no traço. Houve uma perda de 15% de resistência a tração quando se compara o traço com 5% de borracha em relação ao traço sem este aditivo. Observa-se também que os corpos de provas apresentaram menores diminuição de resistência a tração do que a compressão com o incremento da borracha. Esse fato é relevante pois os revestimentos de pavimentos de concreto trabalham sob efeito de tração nas suas fibras inferiores. A pouca perda de resistência a tração com a incorporação de 5% de borracha, torna o concreto com potencial de uso para pavimentos de trânsito leve, tipo calçadas públicas, ciclovias.

CONCLUSÕES

Foram constatadas reduções no peso dos corpos de prova contendo adições de resíduos indicando que, concretos com os resíduos de borracha podem gerar estruturas ligeiramente mais leves.

Do ponto de vista tecnológico, em relação ao concreto com substituição de areia pela borracha, verificou-se que teores de substituição acima de 10% levam a uma redução considerável de resistência à compressão. No entanto, ao analisar a resistência à compressão diametral, verificou-se que as perdas chegaram a valores menores, destacando-se os teores de resíduos de 5% e 10%. Assim, a resistência obtida com a adição de 5% e 10% de borracha são consideradas compatíveis a necessidade de serviços como piso de ciclovias, blocos para meios fios e calçadas para pedestres.

O concreto com resíduo de borracha pode ser mais dúctil, ter melhor resistência à abrasão e cavitação, e ser mais isolante acústico e térmico. No entanto, a resistência mecânica à compressão pode diminuir.

Constatou-se que o uso de concretos com adições de borracha de pneu pode ser uma alternativa para minimizar o risco do surgimento de fissuras, quando comparados a um concreto convencional.

De forma geral conclui-se que, do ponto de vista das propriedades mecânicas analisadas nesse trabalho, o uso de resíduos de borrachas é aplicável para produção de concretos, principalmente nos teores de 5% e 10%. No entanto, devem ser realizados outros estudos com o intuito de confirmar a viabilidade de sua utilização.

Em questão econômica é totalmente válida a aplicação do uso desse tipo de concreto, a produção do concreto reduziria o custo em comparação à mistura tradicional e, também geraria empregos no que tange o tratamento da borracha para o uso no concreto.

Do ponto de vista ambiental, constatou-se que é possível reaproveitar os pneus ao término de sua vida útil, reduzindo assim o número de pneus no meio ambiente e proporcionando um fim mais adequado a esses resíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABCP. **Manual de placas de concreto: Passeio Público**. São Paulo:[s.n.], 2009. 32 p.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Guia Básico de Utilização do cimento Portland**. 7. ed. São Paulo:[s.n.], 2002. 28 p.
3. ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **Agregado para concreto – Especificação**: NBR 7211. Rio de Janeiro, 2004. 11 p.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5738**: Concreto – procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2008. 6 p.
5. HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**. São Paulo: PINI, 1993.
6. SEBRAI; SENAI; GTZ. **Gestão de Resíduos na construção civil: Redução, Reutilização e Reciclagem**, [S.I.: s.n], [200-?].