

AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA EM PEÇAS DE CONCRETO CONSTITUÍDAS DE RESÍDUOS DE BORRACHA DE PNEU.

Shaianne Sherma Croches, Jorge Luís Akasaki, Rafael Ferreira Sluizus, Marcos Onofre de Vita, Bruno de Souza Prado, João Victor Fazzan. – Engenharia Civil – Departamento de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Campus de Ilha Solteira.

Atualmente, os pneus são descartados indiscriminadamente. São jogados em córregos e cursos d'água, o que significa barreiras e enchentes. Em fundo de quintais significam água parada e um repositório para o mosquito da dengue. Apesar de não serem considerados perigosos, sua queima libera substâncias tóxicas e cancerígenas, como dioxinas e furanos. Além de ser um resíduo de difícil eliminação na natureza, seu volume torna o transporte e o descarte em aterros problemáticos.

O pneu passou a ser utilizado como material reciclável no início na década de 40 do século passado nos Estados Unidos, sendo hoje o seu uso bastante difundido em vários países, tais como Canadá, Espanha, EUA e com uso bastante promissor no Brasil (FAZIO (2000)). A recuperação de energia e a recauchutagem foram as primeiras formas de reciclagem de pneus. Com o avanço tecnológico, surgiram novas aplicações, como a mistura com asfalto, em concentrações de 15 a 25%, e como mistura aos agregados para ser utilizado em misturas asfálticas, sendo esta última sugerida por alguns países como uma das melhores soluções para dar um destino final aos pneus.

A incorporação do resíduo de pneu em concreto, argamassa e também em pasta de cimento vem sendo avaliada com base em estudos de diversas propriedades da mistura, sendo a resistência à compressão a principal propriedade estudada.

Bonnet (2003), que pesquisou a substituição de parte do agregado por borracha em argamassas, ao substituir 30% do agregado por borracha afirma que ocorre queda na resistência à compressão de 80%. Também se nota que o tamanho e forma do agregado influenciam na resistência, pois segundo Benazzouk et al. (2003), a substituição por agregados de borracha mais finos resulta em menor decréscimo da resistência.

Para Turatsinze et al. (2005), apesar da baixa resistência, a substituição dos agregados por borracha confere propriedades mecânicas interessantes em argamassas à base de cimento, pois as partículas de borracha atuam como "inibidoras" das fissuras permitindo maior deformação para argamassas de cimento antes da localização da microfissura.

Desta forma, muitos autores baseiam-se nas propriedades elásticas do concreto com borracha ao se referirem às suas aplicações, sugerindo que tal mistura é ideal em situações sujeitas aos efeitos de impacto como, por exemplo, barreiras de proteção de rodovias e em situações que não necessite de grande resistência mecânica, como lajes de forros, entre outras situações.

Por superar grandes vãos, suportar grandes cargas reduzir mão-de-obra gerando maior rapidez na montagem, a laje treliça possibilita perfeita adequação a inúmeras aplicações de maneira racional e competitiva. As grandes vantagens das lajes executadas com vigota treliçada são: total aderência do concreto à armação, resultando num conjunto perfeitamente monolítico; o transporte e o manuseio da vigota treliçada é bastante facilitado, devido ao seu formato e baixo peso; economia de aço, concreto, mão-de-obra e madeiramento de fôrmas e escoras estimado em até 75%, devido à significativa redução dos elementos estruturais, principalmente vigamentos.

O trabalho em questão procura mostrar uma alternativa de reciclagem para este material através de sua futura incorporação em laje pré-fabricada treliçada, tendo como objetivo avaliar experimentalmente a aderência entre concretos (com e sem resíduos de borracha de pneu), simulando a aderência existente entre o concreto da vigota treliçada pré-fabricada e a capa de concreto a ser lançada em uma laje, utilizando três pontes de aderência (molhagem com água; escarificação e molhagem com água; e escarificação e calda de cimento).

Antes de avaliar a aderência propriamente dita, foram realizados ensaios de análise granulométrica e determinação das massas específicas absoluta e aparente para a caracterização das fibras de borracha e os mesmos ensaios para caracterização dos agregados miúdo e graúdos, além das determinações do teor de materiais pulverulentos e do teor de matéria orgânica. O cimento utilizado nas composições de concreto - CP V ARI - foi caracterizado tanto física quanto quimicamente, atendendo os requisitos especificados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas:

Após a caracterização dos materiais, foram confeccionados traços de concreto tanto controle (sem adição de resíduo de borracha) quanto constituídos de 12% em volume de resíduo que passa na peneira de abertura 2,38 mm. Como tais traços deviam apresentar resistência mínima de 20 MPa aos 28 dias de idade, foram moldados três corpos-de-prova cilíndricos de dimensões de 10x20 cm para cada traço e ensaiados à resistência à compressão nesta idade, justamente a fim de verificar tal especificação.

Logo em seguida, foram moldadas vigas de concreto de dimensões 15x15x50 cm, procurando simular o que na realidade ocorre entre o concreto das vigotas das lajes pré-fabricadas treliçadas e o capeamento das lajes. Os modelos de ensaio foram formados por três vigas para cada tipo de concreto a ser ensaiado, sendo utilizado o cimento CP V ARI tanto na confecção da primeira parte da viga (simulando o concreto da vigota da laje pré-fabricada treliçada) quanto na segunda etapa de concretagem (simulando a capa de concreto a ser lançada). Entre a primeira e a segunda etapa de concretagem, foram utilizadas três pontes de aderência (molhagem com água; escarificação e molhagem com água; e escarificação e calda de cimento).

Inicialmente foram moldadas nove metades de vigas com o concreto referência, para isso, foram confeccionados nove moldes de madeira para o preenchimento da outra parte da viga. No dia seguinte todas foram desmoldadas, e foi feita a escarificação da superfície em seis delas, utilizando jato d'água, e em seguida, levadas em câmara úmida até o dia do preenchimento da segunda etapa.

Após sete dias houve o preenchimento das nove metades de vigas, cada uma utilizando uma ponte de aderência diferente, utilizando também o concreto referência para o preenchimento. Três vigas foram preenchidas apenas molhando a superfície executada na primeira etapa, outras três adotando o mesmo procedimento, mas usando as vigas que tiveram suas superfícies escarificadas e, por último, foi feita uma calda de cimento no traço (1kg de Cimento: 0,5 litro de água) para aplicar nas superfícies das vigas escarificadas restantes que foram preenchidas. No dia seguinte foram todas desmoldadas e levadas à câmara úmida até data do rompimento (28 dias após o término da segunda etapa).

Adotou-se o mesmo o esquema para a confecção das vigas constituídas de concreto referência e concreto com adição de fibra de borracha, respectivamente, na primeira e segunda etapa.

As vigas confeccionadas foram submetidas ao ensaio de determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos. Para avaliar a melhor aderência entre os concretos, realizou-se a comparação dos resultados das vigas, avaliando, dessa maneira, o melhor tipo de aderência entre os dois materiais para que se obtenha uma monoliticidade do conjunto e assim tenha capacidade de resistir às tensões de deslizamento existentes. O resultado do ensaio é apresentado na Figura 1.

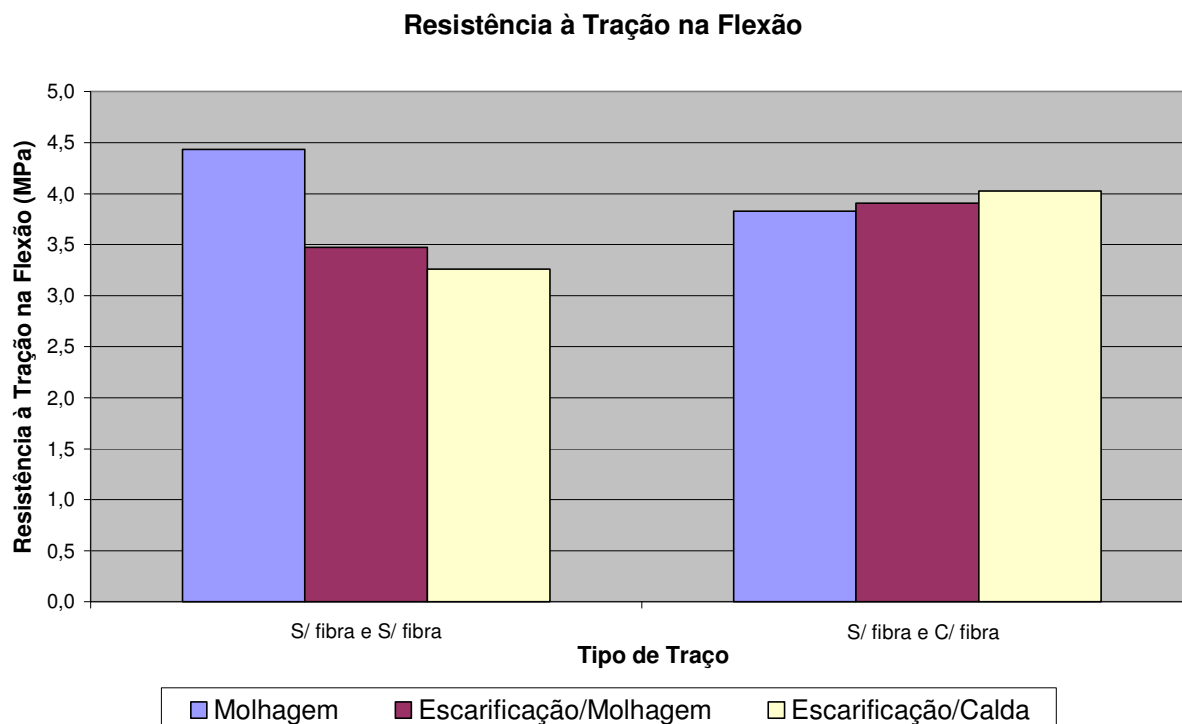


Figura 1: Resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos aos 28 dias de idade para diferentes tipos de viga.

A partir da Figura 1, nota-se que a viga controle, ou seja, a viga que apresenta as duas partes sem fibra (S/ fibra e S/ fibra) apresenta um melhor resultado quando feita a ponte de aderência apenas com molhagem da superfície de contato entre as duas partes da viga (4,4 MPa), se comparado às demais pontes de aderência (3,5 MPa para Escarificação/Molhagem e 3,3 MPa para Escarificação/Calda). Em se tratando da viga constituída por uma das partes sem fibra e a outra parte com fibra (S/ fibra e C/ fibra), observa-se que praticamente não há diferença entre os tipos de pontes de aderência estudados, uma vez que, tais vigas apresentam resistência à flexão de aproximadamente 4,0 MPa.

Pode-se notar que ao adicionar fibra de borracha em uma das partes da viga, o valor da resistência diminui em 13,6% para a ponte “molhagem”, e aumenta 11,4% para a “Escarificação/Molhagem” e 21,2% para a “Escarificação/Calda”.

A partir da análise da Figura 1, conclui-se que a viga controle, ou seja, a viga que apresenta as duas partes sem fibra (S/ fibra e S/ fibra) não apresentou resultados consistentes, uma vez que se esperava obter valores crescentes de resistência à tração na flexão segundo a ordem de ponte de aderência estudada: molhagem, escarificação/molhagem e escarificação/calda. Devido a este fato, os ensaios relacionados a este tipo de viga deverão ser repetidos.

Com relação à viga contendo uma parte sem resíduo e a outra constituída de resíduo, os resultados obtidos estão de acordo com o esperado. Neste caso, ao estudar os diferentes tipos de pontes de aderência, verificou-se que o acréscimo de resistência é insignificante se comparado ao gasto e trabalho que se tem para execução de uma ponte de aderência, podendo concluir, portanto, que é viável tanto técnica quanto economicamente, o lançamento direto da capa de concreto de uma laje em uma vigota treliçada pré-fabricada.

Referências Bibliográficas

BENAZZOUK, A., MEZREB, K. DOYEN, G., GOULLIEUX, A., QUÉNEUDEc, M. **Effect of rubber aggregates on the physico-mechanical behaviour of cement–rubber composites-influence of the alveolar texture of rubber aggregates.** Cement and Concrete Composites, 25, 2003, pp. 711-720.

BONNET, S. **Effet de l'incorporation des granulats caoutchouc sur la résistance à la fissuration des mortiers.** XXI^{EMES} Rencontres Universitaires de Genie Civil, 2003,pp.59-70.

FAZIO, J. A., OLIVEIRA, S. A. G. **Utilização do Pó de Borracha de Pneu Reciclado em Misturas Betuminosas para Pavimentação Urbana e Rodoviária.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8, 2000, Salvador. Anais... Salvador: Colors – Computação Gráfica e Multimídia, 2000. CD-ROM.

TURATSINZE, A.; BONNET, S.; GRANJU, J-L. **Mechanical characterization of cement-based mortar incorporating rubber aggregates from recycled worn tyres.** Sustainable Waste Management and Recycling: Challenges and Opportunities, v.40, p. 221-226, 2005.