

## **INFLUÊNCIA DO RESÍDUO DE PNEU EM BLOCOS PARA PAVIMENTOS INTERTRAVADOS PARA USO EXCLUSIVO EM CALÇADAS**

**Anaaiara Varela dos SANTOS (1); Edilberto Vitorino de BORJA (2); Manoel Dias da CUNHA Jr**

(1) Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, Av. Sem. Salgado Filho, 1559, Natal-RN, CEP 59015-000, Fone/Fax: +55 (84) 4005-2638, e-mail: [aninha.varela@hotmail.com](mailto:aninha.varela@hotmail.com)

(2) Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, e-mail: [edilberto@cefetrn.br](mailto:edilberto@cefetrn.br)

(3) Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, e-mail: [manoeldias@cefetrn.br](mailto:manoeldias@cefetrn.br)

### **RESUMO**

Pavimentos intertravados de concreto são peças pré-moldadas que surgiram visando desenvolver a estrutura de pavimentação de estradas e principalmente de vias urbanas e calçadas, cujas peças possuem dimensões padronizadas e qualidades de resistência mínimas à compressão requerida de 25MPa. No entanto, sua aplicação é de fácil manuseio, facilitando o uso de mão de obra não especializada. Para o desenvolvimento desta pesquisa, utilizaram-se resíduos de pneu reciclado na fabricação de blocos pré-moldados de concreto objetivando sua viabilidade em blocos para pavimentos intertravados com uso específico em calçadas. Partindo-se de um traço de referência e após caracterização dos materiais componentes da mistura (cimento, areia média, pedrisco e resíduo de pneu), moldaram-se inicialmente corpos-de-prova cilíndricos (10cm de diâmetro e 20cm de altura) sem resíduos de pneu para fins comparativos com as amostras com resíduos na sua formulação. Em continuidade, procedeu-se a moldagem de corpos-de-prova com a substituição do agregado miúdo por adições do resíduo de pneu nas porcentagens, em massa, de 10%, 20% e 30%. Absorção de água por imersão, massa específica e resistência à compressão foram as propriedades analisadas no estudo. Os resultados obtidos nos corpos-de-prova com resíduo de pneu quando comparados com os corpos-de-prova de referência apresentaram valores inferiores de resistência e de massa específica, porém houve acréscimo na absorção de água por imersão. Verificou-se que até o limite de 30% de resíduo de pneu, a mistura no estado fresco apresentou boa trabalhabilidade e coesão. No estado endurecido e após 28 dias, atingiu resistência à compressão de 12MPa com acentuada diminuição da massa específica. Tal valor, apesar de não atender valores normativos, pode ser considerado satisfatório em se tratando de blocos que serão usados apenas em calçadas com tráfego exclusivo de pedestres.

**Palavras-chave:** pavimentos intertravados, blocos pré-moldados, resíduo de pneu, reciclagem.

## 1. METODOLOGIA

Desde a década de 1980, com a disponibilidade no mercado de equipamentos de grande produtividade e com elevado grau de precisão dimensional, a indústria de pavimentos de peças pré-moldadas de concreto – PPC – vem crescendo em grandes proporções em todo o mundo, inclusive no Brasil. O que era um tipo de material utilizado apenas em áreas que demandavam efeitos arquitetônicos ou paisagísticos, deu lugar a um material único e extremamente versátil para harmonizar qualquer tipo de pavimento, inclusive o industrial e rodoviário, tanto esteticamente quanto estruturalmente, o **pavimento intertravado**.

Outra característica de destaque neste tipo de pavimento é sua manutenção, que ao contrário de outros tipos de pavimento que demandam equipamentos dispendiosos, pode ser realizada com uma pequena equipe e ferramentas manuais.

O pavimento de peças pré-moldadas de concreto (designado por PPC), hoje denominado de pavimento intertravado, é uma nova técnica de pavimentação e é uma opção para o desenvolvimento do setor rodoviário e urbano do país. Pavimentos, como o intertravado, que necessitam de mão de obra não especializada para a confecção de sua estrutura e, principalmente, da sua camada de revestimento, devem começar a ser vistos com outros olhos pelos órgãos públicos, responsáveis pela pavimentação de vias. Além de proporcionarem melhorias estéticas, técnicas e de redução de custos para os transportes, em vias não pavimentadas, geram a utilização intensa de mão de obra local, proporcionando um aumento da receita familiar com a geração de novos empregos.

À medida que este tipo de pavimento deixou de ser uma opção somente arquitetônica e paisagística, foi necessário o desenvolvimento de novos estudos e pesquisas sobre o mesmo, inclusive em relação à utilização de novos materiais que podem ser adicionados durante o processo de preparação das peças pré-moldadas de concreto.

Percebendo a importância deste tipo de pavimento aliada a necessidade de promover um destino nobre ao resíduo de pneu reciclado, que já vem sendo objeto de estudo em outros trabalhos do Núcleo Pesquisa de Construção Civil do CEFET/RN, surgiu a possibilidade de se estudar a utilização desse resíduo em pavimentos intertravados, como uma alternativa para minimizar os impactos ambientais advindos do pneu. A pesquisa está voltada para o uso de blocos de pavimentos intertravados para uso exclusivo em calçadas, cujo tráfego predominante será o de pedestres, uma vez que não se exige grandes valores de resistências mecânicas, porém serão observadas as exigências normativas para as demais propriedades do material. Nesta etapa inicial, moldou-se corpos-de-prova cilíndricos de 10x20cm para todos os traços estudados (com e sem resíduo de pneu) analisando-se comparativamente os resultados de absorção de água, massa específica, porosidade e resistência à compressão. Salienta-se que a pesquisa terá continuidade com a moldagem de blocos em formato usual de utilização, para análise das demais propriedades necessárias para sua completa caracterização e conclusão do estudo.

## 2. METODOLOGIA

O trabalho foi iniciado com a realização de pesquisas bibliográficas (livros e páginas de internet), sobre os materiais que seriam utilizados: cimento, areia, pedrisco, resíduos de pneu e água, relacionados com pavimentos intertravados.

A realização da pesquisa iniciou-se com a coleta do resíduo de pneu nas indústrias recauchutadoras de pneus na Ribeira-Natal/RN e com a coleta dos demais materiais (cimento, areia e pedrisco) dentro da instituição (CEFET/RN), provenientes de obras de reforma e ou ampliação. Após a coleta dos materiais, foram realizados ensaios para caracterização, tais como: massa unitária, massa específica e granulometria. Tais parâmetros são necessários para cálculos das quantidades dos materiais para confecção dos corpos-de-prova. Não houve variação dos materiais durante todo o desenvolvimento da pesquisa.

Após a definição do traço de referência e com base em pesquisas bibliográficas, optou-se pela substituição parcial da areia pelo resíduo de pneu nas proporções, em massa, de 10%, 20% e 30%.

A tabela 1 ilustra as quantidades dos materiais necessários para moldagem de 9 corpos-de-prova cilíndricos de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura para cada formulação, incluindo o traço de referência (TR) e os demais traços com resíduos presentes na sua constituição nas proporções acima citadas.

**Tabela 1 – Quantidades dos Materiais, em g.**

| Designação | % de resíduo | Cimento | Areia | Pedrisco | Pneu | Água |
|------------|--------------|---------|-------|----------|------|------|
| TR         | 0%           | 9033    | 10749 | 10749    | -    | 4000 |
| T10        | 10%          | 9033    | 9675  | 10749    | 1074 | 4000 |
| T20        | 20%          | 9033    | 8599  | 10749    | 2150 | 4000 |
| T30        | 30%          | 9033    | 7524  | 10749    | 3225 | 4000 |

Para a mistura dos materiais utilizou-se de uma betoneira com capacidade de 120 litros. Em seguida, os corpos-de-prova de concreto foram moldados em moldes metálicos de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura. Distribuiu-se o concreto no molde em 4 camadas. Cada camada recebeu 30 golpes distribuídos uniformemente ao longo de toda superfície. Após moldagem, foram colocadas placas de vidros nas superfícies dos corpos-de-prova por um período de 24h no intuito de evitar a perda de água durante o processo de inicial de cura. Decorrido 24h, as amostras foram completamente submersas em tanques com água até o dia de seu rompimento. Para cada traço, moldaram-se 9 corpos-de-prova (figura 1). As amostras foram ensaiadas com 1 dia, 3 dias, 7 dias e 28 dias de idade; Todos os ensaios de moldagem, processo de cura e rompimento das amostras foram realizados em acordo com as normas brasileiras vigentes pertinentes ao assunto.



**Figura 1 – Corpos de prova moldados com traço de referência**

### 3. MATERIAIS

Para todos os blocos confeccionados com todas as formulações utilizou-se do mesmo tipo de cimento Portland CP II – Z 32 RS, da marca POTY, gentilmente cedido pela empresa VOTORANTIN; Areia proveniente de lagoa localizada no distrito de Igrejinha, município de Macaíba/RN; Brita de rocha granítica extraída da região de Monte Alegre/RN, e resíduo de pneu coletados das renovadoras de pneus na cidade de Natal/RN, no bairro da Ribeira em Natal/RN. Na tabela 2 ilustram-se os resultados obtidos nos ensaios de massa específica e massa unitária dos materiais usados na pesquisa.

**Tabela 2 - Massa unitária e específica dos materiais utilizados.**

| <b>Materiais</b> | <b>Massa Unitária<br/>(g/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>Massa específica<br/>(g/cm<sup>3</sup>)</b> |
|------------------|--|--|
| Cimento          | 1,07   | 3,05   |
| Areia            | 1,55   | 2,60   |
| Pedrisco         | 1,49   | 2,66   |
| Resíduo Pneu     | 0,35   | 1,19   |

As informações do cimento foram fornecidas pelo fabricante. A determinação da Massa Unitária e Específica do agregado miúdo e pedrisco foram baseadas na NM 52:2002 e NM 45:2006, respectivamente. Para determinação da massa específica do resíduo de pneu utilizou-se o método do picnômetro com substituição da água pelo querosene. A adoção do querosene deve-se ao fato do mesmo possuir densidade inferior à água (0,8 g/cm<sup>3</sup>). Os demais procedimentos foram regidos pelas normas vigentes;

Os ensaios granulométricos feitos com os agregados foram baseados nas normas NBR 7217:1987. Na tabela 3 apresentam-se os módulos de finura e as dimensões máximas características. Nas figuras 2, 3 e 4 ilustram-se as curvas granulométricas da areia, pedrisco e resíduo de pneu, respectivamente.

**Tabela 3 – Parâmetros obtidos no ensaio de granulometria dos agregados.**

| <b>Materiais</b> | <b>Módulo de Finura</b> | <b>Dimensão Máxima Característica (mm)</b> |
|------------------|-------------------------|--|
| Areia            | 2,37                    | 2,40                                       |
| Pedrisco         | 5,75                    | 9,50                                       |
| Resíduo Pneu     | 3,46                    | 4,80                                       |

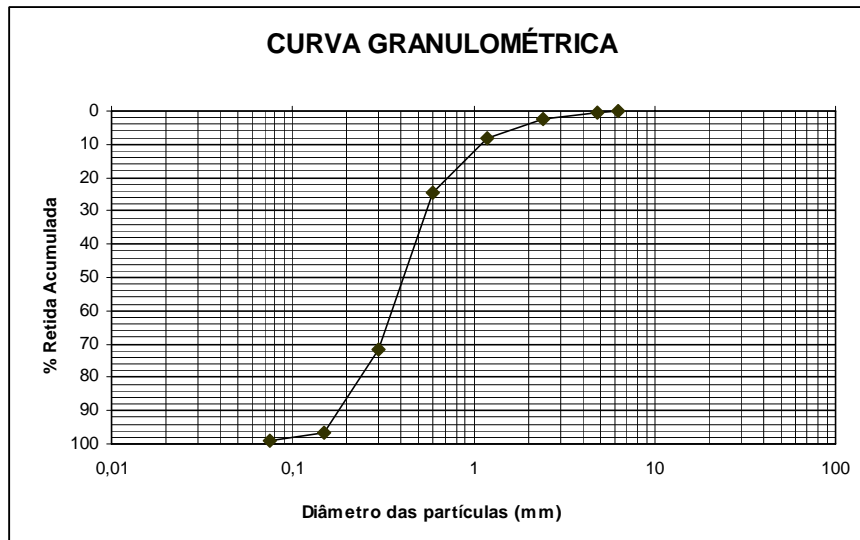


Figura 2 – Curva granulométrica da areia.

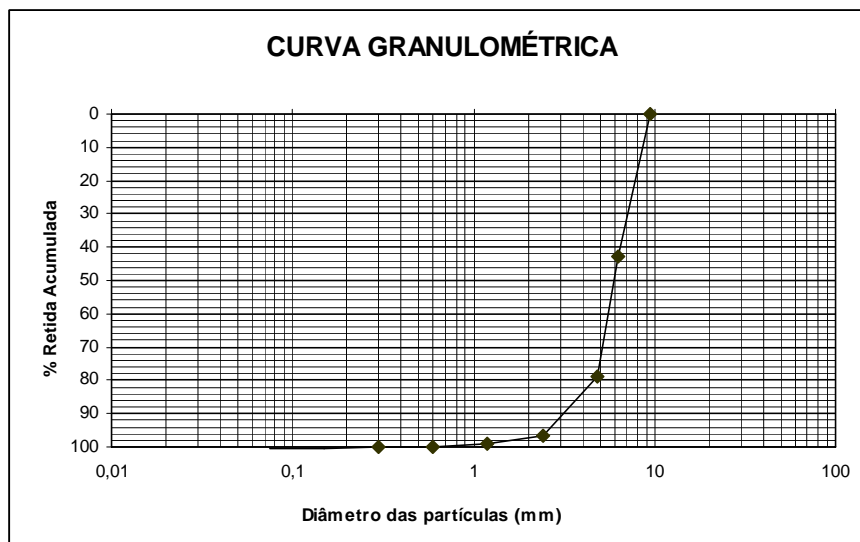


Figura 3 – Curva granulométrica do pedrisco.

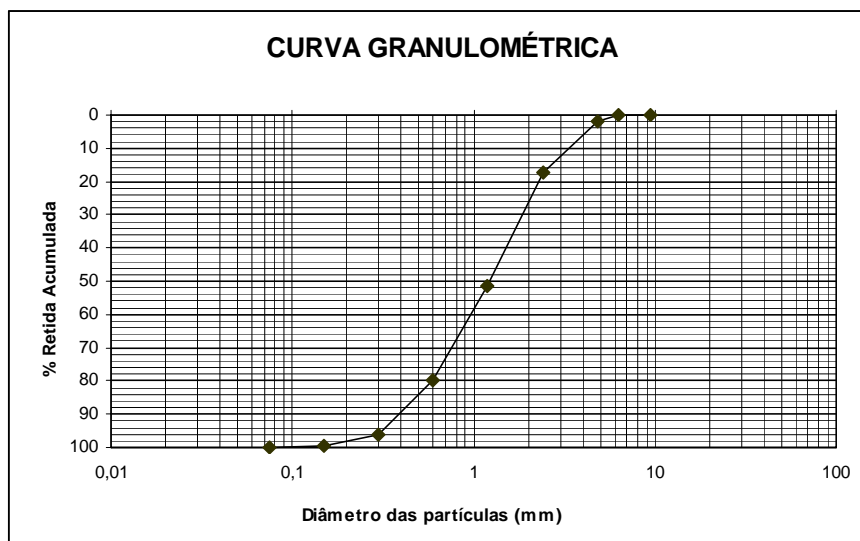


Figura 4 – Curva granulométrica do resíduo de pneu.

#### 4. RESULTADOS

Para cada formulação estudada, moldaram-se 9 (nove) corpos de prova cilíndricos (10cmx20cm), totalizando 36 corpos de prova (CP). Foram determinadas as massas específicas e a resistência à compressão para as idades de 1 dia, 3 dias, 7 dias e 28 dias, com as quantidades de amostras distribuídas da seguinte forma: 2 CP's para serem ensaiados com 1 dia, 2 CP's para 3 dias, 2 CP's para 7 dias e os últimos 3 CP's ensaiados com 28 dias. A sigla CP é usada para designar Corpos de Prova.

Na figura 5 ilustram-se as massas específicas dos CP's com relação as porcentagens de resíduo. Observa-se que a medida que aumentamos o percentual de resíduo na mistura, a massa específica reduz. Fato este já esperado, uma vez que temos substituição de um material mais denso (areia) por outro de densidade bastante inferior (resíduo de pneu). Nota-se também que a partir do terceiro dia após moldagem, a variação da massa específica permanece praticamente constante. Este tipo de comportamento foi uniforme para todas as formulações, inclusive para o de referência, inferindo-se que a presença do resíduo não ocasiona alterações no processo de endurecimento do cimento.

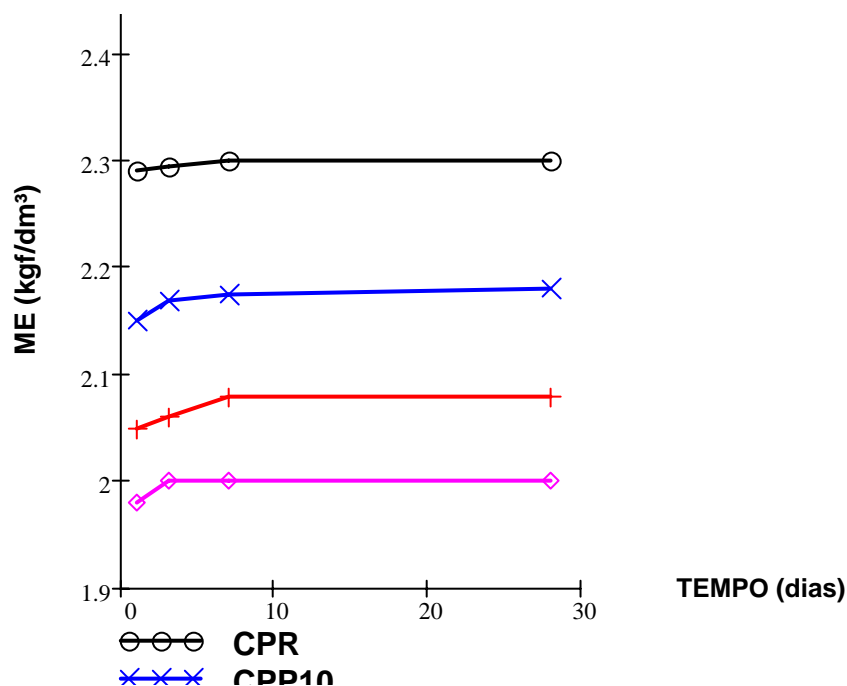


Figura 5 – Massa específica em função do tempo (dias)

Onde:

- CPR – corpos de prova de referência;
- CPP10 – corpos de prova com 10% de resíduo;
- CPP20 – corpos de prova com 20% de resíduo;
- CPP30 – corpos de prova com 30% de resíduo.

Na figura 6 evidenciam-se as resistências à compressão dos CP's com relação às porcentagens de resíduo. Observa-se que a evolução de resistência das amostras para uma mesma formulação obedece à escala de crescimento encontrado nas literaturas técnicas referentes ao assunto. Fato este que se repete para todas as formulações estudadas. Percebe-se ainda, como na massa específica, uma redução de resistência à compressão a medida que aumentamos a quantidade de resíduo.

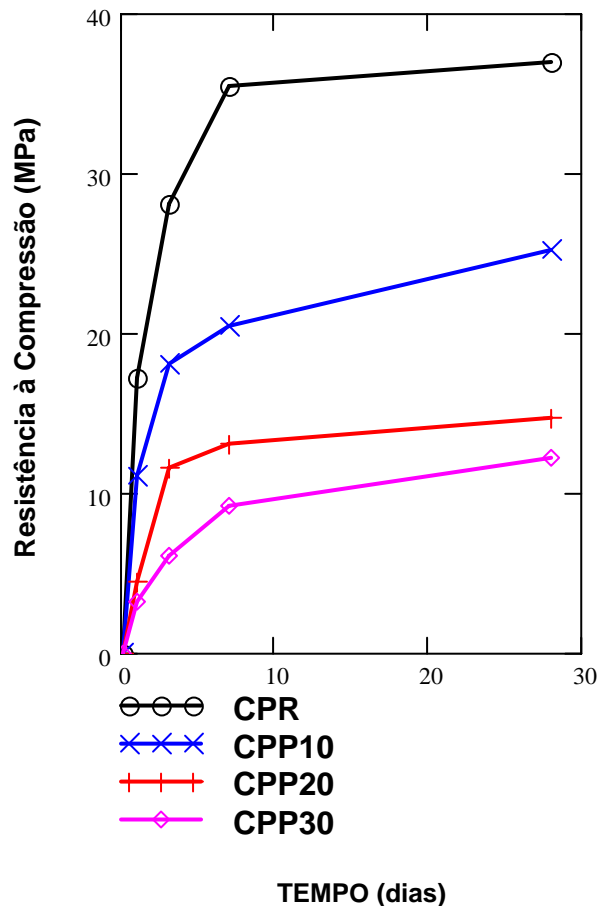


Figura 6 – Resistência à compressão em função do tempo (dias).

## 5. CONCLUSÕES

Com base na análise dos resultados obtidos verificou-se que:

- A adição do resíduo de pneu na mistura do concreto resultou na diminuição da resistência à compressão dos corpos-de-prova. Dado este comprovado pelo gráfico da resistência à compressão apresentado acima, onde se percebe que à medida que o teor de resíduo de pneu era acrescido à mistura, sua resistência apresentava um valor menor ao anterior. Este fenômeno pode ser facilmente explicado pela dificuldade de acomodação (compactação) no momento de sua moldagem, no estado fresco, à medida que aumentava o teor do resíduo de pneu no concreto, resultando diminuição de compacidade e consequentemente aumento da porosidade, redução da massa específica e decréscimo de resistência. No traço feito sem a adição de resíduo de pneu, a resistência atingida foi de 38 MPa. Em significativo contraste com esse valor, a resistência do traço feito com 30% de resíduo de pneu atingiu 12 MPa.
- É viável a utilização de blocos de concreto para pavimentos intertravados com a adição de resíduo de pneus com resistência de 12 MPa. Porém, essa resistência ainda pode ser considerada elevada visto que, no que diz respeito a blocos de concreto que serão utilizados em calçadas, o tráfego será destinado apenas aos pedestres, sendo desnecessária uma resistência alta.
- A quantidade de resíduos adicionados à mistura de concreto influenciou na sua massa específica, tornando-o mais leve.

## 6. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9780 - Peças de concreto para pavimentação – determinação da resistência á compressão – método de ensaio** – 1987;

\_\_\_\_\_. **NBR 9781 - Peça de concreto para pavimentação – especificação** – 1987;

\_\_\_\_\_. **NBR 7211 - Agregado para concreto – especificação**. 1983;

\_\_\_\_\_. **NBR 5736. Cimento portland pozolânico – especificação**. 1991;

\_\_\_\_\_. **NBR 7251. Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária**. 1982;

\_\_\_\_\_. **NBR NM 45. Agregados – Determinação de massa unitária e volume de vazios**. 2006;

\_\_\_\_\_. **NBR NM 52. Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente**. 2002;

BORJA, E. V.; SANTOS, E. A., **Investigação experimental de traços para blocos de concreto para alvenaria de vedação com adição de resíduos de pneus reciclados**. II congresso de iniciação científica – Ciência, tecnologia e Inovação. Natal – RN. 2004;

LISBOA, A. A.; FERNANDES, S. A., **Análise do comportamento de blocos de concreto confeccionado com resíduo de borracha pneumática solicitados à compressão centrada**. 45º congresso brasileiro do concreto. Vitória – ES. 2003;

## AGRADECIMENTOS

- Ao Cimento POTY, na pessoa do Engenheiro Carlos Magno de Farias, pela doação do cimento usado em toda a pesquisa;