



## Avaliação da resistência mecânica de pavers fabricados com resíduos de pneus em substituição parcial do agregado miúdo

Silvia Paula Sossai Altoé<sup>1</sup>

27 novembro 2017

**Resumo** – O aproveitamento de resíduos industriais como matéria prima no setor da construção civil vem sido discutido de forma exaustiva pelas mais diversas linhas de pesquisa, uma vez que o setor demonstra ter grande potencial para absorver os mais diferentes tipos de resíduos dos mais variados processos produtivos. A reciclagem é uma proposta que consegue responder de forma satisfatória duas questões ambientais importantes: a destinação adequada para os resíduos industriais e a redução do consumo de recursos naturais, já que a indústria da Construção Civil é a que mais consome este tipo de recurso anualmente. Esta pesquisa objetivou analisar a viabilidade da utilização de do resíduo de pneu inservível, na forma moída, na confecção de blocos de concreto para pavimentação, em substituição parcial da areia. Com isto, espera-se contribuir para diminuição do simples despejo destes resíduos na natureza, além de buscar formas econômicas e eficazes de sua reciclagem. O trabalho estudou a resistência mecânica e a absorção de água de corpos de prova de concreto fabricados com e sem resíduos, avaliando assim a viabilidade da utilização. Foram utilizados 4 teores de substituição: 2%, 5%, 7% e 10%, na tentativa de definir um comportamento para as características estudadas quando da substituição proposta.

**Palavras-chave:** Pneu inservível. Paver. Resistência à compressão. Reciclagem.

### 1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios da indústria da construção civil, principalmente, nos países em desenvolvimento, é atender as necessidades da sociedade como um todo no que se refere às melhorias e ampliações do ambiente construído, seja na forma de moradia, edificações públicas e infraestrutura, com um emprego cada vez menor de recursos naturais (CHAMBERS; CHEN, 1999 apud JOHN, 2000). Uma solução apontada por diversos pesquisadores é a reciclagem de resíduos industriais. A primeira e mais visível contribuição da reciclagem é a preservação dos

resíduos naturais. Uma vez que se estes forem substituídos por resíduos pode-se afirmar que ocorrerá uma prolongação da vida útil das reservas naturais e uma redução da destruição da paisagem, flora e fauna.

No Brasil, várias medidas legais vem sendo tomadas para incentivar a reciclagem e ao mesmo tempo punir atitudes que levem a qualquer tipo de degradação ambiental envolvendo os mais diferentes setores produtivos. O último instrumento legal aprovado foi a Lei n.º 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, sancionada em 2 de agosto de

---

<sup>1</sup> silviaaltoe@utfpr.edu.br, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Apucarana, Apucarana, Paraná, Brasil.



2010. Esta lei está baseada em uma tendência mundial de não geração, no reaproveitamento, na reutilização e na reciclagem dos resíduos gerados, e dispõe sobre as diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos, as responsabilidades tanto dos geradores quanto do poder público e sobre também os instrumentos econômicos aplicáveis.

Segundo a ANIP - Associação Nacional das Indústrias Pneumáticas (2017) cerca de 22 milhões de pneus são trocados anualmente no país. Desse montante, 46,8% são pneus usados que podem retornar ao mercado para serem ainda utilizados nos veículos ou submetidos a algum tipo de reforma, e 53,2% são pneus inservíveis, que não têm mais utilização veicular. Com relação aos pneus inservíveis, 26,5% têm destinação ambientalmente adequada e regulamentada, transformando-se em combustível de fábricas de cimento, solados de sapatos e tapetes para carros, restando assim cerca de 2,9 milhões de pneus, ou seja, aproximadamente 42 toneladas de resíduos de pneus, destinados de forma inadequada.

A destinação inadequada inclui o descarte em córregos e cursos d'água, onde criam barreiras. A simples deposição em terrenos baldios, ou fundos de quintais, onde acabam por acumular água, servindo de repositório para mosquitos e local de esconderijo de roedores. Além disto, podem ser utilizados como combustível, sem que haja controle da emissão de gases, o que os torna perigosos, devido à liberação de substâncias tóxicas durante a queima (FIORITI, INO e AKASAKI, 2010). No dia 30 de setembro de 2009 entrou em vigor a Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n.º 416/2009, que dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada.

A disposição inadequada de pneus inservíveis traz danos à saúde da população e ao ambiente, sendo o descarte normalmente é realizado em terrenos baldios, rios e aterros. O grande volume deste resíduo somado ao seu longo período de degradação, aproximadamente de 400 a 800 anos, fazem dele um

dos maiores geradores de impactos ambientais negativos (FIORITI, 2007; AMADEI, 2010):

- Descarte irregular em corpos d'água, contribuindo para a criação de barreiras artificiais que por sua vez agravam as ocorrências de alagamentos nas margens;
- Quando lançados em aterros sanitários, estes podem provocar escorregamento das células de lixo, reduzindo assim a vida útil. Além disto, apresentam baixa compressibilidade podendo voltar à superfície do aterro após um determinado tempo;
- Quando queimados, sem que sejam seguidas as normas vigentes, ocasionam problemas quanto à qualidade do ar, uma vez que durante a queima liberam substâncias tóxicas;
- Os pneus quando depositados à céu aberto acumulam água, tornando-se local perfeito para proliferação de vetores de várias doenças, como dengue e febre-amarela;
- O aspecto visual das também está relacionado à disposição de pneus, uma vez que estes ocupam grandes áreas, pelo seu alto volume e dificuldade de compactação

O resíduo de pneu tem se mostrado viável na aplicação de concretos com baixas resistências, normalmente aplicados em elementos de pavimentação. Isto se dá pela redução da resistência a compressão observada em várias pesquisas (GRANZOTTO, 2010).

Fioriti, Ino e Akasaki (2010) analisaram a viabilidade da utilização de borracha de pneu em blocos intertravados para pavimentos. Os resultados obtidos nas experimentações indicam que o uso de blocos intertravados com resíduos de pneus pode ser feito em ambientes com solicitações leves como, por exemplo, em calçadas, praças, ciclovias e condomínios residenciais. Tendo como indicativo de melhores resultados, avaliando-se todos os ensaios, o percentual de 8 a 12% de resíduos a ser adicionado no concreto dos blocos intertravados, com consumo de cimento em torno de 325 kg/m<sup>3</sup>.



Este trabalho tem como objetivo geral o estudo da potencialidade da utilização do resíduo de recauchutagem de pneus na substituição de agregado miúdo, areia, na confecção de concretos e *pavers* para pavimentação. Para isto, serão analisadas as características de resistência à compressão e absorção de água.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Materiais

#### 2.1.1. Aglomerante

O cimento utilizado nesta pesquisa foi o CP V. As características obtidas junto ao fabricante atendem as normas brasileiras com relação ao limite mínimo de qualidade.

#### 2.1.2. Agregado Miúdo

O agregado miúdo utilizado foi a areia média proveniente de fornecedores da região de Maringá. Para uma primeira caracterização pode-se dizer que o material tem origem de quartzo.

#### 2.1.3. Agregado Graúdo

O agregado graúdo utilizado na confecção dos blocos é proveniente da região de Maringá. Para uma primeira caracterização este material é definido como brita zero granítica, com diâmetro entre 4,8 e 9,5 mm, comercialmente conhecido como Pedrisco.

#### 2.1.4. Água

Para o amassamento do concreto foi adicionada à mistura água potável, proveniente da rede de abastecimento de água da cidade de Maringá, fornecida pela Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR.

#### 2.1.5. Resíduos de Recauchutagem de pneus

O resíduo de recauchutagem de pneus utilizado na pesquisa é proveniente da recicladora de pneus Borrachas SS.

## 2.2. Método

### 2.2.1. Caracterização

A CBC – Cinza do Bagaço da Cana-de-açúcar foi caracterizada de acordo com os seguintes parâmetros:

- Análise Granulométrica - ANBT NBR NM 248:2003,
- Massa Específica e Teor de Umidade - ABNT NBR 6508:1984,
- Lixiviação, Solubilização e Classificação do resíduo - ABNT NBR 10005:2004, ABNT 10006:2004, ABNT NBR 10004:2004.

### 2.2.2. Dosagem e moldagem dos pavers

Os *pavers* foram fabricados de acordo com os traços desenvolvido por Amadei (2011), utilizando o Método IPT/EPUSP adaptado por Helene e Terzian (1992). Foram utilizados 4 teores de substituição: 2%, 5%, 7% e 10%, a Tabela 01 traz as quantidades de materiais utilizados em cada um dos traços.

Tabela 1 – Traços dos *pavers* confeccionados

TRAÇO	CIMENTO (KG)	AREIA (KG)	PNEU (KG)	PEDRISCO (KG)	FATOR A/C
T0	18,00	47,70	0,00	24,30	0,42
T1	18,00	46,98	0,72	24,30	0,42
T2	18,00	45,32	2,39	24,30	0,42
T3	18,00	44,36	3,34	24,30	0,42
T4	18,00	42,93	4,77	24,30	0,42



Figura 1 – *Pavers* fabricados

A moldagem dos *pavers* foi realizada na Fábrica de Artefatos de Concreto da Universidade Estadual de Maringá, utilizando uma vibro-prensa pneumática,



marca Beton MB 900P, com capacidade de produção de 08 blocos por ciclo, com desforma sobre paletes. As dimensões das peças são 195x95x8 mm, condicionadas pelas formas utilizadas na fábrica. A Figura 1 mostra um palete com os *pavers* recém moldados.

### 2.2.3. Propriedade dos Pavers – Resistência à Compressão

Conforme previsto na ABNT NBR 9781:2013 e seguindo a metodologia estabelecida na referida norma os *pavers* fabricados com os diferentes teores de substituição foram ensaiados à compressão, no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Estadual de Maringá, a fim de determinar a resistência característica estimada à compressão de cada traço, foram ensaiados 6 *pavers* para cada traço, com idade de 28 dias.

### 2.2.3. Propriedade dos Pavers – Absorção de Água

Conforme previsto na ABNT NBR 9781:2013 e seguindo a metodologia estabelecida na referida norma os *pavers* fabricados com os diferentes teores de substituição foram ensaiados à compressão, no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Estadual de Maringá. A fim de determinar a absorção de água de cada traço, foram fabricados 3 *pavers* para cada traço, com idade de 28 dias.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1. Caracterização do resíduo

Quanto a classificação granulométrica o resíduo de pneus, de acordo com a ABNT NBR NM 248:2003, se enquadra nas areias médias, ou seja, mais de 50% do resíduo ficou retida na peneira 0,200 mm. A massa específica do material é de 0,43 g/cm<sup>3</sup> e a massa unitária de 1,65 g/cm<sup>3</sup>.

Os valores do ensaio do extrato lixiviado se mantiveram dentro dos parâmetros estabelecidos pelo Anexo F da ABNT NBR 10004:2004, classificado

assim o resíduo de pneu como um resíduo “NÃO PERIGOSO”. Alguns dos resultados para solubilização, encontram-se acima do permitido pela NBR 10004:2004 em seu Anexo F, por isto, este resíduo é enquadrado na classe dos não-inertes. Dessa forma, de acordo com a NBR 10004, todas as amostras de CBC analisadas podem ser classificadas, pelos parâmetros ora apresentados, como “Resíduo Não perigoso – Classe II A – Não inerte”. Os resíduos com tal classificação podem ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Esta classificação permite a utilização do resíduo em matrizes cimentícias sem tratamento ou cuidado prévio.

A caracterização do resíduo de pneus mostrou claramente que ele pode ser usado como substituta da areia, uma vez que apresenta mesma granulometria, massa específica e é um resíduo não-perigoso.

### 3.2. Propriedades dos Pavers – Resistência à compressão

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão dos *pavers* fabricados com diferentes traços, incluindo o traço referência, foram tabulados e constam na Figura 02.

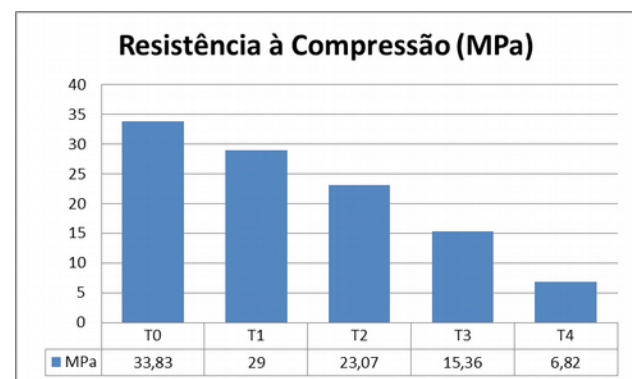


Figura 02 – Resistência Mecânica (MPa)

Os resultados indicam que os *pavers* confeccionados com resíduos de pneus apresentam uma redução da resistência à compressão, com o aumento do teor de substituição. O Traço que apresentou melhores resultados foi o T1, com 2% de substituição. Porém os traços T2 e T3, apresentaram valores superiores à 15 MPa, valor indicado por Fioriti (2007) como



referência para blocos de pavimentação sujeitos à solicitações leves, e aplicação em calçadas, praças e passarelas. Esta queda na resistência é um dado já esperado quando da aplicação de resíduos de pneu em concretos, por isto, a importância de estudos com avaliações alternativas. Vale ressaltar que todos os traços estudados não alcançaram a resistência mínima requerida pela NBR 9781:2013 que é de 35 MPa, apesar deste valor ser muito questionado por ser superior ao adotados em normas internacionais.

Os resultados dos ensaios de absorção de água dos *pavers* fabricados com diferentes traços, incluindo o traço referência, foram tabulados e constam da Figura 03.

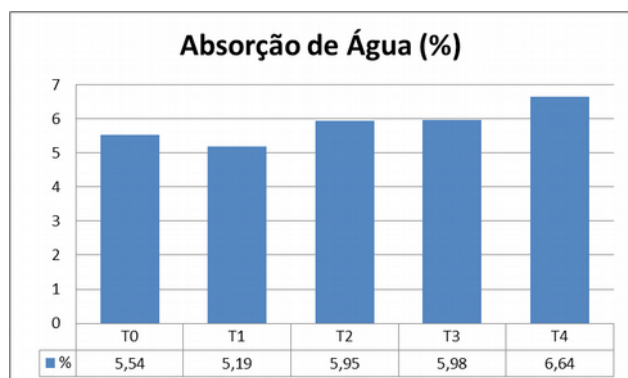


Figura 03 – Taxa de absorção de água (%)

Com o aumento do teor de substituição foi observado que quanto maior o teor maior a taxa de absorção de água, mostrando que a presença de resíduos contribui para um aumento dos vazios das peças fabricadas. Dos valores obtidos, somente o T4 foi superior ao exigido em norma, do ponto de vista técnico a porosidade contribui diretamente para a redução da vida útil do concreto, ou seja, uma maior concentração de resíduos pode levar a uma menor durabilidade.

#### 4 CONCLUSÃO

O resíduo de pneu mostrou-se um substituto viável ao agregado miúdo nos teor de 2%, 5% e 7% na fabricação de *pavers* sujeitos a solicitações leves. Pode-se eleger como teor ótimo o teor de 5%, apesar de apresentar uma redução na resistência à compressão e um aumento na absorção de água dos traços confeccionados. Do ponto de vista ambiental a utilização deste resíduo contribui para a redução da extração de recursos naturais e também promove uma destinação adequada dos mesmos. Vale lembrar que mais estudos devem ser realizados, além de estudar mais características como absorção e abrasão.

#### REFERÊNCIAS

ALTOÉ, Silvia Paula Sossai. **Estudo da potencialidade da utilização de cinza de bagaço de cana-de-açúcar e resíduos de pneus inservíveis na confecção blocos de concreto para pavimentação.** 176 f. 2012. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Maringá, 2011.

AMADEI, Daysa Ione Braga. **Avaliação de blocos de concreto para pavimentação produzidos com resíduos de construção e demolição do Município de Juranda/PR.** 153 f. 2011. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Maringá, 2011.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 248. Agregados** – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ANIP, Associação Nacional da Indústria Pneumática. **Produção – Produção brasileira de pneus 2010.** 2011. Disponível em: <[http://www.anip.com.br/?cont=conteudo&area=32&titulo\\_pagina=Produ%27%E3o](http://www.anip.com.br/?cont=conteudo&area=32&titulo_pagina=Produ%27%E3o)>. Acesso em: 23 ago. 2011.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 de Ago. 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 27 jun. 2011.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 416 de 30 de setembro de 2009.** Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências.. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=616/>. Acesso em: 15 ago. 2011.



FIORITI, Cesar Fabiano. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneu como material alternativo**. 202 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

FIORITI, Cesar Fabiano; INO, Akemi; AKASAKI, Jorge Luis. 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. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/6013>>. Acesso em 15 jul. 2011.

GRANZOTTO, Laura. **Concreto com adições de borracha: uma alternativa ecologicamente viável**. 2010. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Maringá, 2010.

HELENE, Paulo R. L.; TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Pini/Senai, 1992, 313 p.

JOHN, Vanderley Moacyr. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. 113 f. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2000



## Evaluation of the mechanical resistance of pavers manufactured with waste tires in partial replacement of the small aggregate

Silvia Paula Sossai Altoé<sup>2</sup>

27 novembro 2017

**Abstract** – The use of industrial waste as raw material in the civil construction sector has been exhaustively discussed in the most diverse lines of research, since the sector has great potential to absorb the most different types of waste from the most varied production processes. Recycling is a proposal that can respond satisfactorily to two important environmental issues: proper disposal for industrial waste and reduction of the consumption of natural resources, since the Civil Construction industry is the one that consumes this type of resource annually. The aim of this research was to analyze the feasibility of using the unserviceable tire residue in the ground form in the construction of concrete blocks for paving, in partial replacement of the sand. With this, it is expected to contribute to decrease the simple disposal of these wastes in nature, as well as to seek economic and effective ways of recycling them. The work studied the mechanical strength and water absorption of concrete specimens made with and without residues, thus evaluating the feasibility of the use. Four substitution levels were used: 2%, 5%, 7% and 10%, in an attempt to define a behavior for the characteristics studied at the time of the proposed substitution.

**Keywords:** Unserviceable tire. Paver. Compressive strength. Recycling.

**Correspondência:**

Silvia Paula Sossai Altoé

Rua Tabaete, 57 apto 1001, CEP 87005-140 - Maringá, Paraná, Brasil.

Recebido: 11/09/2017

Aprovado: 27/11/2017

**Como citar:** ALTOE, Silvia Paula Sossai. Avaliação da resistência mecânica de pavers fabricados com resíduos de pneus em substituição parcial do agregado miúdo. *Syn. scy. UTFPR*, Pato Branco, v. 12, n. 1, p. 262–268. 2017. ISSN 2316-4689 (Eletrônico). Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/synscy>>. Acesso em: DD mmm. AAAA.

DOI: “registro apenas quando a revista for depositada no portal do PERI”



Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença **Creative Commons** Atribuição 4.0 Internacional.

<sup>2</sup> silviaaltoe@utfpr.edu.br, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Apucarana, Apucarana, Paraná, Brasil.