

**USO DE RESÍDUOS DE DEMOLIÇÃO COMO AGREGADO PARA PRODUÇÃO DE PAVERS**

**Verlânia Lopes Silva<sup>1</sup>**  
**Camilo Allyson Simões de Farias<sup>2</sup>**  
**Emanuel Tarcísio do Rêgo Farias<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Núcleo de Águas e Meio Ambiente - NAMA, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Pombal-PB, Brasil, verlanyavip@hotmail.com  
camilo@ccta.ufcg.edu.br; emanueltarcisio@hotmail.com

**Introdução**

Os problemas relacionados com a disposição inadequada de entulhos da construção civil têm despertado estudos sobre o aproveitamento destes resíduos. Outra forte razão está atrelada ao esgotamento das reservas de matérias-primas, que devido à exploração acelerada e inapropriada, exige dos governos e sociedade uma solução rápida e precisa (OLIVEIRA, 2004).

Conforme a Resolução CONAMA n. 307/2002, os resíduos da construção civil são gerados em demolições, edificações, reformas, reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura e terraplenagem. Para Ramos (2007), estes resíduos possuem heterogeneidade em sua composição devido à variabilidade dos processos construtivos e de demolições.

Segundo Zordan (2013), a forma mais simples de reciclagem dos resíduos de construção civil (RCC) é a sua utilização em pavimentação. Neste uso, podem-se empregar os mais diversos tipos de RCC, até mesmo com solo misturado. Os pavers são considerados uma alternativa moderna, racional e com eficácia técnica, econômica e ambiental, em que podem ser incorporados vários tipos de materiais (SILVA, 2013).

Neste contexto, objetiva-se verificar a possibilidade de uso de entulhos de uma obra de demolição para a fabricação de pavers, visando à minimização do desperdício do setor construtivo e a mitigação de problemas de caráter ambiental.

**Material e Métodos**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Resíduos Sólidos (LABRES) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Pombal-PB, no período de março a setembro de 2013. O fluxo metodológico com todas as etapas deste estudo está apresentado na Figura 1.

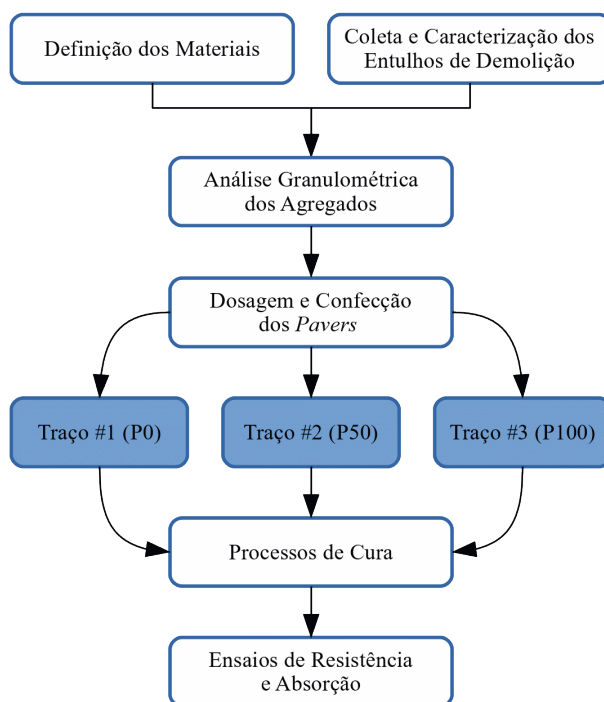


Figura 1. Fluxo metodológico.

### Definição dos Materiais

Os pavers foram confeccionados com cimento da marca MIZU CP II-Z-32 que, segundo a norma NBR n. 11.578/1991 da ABNT, apresenta teor de fíler de calcário (0-10%) e uma adição de material pozolânico (6-14%), permitindo assim uma menor permeabilidade. Como agregado miúdo, optou-se por areia proveniente do rio Piancó, Pombal-PB. O agregado graúdo escolhido foi a brita zero granítica, também conhecida comercialmente por pedrisco. Considerando a variabilidade do agregado de entulhos em função de sua origem, trabalhou-se apenas com resíduos de demolição.

### Coleta e Caracterização dos Entulhos de Demolição

O local escolhido para a coleta dos entulhos foi o prédio onde funcionava a indústria Brasil Oitica, localizada em Pombal-PB. Após a coleta, os resíduos foram caracterizados quanto a sua composição gravimétrica. Os entulhos foram triturados em britador de mandíbulas e posteriormente passaram por um processo de peneiramento para obtenção de um material alternativo com dimensão máxima equivalente à do agregado graúdo natural utilizado na pesquisa.

### Análise Granulométrica dos Agregados

Após a britagem, foram executados os ensaios de composição granulométrica dos entulhos triturados, assim como dos agregados miúdos e graúdos, todas conforme a NBR n. 7.211/2009 da ABNT.

### Dosagem e Confeção dos Pavers

A escolha do traço depende da resistência desejada, variando com o tipo de equipamento empregado na moldagem e, principalmente, com a granulometria dos agregados. Neste contexto, optou-se pela confecção de pavers, conforme os traços listados na Tabela 1.

Tabela 1. Identificação dos ensaios

|                     | Traço (em massa)              |      | c: a: b: r |
|---------------------|-------------------------------|------|------------|
|                     | Teor de resíduos nas misturas |      |            |
| <b>Convencional</b> | P0                            | 0%   | 1: 2: 2: 0 |
| <b>Alternativos</b> | P50                           | 50%  | 1: 1: 1: 2 |
|                     | P100                          | 100% | 1: 0: 0: 4 |

Trabalhou-se com os agregados secos, permitindo um melhor controle da relação água/cimento (a/c) nas misturas estudadas. Como não havia um teste de consistência ou trabalhabilidade específico para determinar a melhor relação água/cimento para cada composição, utilizou-se o método sugerido por Hood (2006) para definir a melhor proporção. Este método, conhecido como Método do Ponto de Pelota ou teste da mão, corresponde à máxima quantidade de água permitida na moldagem da pelota sem que a sua forma possa sofrer algum tipo de alteração, seja por excesso ou por falta de água.

Para todas as composições estudadas, foram adotados três e 28 dias de cura, com seis repetições para cada composição e período de cura. Como consequência, foram confeccionados 36 pavers. Utilizou-se uma fôrma manual de madeira para moldagem dos pavers, com dimensões de 6 cm × 10 cm × 20 cm para altura, largura e comprimento, respectivamente.

#### *Processos de Cura*

Depois de moldados, os pavers foram deixados dentro do LABRES com temperatura de  $23 \pm 0,5$  °C por um período de aproximadamente 12 horas. Durante estas 12 horas, os blocos foram umidificados três vezes por meio de borrifadores, de modo a minimizar a perda de umidade. Logo após as 12 horas, os blocos foram imersos em caixas de plástico com água, dando continuidade ao regime de cura até as respectivas idades de controle.

#### *Ensaio de Resistência e Absorção*

Antes de serem submetidos aos testes de resistência à compressão simples, os pavers foram capeados com uma pasta de cimento e água, de modo a garantir que as suas superfícies fossem as mais uniformes possíveis. Os ensaios de resistência à compressão simples foram realizados de acordo com a NBR n. 9.780/1987 da ABNT. O equipamento utilizado para a realização de tal ensaio foi a Máquina Universal de Ensaio – MEU da marca Marconi, com capacidade máxima de 100 toneladas.

O ensaio de absorção de água foi executado conforme preconizado na NBR n. 12.118/2010 da ABNT. Assim como no teste de resistência, foram utilizadas seis amostras para cada traço e idade de cura. Os resultados são as médias dos valores encontrados para as amostras retiradas dos pavers rompidos.

### **Resultados e Discussão**

A partir dos resultados de composição gravimétrica, mostrados na Figura 2, nota-se que mais de 80% dos resíduos estudados são compostos por materiais cerâmicos e argamassa.

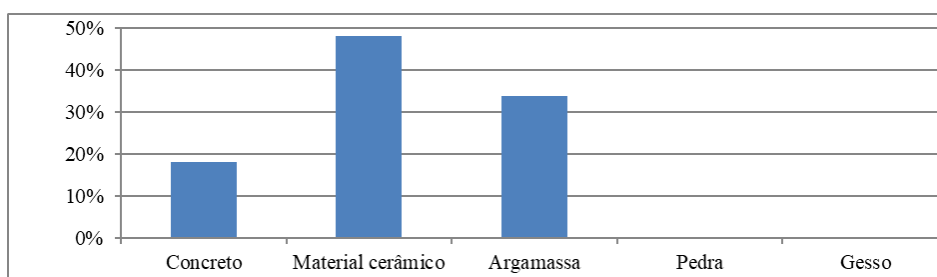


Figura 2. Composição gravimétrica dos entulhos.

Na Figura 3 mostra-se os resultados da análise granulométrica para os agregados utilizados na pesquisa. A areia usada apresentou diâmetro máximo ( $\Phi_{max}$ ) igual a 4,8 mm e módulo de finura (MF) igual a 3,43, estando dentro da zona utilizável para confecção de concreto. A composição granulométrica da brita apresentou  $\Phi_{max}$  e MF de 9,5mm e 6,83, respectivamente. Os resíduos triturados apresentaram características similares à brita, com  $\Phi_{max}$  e MF iguais a 9,5mm e 6,14, respectivamente.

Os valores encontrados para relação a/c, com base no teste da mão, foram 0,50; 0,63; e 0,92 para os traços P0, P50 e P100, respectivamente. Percebeu-se que quanto maior a quantidade de agregados reciclados no traço, maior era a necessidade de água, provavelmente em virtude da maior absorção do agregado reciclado em relação aos agregados naturais.

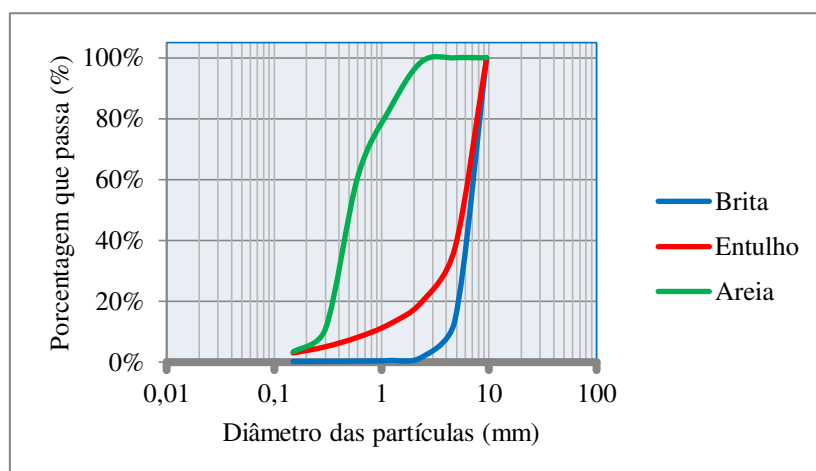


Figura 3. Curva granulométrica dos agregados.

Os resultados de resistência à compressão simples e de absorção estão ilustrados nas Figuras 4 e 5. Observando estas figuras, nota-se que todas as composições apresentaram aumento da resistência média e redução da absorção de água ao longo do tempo, o que ressalta a importância do processo de cura adotado. Este aumento em função do tempo de cura reflete o progresso da hidratação do cimento.

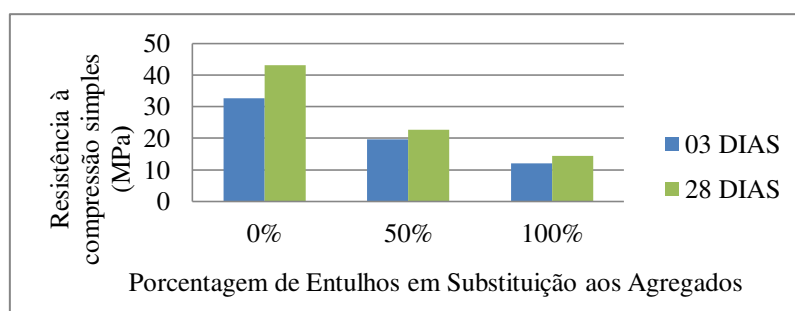


Figura 4. Resistência à compressão simples para os diferentes traços e períodos de cura.

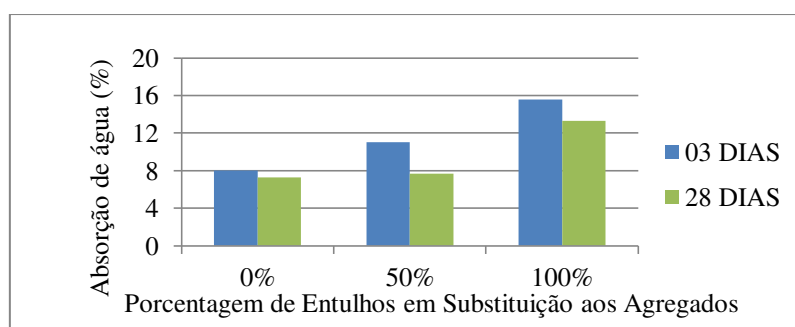


Figura 5. Absorção de água para os diferentes traços e períodos de cura.

No traço convencional P0, a resistência média ficou acima dos 35 MPa no 28º dia, sendo superior ao preconizado pela norma NBR n. 9.781/1987 para tráfego de veículos leves. Já os pavers confeccionados com os traços P50 e P100 apresentaram uma menor resistência em relação aos pavers convencionais. Apesar de não atenderem aos critérios para tráfego de veículos leves, os pavers alternativos do traço P50 apresentaram resistências médias superiores a 20 MPa aos 28 dias de cura, enquanto àqueles do P100 foram acima de 14 MPa.

Observou-se, também, que à medida que se aumenta o teor de entulhos, há uma redução na resistência dos pavers e um aumento nos valores de absorção. Esta situação pode estar ligada às características do agregado reciclado, que exige uma maior quantidade de água durante a moldagem para se alcançar a trabalhabilidade. Quanto mais água livre na massa, mais poros serão deixados nos

pavers após a sua evaporação e, conseqüentemente, menores resistências e maiores absorções são esperadas. Silva (2013) e Hood (2006) obtiveram resultados similares ao avaliar o desempenho de pavers alternativos fabricados com resíduos de caulim e de blocos de concreto para pavimentação, respectivamente.

Percebeu-se, ainda, que a moldagem manual usada neste estudo não contribuiu para o melhor adensamento das partículas, prejudicando o comportamento físico e mecânico dos pavers. Os resultados poderiam ser potencializados caso fosse possível dispor de um sistema de moldagem com os benefícios do adensamento e da prensagem.

Nos ensaios de absorção de água aos 28º dias, constatou-se que os pavers dos traços P0 e P50 atenderam às especificações da NBR n. 12.118/2010 da ABNT, em que se estabelece um limite máximo de absorção igual a 10%.

## Conclusão

A presença de maiores teores de entulhos nas composições implicou na necessidade de uma maior quantidade de água para dar trabalhabilidade às massas de concreto, causando impacto significativo nas características físicas e mecânicas dos pavers moldados.

Os pavers confeccionados com o traço convencional apresentaram resistência média superior a 35 MPa e absorção inferior a 10% para 28 dias de cura, estando de acordo com as normas técnicas para tráfego de veículos leves.

Os blocos alternativos do traço P50 apresentaram resistência média superior a 20 MPa e absorção de água inferior a 10% aos 28 dias de cura, podendo ser utilizados em serviços que exigem menores sobrecargas, como praças, calçadas e passarelas. Apesar de exibirem resistência média acima de 14 MPa, os pavers do traço P100 não atenderam aos critérios de absorção de água aos 28 dias de cura.

## Referências

- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.
- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 11578: Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991.
- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 9780: Peças de concreto para pavimentação. Determinação da Resistencia a compressão- métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 1987.
- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação. Especificação. Rio de Janeiro, 1987.
- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 7211: Agregado para Concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 307: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, 2002.
- HOOD, R. da S. S. Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- JUNIOR, G. T. A. P. Avaliação dos resíduos da construção civil (RCC) gerados no município de Santa Maria. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2007.
- OLIVEIRA, D. F. Contribuição ao estudo da durabilidade de blocos de concreto produzidos com a utilização de entulho da construção civil. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2004.
- RAMOS, B. de F. Indicadores de Qualidade dos Resíduos da Construção Civil do Município De Vitória-Es. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2007.
- SILVA, P. H. P. Avaliação do Desempenho de Pavers Fabricados Com Resíduo de Caulim. Trabalho de Conclusão de Curso. 2013. Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2013.
- ZORDAN, S. E. Entulho da indústria da construção civil. Fichas técnicas. 2013. São Paulo: PCC-EPUSP. Disponível em: <[http://www.reciclagem.pcc.usp.br/entulho\\_ind\\_ccivil.htm](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/entulho_ind_ccivil.htm)>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2013.