



### **III-131 - ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DOS AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) PARA USO EM PAVIMENTAÇÃO**

**Felipe Torres Tavares Cerveira Proença**  
**Rebecca Carla França da Silva**  
**Stela Fucale Sukar**  
**Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani**

#### **RESUMO**

O consumo descomedido de recursos naturais e a elevada geração de Resíduos da Construção Civil (RCC) causam diversos problemas, como, ambientais, econômicos e sociais. Portanto, torna-se necessário buscar alternativas técnicas, como soluções, para minimizar a geração ou reaproveitá-los para fazer sua melhor destinação. A solução deve ser além de tudo, viável. Um possível recurso é a reciclagem, para produzir agregados reciclados, aproveitando a crescente deste mercado. Uma eficiente aplicação é o uso em camadas de base, sub-base e reforço de subleito de pavimentos, utilizando bica corrida reciclada de RCC. O objetivo deste estudo é analisar em laboratório as características físicas e mecânicas de amostras de agregados reciclados de resíduos da construção civil da cidade da Região Metropolitana do Recife-PE, para uso como agregados de vias de baixo volume de tráfego. As duas amostras dos resíduos foram coletadas numa unidade de beneficiamento localizada em Camaragibe, Pernambuco, que iniciou sua operação em agosto 2010. A investigação laboratorial conteve ensaios de composição gravimétrica, análise granulométrica e forma dos grãos original e após a compactação intermediária e modificada, peso específico das partículas, compactação e Índice de Suporte Califórnia (ISC), sendo nestes dois últimos ensaios utilizando-se a energia intermediária e modificada, nas amostras de resíduos reciclados (bica corrida). Os resultados obtidos apresentaram um material com uma constituição gravimétrica de cerca de 97% de materiais que podem ser utilizados como agregados. A granulometria dos resíduos reciclados, após o processo de compactação, apresentou uma melhora nas características físicas do material, pois se tornou bem graduado. O valor do ISC foi acima de 60% e a expansão nula, com o uso da energia modificada. A conclusão obtida é que os resíduos investigados atendem à norma NBR 15115/2004, para agregados reciclados de RCC no uso de pavimentação, de maneira que seu uso em obras de pavimentação de baixo volume de tráfego é viável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduo da Construção Civil, Reaproveitamento, Pavimentação.

#### **ABSTRACT**

Immoderate consumption of natural resources and strong generation of construction waste (RCC) cause problems such as environmental, economic and social. Therefore, it becomes necessary to seek alternative techniques, such as solutions, to minimize the generation or reuse them to make your best destination. The solution should be above all, feasible. One possible use is to recycle, to produce recycled aggregates, taking advantage of this growing market. A useful application is the use of layered base, subbase and subgrade reinforcement of pavements using recycled race chute RCC. The objective of this study is to analyze the laboratory physical and mechanical characteristics of samples of waste recycled aggregates from construction of the city of the Metropolitan Region of Recife-PE, for use as aggregates of the process of low traffic volume. The two samples were collected in a waste processing unit located in Camaragibe, Pernambuco, which started operation in August 2010. Research laboratory tests contained gravimetric composition, particle size analysis and shape of the grains after the original and intermediate compaction and modified, specific weight of the particles, compaction and California Support Index (SSI), and these last two tests using the intermediate energy and modified in samples of waste recycled (tap running). The results showed a material with a gravimetric up about 97% of materials that can be used as aggregates. The particle size of waste recycled, after the compression process, showed an improvement in the physical characteristics of the material, it became well graded. The value of the ISC was above 60% and zero growth, using the modified energy. The conclusion drawn is that the waste meets the investigated NBR 15115/2004, recycled aggregates for use in RCC paving, so that their use in paving low-volume traffic is feasible.



**KEY-WORDS:** Construction waste, reusing materials, flooring.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é hoje uma das atividades de maior consumo de recursos naturais, correspondendo a um percentual de 15 a 50% (JOHN, 2000), sendo esses utilizados para execução de bens e serviços. Além disso, é o setor que gera a maior quantidade de resíduos, denominados Resíduos da Construção Civil.

No Brasil, a criação da resolução CONAMA nº307 (2002) veio estabelecer diretrizes, critérios e métodos de gestão do RCC, para minimizar os diversos impactos ambientais, econômicos e sociais. Tal resolução subdividiu o RCC em quatro classes: classe A (materiais que podem ser utilizados como agregados reciclados, tais como concreto, argamassa, tijolo, dentre outros), B (recicláveis em outras cadeias, como os plásticos, madeiras e metais, além de incluir o gesso), C (sem tecnologia de reciclagem economicamente viável) e D (resíduos perigosos). Esta subdivisão visa a facilitação da aplicação dos resíduos na engenharia, como agregados reciclados na substituição da matéria-prima natural (não-renovável), ANGULO *et al.*, 2003.

Uma das aplicações de RCC em obras de engenharia é na pavimentação, como agregado em camadas de reforço de subleito, sub-base e base (MOTTA, 2005; HOOD, 2006; SIQUEIRA *et al.* 2006; LEITE 2007; GRUBBA, 2009).

O objetivo deste artigo consiste em apresentar as análises das características físicas e mecânicas de agregados reciclados de RCC para uso em pavimentação, principalmente na aplicação em base e sub-base.

## 2. MÉTODO

### 2.1. Amostragem

Amostras representativas de agregados reciclados de RCC foram coletadas em uma usina de reciclagem de RCC situada no município de Camaragibe na Região Metropolitana do Recife, Pernambuco. Foram coletadas 02 (duas) amostras, 57,0kg cada, para realizar os ensaios laboratoriais.

### 2.2. Ensaios de Caracterização Física

#### 2.2.1. Composição Gravimétrica

Para a determinação de material que compõe os resíduos, pegou-se toda a amostra coletada, acondicionada em local apropriado e já homogeneizada. O material passante na peneira 4,8mm foi denominado de material miúdo, enquanto que o retido foi separado por análise visual e classificado por natureza: tijolo, argamassa, concreto, misto (tijolo+argamassa), e materiais indesejáveis.

#### 2.2.2. Granulometria

A análise granulométrica por peneiramento foi realizada no resíduo reciclado, de acordo com a NBR 7181 (ABNT, 19684), para ambas amostras investigadas. Também foi conduzido este ensaio considerando-se a condição após o processo de compactação. Assim, foi possível verificar a influência deste processo na granulometria do material, conforme ocorre na prática quando da execução das camadas de composição de um pavimento.

#### 2.2.3. Forma dos Grãos

Este ensaio foi realizado com base na norma NBR 6954 (ABNT, 1989), tanto para o resíduo com a granulometria original, quanto para o resíduo após o processo de compactação. O material selecionado foi passado nas peneiras 38, 25, 19, 9,5mm e cada fração retida foi separada por natureza. O processo de medição foi feito com paquímetro, tomando-se a medida da largura, altura e comprimento classificando assim o material com cúbica, alongada, lamelar, alongada-lamelar. Os resultados obtidos foram em percentuais para cada tipo de material separado por natureza.

#### 2.2.4. Ensaio de Compactação

Para os ensaios de Compactação utilizou-se a norma de solos – Solo - Ensaio de compactação – NBR 7182 (ABNT, 1984), pois não existe uma norma específica para RCC. Foram utilizados dois tipos de energia de compactação: intermediária e modificada, utilizando duas amostras de 6,0 kg para cada energia.

### 2.3. Ensaio mecânico

#### 2.3.1. Índice de Suporte Califórnia (ISC)

Para a verificação do ISC, utilizou-se a norma de solos – Solo – NBR 9895 (ABNT, 1987), pois não existe uma norma específica para RCC. Foram utilizados dois tipos de energia de compactação: intermediária e modificada, utilizando duas amostras de 6,0 kg para cada energia..

## 3. RESULTADOS PARCIAIS

Os resultados obtidos após a realização dos ensaios mostram a viabilidade no uso em pavimentação de baixo volume de tráfego, dos materiais encontrados nos resíduos da construção civil.

### 3.1. Composição gravimétrica

Verifica-se que a composição dos materiais constituintes do resíduo da construção civil analisado tem-se na amostra 1ª predominância de material miúdo e, na amostra 2, materiais como tijolo (19,3% e 34,2%) e argamassa (22,1% e 29,7%), além de possuir teor de material indesejável abaixo de 3%, limite estabelecido pela NBR 15115 (ABNT, 2004), conforme Figura 2. Assim sendo, esta constituição mostra a alta concentração de materiais que podem ser utilizadas em diversas situações, como agregado reciclado da construção civil.

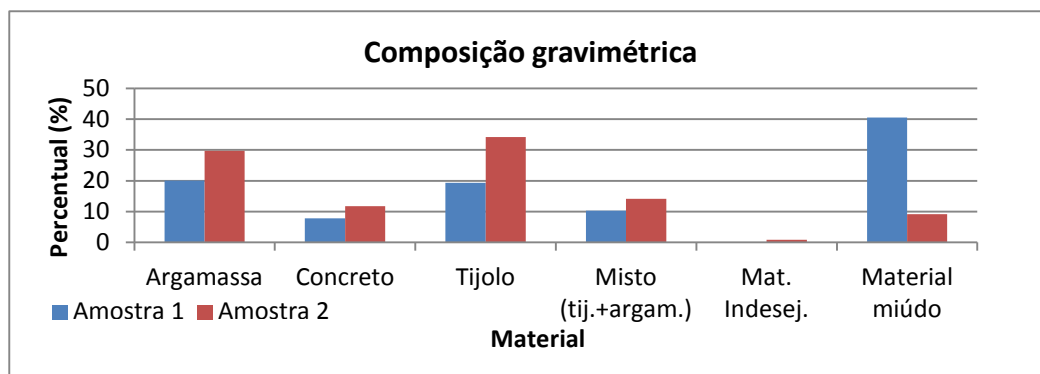


FIGURA 2 – Composição gravimétrica do RCC

### 3.2. Análise granulométrica original e após compactações

A granulometria dos materiais constituintes do RCC original e após o processo de compactação revela uma melhoria na graduação na amostra 01 e uma mal graduação para amostra 02, o que dificulta na acomodação dos grãos na situação de base de pavimentos. Entretanto, a situação melhora após o processo de compactação, pois torna a dimensão dos grãos mais heterogênea.

Observa-se, também, que após os ensaios de compactação intermediária e modificada, os valores obtidos na análise granulométrica são relativamente próximos, já que não houve quebra significativa dos grãos nas diferentes energias de compactação, conforme a Figura 3.

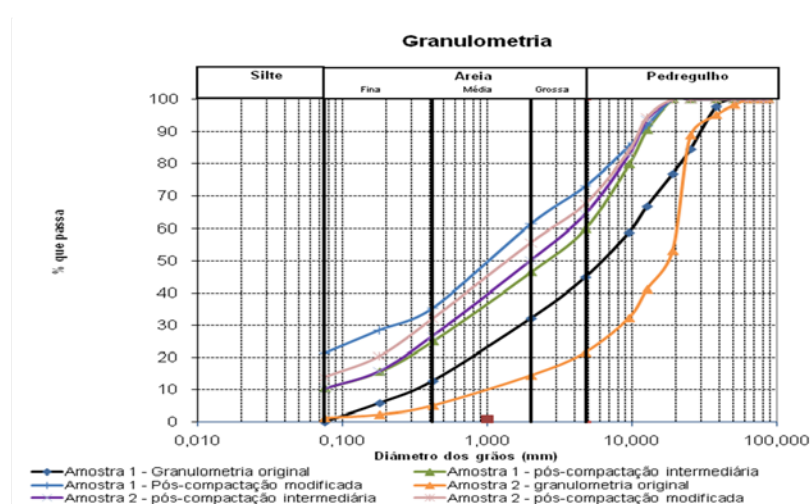


FIGURA 3 – Curvas granulométricas antes e pós-compactações intermediária e modificada

### 3.3. Forma dos grãos

O índice de forma original das amostras não era aceitável, sendo a amostra 1, após as compactações, ficou dentro do limite de 30%, estabelecido pela NBR 15115 (ABNT,2004), já a amostra 2 apenas após a compactação modificada o percentual de grãos lamelares ficou abaixo do limite (28,78%). Além disso, também é possível observar a pouca presença de partículas alongadas e a ausência de partículas alongada-lamelares.

### 3.4. Compactações

Nos ensaios de compactação, os resultados encontrados foram para as amostras 01 e 02, respectivamente, com energia intermediária, teor de umidade ótima (21,2 e 18,1%) e peso específico seco máximo (16,9 e 17,35 kN/m<sup>3</sup>), enquanto na energia modificada foram, respectivamente, 17,9 e 17,8%, para teor de umidade, e 18,04 e 17,88 kN/m<sup>3</sup>, para peso específico seco máximo. Verificou-se que quanto maior a energia de compactação, menor a umidade ótima e maior o peso específico seco máximo.

### 3.5. Índice de Suporte Califórnia

O valor de ISC para as energias intermediária e modificada, respectivamente, foi 88,7 e 127,0% (amostra 01) e 251,01 e 115,39% (amostra 02), além de obterem uma expansibilidade nula, atendendo a NBR 15115 (ABNT, 2004).

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A composição gravimétrica dos grãos das amostras utilizada apresentam uma com predominância de material miúdo e outra com, tijolo, argamassa, concreto e alvenaria, em sua maioria.

O processo de compactação, em ambas energias intermediária e modificada, provocou uma variação de cerca de 10% e 15% na curva granulométrica dos resíduos quando comparado à sua original original, ou seja, é apenas apresentou uma quebra dos grãos de baixa intensidade.

Também é verificado que grãos de maiores dimensões tiveram elevada variação granulométrica, devido à baixa resistência mostrada nos ensaios de compactação, verificada na amostra 2. Outro fator verificado é que o valor do ISC atende a especificação de uso como base e sub-base de pavimentação, em vias de baixo volume de tráfego.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANGULO, S. C.; KAHN, H.; JOHN, V. M.; ULSEN, C. Metodologia de caracterização de resíduos de construção e demolição. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 6., São Paulo, 2003. Anais. São Paulo: IBRACON, 2003.
2. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Brasília. 2002. Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>>. Acesso em: 14 abr. 2010.
3. DE SIQUEIRA, M. S.; GUSMÃO, A. D.; SOUZA, P. C. M. Estudo Geotécnico sobre a Utilização de Resíduos de Construção e Demolição como Agregado Reciclado em Pavimentação. In: II Geojovem e a Mesa Redonda: Estabilização de Encostas na Região Serrana do Rio de Janeiro, 2006, Nova Friburgo. Estabilização de Encostas na Região Serrana do Rio de Janeiro, 2006.
4. JOHN, V.M. Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000. 102 f. Tese (Livre-Docência em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
5. MOTTA, R. dos S. Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduos sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 160 p, 2005.