

ANÁLISE DA CAPACIDADE DE SUPORTE EM CAMADAS GRANULARES DE PAVIMENTOS COM ADIÇÃO DE RCD

Rita Flávia Régis Queiroz ¹
Érika Vitória de Negreiros Duarte ²
Cristiany Cavalcante Palhano Freire ³
Daniel Pereira Gomes ⁴

RESUMO

A construção civil é um dos setores que mais causam impactos ao meio ambiente. O volume de resíduos da construção e demolição (RCD) gerados nas cidades e a sua disposição de forma inadequada são elementos potencializadores da degradação ambiental, somado a isso, o setor da construção civil é responsável pelo consumo de grandes quantidades dos finitos recursos naturais. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a viabilidade do uso do RCD nas camadas granulares de base e sub-base dos pavimentos. Para realizar esse estudo foram elaboradas três amostras: A (100% de pó de brita), B (20% de RCD + 80% de pó de brita) e C (30% de RCD + 70% de pó de brita). O programa experimental consistiu na caracterização do material através dos ensaios de análise granulométrica, compactação e Limites de Atterberg, posteriormente a viabilidade de utilização do material na pavimentação foi avaliada através do ensaio de Índice de Suporte Califórnia, do inglês California Bearing Ratio (CBR) e Expansão. Os resultados mostraram que as porcentagens estudadas (20 e 30% de RCD acrescentadas ao pó de brita) preencheram satisfatoriamente os requisitos estabelecidos pelo DNIT para pavimentos em projetos de tráfego com $N \leq 106$ repetições do eixo padrão de 80 kN no período de projeto. Portanto, a utilização de RCD constitui uma excelente alternativa ao emprego somente de materiais naturais nas camadas granulares de pavimentos, dando uma destinação adequada aos resíduos da construção e demolição e reduzindo o consumo dos recursos naturais.

Palavras-chave: Construção civil, RCD, Pavimentação, Impacto ambiental.

¹ Mestranda do Curso de **Engenharia Civil e Ambiental** da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, flaviarq18@gmail.com;

² Mestre pelo curso de **Engenharia Civil e Ambiental** da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, erika_vitoria@hotmail.com;

³ Graduada do Curso de **Engenharia Civil** da Faculdade Maurício de Nassau de Campina Grande, cristiany.cavalcante3@hotmail.com;

⁴ Graduado do Curso de **Engenharia Civil** da Faculdade Maurício de Nassau de Campina Grande, danielgomeseng@gmail.com.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é uma das mais importantes do Brasil, sendo responsável pelo desenvolvimento econômico e social no país. Contudo, é um setor que gera grandes quantidades de resíduos causando impactos ao meio ambiente. Os resíduos da construção e demolição (RCD) são oriundos de obras como reformas, novas construções, demolições, restaurações, reparos e obras de infraestrutura em geral. Gerenciar esses resíduos é um obstáculo para a sociedade, pois são produzidas elevadas quantidades continuamente e possuem composição heterogênea (BUTERA et al., 2015).

Estima-se que os RCD representam em torno de 50% dos resíduos sólidos gerados no Brasil (ANGULO, 2005). Os materiais descartados pelas obras de construção civil se constituem em verdadeiras jazidas de matérias-primas que não são aproveitadas e causam grandes prejuízos à qualidade de vida da população local, além de criar uma imagem negativa para as administrações públicas. Grande parte dos materiais descartados pelas obras é abandonado em locais inadequados, quase sempre clandestinos (NETO, 2007).

Os municípios do Brasil coletaram no ano de 2016 em torno de 45 milhões de toneladas de RCD, contudo esse valor corresponde apenas à fração em que a responsabilidade de coleta e destinação final é das prefeituras. Não há dados das quantidades geradas pelos grandes produtores, portanto o número é ainda muito maior (ABRELPE, 2016).

De acordo com Ortiz et al.(2010) os RCD apresentam grande potencial para recuperação, pois em torno de 80% do montante de resíduos gerado em um canteiro de obras pode ser reciclado. Uma grande vantagem da reciclagem desses resíduos é evitar sua disposição final nos aterros que possui elevado custo, tanto em função da localização quanto da distância em relação aos grandes centros. Além disso, não enviar esses resíduos ao aterro é importante em cidades mais populosas, em que áreas para implantação de um aterro são mais escassas. A Resolução CONAMA n° 307/2002 enfatiza que os geradores devem ter como objetivo prioritário a não geração dos resíduos e, secundariamente, a redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Nos pavimentos rodoviários e urbanos o uso de agregados reciclados empreende menor investimento, promovendo seu emprego (REZENDE et al., 2016). Portanto utilizar RCD na base e sub-base é um método eficiente para reduzir seus efeitos sobre o meio ambiente, e assim evitar a disposição final dos resíduos da construção em aterros. Deve-se atentar que as propriedades mecânicas do agregado reciclado irão variar de acordo com a localização, conforme variam os RCD.

A utilização dos RCD em pavimentos vem sendo estudada há cerca de 20 anos em todo o mundo, incluindo o Brasil. Esses materiais podem ser utilizados na sub-base e base país (DNPM, 2009). Dessa forma, o presente trabalho apresenta a proposta de utilização dos resíduos da construção e demolição no revestimento asfáltico, responsável por 18,37% do consumo de rocha britada no país.

REFERENCIAL TEÓRICO

Os resíduos das construções e demolições estão entre 40 e 70% de todos os resíduos sólidos gerados nas cidades brasileiras de médio e grande porte. São produzidos em torno de 84 milhões de m³ ao ano, e apenas 46% desse montante é reciclado (NIERO, 2016). O Resíduo da Construção e Demolição (RCD) é o resíduo gerado em construções, reformas, escavações ou demolições, constituído de restos de tijolos, concreto, aço, argamassa, madeira e outros (ABRECON, 2018).

De acordo com Córdoba (2010) toneladas de entulho são descartas em locais impróprios, como córregos, terrenos baldios e vias públicas, originando diversos problemas ambientais nos municípios. Nas cidades brasileiras com processo mais acelerado de urbanização, os impactos causados pela deposição irregular de RCC são mais graves, levando à sobrecarga dos serviços do município com elevados gastos para coleta, transporte e disposição final adequada, contudo os gastos para gerir de forma correta são responsabilidade dos geradores (IPEA, 2012).

A ABNT 15116 (2004) divide os resíduos em Classes A, B, C e D, conforme a resolução CONAMA 307/2002. Os resíduos que podem ser reciclados ou reutilizados como agregados são enquadrados na Classe A. Dividir esses materiais em diferentes classes é essencial para estudos que viabilizem sua utilização em outros materiais. A reciclagem Resíduos da Construção e Demolição no Brasil, em torno de 21% está muito abaixo do esperado, a Holanda recicla 90% dos resíduos da construção. No Brasil operam 310 usinas de reciclagem, dentre elas 74% operam de forma plena, assim existe aptidão para que a reciclagem do RCD aumente, mas faltam incentivos dos governantes, maior conhecimento do mercado e qualidade desses resíduos (ZORZETO, 2017).

De acordo com Gomez-Meijide et al. (2016) o uso do RCD nas camadas de base, sub-base e revestimento dos pavimentos rodoviários se mostra uma excelente aplicação, dando uma destinação final a esses resíduos que deixam de ser depositados nos aterros sanitários. O uso do RCD pode ser realizado em substituição de 100% do agregado ou conforme Ossa et al. (2016)

em substituição parcial do agregado natural. Os resultados mostraram que os concretos asfálticos compostos por 10% a 20% de agregado reciclado podem ser aplicados em vias urbanas (que apresentam maior tráfego, e devem ter elevada capacidade de suporte). Portanto, a inserção de agregados reciclados nos pavimentos urbanos, é uma excelente alternativa e incentiva o desenvolvimento sustentável.

METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos utilizados na realização da pesquisa experimental consistem em três etapas. A primeira consiste na seleção e preparação dos materiais utilizados na pesquisa. A segunda é caracterização desses materiais. Na terceira etapa foram avaliados a capacidade de suporte e expansão.

Seleção e preparação dos materiais

Para aplicação na pavimentação, os agregados utilizados foram os Resíduos da Construção e Demolição (RCD) obtidos na cidade de Campina Grande-PB provenientes de uma reforma realizada em um edifício unifamiliar no bairro do Alto Branco (Figura 1- a, b) e o pó de brita, que foi fornecido pela Usina Rocha também de Campina Grande- PB, conforme a Figura 1-c. Verificou-se que a composição do RCD era principalmente de material cimentício..

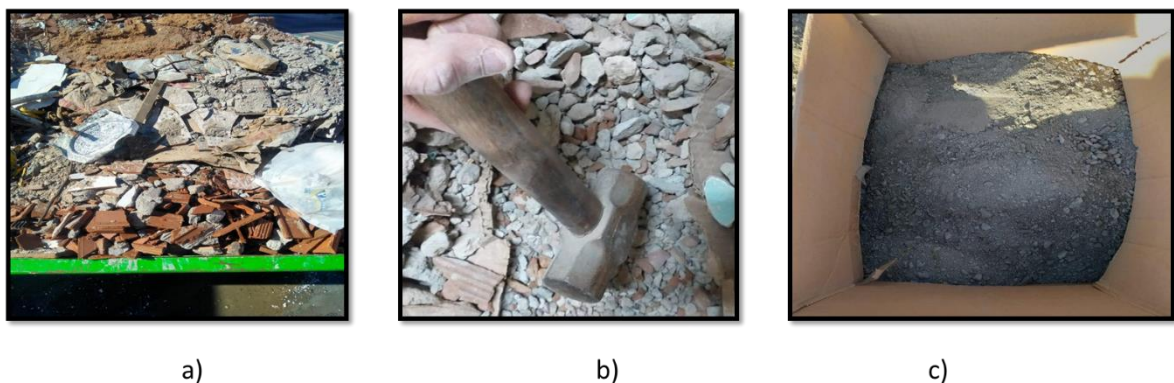


Figura 1: Coleta e preparação das amostras, em a) tem-se a coleta do RCD, em b) a trituração do RCD sendo realizada de forma manual e c) o pó de pedra fornecido pela usina Rocha.

Para a realização dos ensaios laboratoriais as amostras dos materiais foram inicialmente preparadas. O Pó de Brita foi exposto ao ar livre, e posteriormente foi colocado em estufa durante 4 horas, na temperatura de 110°C para retirar a umidade. Após a coleta o RCD foi triturado manualmente com uma marreta, conforme ilustrado na Figura 1 - b. Para

realização dessa pesquisa foram preparadas amostras com diferentes porcentagens de RCD adicionadas ao pó de brita, e para efeito de comparação uma das amostras foi composta apenas pelo pó de brita. As porcentagens das amostras são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Porcentagens de materiais em cada amostra.

| AMOSTRA | PÓ DE BRITA | RCD |
|---------|-------------|-----|
| A | 100% | 0% |
| B | 80% | 20% |
| C | 70% | 30% |

Caracterização dos materiais

A caracterização física dos RCDs foi realizada de acordo com as referências normativas apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Ensaios de caracterização dos materiais

| ENSAIO | NORMA |
|------------------------|--------------------|
| Análise granulométrica | ABNT NBR 7181/2016 |
| Compactação | ABNT NBR 7182/2016 |
| Limite de Liquidez | ABNT NBR 6459/2016 |
| Limite de plasticidade | ABNT NBR 7180/2016 |

- **Análise Granulométrica**

A distribuição granulométrica foi realizada por peneiramento manual, obtendo as porcentagens das diferentes faixas de tamanho dos grãos em relação à massa total para o pó de brita e RCD. A Tabela 3 mostra a distribuição granulométrica do pó de brita, e a Tabela 4 a distribuição granulométrica do RCD.

Tabela 3: Distribuição granulométrica do pó de brita.

| PENEIRAS | ABERTURA (mm) | MASSA RETIDA (g) | % RETIDA SIMPLES | % RETIDA ACUMULADA | % PASSANTE |
|----------|---------------|------------------|------------------|--------------------|------------|
| 4 | 4,750 | 439,1 | 25,24 | 25,24 | 74,76 |
| 10 | 2,000 | 431,4 | 24,80 | 50,03 | 49,97 |
| 16 | 1,180 | 220,6 | 12,68 | 62,71 | 37,29 |
| 30 | 0,600 | 209,6 | 12,02 | 74,74 | 25,26 |
| 40 | 0,450 | 81,3 | 4,67 | 79,41 | 20,59 |
| 50 | 0,300 | 83,3 | 4,79 | 84,20 | 15,80 |
| 100 | 0,150 | 147,2 | 8,46 | 92,66 | 7,34 |
| 200 | 0,075 | 109,9 | 6,32 | 98,98 | 1,02 |
| Fundo | | 17,8 | 1,02 | 100,00 | 0,00 |
| Total | | 1739,8 | 100,00 | -- | -- |

Tabela 4: Distribuição granulométrica do RCD

| PENEIRAS | ABERTURA (mm) | MASSA RETIDA (g) | % RETIDA SIMPLES | % RETIDA ACUMULADA | % PASSANTE |
|----------|---------------|------------------|------------------|--------------------|------------|
| 4 | 4,750 | 62,2 | 3,44 | 3,44 | 96,56 |
| 10 | 2,000 | 513,0 | 28,36 | 31,80 | 68,20 |
| 16 | 1,180 | 212,1 | 11,73 | 43,52 | 56,48 |
| 30 | 0,600 | 305,2 | 16,87 | 60,40 | 39,60 |
| 40 | 0,450 | 141,5 | 7,82 | 68,22 | 31,78 |
| 50 | 0,300 | 169,5 | 9,37 | 77,59 | 22,41 |
| 100 | 0,150 | 257,3 | 14,22 | 91,81 | 8,19 |
| 200 | 0,075 | 129,3 | 7,15 | 98,96 | 1,04 |
| Fundo | | 18,8 | 1,04 | 100,00 | 0,00 |
| Total | | 1808,9 | 100,00 | -- | -- |

• Compactação

O ensaio de compactação foi realizado para obter os valores de umidade ótima e massa específica seca, posteriormente utilizados para moldar os corpos de prova no ensaio de Índice de Suporte Califórnia. O ensaio foi conduzido com a energia de compactação modificada, com base nas pesquisas internacionais, aplicando 55 golpes em cada camada para as amostras A, B e C. Os valores de umidade ótima e massa específica aparente seca obtidos para as três amostras estão ilustrados na Tabela 5 e as curvas de compactação nas Figura 2,3 e 4.

Tabela 5: Valores de umidade e massa específica aparente seca das amostras

| AMOSTRA | UMIDADE ÓTIMA (L) | MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA (g/m ³) |
|---------|-------------------|--|
| A | 0,4564 | 2,096 |
| B | 0,5621 | 2,072 |
| C | 0,5887 | 2,041 |

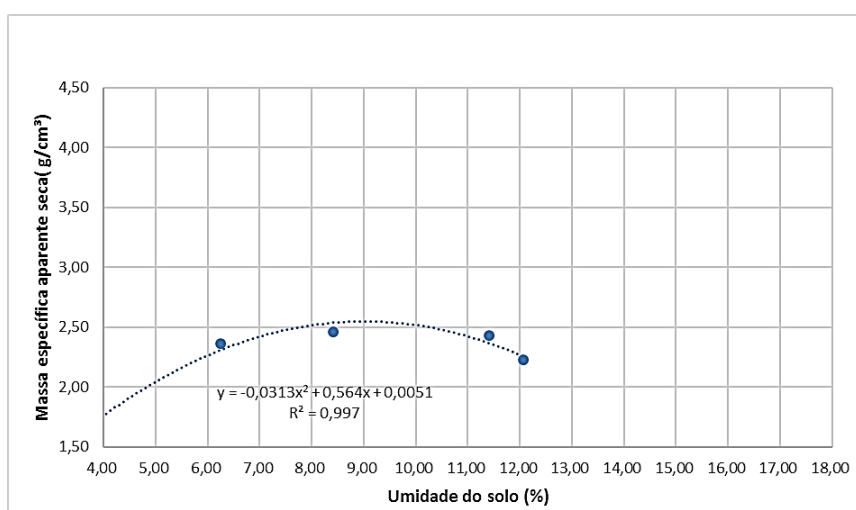


Figura 2: Massa específica aparente seca da amostra

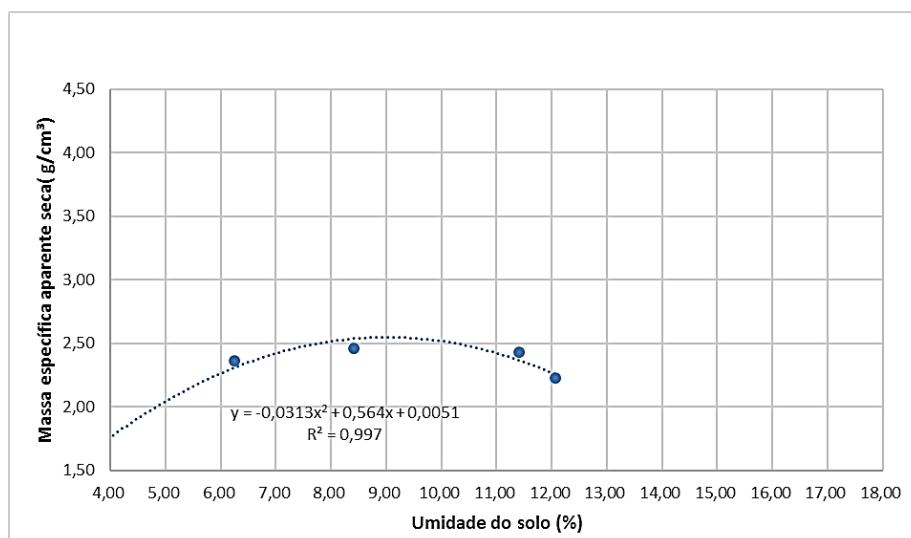


Figura 3: Massa específica aparente seca da Amostra B

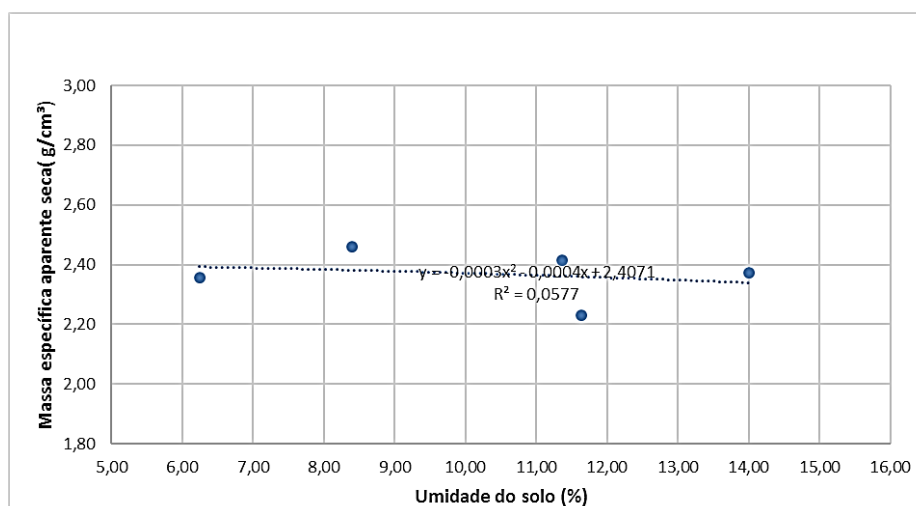


Figura 4: Massa específica aparente seca da Amostra C

- **Limites de Atterberg**

O índice de plasticidade foi medido para as três amostras (A, B e C). No ensaio foram peneirados manualmente 200g de cada amostra na peneira nº40, e, posteriormente, adicionado água gradualmente. Após esse processo, foi realizado o ensaio para a verificação do limite de plasticidade. Com os dados do ensaio foi possível obter o índice de plasticidade para cada amostra, disponíveis na tabela 6. O resultado corrobora com a constatação inicialmente feita, os RCD são predominantemente materiais cimentícios.

Tabela 6: Índice de Plasticidade (IP) para as amostras A, B e C

| AMOSTRA | ÍNDICE DE PLASTICIDADE (IP) |
|---------|-----------------------------|
| A | N.P. |
| B | N.P. |
| C | N.P. |

O Limite de Liquidez (LL) foi verificado para as três amostras. Inicialmente o material foi peneirado manualmente na peneira nº40 com 50g cada amostra. Os valores de LL para as três amostras podem ser verificados na tabela 7.

| AMOSTRA | LÍMITE DE LIQUIDEZ (LL) |
|---------|-------------------------|
| A | 17,705 |
| B | 31,352 |
| C | 21,020 |

Verificação da capacidade de suporte e expansão

O ensaio Índice Suporte Califórnia, ou California Bearing Ratio (CBR), busca simular no laboratório as condições de umidade, massa específica após a compactação e carregamento que acontecem em campo (BALBO, 2007). É amplamente realizado para avaliar o comportamento de solos e agregados, muito utilizado na análise de resistência de materiais granulares para pavimentos (MOTTA, 2005). A capacidade de suporte e expansão das três amostras (A, B e C) foram estudadas mediante resultados fornecidos por meio do CBR normatizado pelo DNER- ME PRO 049/94.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Índice de Suporte Califórnia (CBR)

O objetivo da pesquisa foi estabelecer através do ensaio de compactação a umidade ótima e massa específica seca aparente máxima para que no CBR os agregados reciclados fossem capazes de satisfazer os requisitos estipulados no Manual de Pavimentação DNIT (2006). O DNIT permite, para projetos com repetições de eixo padrão de 82 kN para o período de projeto até $N \leq 5 \times 10^6$, que o valor do CBR de materiais para emprego na base de pavimentos seja maior ou igual a 60%, e para tráfegos mais pesados à partir de 80%, além disso devem apresentar Limite de Liquidez $\leq 25\%$ e Índice de Plasticidade $\leq 6\%$. Em sub-bases o CBR deve ser maior que 20%, independente do tráfego. Para bases a expansão deve ser no máximo 0,5% e para sub-bases até 1,0%. A Tabela 7 apresenta os valores explicitados (DNIT, 2006).

Tabela 7: Limites de CBR e expansão (DNIT, 2006)

| CAMADA | ENERGIA | CBR (%) | EXPANSÃO |
|---------------------|-----------------------------|-----------|------------|
| Reforço de subleito | Normal | ≥ 12 | $\leq 1,0$ |
| Sub-base | Intermediária | ≥ 20 | $\leq 1,0$ |
| Base | Intermediária ou modificada | ≥ 60 | $\leq 0,5$ |

Os corpos de prova foram moldados no ponto de umidade ótima e densidade seca máxima indicada no ensaio de compactação. Os valores de CBR para as amostras A, B e C são apresentados na Figura 7, e os valores de expansão e umidade ótima são apresentados na Tabela 8.

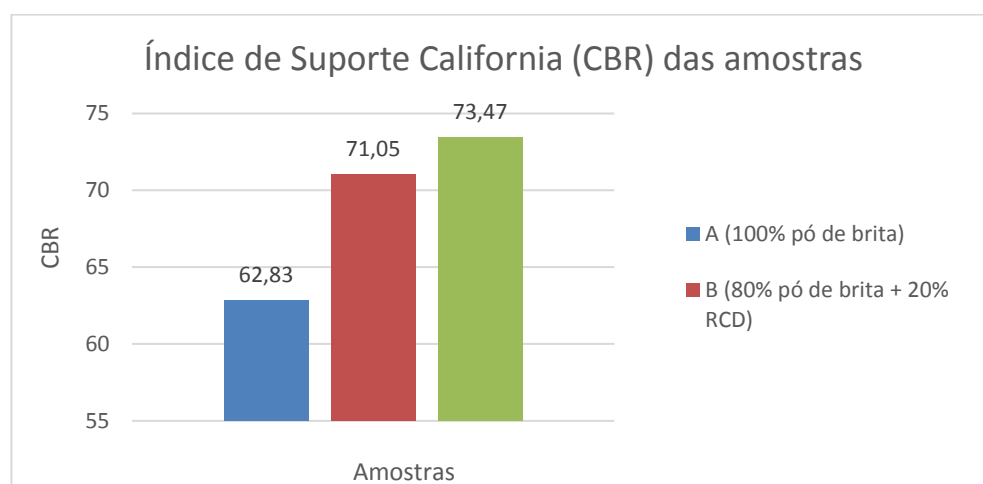


Figura 2: Resultados do Índice de Suporte Califórnia (CBR)

Tabela 8: Valores de expansão das amostras

| AMOSTRA | EXPANSÃO | UMIDADE ÓTIMA (%) |
|---------|----------|-------------------|
| A | 2,0% | 46% |
| B | 0,0% | 56% |
| C | 0,0% | 59% |

Através dos resultados apresentados é possível perceber que, para a amostra B (80% de pó de brita + 20% de RCD) o valor de CBR foi de 71,05% e expansão foi 0%, portanto pode ser empregada como camadas granular na base e sub-base do pavimento em projetos de tráfego com $N \leq 106$ repetições do eixo padrão de 80 kN no período de projeto. A amostra C (70% de pó de brita + 30% de RCD) apresentou valor de CBR 73,47% e expansão de 0%, portanto também pode ser empregada nas mesmas condições de projeto como camada granular de base e sub-base.

Araújo et al. (2017) encontrou um valor de CBR de 72% para RCD na umidade ótima, Grubba (2009) encontraram um CBR de 125% para o RCD, dessa forma os resultados variam muito em cada pesquisa evidenciando a heterogeneidade dos agregados reciclados, cuja composição varia de acordo com o tipo de construção e a região. Grubba (2009) encontrou valores de expansão nulos, Lucca (2017) encontrou valores muito baixos (o maior foi de 0,18%), a expansão é uma característica dos solos, portanto a provável causa da amostra A (100% de pó de brita) ter apresentado expansão é a presença de solo.

Comparando os resultados das amostras B e C (em que foram adicionados o RCD) com os resultados da amostra A (apenas o pó de brita), observa-se que o valor do CBR aumentou à medida que se incrementou porcentagens maiores do RCD, e a expansão passou de 1% a 0%, portanto o RCD se mostrou benéfico às propriedades do material. Dessa forma as duas porcentagens propostas de RCD acrescentado ao pó de brita (amostras B e C) cumprem as exigências da finalidade dessa pesquisa: aplicar em camadas granulares de bases e sub-bases de pavimentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dessa pesquisa buscou-se avaliar a utilização de porcentagens de Resíduos da Construção e Demolição (RCD) acrescentadas ao pó de brita, para utilização como camadas granulares na composição da base e sub-base de pavimentos. Os teores avaliados (20 e 30% de RCD acrescentadas ao pó de brita) preencheram satisfatoriamente os requisitos estabelecidos pelo Manual de Pavimentação DNIT (2006) para pavimentos em projetos de tráfego com $N \leq 106$ repetições do eixo padrão de 80 kN no período de projeto.

As amostras com o agregado reciclado apresentaram CBR de 71,05% e 73,47%, a especificação do Manual de Pavimentação DNIT (2006) exige que os valores para aplicação de outros materiais de base e sub-base sejam de no mínimo 20% e 60%, respectivamente, assim o RCD atendeu satisfatoriamente os valores estipulados. Em relação à expansão as amostras em que o RCD foi acrescentado apresentaram expansão nula, enquanto na amostra constituída somente pelo pó de brita apresentou expansão de 2,0%, tornando-se imprópria para emprego em pavimentação.

A energia de compactação modificada empregada no estudo se mostrou satisfatória, pois apresentou um bom valor de suporte e praticamente nenhuma expansão. As amostras compostas

pela combinação entre agregado reciclado e pó de brita em comparação com a amostra somente de pó de brita apresentaram maior capacidade de suporte e nenhuma expansão.

Os resultados dessa pesquisa indicam que a utilização de resíduos da construção em conjunto com o pó de brita constituem uma excelente alternativa ao emprego somente de materiais naturais nas camadas de base e sub-base dos pavimentos. Por fim, a utilização de agregados reciclados estende a vida útil dos aterros, reduzindo os impactos ambientais e promovendo o desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

ABRECON. O que é entulho. 2018. Disponível em: <<http://abrecon.org.br/entulho/oque-e-entulho/>>. Acesso em: 16 de junho de 2020.

ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2016.

ARAUJO C. B.; NOGUEIRA, T. P.; GONÇALVES, A. C.; GURJÃO T. H.; CAVALCANTE, L. P.; JUNIOR, K. P.; GOMES M. C. Análise da Utilização de Resíduos de Construção e Demolição em Sub-Bases de Pavimentos em Vias Urbanas de Fortaleza/CE – Estudo de Caso. Trabalho apresentado na 20ª Reunião De Pavimentação Urbana, Florianópolis, 2017.

ÂNGULO, S. C. Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e influência de suas características no comportamento mecânico de concretos. 2005. 167 p. Tese (Doutorado)- Universidade de São Paulo, São Paulo.

BALBO, J. T. Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BEGUM, R. A., SIWAR, C., PEREIRA, J. J., JAAFAR, A. H. A benefit–cost analysis on the economic feasibility of construction waste minimisation: The case of Malaysia. Institute for Environment and Development (LESTARI), Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi 43600, Selangor D.E., Malaysia, 2006.

Butera, S., Hyks, J., Christensen, T. H., Astrup, T. F. (2015). Construction and demolition waste: Comparison of standard up-flow column and down-flow lysimeter leaching tests. Waste management, 43, 386-397.

CÓRDOBA, R. E. Estudo do sistema de gerenciamento integrado de resíduos da construção e demolição do município de São Carlos – SP. Dissertação (Mestrado em Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Universidade de São Paulo – USP. São Carlos, 2010.

CORRÊA, M. R. S., BUTTLER, A. M., RAMALHO, M. A. Reciclagem de materiais de construção. Artigo. PINI, TÉCNICA. 2009. Disponível em: <<http://techn17.pini.com.br/engenharia-civil/152/artigo286651-1.aspx>>.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. DNER – ME 049/94. Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. DNER-ME 120/97: Coletas de amostras de agregados. Rio de Janeiro, 1997. 05 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Manual de Pavimentação. 3 ed. Rio de Janeiro, 2006.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. (2009). Economia mineral no Brasil. Coordenação. Antônio Fernando da Silva Rodrigues – Brasília – DF, 764 p.

Gomez-Meijide, B.; Pérez, I.; Pasadín, A. R. (2016) Recycled construction and demolition waste in cold asphalt mixtures: evolutionary properties. *Journal of cleaner production*, vol 112, p. 588 – 598.

GRUBBA, D. C. R. P. Estudo do Comportamento de um Agregado Reciclado de Concreto para Utilização na Construção Rodoviária. 163 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Departamento de Engenharia de Transportes e Área de Concentração em Infraestrutura de Transportes, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

IPEA. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República: Brasília, DF, 2012.

LUCCA, P. V. Avaliação do resíduo de construção e demolição produzido e tratado no município de Curitiba-pr e de seu uso como base de pavimentos urbanos. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002 - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, DF, 2002.

Morafa, S. H.; Saesaei A. H.; Gohari, O. M.; Afshar, M. J. H. (2017) An experimental investigation on applying the recycled aggregates obtained from oil contaminated concrete exposed to seawater as road unbound pavement materials. *Construction and building materials*, vol 157, p. 292 – 299.

MOTTA, R. S., Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

NIERO, J. Reciclagem de resíduos da construção civil economiza recursos naturais e reduz custos. *Fecomercio*, SP. 2016. Disponível em: <<https://www.fecomercio.com.br/noticia/reciclagem-de-residuos-da-construcao-civil-economiza-recursos-naturais-e-reduz-custos>>.

NETO, C.G.A, Construção civil sustentável: Avaliação de aplicação do modelo de resíduos da construção civil SINDUSCON-MG em um canteiro de obra- um estudo de caso, Belo Horizonte, Escola de Engenharia da UFMG, 2007.

ORTIZ, O.; et. al. Environmental performance of construction waste: Comparing three scenarios from a case study in Catalonia, Spain. *Waste management*, v. 30, n. 4, 2010, p. 646-54.

Ossa, O.; García J. L.; Botero, E. (2016). Use of recycled construction and demolition waste (CDW) aggregates: A sustainable alternative for the pavement construction industry. *Journal of cleaner production*, Vol 135, p. 379 – 386.

Rezende, L. R.; Marques, M. O.; Oliveira, J. C.; Carvalho, J. C.; Guimarães, R. C.; Resplandes, H. M. S.; Costa, L. C. S. (2016) Field Investigation of Mechanic Properties of Recycled CDW for Asphalt Pavement Layers. *J. Mater. Civ. Eng.*

ZORZETO, G. Resíduos de Construção e Demolição - Problemas e Soluções. *Concreta Consultoria*. 2017. Disponível em: < <https://www.concretaconsultoria.com.br/single-post/2017/10/16/Res%C3%ADduos-de-Constru%C3%A7%C3%A3o-e-Demoli%C3%A7%C3%A3o---Problemas-e-Solu%C3%A7%C3%B5es>>.