



SEFIC2018
UNILASALLE

CIÊNCIA E TECNOLOGIA PARA A
REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES

22 A 27
DE OUTUBRO

VIABILIDADE PARA O USO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM BASES E SUB-BASES DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

Cecilia Vione Lunardi

Prof. Dr. Rodrigo Malysz; Prof. Dr. Sydney Sabedot

Universidade La Salle

RESUMO

Diante da grande geração de Resíduos de Construção Civil (RCC) em todo o mundo, e da necessidade de dar um destino apropriado para o mesmo, buscam-se alternativas para a reutilização deste material. Este projeto busca analisar a viabilidade da utilização do RCC como Bases e Subbases de pavimentos rodoviários. Para a análise serão realizados ensaios laboratoriais de caracterização física do agregado de RCC e, também, ensaios de caracterização mecânica do resíduo.

Palavras-chave: *Resíduo, Construção, Pavimento*

Área Temática: Engenharias e Computação

1 INTRODUÇÃO - PROPÓSITO CENTRAL DO TRABALHO

Ao longo dos anos, conforme o desenvolvimento do país e os investimentos crescem, o número de obras de construção civil no país tem aumentado significativamente, causando impactos nos âmbitos sociais e ambientais. Do ponto de vista social as obras de infraestrutura e construção civil impactam no sentido de melhorar a qualidade de vida dos envolvidos na obra e, também, nas famílias impactadas pelo empreendimento, pois usualmente há uma melhoria na infraestrutura local, além da geração de empregos e movimentação financeira na comunidade local. No âmbito ambiental, podemos identificar, também, impactos diversos, pois para que uma obra seja executada há a necessidade da exploração de recursos naturais, a alteração da paisagem original e, também a geração de resíduos.

Atualmente a intensa geração de resíduos de construção civil tem sido motivo de preocupação em diversos países em todo o mundo. Segundo dados do IPEA(2012), atualmente o Brasil produz, aproximadamente, 31 milhões t/ano de Resíduos de Construção Civil (RCC) a partir de novas edificações, o que ainda se mantém abaixo da quantidade de resíduos gerados por outros países desenvolvidos. Em função disso, inúmeras pesquisas são desenvolvidas de forma a encontrar alternativas para a redução da geração destes resíduos e/ou o reaproveitamento dos mesmos pela sociedade.

Portanto, o tema proposto para esta pesquisa é a análise da viabilidade técnico-econômica para a utilização do Resíduo de Construção Civil (RCC) em camadas de base e sub-base de pavimentos.

Devido ao RCC não ser um material difundido como material usual para execução de bases ou sub-bases de pavimento, é necessário o estudo das características do mesmo para verificação se o mesmo é apropriado para esta finalidade, pois a



estrutura de um pavimento deve respeitar certos aspectos necessários para que a via/rodovia apresente uma vida útil adequada.

Em contrapartida, caso o material seja identificado como apropriado para a utilização em bases e sub-bases, é necessária também uma verificação de viabilidade econômica, de forma a torná-lo competitivo junto aos materiais usualmente utilizados para este fim.

A utilização de RCC para obras de infraestrutura contribuiria para o reaproveitamento deste material inerte, que normalmente acaba não sendo corretamente destinado devido aos custos envolvidos no processo, além de permitir a diminuição da exploração dos recursos pétreos naturais, material que usualmente é utilizado para compor a estrutura de pavimentos e obras de infraestrutura.

O objetivo central da pesquisa é realização de análise de viabilidade técnico-econômica com o intuito de oferecer parâmetros para futuros projetos que utilizarão esse tipo de material como camada estrutural de pavimento. Assim, espera-se contribuir de modo a estabelecer a utilização deste tipo de agregado na indústria da construção como uma solução sustentável, de baixo custo e tecnicamente confiável.

2 REVISÃO

2.1 Resíduos de Construção Civil

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) define Resíduos da Construção Civil (RCC) como os resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, gerados por pessoas físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por empreendimentos que gerem estes resíduos.

A Resolução nº 307 de 2002 do CONAMA estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para o gerenciamento de resíduos de construção civil (RCC), de forma a reduzir os impactos gerados pelos mesmos, que inúmeras vezes são dispostos em locais inadequados. Esta resolução prevê que os resíduos de Classe A, como cerâmicas, concreto, argamassa, entre outros, todos resíduos recicláveis e reutilizáveis, devem fazer parte de programas de incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo. O setor de construção civil apresenta-se como um grande gerador de resíduos e a quantidade destes é diretamente proporcional ao grau de desenvolvimento de uma cidade. (SCHNEIDER, 2013).

Em países desenvolvidos, os resíduos gerados pela construção de edifícios gera uma quantidade significativa de papel, plástico e madeira, provenientes das embalagens dos materiais, enquanto que em países em desenvolvimento os resíduos gerados são compostos, principalmente, por grandes quantidades de concreto, argamassa e blocos cerâmicos, o que demonstra as altas perdas nos processos construtivos (CASSA, CARNEIRO, BRUM 2001).

2.2 Reciclagem de Resíduos de Construção Civil

Pouco a pouco, aumentam as pressões de legislações ambientais e é evidenciada a necessidade crescente de fontes alternativas de matérias-primas. No entanto, a grande heterogeneidade dos resíduos e consequente dificuldade de classificação tornam mais difícil o seu reaproveitamento. Segundo Nagalli (2014), tal variabilidade é em função



não somente ao local de geração desse resíduo – que pode suscitar variações composicionais em razão da oferta de materiais de construção – mas também, à associação de diferentes processos construtivos, treinamento das equipes executoras, cronogramas de obra, entre outros.

Há diversos modos de classificação dos resíduos, levando em conta suas características de acondicionamento, estado físico, entre outros. Por norma, há a NBR 10.004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 3), que os classifica quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública: Classe I (perigosos, inflamáveis, tóxicos, reativos e corrosivos), Classe IIA (não-inertes, biodegradáveis, combustíveis e solúveis em água) e Classe IIB (inertes e os seus constituintes não solubilizam), bastante referenciada no meio industrial, por adotar critérios como inflamabilidade, corrosividade e toxicidade.

Ainda de acordo com a Resolução Conama nº 307 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2002, p. 2-3), os demais resíduos de construção civil (Classes B, C e D), não são passíveis de reciclagem para a produção de agregados. Segundo ela, os de Classe B, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros e madeiras, são possíveis de serem absorvidos por processos de reciclagem por indústrias fora da construção civil; no entanto, os de Classe C e D são não recicláveis; o primeiro, por não haver tecnologias ou aplicações economicamente viáveis, já os de Classe D, que enquadram tintas, solventes, produtos radiológicos, entre outros, são considerados como “perigosos”.

2.3 Pavimento

Pavimento é definido, segundo Balbo (2007), Bernucci *et al* (2006) e DNIT (2006) como uma estrutura composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados a partir do subleito do corpo estradal, adequada para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego. Cada camada do pavimento possui funções específicas, que devem oferecer condições adequadas de rolamento e suporte em qualquer condição climática.

De acordo com Balbo (2007), cada camada do pavimento desempenha certas funções, seja agindo individualmente ou em conjunto. As camadas de base e sub base compõe a estrutura do pavimento, que resistem aos esforços atuantes na estrutura.

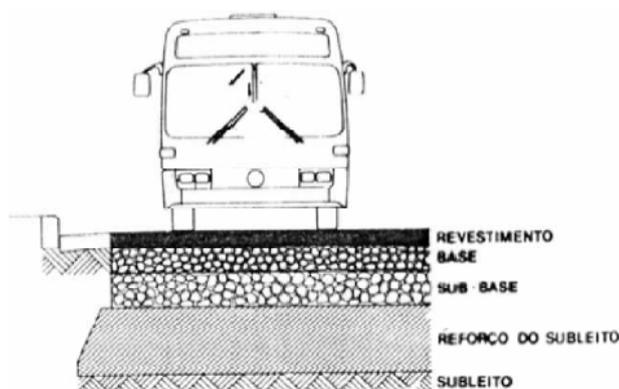


Figura 1 - Esquema das camadas constituintes de um pavimento



Fonte: Balbo (2007)

2.4 Bases e Subbases de Pavimento

As estruturas de pavimento, conforme Bernucci (2006), são projetadas de forma a resistir inúmeras solicitações de carga sem que ocorram danos estruturais ao pavimento. Para um correto dimensionamento, deve-se conhecer as propriedades dos materiais que a compõe frente à repetição de carga e aos efeitos climáticos.

O DNIT (2009) define Base como uma camada de pavimentação destinada a resistir aos esforços verticais resultantes dos veículos da via, distribuindo-os de forma adequada à camada subjacente e, também, define Sub base como uma camada de pavimentação complementar à Base, com as mesmas funções, executada sobre o subleito ou reforço do subleito.

Para a definição dos materiais a serem utilizados para base e sub base de pavimentos, utilizam-se métodos de seleção e caracterização das propriedades físicas e mecânicas dos materiais, que devem apresentar-se resistentes, pouco deformáveis e com permeabilidade adequada à camada ao qual será utilizado. Usualmente os materiais empregados são constituídos por agregados minerais, solos e, eventualmente, aditivos como cal, cimento, emulsão asfáltica, dentre outros. (Bernucci *et al*, 2006)

2.5 Pavimentação com Agregados Reciclados

Em função da grande demanda de infraestrutura, abre-se espaço pra o emprego de materiais alternativos, destacando sua utilização como agregados. Balbo (2007) destaca o uso de RCD como material para camada de reforço, sub-base e base de pavimentos, bem como para concretos compactados com rolo. Entende-se por base e a camada subjacente a ela, a sub-base, como estruturas destinadas a absorver os esforços verticais devido aos veículos com carga.

A Associação Brasileira Para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição (2015) destaca as vantagens do uso dos RCD em pavimentação na forma de brita corrida – diâmetro máximo de 63 mm – ou, em misturas do agregado reciclado com solo:

- a) é a forma de reciclagem que exige menor utilização de tecnologia o que implica menor custo do processo;
- b) permite a utilização de todos os componentes minerais do entulho (tijolos, argamassas, materiais cerâmicos, areia, pedras, etc.), sem a necessidade de separação de nenhum deles;
- c) economia de energia no processo de moagem do entulho (em relação à sua utilização em argamassas), uma vez que, usando-o no concreto, parte do material permanece em granulometrias graúdas;
- d) possibilidade de utilização de uma maior parcela do entulho produzido, como o proveniente de demolições e de pequenas obras que não suportam o investimento em equipamentos de moagem/ trituração;



e) maior eficiência do resíduo quando adicionado aos solos saprolíticos em relação a mesma adição feita com brita. Enquanto a adição de 20% de entulho reciclado ao solo saprolítico gera um aumento de 100% do CBR, nas adições de brita natural o aumento do CBR só é perceptível com dosagens a partir de 40%.

No entanto, para serem usados em pavimentação, os agregados – sejam naturais ou artificiais – devem possuir várias propriedades que garantam o seu bom desempenho e assim cumprir aos requisitos das normas de desempenho. “A utilização desses agregados artificiais na produção de bases granulares, concretos e de misturas asfálticas é condicionada ao atendimento das mesmas especificações básicas para os agregados naturais, além de outras exigências específicas.” (BALBO, 2007, p. 97)

3 METODOLOGIA

Para que seja possível realizar esta pesquisa, optou-se por utilizar Resíduo de Construção Civil proveniente do aterro de inertes do Parque Industrial Jorge Lanner, localizado no município de Canoas/RS. Serão analisadas as propriedades físicas e mecânicas do material, conforme comentado a seguir, de forma à embasar a análise da viabilidade da utilização deste material para a composição de bases e subbases de pavimentos.

A coleta de material para a realização do ensaio ocorrerá no Aterro de Inertes Jorge Lanner, onde atualmente está instalada a Central de Triagem e Seleção de Resíduos Sólidos da Construção Civil e Demolição (CTRCD), no bairro Niterói do município de Canoas/RS.

3.1 Caracterização Física do Resíduo

3.1.1. Distribuição granulométrica

O ensaio de distribuição granulométrica do agregado será executado segundo a norma DNER-ME 083/98.

3.1.2. Absorção

O ensaio de absorção será executado de acordo com a norma DNER-ME 081/98.

3.1.3. Resistência à abrasão

O ensaio de resistência à abrasão será executado seguindo os preceitos da norma DNER-ME 035/98.

3.1.4. Lamelaridade do agregado

O ensaio de lamelaridade do agregado, realizado para análise da geometria predominante dos agregados graúdos da mistura, ocorrerá conforme preconiza a norma DNER-ME 086/94.

3.1.5. Teor de materiais indesejáveis

O ensaio de teor de materiais indesejáveis será analisado de acordo com o que determina a norma ABNT NBR 15115.



3.1.6. Durabilidade

A Durabilidade do agregado será ensaiada através de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio, conforme DNER-ME 089/94

3.1.7. Equivalente de Areia

O Equivalente de Areia dos agregados miúdos serão analisados segundo a norma DNER-ME 054/97.

3.2 Caracterização Mecânica do Resíduo

3.2.1. Compactação

O ensaio de compactação da mistura de agregados será realizado de acordo com as normas ABNT NBR 7182 e ABNT NBR 6457. De acordo com a NBR 15116, a energia de compactação que deve ser empregada para o ensaio é a Intermediária, para utilização do material em bases e sub-bases de pavimento.

3.2.2. Índice de Suporte Califórnia

O ensaio de Índice de Suporte Califórnia do agregado será executado segundo a norma ABNT NBR 9895.

3.2.3. Resistência à tração por compressão diametral

O ensaio de Resistência à Tração por Compressão Diametral seguirá os preceitos da Norma ABNT NBR 15087, que disserta sobre o ensaio para misturas asfálticas, visto que não há, até o presente momento, diretrizes normatizadas para este ensaio em bases e sub-bases de pavimento.

3.2.4. Resistência à compressão simples

O ensaio de Resistência à Compressão Simples ocorrerá de acordo com a Norma ABNT NBR 11798 e ABNT NBR 11803.

3.2.5. Módulo de resiliência

O ensaio de Módulo de Resiliência será executado seguindo as diretrizes da norma DNER-ME 131/94, para solos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa acima apresentada encontra-se em desenvolvimento de seu Projeto de Qualificação. Com o trabalho realizado espera-se encontrar alternativas à utilização de materiais pétreos granulares de exploração de jazidas naturais para a execução de camadas de bases e subbases de pavimento, analisando tanto no viés tecnológico quanto econômico a viabilidade de RCC como substituto à estes materiais.

Também, com o reaproveitamento deste resíduo para um fim nobre, diminui-se a necessidade de Aterros de Inertes para depósito destes materiais, assim como diminui a destinação irregular destes resíduos.



REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6457 – Amostras de Solo – Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização.** Rio de Janeiro, 2016
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7182 – Solo – Ensaio de Compactação.** Rio de Janeiro, 2016
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9895 – Solo - Índice de suporte Califórnia (ISC) - Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2016
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11798 – Materiais para base de solo-cimento — Requisitos.** Rio de Janeiro, 2012
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11803 – Materiais para base ou sub-base de brita graduada tratada com cimento — Requisitos.** Rio de Janeiro, 2013
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15087 – Misturas asfálticas — Determinação da resistência à tração por compressão diametral.** Rio de Janeiro, 2012
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15115 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos.** Rio de Janeiro, 2004
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15116 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2004
- BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica – materiais, projeto e restauração.** São Paulo, Oficina de Textos, 2007..
- BERNUCCI, Liedi et al. **Pavimentação Asfáltica – Formação básica para engenheiros.** Rio de Janeiro, Petrobrás, Abeda, 2006.
- BLUMENSCHNEIN, R. N. **A sustentabilidade na cadeia produtiva da indústria da construção.** 2004. 249 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- CASSA, J. C. S., CARNEIRO, A. P. e BRUM, I.A.S. **Reciclagem de Entulho para a Produção de Materiais de Construção.** Salvador, Editora da UFBA, Caixa Econômica, 2001.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES (CNT). **Pesquisa CNT de Rodovias 2017.** em <http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/relatorio-gerencial> (acessado em 05/02/2018).
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 307, de 5 de Julho de 2002.** em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html> (acessado em 06/02/2018).



- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. **DNER-ME 035/98 – Agregados – determinação da abrasão “Los Angeles”**. Rio de Janeiro, 1998
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. **DNER-ME 081/98 – Agregados – determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo**. Rio de Janeiro, 1998
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. **DNER-ME 083/98 – Agregados – análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 1998
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. **DNER-ME 086/94 – Agregados – determinação do índice de forma**. Rio de Janeiro, 1994
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. **DNER-ME 089/94 – Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio**. Rio de Janeiro, 1994
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. **DNER-ME 131/94 – Solos – Determinação do módulo de resiliência**. Rio de Janeiro, 1994
- DAMINELI, B. L. **Estudo de métodos para caracterização de propriedades físicas de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. 2007. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- DELONGUI, L. **Caracterização e adequação dos resíduos da construção civil produzidos no município de Santa Maria-RS para aplicação em pavimentação**. Dissertação (Engenharia Civil e Ambiental), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, 2012.
- DELONGUI, L. **Determinação de parâmetros mecânicos para dimensionamento de pavimentos com resíduos de construção e demolição**. 2016. 245 f. Tese (Doutorado em Engenharia)
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Pavimentos flexíveis – Sub-base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço**. http://www1.dnit.gov.br/normas/Sub_Base%20Estabilizada%20Granulometricamente.pdf (Acessado em 21/08/2018).
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Pavimentos flexíveis – Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço**. <http://www1.dnit.gov.br/normas/PAV%20Flexiveis%20%20Base%20Estabilizada%20Granulometricamente.pdf> (Acessado em 21/08/2018)
- HIRSH, Fábio. **Estudo do Comportamento de Misturas Asfálticas Preparadas com Diferentes Tipos de Ligantes**. 130f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, Universidade do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2007.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA) **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil** http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf (acessado em 21/03/2018).
- MATUELLA, M. F. **Efeitos da composição de resíduos de construção e demolição em seu comportamento mecânico para utilização em pavimentação**. 2017. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.



SEFIC2018
UNILASALLE

CIÊNCIA E TECNOLOGIA PARA A
REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES

22 A 27
DE OUTUBRO

REVISTA EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM AÇÃO **Educação Ambiental e Gestão dos Resíduos Sólidos da Construção e Demolição no Município de Canoas/RS**
<http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1485> (acessado em 25/06/2018).
SCHNEIDER, D.M. Deposições Irregulares de Resíduos da Construção Civil na Cidade de São Paulo. Dissertação. Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública. São Paulo, 2003.