



EIXO SUSTENTABILIDADE

- Comparação entre Agregados Reciclados e Naturais na Manutenção de Pavimentos

COMPARAÇÃO ENTRE AGREGADOS RECICLADOS E NATURAIS NA MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS

Paulo Vitor Lucca¹
Alvaro Luiz Mathias²

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Oikonomou (2005), os materiais de construção civil são essenciais para a vida humana, pois passamos cerca de 90% do tempo construindo infraestruturas. Em se tratando do meio ambiente, a construção civil consome cerca de 50% das matérias-primas, cerca de 40% da energia e é responsável por 50% dos resíduos sólidos gerados. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, os municípios brasileiros coletaram 45 milhões de toneladas de resíduos da construção e demolição (RCD) em 2017 (ABRELPE, 2017), considerando apenas os dados oficiais.

Os agregados reciclados são definidos, segundo a norma NBR 15.115 (ABNT, 2004a), como materiais granulares que reúnem características técnicas para aplicação em obras de edificação e infraestrutura (pavimentos) e são provenientes do beneficiamento de resíduos de construção ou demolição de obras civis classe A. Esta classe de resíduo da construção representa cerca de 49,2% a 75,1% do volume de RCD gerado

em Curitiba (LUCCA, 2017). Em um cenário de crescente demanda por infraestrutura, de limitação de recursos naturais e financeiros e pela necessidade de destinação adequada dos RCD, a utilização destes materiais auxilia na construção de pavimentos e garante uma finalidade nobre a esses resíduos.

Por meio do Decreto 852/2007 (CURITIBA, 2007), o município de Curitiba passou a exigir, em suas obras de pavimentação, a utilização de agregados reciclados da construção civil para compor as camadas de base e sub-base dessas infraestruturas. Dessa forma, o município passava a pensar de forma sustentável nas suas obras e também estimulava o desenvolvimento de um novo nicho de mercado. Atualmente, a Prefeitura de Curitiba realiza a compra de agregados reciclados de concreto (ARC), e os Distritos de Manutenção Urbana (DMU) da cidade fazem a aplicação desses materiais em diversas obras, como correção de pavimentos danificados (reforço de base e revestimento primário), recuperação de ciclovias e calçadas e

¹ Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial pela Universidade Federal do Paraná. Supervisor do Distrito de Manutenção Urbana do Bairro Novo.

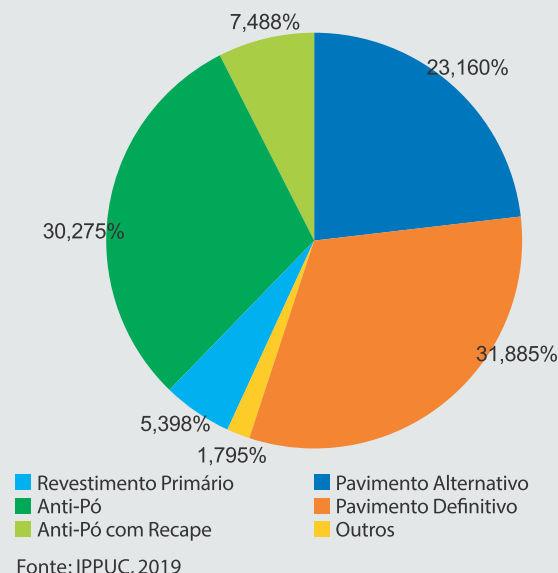
² Doutor em Engenharia Química pela Universidade Porto – Portugal. Professor Permanente do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Paraná.

em obras de drenagem. Os agregados reciclados representam cerca de 10% do total de agregados utilizados nessas obras. Esse emprego demonstra a preocupação ambiental da Administração com a destinação adequada destes resíduos.

O município de Curitiba tem, atualmente, 4.688 km de ruas divididos em diversas tipologias, conforme apresenta o gráfico 01. Chama a atenção que 30,27% deste total são classificadas como “anti-pó”, estruturas de pavimentos que necessitam de manutenção constante pelas suas próprias características construtivas e que, por serem antigos, estão com a vida útil vencida. Vale ressaltar que um extenso plano de recuperação da malha viária destinado a recuperar principalmente esse tipo de pavimento está em curso na cidade (CURITIBA, 2019) e que a construção de vias do tipo “anti-pó” não é mais executada, tendo em vista sua durabilidade inferior ao pavimento constituído de base granular e revestimento asfáltico. Ainda em relação aos tipos de pavimento existentes na cidade, é importante destacar que 5,40% do total são de revestimento primário (saibro), ou seja, não apresentam camada de pavimento asfáltico, sendo, desta forma, muito sensíveis às condições meteorológicas (chuvas) e ao tráfego. Estas duas parcelas são especialmente interessantes para a utilização de agregados reciclados: para os “anti-pós” como reforço da base e para as ruas de saibro como preservação das condições de trafegabilidade das vias.

Considerando o contexto de incentivo ao uso de agregados reciclados, ao pensamento sustentável e às características da malha viária da cidade de Curitiba, este estudo teve por objetivo comparar o comportamento dos agregados reciclados em relação aos agregados naturais na recuperação de base de um pavimento danificado do tipo “anti-pó”.

GRÁFICO 1: TIPOS DE PAVIMENTO EM CURITIBA



2. DESENVOLVIMENTO

Para a realização do presente estudo, foi escolhida uma via do município que estivesse com o pavimento danificado e que fosse classificada como “anti-pó”. A escolha dessa via considerou um tráfego com número de repetição de carga (N) menor ou igual a 106, fator limitante para o emprego de agregados reciclados conforme estipulado pela NBR nº 15.116/2004 (ABNT, 2004b). O volume de tráfego foi definido de acordo com a norma IP-002 (PMSP, 2004). O pavimento foi dimensionado segundo o método do extinto DNER (DNER, 1981), que considera o tipo de tráfego e a capacidade de suporte do subleito para a determinação das espessuras das camadas do pavimento. Para um volume de tráfego menor ou igual a 106, tal método do extinto DNER (DNER, 1981) indica como camada de revestimento do pavimento os tratamentos superficiais betuminosos (TSB). No entanto, optou-se por aplicar uma camada de 5 cm de espessura de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), uma vez que tratamentos superficiais não são mais utilizados na cidade.

Antes de serem aplicados, os materiais foram testados no laboratório de solos da Secretaria Municipal de Obras Públicas (SMOP) e, conforme atendessem os requisitos, seriam utilizados em campo.

Inicialmente, pretendia-se construir três trechos experimentais, com 10 metros de comprimento e 6,60 metros de largura, ou seja, cada um teria 66 m², e seriam variados os materiais empregados conforme detalhado no Quadro 01. No entanto, problemas com a qualidade e quantidade do material a ser utilizado no “trecho 03” impediram sua execução. Essa situação será detalhada nos resultados. A espessura total de cada trecho manteve-se constante, uma vez que essa determinação ocorre em função da capacidade do subleito e do tráfego local, e os materiais empregados devem atender aos requisitos mínimos de resistência (CBR) determinados em laboratório. Os demais critérios de execução dos trechos seguiram as recomendações da NBR n° 15.115 (ABNT, 2004a) e foram executados com as equipes do Distrito de Manutenção Urbana do Bairro Novo (DMUBN) da Secretaria do Governo Municipal (SGM).

QUADRO 01:

CONFIGURAÇÃO DOS TRECHOS EXPERIMENTAIS

CAMADA	TRECHO 01	TRECHO 02	TRECHO 03
Revestimento	CBUQ	CBUQ	CBUQ
Base	ARC	Natural	ARM
Sub-Base	ARC	Natural	ARM
Subleito	Solo Local	Solo Local	Solo Local

OBSERVAÇÕES: ARC = Agregado Reciclado de Concreto (sua composição é de mais de 90% de materiais oriundos de concretos e argamassas); ARM = Agregado Reciclado Misto (sua composição é de menos de 90% de materiais oriundos de concretos e argamassas, com especial destaque para presença de materiais cerâmicos oriundos de tijolos, telhas, etc.); Natural = agregados provenientes de jazidas naturais da região de Curitiba.

A verificação das condições do pavimento foi realizada por inspeção visual antes e depois da execução do trecho, conforme norma DNIT n°

008 (DNIT, 2003a) e DNIT n° 009 (DNIT, 2003b). A avaliação estrutural do pavimento foi verificada de acordo com a norma DNER-PRO n° 011 (DNER, 1979), com auxílio da viga *Benkelman*, disponibilizada pelo Laboratório de Pavimentos da Secretaria Municipal de Obras Públicas (SMOP).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os trechos experimentais foram construídos na Rua Cidade de Ouro, no bairro Sítio Cercado, pelo fato de a via se enquadrar nos pré-requisitos detalhados na seção anterior. O CBR do subleito já era previamente conhecido e apresentou valor de 10,17%, e o tráfego da via foi considerado médio para o período do projeto (N = 5x105) (PMSP, 2004a). O pavimento atual era do tipo antipó, ou seja, um pavimento com tratamento superficial betuminoso (TSB) e sem base adequada realizado no passado e que já estava com a vida útil vencida (Figura 01).



Figura 01: Rua Cidade de Ouro – Curitiba (PR)

Conforme detalhado no quadro 01, o trecho 01 foi inteiramente construído com agregados reciclados de concreto e o trecho 02 com agregados naturais, este último para

controle. Os dois trechos foram construídos com as mesmas espessuras. A figura 03 apresenta a execução do trecho recuperado com agregados reciclados de concreto. O trecho 03, que seria construído com agregados reciclados mistos (ARM), ou seja, materiais que contêm, em sua composição, uma fração maior de cerâmica (tijolos, telhas, etc.), não pôde ser construído devido ao material não ter sido aprovado preliminarmente nos ensaios laboratoriais. Ou seja, não atendeu os requisitos de composição e capacidade de suporte. Esse dado revela o importante fato de que, apesar da grande quantidade gerada de RCD, caso esses materiais não sejam previamente selecionados e separados de outros componentes como madeiras, gesso e plásticos, seu uso pode acabar inviabilizado, restando como alternativa a disposição final em aterros sanitários, solução que não é ideal, tendo em vista o desperdício de recursos e os altos custos envolvidos nesse processo. Lucca (2017) apontou em seus estudos que uma alta taxa de contaminação dos resíduos da construção civil (RCC) classe A pode prejudicar sua transformação em agregados reciclados. Além disso, a dificuldade encontrada na execução desse trecho, com a qualidade e a quantidade de agregados reciclados mistos, representam o fato de a Prefeitura não estar adquirindo esse tipo de agregado no momento.



Figura 02: Execução de Trecho com ARC.
Remoção do pavimento danificado.



Figura 03: Execução de Trecho com ARC.
Espalhamento do agregado reciclado de concreto.



Figura 04: Execução de Trecho com ARC.
Trecho após compactação.



Figura 05: Execução de Trecho com ARC.
Aspecto do pavimento compactado.



Figura 06: Execução de Trecho com ARC.
Espalhamento do material asfáltico.



Figura 07: Execução de Trecho com ARC.
Compactação do asfalto e finalização dos serviços.

Durante a execução, muitos moradores perguntaram sobre o serviço que estava sendo realizado e se mostraram favoráveis ao uso de agregados oriundos de RCD para pavimentos, embora seja uma constatação empírica. Esse fato mostra a aprovação da população em torno da utilização de soluções ambientalmente sustentáveis. As equipes que participaram da execução do trecho não fizeram comentários negativos em relação ao material reciclado, mas apontaram questionamentos quanto à maior sensibilidade desse tipo de agregado à umidade e ao fato do material apresentar uma parcela considerável de pó, o que o deixa semelhante a uma “areia”. A preocupação em finalizar o trecho no mesmo dia (desde a escavação até a aplicação da massa asfáltica) poderia ser um fator limitante do uso de agregados reciclados na recuperação de vias, no entanto, estudos preliminares de Lucca (2017) mostraram que é possível que o material fique exposto à pequena ação do tráfego ou intempéries, desde que seja compactado logo após sua aplicação e que sua superfície seja corrigida antes da aplicação do revestimento asfáltico.

O trecho 02 (com agregados naturais e considerado de controle) foi executado sem incidentes. Os funcionários que participaram da execução do trecho fizeram observações quanto aos materiais utilizados no trecho 01 em relação ao trecho 02. Do ponto de vista executivo, não notaram diferença entre um e outro, mas

apontaram que, aparentemente, o material natural é mais resistente e “melhor de trabalhar” que o material reciclado, revelando um preconceito cultural com a utilização de materiais reciclados. Como o primeiro trecho foi executado antes e, ao lado do segundo, alguns funcionários se mostraram surpresos com a estabilidade do trecho 01 após alguns dias da execução.

A análise deflectométrica inicial do pavimento (antes da construção dos trechos) revelou que o pavimento apresentava uma deflexão acentuada com a recomendação de reforço estrutural com base nos critérios deflectométricos ou de resistência (CBR). Após a construção dos trechos, a medição realizada em um período seco mostrou que os reforços executados no pavimento, tanto no trecho de agregados reciclados de concreto quanto no de agregados naturais, foram satisfatórios e apresentaram uma deformação de projeto menor que a admissível. Também não foram verificadas, visualmente, diferenças significativas nas deformações entre os trechos, o que demonstra que tanto o material reciclado quanto o material natural apresentaram bom comportamento, ou seja, os dois trechos encontravam-se em ótimas condições de trafegabilidade. Além disso, não foram verificadas trincas ou deformações plásticas (borrachudos). A figura 04 apresenta os dois trechos vistoriados, em 2019, após dois anos da sua execução, e é possível verificar que não existem diferenças entre os dois.



Figura 08: Trechos após a execução .



Figura 09: Trechos 02 anos após a execução .

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de agregados reciclados de concreto na recuperação de pavimentos na cidade de Curitiba se mostrou viável do ponto de vista técnico sendo sua capacidade de suporte comparável com os agregados naturais. Este estudo revelou, ainda, que os agregados reciclados mistos (que possuem maior fração cerâmica) necessitam de prévia separação de outros contaminantes como madeiras, gessos e plásticos para que sua utilização seja viabilizada; Caso contrário, embora sejam gerados em grandes quantidades, não poderão ser utilizados com fins mais nobres como, por exemplo, reforço de camadas de pavimentos ou bases de calçadas, o que acaba obrigando sua destinação a aterros sanitários, medida que tem elevado custo e não reflete uma solução ambientalmente interessante.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE, “**Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**”, disponível em: <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2017/>> . Acesso em 26 mai. 2019.

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, 2004a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15116** (ABNT, 2004): Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. **Método de projeto de pavimentos flexíveis**. Rio de Janeiro, 1981, 34 p. Disponível em http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/667_metodo_de_projeto_de_pavimentos_flexiveis.pdf Acesso em: 15 out 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **008**: Levantamento Visual Contínuo para Avaliação da Superfície de Pavimentos Flexíveis, Rio de Janeiro, 2003a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **009**: Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos, Rio de Janeiro, 2003b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **011**: Avaliação Estrutural de Pavimentos Flexíveis, Rio de Janeiro, 1979.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA. **Mapa Cadastral**. Disponível em < <http://www.ippuc.org.br/mapasinterativos/localizador/>>. Acesso em: 26 mai 2019.

LUCCA, P. V. (2017). **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). Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Meio ambiente Urbano e Industrial, Curitiba. 149 p.

OIKONOMOU, N. D. **Recycled Concrete Aggregates. Cement & Concrete Composites.** Thessaloniki, v. 27, n. 2, p. 315-318, feb. 2005.

PINTO, T. de P. **Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana.** 190 p. Tese (doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. Decreto 852 de 15 de agosto de 2007. Dispõe sobre a obrigatoriedade da utilização de agregados reciclados, oriundos de resíduos sólidos da construção civil classe a, em obras e serviços de pavimentação das vias públicas, contratadas pelo município de Curitiba. Curitiba. 15 de agosto de 2017. Disponível em <multimedia.curitiba.pr.gov/2010/00086363.pdf> Acesso em: 02 abr. 2016

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Curitiba tem maior investimento em pavimentação da história.** Disponível em : <http://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/curitiba-tem-maior-investimento-em-pavimentacao-da-historia/50442>. Acesso em: 26 mai. 2019

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO – PMSP. **IP 002:** Classificação da Vias. São Paulo, 2004.

