

# VERIFICAÇÃO DA VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM CAMADAS DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Josué Alves Roso<sup>1</sup>, Deise Dias do Nascimento Machado<sup>2</sup>,  
Rafael Henrique Freire de Godoy<sup>3</sup>, Thiago Lopes da Rocha<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Prof. Mestre da Faculdade de Tecnologia de São Paulo

<sup>2</sup> Prof.<sup>a</sup> da Faculdade de Tecnologia de São Paulo

<sup>3</sup> Auxiliar Docente do curso de Movimento de Terra e Pavimentação FATEC – SP

<sup>4</sup> Graduado do curso de Movimento de Terra e Pavimentação FATEC – SP

[jaroso@fatecsp.br](mailto:jaroso@fatecsp.br), [deisedias@fatecsp.br](mailto:deisedias@fatecsp.br), [godoy.rafael@fatecsp.br](mailto:godoy.rafael@fatecsp.br), [tgo@msn.com](mailto:tgo@msn.com)

## Resumo

Este trabalho analisa o comportamento mecânico dos materiais agregados reciclados de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) e o *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) espumado quando empregados como camada de base de um pavimento flexível. Três estruturas de pavimentos hipotéticos foram dimensionadas conforme o método do DER/SP. As estruturas mantiveram as mesmas espessuras, variando apenas os materiais empregados na camada de base e consequentemente seus módulos de resiliência. Estas estruturas foram analisadas conforme o método mecanicista por meio da Teoria dos Sistemas de Camadas Elásticas com o auxílio do programa computacional ELSYM-5. Concluiu-se que os materiais reciclados apresentam resultados favoráveis quando comparados aos materiais convencionais, uma vez que as tensões atuantes nos pontos de superfície do revestimento, fibra inferior do revestimento e topo do subleito apresentaram valores inferiores aos materiais convencionais. Com base nos resultados da análise mecanicista, verificou-se que há possibilidade técnica para redução das espessuras das camadas de RCD e RAP. Finalmente, pode-se verificar pelo universo amostral utilizado que, os pavimentos com materiais reciclados apresentaram comportamento superiores aos materiais convencionais, podendo assim, inferir que podem ser utilizados nas camadas de um pavimento flexível substituindo os materiais convencionais para composição da estrutura.

## 1. Introdução

O pavimento pode ser definido com uma estrutura não perene, composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados a partir do subleito do corpo estradal. Essa estrutura deve ser adequada para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, de maneira durável e ao mínimo custo possível, considerados diferentes horizontes para serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação. [1].

O destino dos materiais reciclados de construção civil com a finalidade de utilização em camadas de pavimentos tem sido uma das alternativas mais bem avaliadas, não só pela boa qualidade desse tipo de material e sua facilidade de aplicação, como também pelas vantagens ambientais alcançadas. [12]

A utilização desses materiais ainda é uma atividade relativamente nova no Brasil, diferente de outros países

que já tem utilizado esse tipo de material e estabelecido leis que privilegiam quem o utiliza [13].

Os resíduos de construção e demolição (RCD) são gerados em quantidades expressivas nas cidades de grande e médio porte no Brasil e são comumente descartados de forma irregular. Com o crescimento e o desenvolvimento das cidades, a indústria da construção civil depara-se com uma questão importante: a geração de resíduos sólidos pelas obras novas e demolições [13].

No Brasil, foi aprovada no ano de 2002 a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente n° 307 (CONAMA) que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. [2]

## 2. Objetivo

Estudar a viabilidade da utilização de materiais do tipo RCD e RAP em estruturas de pavimento. A análise consistirá em um comparativo de espessuras das camadas de estruturas hipotéticas de pavimento e seus respectivos módulos de resiliência através do programa computacional ELSYM-5, avaliando parâmetros técnicos e econômicos por meio da redução das espessuras das camadas a depender do material utilizado. Utilizando parâmetros de análises mecanicistas será realizada a comparação entre metodologias tradicionais de construção e os materiais propostos RCD e RAP, buscando por intermédio dos resultados desses parâmetros um perfil comparativo entre esses materiais, a fim de verificar a viabilidade do seu uso, quanto aos parâmetros propostos.

## 3. Revisão bibliográfica

### 3.1- Resíduos de Construção e Demolição (RCD)

O RCD (resíduos de demolição e construção) é um material nobre do ponto de vista da engenharia, pois normalmente se apresenta resistente e com baixa expansão. Estas características indicam o seu grande potencial de reciclagem como agregado para pavimentação. Em São Paulo, em 1984, através de uma parceria da Prefeitura de São Paulo e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT foi construída a primeira via pavimentada com o emprego de RCD [8].

### 3.1.1 - Características do RCD

Uma característica dos resíduos de construção civil e demolição é a heterogeneidade, tanto nas frações granulométricas produzidas, com variados tamanhos e graduações, quanto em sua natureza de composição. Essa heterogeneidade deve-se, muitas vezes, ao processo de desconstrução, ou de descarte, e também pela cultura construtiva, podem encontrar-se contaminados por materiais inorgânicos metais e/ou ligas metálicas ou orgânicos madeira, papel e outros. [3]

As misturas asfálticas devem possuir partículas de agregados mais cúbicas (Figura 1) do que partículas planas, finas ou alongadas; pois estas apresentam um maior intertravamento e atrito interno no corpo pétreo da mistura, resultando em estruturas de maior estabilidade mecânica. [10]. Os agregados reciclados que possuem maior porosidade tendem a apresentar menor resistência ao cisalhamento, influenciando as misturas recicladas.



**Figura 1** – Amostragem de RCD

Um fator preponderante para um bom desempenho de materiais de pavimentação é a curva granulométrica.

No Brasil, os procedimentos normativos (PMSP ETS 001, 2003; ABNT NBR 15115, 2004) referentes aos agregados reciclados utilizados em pavimentação não impõem faixas (superior e inferior), os critérios são quanto à sua distribuição.

Os agregados reciclados têm a função de substituir parcialmente ou totalmente o material natural empregado. As maiores diferenças entre o agregado natural e reciclado são a forma do grão, textura superficial, densidade e absorção. Pode ser utilizado em diversos serviços de engenharia como camada drenante, lastro para assentamento de tubos ou de guias, envelopamento de galerias e estilização de solos expansíveis ou com baixa capacidade de suporte.

Os agregados reciclados de resíduos de construção são empregados em camadas de base, sub-base ou reforço do subleito de pavimentos [12].

### 3.2- Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

O termo *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) ou concreto de asfalto, figura 2, é usado para identificar qualquer material asfáltico recuperado de um pavimento

existente. O tipo de asfalto originalmente utilizado em conjunto com as variações na mistura asfáltica será consequentemente refletido no material do RAP.

Quando camadas múltiplas de asfalto com misturas diferentes são recuperadas pela fresagem (ou trituradas das lajes), o RAP resultante será uma mistura de todas as misturas do componente. As duas características principais de um material RAP estão associadas ao ligante de betume (o estado, a quantidade e a consistência do betume do material) e a granulometria. [4]

Conforme a *Federal Highway Administration* a reciclagem a quente com mistura asfáltica consiste em um processo no qual são acrescentados novos materiais ao RAP gerando assim uma nova mistura asfáltica. [5]



**Figura 2** – Amostragem de RAP

Devido ao aumento da produção de material fresado, é cabível uma solução para sua destinação final, e essa alternativa envolve as obras que utilizam misturas asfálticas como material de construção. Com essa realidade nasce a reciclagem de pavimentos asfálticos como opção econômica e ambiental sustentável, visto que apresenta uma finalidade para o material fresado, e em certos casos, reaproveitamento de ligantes e também economia de energia.

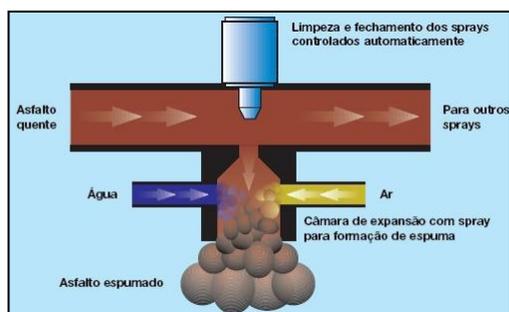
O resíduo do material fresado do pavimento passa por um processo de beneficiamento, onde sofre britagem para se adequar a legislação vigente.

#### 3.2.1 - Espuma de Asfalto

Espuma de Asfalto é o estado temporário obtido a partir da injeção de ar sob pressão e pequena quantidade de água no cimento asfáltico de petróleo (CAP), aquecido à temperatura definida pelo fabricante do equipamento de reciclagem como a mais adequada para o tipo de CAP selecionado para a execução da obra, o que ocasiona forte expansão do ligante.

A obtenção da espuma de asfalto se processa através do aquecimento do ligante asfáltico sob determinadas condições de pressão e temperatura promovendo-se então seu encontro com água pressurizada à temperatura ambiente. A água então se transforma em vapor, que é envolvido pelo ligante muito mais denso causando uma expansão de até 30 vezes seu volume inicial. [6]

A figura 3 ilustra o esquema da câmara de expansão durante o processo da obtenção da espuma de asfalto.



**Figura 3** – Obtenção da espuma de asfalto

A taxa de expansão é a relação entre o volume máximo do CAP em estado de espuma e o volume do material final após o retorno ao seu estado natural. Quanto maior a expansão, mais partículas o CAP consegue envolver tornando assim a distribuição do ligante muito mais eficaz por todo o material. [11]

Meia vida é o tempo em segundos necessário para uma espuma regredir do seu volume máximo até a metade desse volume. As normas determinam que este tempo não deva ser inferior a 5s, pois caso isto ocorra haverá a formação de grumos de ligante aumentando o volume de vazios no material, causando a consequente diminuição da compactação máxima desejada. [11]

Outros fatores que podem influenciar as propriedades da espuma de asfalto são: temperatura do asfalto, quantidade de água adicionada na obtenção da espuma, pressão dos injetores e na câmara de expansão e presença de agentes antiespumantes como derivados de silicone.

#### 4 – Materiais e Métodos

Foi realizado o dimensionamento de três estruturas de pavimento, variando apenas os materiais empregados na sua camada de base. Os materiais alternativos RCD e RAP foram aplicados em camadas de pavimentos flexíveis para testá-los frente às solicitações impostas pelo tráfego. Essa aplicação foi feita, a fim de observar se os mesmos podem vir a substituir os materiais granulares mais frequentes, como a Brita Graduada Simples, a BGS. Os materiais foram ensaiados conforme apresentado na Tabela I.

**Tabela: I** – Materiais para base do pavimento

MATERIAL - BASE	Complemento
BGS	Sem adições
RAP - espumado	+2% CIMENTO
RCD	+4% CIMENTO

Para essas três estruturas, que são compostas por camadas, foram aplicados materiais distintos na camada de base, considerando que os comportamentos elásticos desses materiais apresentam algumas variações em suas características. Para essa análise foram utilizados valores médios para o parâmetro módulo de resiliência, conforme apresentados por Beja [9] em seus estudos. Os valores atribuídos para os módulos de resiliência dos materiais utilizados para a base foram: - BGS igual a

3000 kgf/cm<sup>2</sup>, - RCD igual a 4.079 kgf/cm<sup>2</sup> [9] e RAP igual a 5.507 kgf/cm<sup>2</sup>.

As estruturas do pavimento foram dimensionadas de acordo com o método do DNIT, utilizando critérios como o Índice de Suporte Califórnia (ISC) e Número de solicitações (N) do eixo padrão de 8,2tf, por meio das inequações aplicadas pelo método para obtenção de espessuras das camadas do pavimento.

Foram adotados os seguintes parâmetros para o dimensionamento das estruturas dos pavimentos, ISC (Índice de Suporte Califórnia) do subleito compactado na energia normal 5% e número de solicitações do eixo padrão de 8,2 tf ao décimo ano de serventia N=2,00 x 10<sup>6</sup> solicitações.

As três estruturas de pavimentos com suas respectivas espessuras, módulos de resiliência e coeficientes de Poisson foram utilizadas como apresentado nas tabelas II, III e IV.

**Tabela: II** - Estrutura 1

CAMADA	ESPESSURA (cm)	MR (kgf/cm <sup>2</sup> )*	μ*
CONCRETO ASFÁLTICO	5	35000	0,35
BGS	18	3000	0,35
RACHÃO	20	2500	0,40
SOLO SELECIONADO (CBR 10% EN)	14	1000	0,45
SOLO LOCAL (CBR ≥ 5%, expansão < 2 %)	-	500	0,45

\*Valores de Módulo de Resiliência (25°C) e coeficientes de Poisson considerados na análise.

**Tabela: III** - Estrutura 2

CAMADA	ESPESSURA (cm)	MR (kgf/cm <sup>2</sup> )*	μ*
CONCRETO ASFÁLTICO	5	35000	0,35
AGREGADOS RECICLADOS RCD	18	4079	0,35
RACHÃO	20	2500	0,40
SOLO SELECIONADO (CBR 10% EN)	14	1000	0,45
SOLO LOCAL (CBR ≥ 5%, expansão < 2 %)	-	500	0,45

\*Valores de Módulo de Resiliência (25°C) e coeficientes de Poisson considerados na análise.

**Tabela: IV** - Estrutura 3

CAMADA	ESPESSURA (cm)	MR (kgf/cm <sup>2</sup> )*	μ*
CONCRETO ASFÁLTICO	5	35000	0,35
RAP ESPUMADO	18	5506	0,35
RACHÃO	20	2500	0,40
SOLO SELECIONADO (CBR 10% EN)	14	1000	0,45
SOLO LOCAL (CBR ≥ 5%, expansão < 2 %)	-	500	0,45

\*Valores de Módulo de Resiliência (25°C) e coeficientes de Poisson considerados na análise.

Para determinação dos esforços admissíveis pela estrutura (D<sub>adm</sub>, Et e Ev, foram empregadas as equações, que são modelos indicados pelo manual de pavimentação do DER-SP [15]:

O deslocamento vertical na superfície do pavimento (D<sub>adm</sub>) – usando a norma DNER PRO-11 pode ser calculado a partir da equação 1. [14]

$$\log(D_{adm})=3,01-0,176\log N \quad (1)$$

onde:

$D_{adm}$  = Deflexão admissível pela estrutura do pavimento.

$N$  = Número de repetição de carga do eixo padrão de 8,2 toneladas.

Para a deformação horizontal de tração na fibra inferior do revestimento ( $\epsilon_t$ ) conforme representado na figura 4 – FHWA (*Federal Highway Administration*) 1976 [15] será utilizada a equação 2.

$$N = 1,09 \times 10^{-6} x \left( \frac{1}{\epsilon_{tadm}} \right)^{3,512} \quad (2)$$

Onde:

$N$  = Número de repetição de carga do eixo padrão de 8,2 toneladas.

$\epsilon_{tadm}$  = Deformação horizontal de tração, admissível, na fibra inferior do revestimento.

Para a deformação vertical de compressão no topo da camada de subleito ( $\epsilon_v$ ) conforme representado na figura 4 – *Shell (Dornon & Metcalf)* 1965 [15] será utilizada a equação 3.

$$N = 6,069 \times 10^{-10} x \left( \frac{1}{\epsilon_{vadm}} \right)^{4,762} \quad (3)$$

Onde:

$N$  = Número de repetição de carga do eixo padrão de 8,2 toneladas.

$\epsilon_{vadm}$  = Deformação vertical de compressão, admissível, no topo da camada do subleito.

#### 4.1 – Análise Mecanicista - ELSYM-5

A análise mecanicista da estrutura de pavimento requer previamente o conhecimento dos parâmetros relativos à capacidade de suporte dos solos do subleito e do tráfego previsto para o período de projeto, além das propriedades dos materiais constituintes das camadas da estrutura do pavimento.

As estruturas obtidas com o emprego da Instrução de Projeto IP-DE-P00/001 do DER/SP (2006) serão verificadas por meio de Procedimentos Mecanicistas, utilizando – se para tal, as equações de fadiga apresentadas nesta instrução de projeto e o Programa Computacional ELSYM-5.

O programa computacional ELSYM-5 baseia-se em fundamentos da teoria da elasticidade, utilizando métodos indiretos para a solução de equações de equilíbrio e de compatibilidade entre tensões e deformações, simulando a prova de carga nos materiais das camadas dando como resposta as tensões de compressão, tração e cisalhamento atuantes nessa estrutura.

O procedimento de cálculo adotado pelo programa ELSYM-5 idealiza o pavimento como um sistema elástico tridimensional de camadas sobrepostas, semi-infinito no plano horizontal. Os materiais são assumidos

como sendo isotrópicos homogêneos e com comportamento elástico linear.

Na figura 4 são determinados os deslocamentos e deformações internas da estrutura em seus locais críticos, ou seja: no topo da camada de concreto asfáltico - deslocamento vertical ( $D_0$ ), na fibra inferior da camada de concreto asfáltico - deformação horizontal de tração ( $\epsilon_t$ ) e no topo do subleito - deformação vertical de compressão ( $\epsilon_v$ ).

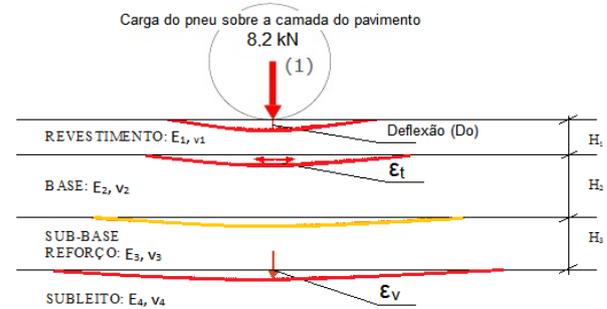


Figura 4 – Diagrama das tensões e deslocamentos

### 5- Resultados

Assim sendo, definidos os deslocamentos e deformações atuantes que se originam no interior do pavimento carregado, para posterior comparação com os valores de deslocamentos e deformações admissíveis que são função do tipo de material empregado na estrutura do pavimento (tabelas: V, VI e VII).

Tabela: V – Base em BGS – Tensões

ESTRUTURA	TIPO	D0 (x10 <sup>-2</sup> mm)	εt (x10 <sup>-4</sup> cm/cm)	εv (x10 <sup>-4</sup> cm/cm)
1	Atuante	62,96	2,34	4,43
	Admissível	79,62	3,22	5,51

Tabela: VI – Base em RCD – Tensões

ESTRUTURA	TIPO	D0 (x10 <sup>-2</sup> mm)	Et (x10 <sup>-4</sup> cm/cm)	Ev (x10 <sup>-4</sup> cm/cm)
2	Atuante	58,54	1,74	4,12
	Admissível	79,62	3,22	5,51

Tabela: VII – Base em RAP – Tensões

ESTRUTURA	TIPO	D0 (x10 <sup>-2</sup> mm)	εt (x10 <sup>-4</sup> cm/cm)	εv (x10 <sup>-4</sup> cm/cm)
3	Atuante	54,91	1,24	3,85
	Admissível	79,62	3,22	5,51

Onde:

$D_0$  = Deflexão sob a carga aplicada (figura 4).

$\epsilon_t$  = Deformação horizontal de tração na fibra inferior do revestimento (figura 4).

$\epsilon_v$  = Deformação vertical de compressão, no topo da camada do subleito (figura 4).

Enfocando na análise mecanicista, pode-se diminuir a espessura das camadas atribuídas aos materiais alternativos, mas sempre atendendo as exigências especificadas para as tensões, para que as tensões estejam dentro do admitido por norma, ou seja, tensões atuante menor que a admissível.

Para testar essa hipótese foram dimensionadas duas novas estruturas com materiais alternativos empregados na camada de base do mesmo pavimento hipotético.

Sendo assim, tanto para o RAP espumado, como para os agregados reciclados de RCD, foi possível diminuir as espessuras. Essas espessuras foram reduzidas até o ponto em que as tensões atendessem a exigências especificadas.

A tabelas VIII e IX apresentam as novas estruturas de pavimento com suas respectivas espessuras, módulos de resiliência e coeficientes de Poisson.

**Tabela: VIII** – Estrutura redimensionada - RCD

CAMADA	ESPESSURA (cm)	MR (kgf/cm <sup>2</sup> )*	μ*
CONCRETO ASFÁLTICO	5	35000	0,35
AGREGADOS RECICLADOS RCD	11	4079	0,35
RACHÃO	20	2500	0,40
SOLO SELECIONADO (CBR 10% EN)	14	1000	0,45
SOLO LOCAL (CBR ≥ 5%, expansão < 2 %)	-	500	0,45

\*Valores de Módulo de Resiliência (25°C) e coeficientes de Poisson considerados na análise.

**Tabela: IX** – Estrutura redimensionada - RAP

CAMADA	ESPESSURA (cm)	MR (kgf/cm <sup>2</sup> )*	μ*
CONCRETO ASFÁLTICO	5	35000	0,35
RAP ESPUMADO	10	5506	0,35
RACHÃO	20	2500	0,40
SOLO SELECIONADO (CBR 10% EN)	14	1000	0,45
SOLO LOCAL (CBR ≥ 5%, expansão < 2 %)	-	500	0,45

\*Valores de Módulo de Resiliência (25°C) e coeficientes de Poisson considerados na análise.

Como demonstrado nas tabelas VIII e IX, houve um decréscimo na camada de base do pavimento quando empregamos os materiais alternativos sendo 7 cm para os agregados reciclados de RCD e 8 cm para o RAP espumado.

Na tabela X e XI são apresentados, os resultados dessas estruturas, indicando deformações, esforços atuantes e admissíveis.

**Tabela: X** – Base Agregado Reciclado RCD – Tensões

ESTRUTURA	TIPO	D0 (x10 <sup>2</sup> mm)	εt (x10 <sup>-4</sup> cm/cm)	εv (x10 <sup>-4</sup> cm/cm)
4	Atuante	66,78	1,93	5,35
	Admissível	79,62	3,22	5,51

**Tabela: XI** – Base RAP Espumado – Tensões

ESTRUTURA	TIPO	D0 (x10 <sup>2</sup> mm)	εt (x10 <sup>-4</sup> cm/cm)	εv (x10 <sup>-4</sup> cm/cm)
5	Atuante	64,30	1,46	5,33
	Admissível	79,62	3,22	5,51

De acordo com o apresentado nas tabelas X e XI as novas estruturas atendem aos critérios da análise mecanicista, considerando que as tensões atuantes ainda estão inferiores as admissíveis.

## 6. Discussões

Observa-se que as tensões atuantes nos três tipos de estrutura avaliadas são menores que as tensões admissíveis.

A diminuição das espessuras das camadas foi possível, pois, observa-se que as tensões atuantes, mesmo com as espessuras menores foram abaixo das tensões admissíveis.

A possibilidade de diminuição da espessura da camada com a manutenção de sua condição estrutural proporciona redução de volume de material empregado e consequentemente custos.

A análise mecanicista proporciona condição de redução de espessura da camada. Entretanto, se considerarmos coeficiente estrutural igual a 1 para esses materiais, como foi usado no dimensionamento original, esse dimensionamento não atenderia as condições impostas pelo método do DNIT.

O coeficiente estrutural "K" não é especificado para esses materiais novos, portanto utiliza-se o valor igual a 1, para os dimensionamentos pelo método DNIT.

Como análise desses resultados pode-se inferir que: se as espessuras das camadas podem ser reduzidas pela análise mecanicista, há uma possibilidade de verificar os coeficientes estruturais "K" empregados no método DNIT para esses materiais pois, os resultados apontados por esse universo amostral apontaram para essa possibilidade.

As possibilidades de utilização desses materiais geram alguns benefícios ambientais, tais como:

-Menor extração de material novo das jazidas de rochas;

-Nas estradas que são fresadas o material retirado poderá ser reutilizado não havendo a necessidade de deposição no meio ambiente;

-O mesmo acontece com os materiais de demolição de construção, também não serão depositados em botas fora.

Essas atividades geram, no mínimo, quantidades menores de passivos ambientais.

Cabe salientar que, como qualquer outro material novo empregado em camadas de pavimento, deverá ser previamente caracterizado, ensaiado e experimentado para seu emprego na pavimentação. Deve-se verificar, cuidados como origem, absorção, expansão, porosidade, índice de forma, granulometria, entre alguns outros são parâmetros que necessitam de maiores investigações no meio acadêmico. Outro fator importante a salientar é que, o módulo de resiliência adotado para a pesquisa, embora sejam os comumente utilizados para análises paramétricas e estudos de viabilidade, estes podem variar e terem valores distintos para cada tipo de material a depender de suas características.

A continuidade dos testes e das avaliações dos materiais RCD e RAP, inclusive o acompanhamento de estruturas de pavimentos que já utilizam esses materiais,

podem contribuir para verificações que poderão sustentar a aplicabilidade desses materiais para estruturas de pavimentos.

## 7. Conclusão

Os materiais reciclados avaliados neste trabalho por meio de análise mecanicista observando os parâmetros propostos se apresentaram superiores ao material convencional BGS em relação às tensões nos pontos críticos, quando aplicados em camadas de base de pavimentos flexíveis. Considerando as observações feitas nas análises e o espaço amostral experimentado nessa pesquisa, os valores apresentados corroboram com a aplicação dos materiais reciclados em camadas de pavimentos. Esses resultados somados a outros que indiquem essa aplicação, pode proporcionar um avanço, não só estrutural, mas também ambiental, uma vez que haverá redução de extração de materiais de jazidas novas e também a reduzindo passivos ambientais, ou seja, menor deposição de materiais descartados em aterros sanitários.

## 8. Referências

- [1] BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- [2] LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001. 290 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.
- [3] MELO, A. V. S. **Diretrizes para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de resíduos da construção civil**. 2011. 232 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2011.
- [4] WIRTGEN. **Reciclagem a Frio: Tecnologia de reciclagem a frio**, Alemanha, p. 370, 2012. Disponível em: [http://www.wirtgen.de/media/redaktion/pdf-dokumente/03\\_kaltrecycling\\_stabilisierung/\\_allgem\\_ein\\_1/manual/SD\\_HandbuchKaltrecycling\\_PT\\_0113\\_LO.pdf](http://www.wirtgen.de/media/redaktion/pdf-dokumente/03_kaltrecycling_stabilisierung/_allgem_ein_1/manual/SD_HandbuchKaltrecycling_PT_0113_LO.pdf). Acesso em 10 fev 2014.
- [5] BARRETA et al. **VII Jornada de Iniciação Científica – 2011. Estudo comparativo de duas tecnologias diferentes na reciclagem de pavimento asfáltico com espuma de asfalto para utilização em camada de base**. São Paulo, 2011.
- [6] BONFIM, V. **Fresagem de pavimentos asfálticos**. 1 ed. São Paulo: Fazendo Arte, 2000. 112 p.
- [7] DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006 a. 274 p. Disponível em: [http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/manuais/Manual\\_de\\_Pavimentacao\\_Versao\\_Final.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf). Acesso em: 20 jan. 2014.
- [8] MOTTA, R. S. **Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego**. 2005. 134 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.
- [9] BEJA, I. A. **Agregado reciclado de construção e demolição com adição de aglomerantes hidráulicos como sub-base de pavimentos**. 2013. 222 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.
- [10] BRASILEIRO, Luzana Leite, **Utilização de Agregados Reciclados Provenientes de RCD em Substituição ao Agregado Natural do Concreto Asfáltico**, 2013, Dissertação de Mestrado Universidade Federal do Piauí, Teresina.
- [11] PMSP – PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **PMSP/SP ETS-002/2009 - Base de Material Fresado com Espuma de Asfalto**. São Paulo, 2009. Disponível em: [http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/Relat%C3%B3rio%20de%20apresenta%C3%A7%C3%A3o%202010/relatorio\\_de\\_apresentacao\\_2010%5B1%5D.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/Relat%C3%B3rio%20de%20apresenta%C3%A7%C3%A3o%202010/relatorio_de_apresentacao_2010%5B1%5D.pdf). Acesso em: 01 fev. 2014.
- [12] CARNEIRO, A. P.; Burgos, P. C; Alberte, E. P. V. (2001) **Uso do agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimentos. Projeto Entulho Bom. Salvador: EDUFBA / Caixa Econômica Federal**.
- [13] PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. Tese (Doutorado)** - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- [14] DNER (1979), **Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis – Procedimento B** – DNER-PRO 11/79 – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Rio de Janeiro – RJ – 16 pp
- [15] DER/SP – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE SÃO PAULO. **Projeto de pavimentação**. São Paulo: 2006. (IP-DE-P00/001)