

**IAG170-04-2013**  
**EMPREGO DE SIMULADOR DE TRÁFEGO DE PEQUENO PORTE**  
**PARA CONSTRUÇÃO DE REVESTIMENTOS DO TIPO TRATAMENTO**  
**SUPERFICIAL EM LABORATÓRIO**  
**EMPLEO DE SIMULADOR DE TRÁFICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE**  
**REVESTIMIENTOS DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL EN**  
**LABORATORIO**

Synardo L. O. Pereira<sup>1</sup>, Márcio A. G. Vasconcelos<sup>2</sup>, Suelly H. A. Barroso<sup>3</sup> & Paulo R.  
R. Loiola<sup>4</sup>

Universidade Federal do Ceará  
Fortaleza, Brasil

synardo@det.ufc.br<sup>1</sup>, marcio.civil@gmail.com<sup>2</sup>, suelly@det.ufc.br<sup>3</sup>, pauloiola@uol.com.br<sup>3</sup>

## **Resumen**

Los revestimientos delgados tienen una alta prevalencia en pavimentos flexibles en las carreteras brasileñas. En Ceará, situado en el noreste de Brasil, el tratamiento superficial (TS) se utilizan en aproximadamente el 63% de las carreteras estatales pavimentadas. A pesar de su uso generalizado, pocos estudios se han centrado en la dosificación de los materiales constitutivos de un TS. Ante esta realidad, el presente estudio buscó desarrollar un procedimiento para la ejecución y la simulación de los revestimientos del tipo TSD (Tratamiento Superficial Doble) con el uso de un simulador de tráfico pequeño de laboratorio. Por lo tanto, fueron construidas muestras de TSD con dimensiones de 50cm de largo, 18cm de ancho y 10cm de alto. Las muestras fueran moldadas por un compactador de ruedas neumáticas y luego evaluadas con el simulador a través de un cierto número de ciclos buscando simular un tráfico real. Desde los primeros resultados experimentales, se encontró que el procedimiento desarrollado permitió evaluar las tasas de aglutinante y agregado aplicado en el revestimiento TSD. Observando el desgaste sufrido por las placas se verifica la posibilidad de estudiar las mejores dosificaciones de los materiales en un laboratorio. Se cree que el procedimiento propuesto es un comienzo para mejorar la dosificación de los tratamientos superficiales.

## **Resumo**

Os revestimentos delgados apresentam grande predominância nos pavimentos flexíveis das rodovias brasileiras. No Estado do Ceará, localizado na Região Nordeste do Brasil, os Tratamentos Superficiais (TS) são empregados em aproximadamente 63% das rodovias estaduais pavimentadas. Apesar da sua ampla utilização, poucos estudos são voltados para a dosagem dos materiais constituintes de um TS. Diante dessa realidade, o presente trabalho procurou desenvolver um procedimento para execução e simulação de revestimentos do tipo TSD (Tratamento Superficial Duplo) com o emprego de um simulador de tráfego de pequeno porte de laboratório. Para tanto, foram construídas placas nas dimensões de 50cm de comprimento, 18cm de largura e 10 cm de altura. As mesmas foram moldadas em uma mesa compactadora e posteriormente avaliadas com o simulador através de um número determinado de ciclos para tentar simular um tráfego real. A partir dos primeiros resultados experimentais, verificou-se que o procedimento desenvolvido permitiu avaliar as taxas aplicadas de ligante e agregado de um TSD,

investigando o desgaste sofrido pelas placas e assim estudar as melhores taxas de tais materiais em laboratório. Acredita-se que o procedimento proposto representa um início para o aprimoramento da dosagem dos tratamentos superficiais.

## **INTRODUÇÃO**

Os ensaios acelerados, com a utilização dos simuladores de tráfego, buscam avaliar em um curto espaço de tempo o comportamento de um pavimento, bem como as agressões sofridas pelo mesmo, decorrentes do clima, tráfego e tempo de serviço (Fritzen, 2005). Os resultados dos ensaios acelerados podem ser utilizados pelos projetistas para avaliação do aparecimento e evolução de defeitos em diferentes tipos de pavimentos, por exemplo, os delgados. Como exemplos de simuladores de laboratório existentes no Brasil tem-se o simulador de tráfego da Universidade de São Paulo (USP), baseado no modelo francês, o Analisador de Pavimento Asfáltico (APA), do Laboratório da Petrobras e o Sistema Integrado de Simulação de Tráfego Normalizado (SISTRAN) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Ao contrário do que se pode imaginar, parece simples dosar, dimensionar e avaliar um pavimento que apresenta espessuras delgadas. Entretanto, esta não é uma tarefa fácil, uma vez que tal projeto se caracteriza pela comparação de diversas soluções de baixo custo, em busca do custo mínimo, que normalmente conduzirá à adoção de pavimentos com solos e revestimentos de reduzidas espessuras, quase sempre de qualidades inferiores aos utilizados nos pavimentos das rodovias de tráfego intenso e de elevado padrão técnico. No estado do Ceará, localizado na região nordeste do Brasil, grande parte dos revestimentos delgados são do tipo Tratamentos Superficial (TS). Os TSs são empregados em, aproximadamente, 63% de toda a malha rodoviária estadual pavimentada, onde 54% são em Tratamento Superficial Duplo (TSD) e 9% em Tratamento Superficial Simples (TSS) (DERT, 2006).

Larsen (1985) define o TS como um revestimento de pequena espessura, executado pelo espalhamento de ligante e agregado, em operações simples ou múltiplas. O Manual de Pavimentação Betuminosa da Barber-Greene (1963) já destacava a utilização do TS em vários estudos bem sucedidos nos EUA. Segundo Kim (2007), o TS é empregado em aproximadamente 50% das rodovias do estado da Carolina do Norte. É uma opção econômica e tecnicamente viável bastante utilizada no estado do Texas (Rahman 2010), além de se destacar na Nova Zelândia desde 1935 (Towler e Dawson, 2008).

Apesar da ampla utilização dos TSs, poucos estudos são voltados para a dosagem dos seus materiais componentes. Sendo assim, o presente trabalho procurou desenvolver um procedimento para execução e simulação de revestimentos do tipo TSD, em laboratório, com o emprego de um simulador de tráfego SISTRAN. Para tanto, foram construídas placas (50cm de comprimento, 18cm de largura e 10 cm de altura) com uma camada de base de solo-brita, imprimadas com CM-30 e revestidas com TSD que foram submetidas aos ensaios acelerados.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Materiais utilizados na pesquisa**

Os agregados pétreos utilizados na pesquisa foram dois tipos de britas de granulometria diferentes (3/4" e 3/8"), de uma pedreira localizada na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), estado do Ceará, Brasil. Os agregados foram caracterizados segundo os ensaios de granulometria

(DNER-ME 083/98), durabilidade (DNER-ME 089/94), adesividade a ligante betuminoso (DNER-ME 078/94), índice de forma (DNER-ME 086/94), absorção e densidade do agregado graúdo (DNER-ME 081/98) e abrasão *Los Angeles* (DNER-ME 035/98). O ligante empregado no TSD foi a emulsão asfáltica catiônica de ruptura rápida (RR-2C). Para a moldagem das placas com base de solo-brita foi idealizada uma mistura de 50% de um solo da RMF e 50% de brita 3/4" (50-50), baseando-se na especificação ET-DE-P00/006 do Departamento de Estradas e Rodagens do estado de São Paulo (DER-SP).

### **Procedimento desenvolvido para avaliação do desempenho do revestimento TSD**

As atividades envolvidas na avaliação de desempenho do revestimento TSD consistiram da: (1) dosagem do revestimento, (2) moldagem da base de solo-brita e (3) confecção das placas de revestimento TSD. Uma vez construídas, as placas foram submetidas ao simulador de tráfego de laboratório SISTRAN.

#### *Dosagem dos revestimentos*

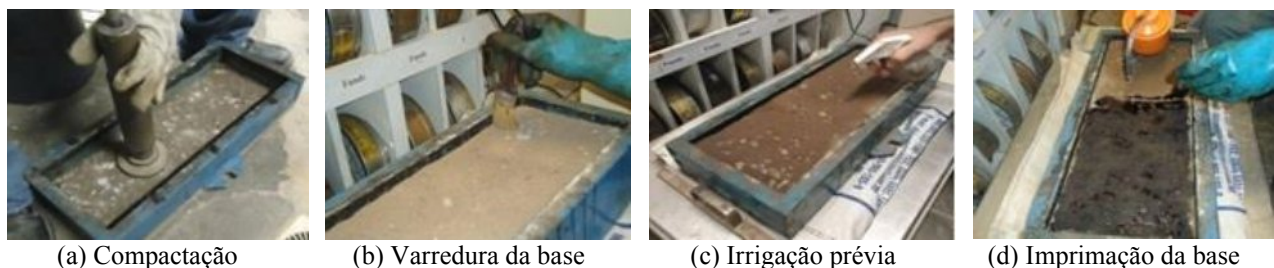
Empregou-se o método de dosagem do TSD recomendado pela especificação DERT-ES-P 11/00 do Departamento Estadual de Rodovias do estado do Ceará (DER-CE), onde optou-se por trabalhar com a classe II – III (5/8" - 3/8") para a 1ª camada e (3/8" - 1/4") para a 2ª camada. Calculou-se a taxa de agregado (Tag) em L/m<sup>2</sup> e a taxa de ligante (RR-2C) estimada para aplicação na 1ª e 2ª camadas. Ressalta-se que as taxas recomendadas, pela referida especificação, muitas vezes podem ser ineficientes dependendo do material utilizado.

#### *Moldagem das placas de TSD*

A confecção das placas de TSD visou avaliar o desempenho das mesmas quando submetidas ao simulador de tráfego de laboratório, comparando-as em termos de deflexão, desgaste e avaliação da macrotextura e microtextura.

Na moldagem das placas de solo-brita adotou-se o seguinte procedimento: a) preparação da mistura de solo-brita na umidade ótima; b) moldagem das placas em quatro camadas na energia modificada com 236 golpes por camada; c) concluída a compactação, realizou-se o ensaio de densidade "*in situ*" visando analisar o grau de compactação (GC) com o uso do frasco de areia; d) secagem das placas de solo-brita em estufa aquecida a 60°C durante 24h; e) imprimação betuminosa segundo a metodologia desenvolvida por Rabêlo (2006), e; f) após o término da imprimação, as placas foram novamente secas em estufa para cura a 60° durante um período de 24h. A Figura 1 ilustra as etapas de moldagem e imprimação da base das placas de solo-brita.

**Figura 1: Etapas de moldagem e imprimação das placas de solo-brita**



Alguns autores como Rabêlo (2006), Vasconcelos (2009) e Silva (2010) têm estudado a avaliação da imprimação betuminosa sobre solos do estado do Ceará. Utilizou-se o asfalto diluído de cura média (CM-30), a uma temperatura de 50°C, com uma taxa de 1,0 L/m<sup>2</sup> que foi aplicada sobre a base de solo-brita e considerada satisfatória para um valor de penetração entre 4 e 10mm.

Depois da realização de alguns testes, idealizou-se o seguinte procedimento para moldagem das placas com revestimento do tipo TSD: a) aplicação da 1ª taxa de ligante (RR-2C) a 60°C; b) aplicação da 1ª taxa de agregado; c) retirada do excesso de agregado e verificação da taxa aplicada; d) compactação da 1ª camada realizada através de três ciclos de cinco passadas do pneumático com uma pressão de 200kg, totalizando quinze passadas; e) aplicação da 2ª taxa de ligante (RR-2C) a 60°C; f) aplicação da 2ª taxa de agregado; g) retirada do excesso e compactação da 2ª camada de agregado; h) aplicação do banho diluído de emulsão e água na proporção de 1:1. A compactação dos revestimentos obedeceu à norma francesa NF P 98-250-2 (AFNOR, 1991a) - *Preparation des Mélanges Hydrocarbonés*. A Figura 2 **Error! Reference source not found.** ilustra a sequência das atividades realizadas na moldagem das placas que foram submetidas ao simulador de tráfego de laboratório SISTRAN.

**Figura 2: Etapas desenvolvidas na moldagem dos revestimentos TSD**



Após a confecção do revestimento as placas foram secas em estufa a 60°C por 24h e depois de resfriadas, submetidas ao ensaio com o simulador de tráfego. O procedimento para construção do TSD em laboratório se originou dos estudos de Loiola (2009), Pereira (2010) e Pereira *et al.* (2011) que avaliaram o desgaste sofrido pelos revestimentos através do ensaio *Wet Track Abrasion Test* (WTAT).

#### *Avaliação das placas de TSD no simulador de tráfego SISTRAN*

O ensaio para avaliação das placas de TSD em um simulador de tráfego foi realizado tendo como base a norma francesa NF P98-253-1 (AFNOR, 1991b) - *Déformation Permanente des Mélanges Hydrocarbonés* e teve como objetivo acompanhar os efeitos exercidos pelo carregamento simulado nas placas de TSD. Os ensaios realizados consistiram na avaliação do desgaste superficial e desagregação (o material solto foi retirado e pesado), macrotextura (através do

ensaio de mancha de areia - ASTM-E-303-93) e microtextura (através do ensaio de pêndulo britânico - ASTM E 965-96). Os ensaios de macrotextura e microtextura foram realizados antes e depois da aplicação do carregamento do simulador de tráfego.

O ensaio realizado pelo simulador de tráfego de pequeno porte consistiu da aplicação de uma carga de 75kg na placa de TSD através de um pneumático. Na realização de cada ensaio foram utilizadas duas placas confeccionadas com taxas iguais. O procedimento do ensaio foi imaginado, baseando-se na avaliação de deformação permanente descrito na norma francesa NF P98-253-1 (AFNOR, 1991b) que consiste basicamente na medição da profundidade de afundamento em posições previamente demarcadas sobre as placas através de um molde.

Na definição do carregamento tentou-se empregar a norma francesa NF P98-253-1, recomendada para mistura a quente, onde se usa um carregamento de 500kg. No entanto verificou-se que, para o caso do TSD, este carregamento praticamente deteriorou todo o revestimento após a passagem dos 100 primeiros ciclos de carga. Experimentou-se reduzir a carga pela metade, mas as dificuldades persistiram. Após vários testes, decidiu-se por aplicar uma carga menor de 75kg que possibilitou acompanhar a evolução do desgaste ao longo dos ciclos para um revestimento mais esbelto como é o caso dos TSs.

Em função da irregularidade superficial do revestimento TSD, avaliou-se apenas o afundamento e o desgaste sofrido pelas placas através de diferentes ciclos de passagem do simulador. Foi realizada uma avaliação superficial e pesagem dos agregados soltos para um carregamento de 100, 300, 500, 1000, 3000, 5000, e 10000 ciclos.

De forma geral, podem-se resumir todas as etapas realizadas na moldagem das placas de TSD através da seguinte sequência: a) compactação da base de solo-brita; b) confecção do revestimento TSD; c) avaliação da textura com o ensaio de mancha de areia e pêndulo antes da submissão das placas ao simulador; d) realização do ensaio com os pares de placas no simulador; e) avaliação visual do desgaste para os diferentes ciclos do simulador; f) remoção e pesagem dos agregados soltos após cada ciclo do ensaio; g) avaliação da textura através do ensaio de mancha de areia e pêndulo após o término do carregamento. A Figura 3 ilustra o procedimento adotado.

**Figura 3: Etapas desenvolvidas nas placas de TSD**



(a) Compactação da base de solo-brita



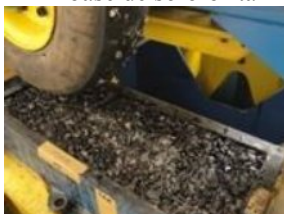
(b) Confecção do TSD



(c) Ensaio de mancha antes do simulador



(d) Ensaio de pêndulo antes do simulador



(e) Ensaio em execução



(f) Avaliação do afundamento



(g) Retirada do agregado solto



(h) Ensaio de pêndulo após o simulador



As etapas apresentadas na Figura 3, cuja sequência de atividades foi anteriormente comentada, resultaram em um período médio de 9 dias para a moldagem das placas de TSD e realização de todos os ensaios.

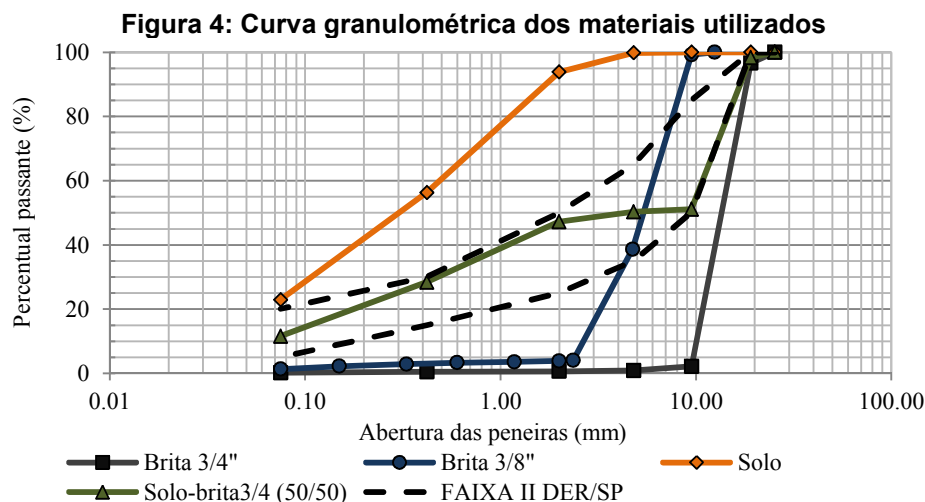
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Resultados de caracterização dos materiais utilizados na pesquisa

Os resultados dos ensaios de caracterização dos materiais estudados indicaram a viabilização dos mesmos para uso em pavimentação. Na mistura de solo-brita 50/50, o ensaio de compactação e CBR foram realizados na energia modificada, obtendo-se valores de massa específica seca máxima de 2,297g/cm<sup>3</sup>, umidade ótima de 6,0% e CBR de 164%. Também se verificou o grau de compactação das placas de solo-brita moldadas através do ensaio de densidade *in situ* e obteve-se um valor de 100%.

**Tabela 1: Resultados de caracterização dos agregados pétreos**

Agregado	Durabilidade (%)	Adesividade	Índice de Forma	Densidade Aparente	Absorção (%)	Abrasão Los Angeles (%)
Brita 3/4	1,75	Satisfatória	0,87	2,70	0,6	39
Brita 3/8	7,40	-	0,69	2,66	1,2	27



A Tabela 1 apresenta resumidamente os valores obtidos para os ensaios de caracterização dos agregados pétreos. Já a Figura 4 ilustra a curva granulométrica dos agregados pétreos, do solo natural e da mistura solo-brita 50-50 (com a faixa II do DER/SP para a mistura de solo-brita).

### Resultados da dosagem do TSD

O TSD foi dosado segundo o procedimento da especificação DER-ES-P 11/00, para a classe granulométrica II-III, onde se obteve a taxa de agregado ( $T_{ag}$ ) e posteriormente a taxa de emulsão (RR-2C). Os valores obtidos podem ser visualizados na Tabela 2.

**Tabela 2: Resultados obtidos na dosagem do TSD**

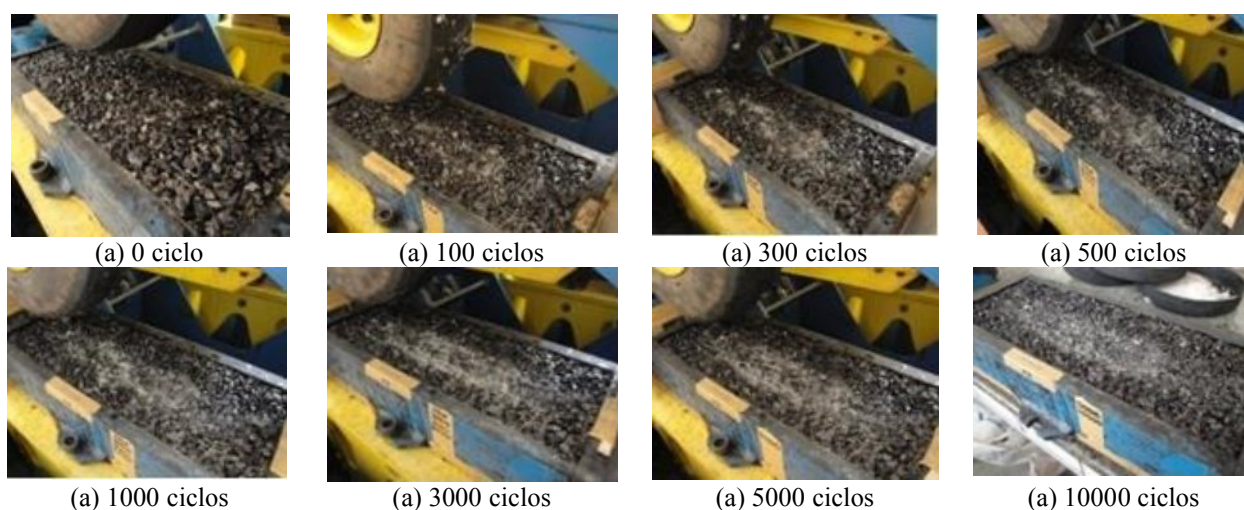
Taxas	Agregados (L/m <sup>2</sup> )			Emulsão asfáltica RR-2C (L/m <sup>2</sup> )			
	1 <sup>a</sup> camada	2 <sup>a</sup> camada	Total	1 <sup>a</sup> camada	2 <sup>a</sup> camada	3 <sup>a</sup> camada	Total
DERT-ES-P11/00	12,10	8,90	21,10	0,94	0,92	0,50	2,36
Método da bandeja	14,95	8,37	23,32	1,04	1,07	0,50	2,61

Observa-se que os valores fornecidos pela especificação DERT-ES-P11/00 apresentam um indicativo quanto aos valores das taxas de agregados e de ligantes a serem aplicadas na confecção do revestimento. A mesma especificação ressalta a importância da verificação da taxa de agregado com a utilização do método da bandeja ou mosaico. Tal método consiste em colocar o agregado sobre uma bandeja de área conhecida (50×50cm), a fim de preencher ao máximo a área da bandeja, evitando superposição de partículas. Os agregados da 2<sup>a</sup> camada do TSD são colocados sobre a 1<sup>a</sup> camada para preenchimento do revestimento. Para serviços de maior importância, sugere o teste em verdadeira grandeza, utilizando trechos de 40m por faixa de tráfego quando houver necessidade.

*Resultados das placas de TSD submetidas ao simulador de tráfego*

Devido ao aspecto rugoso e irregular da superfície do TSD, a avaliação e acompanhamento da deformação realizada de acordo com a norma francesa NF P98-253-1 não foi possível de ser realizada. Desta forma, achou-se razoável avaliar o desgaste e a deformação do material através do acompanhamento visual e registro fotográfico para cada ciclo ensaiado. O TSD foi submetido ao carregamento de 75kg aplicado pelo pneumático, sendo avaliado visualmente nos seguintes pontos de parada: 100, 300, 500, 1000, 3000, 5000 e 10000 ciclos. A Figura 5 ilustra o comportamento das placas ensaiadas para os diversos ciclos.

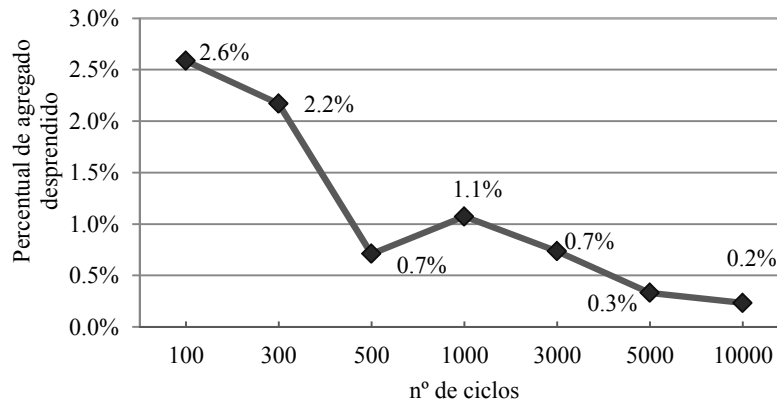
**Figura 5: Evolução do desgaste das placas de TSD pelo simulador de tráfego**



Observando-se a Figura 5, comprova-se que a evolução do desgaste se deu ao longo do incremento do número de ciclos, conforme esperado. Verificou-se nas placas de TSD uma maior desagregação inicial dos agregados constituintes da 2<sup>a</sup> camada, e uma redução dessa perda de massa de agregado ao longo do aumento do número de ciclos. No ensaio realizado com 100 e 300 ciclos é possível visualizar os agregados aderidos ao pneumático. Esse comportamento pode ser

justificado pelo fato de que ao longo do carregamento as partículas de agregado foram se acomodando e fornecendo um melhor travamento. A Figura 6 ilustra o percentual de agregado desprendido da 2ª camada da placa de TSD-AM em comparação à taxa inicialmente aplicada.

**Figura 6: Massa de agregado desprendida da placa de TSD em percentual**



O aparecimento de trilha de roda devido à acomodação do material foi inicialmente visualizado com 300 ciclos de carregamento. A altura de afundamento teve uma maior variação até os 3000 ciclos. Já para os carregamentos de 5000 e 10000 ciclos não foi observado alterações significativas ao longo da execução do ensaio.

O critério de parada na realização do ensaio foi estabelecido visualmente pelo nível de desgaste ao longo do mesmo. Observou-se, experimentalmente, para 10000 ciclos aplicados pelo pneumático que um aumento do número de ciclos implicaria consequentemente em um maior desgaste das placas, inviabilizando, assim, a realização dos ensaios de avaliação da textura dos materiais.

Os ensaios relativos à macrotextura e microtextura das placas de TSD-AM foram realizados antes e depois da aplicação dos ciclos de carga pelo simulador. As leituras tiveram o objetivo de acompanhar a evolução do desgaste através da textura dos revestimentos, aspecto de fundamental importância ao longo da vida útil de uma rodovia. A Tabela 3 ilustra os resultados obtidos.

**Tabela 3: Resumo dos ensaios de textura realizados nas placas de TSD**

MICROTEXTURA				
Placas	VRD		Classificação	
	Antes	Depois	Antes	Depois
TSD	79	70	Muito rugosa	Rugosa
MACROTEXTURA				
Placas	HS (mm)		Classificação	
	Antes	Depois	Antes	Depois
TSD	4,68	2,82	Muito grosseira ou muito aberta	Muito grosseira ou muito aberta

Os valores de VRD constatados antes e depois da realização do ensaio com o simulador atestaram o aspecto rugoso da microtextura do TSD. Quanto à macrotextura os resultados indicaram que o TSD pode ser classificado como um revestimento de superfície muito grosseira ou muito aberta. Recomenda-se para o VRD o valor mínimo de 47 para garantir ao menos uma microtextura



medianamente rugosa, enquanto para a macrotextura recomendam-se valores de HS na faixa entre 0,6mm e 1,2mm (Bernucci *et al.*, 2010).

## **CONCLUSÕES**

Na avaliação dos materiais utilizados, realizou-se uma série de ensaios visando à obtenção de parâmetros exigidos pelas normas técnicas para liberação desses materiais para fins de pavimentação. De maneira geral, observou-se que os materiais estudados, apresentaram resultados satisfatórios quanto à sua utilização em pavimentos rodoviários.

Na avaliação do desgaste realizada para as placas de TSD, verificou-se que a evolução da desagregação se deu ao longo dos ciclos. Constatou-se o arrancamento do agregado mineral apenas da 2ª camada e uma formação de trilha de roda devido à acomodação do material pela compactação do pneumático. Quanto à avaliação da textura, verificou-se que os valores medidos nos ensaios de mancha de areia e pêndulo britânico não apresentaram mudanças muito significativas quando submetidos ao carregamento do simulador de tráfego.

A carga de 75 kg aplicada pelo pneumático foi considerada satisfatória para a avaliação de revestimentos do tipo TSD, tendo em vista permitir um acompanhamento do desgaste do revestimento ao longo do ensaio de forma gradual. Diante dos resultados observados nesta pesquisa, a utilização da carga de 500 kg, conforme recomendada pela norma francesa NF P98-253-1, não é recomendada para revestimentos do tipo tratamento superficial.

Considera-se a metodologia desenvolvida ao longo do presente trabalho como a principal contribuição da pesquisa. A metodologia desenvolvida possibilitou a criação de um procedimento para avaliação de revestimentos esbeltos em simulador de tráfego de laboratório. Assim, pode-se atestar o emprego de materiais alternativos (novos ligantes ou agregados oriundos de resíduos industriais, por exemplo) para aplicação em revestimentos do tipo tratamento superficial.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Capes pelas bolsas de mestrado cedidas ao autor e co-autor.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AFNOR - Association Française de Normalisation. NF P98-250-2: Preparation de mélange hydrocarbonés: partie 2: compactage des plaques. Paris, 1991a.
- AFNOR - Association Française de Normalisation. NF P98-253-1: Déformation permanente des mélanges hydrocarbonés: partie 1: essai d'orniérage. Paris, 1991b.
- ASTM - American Society for Testing and Materials. ASTM E 303-93: standard test method for measuring frictional proper using the British pendulum tester. USA, 1998.
- ASTM - American Society for Testing and Materials. ASTM E 965-96: standard test method for measuring pavement macrotexture depth using a volumetric technique. USA, 2001.
- Barber-Greene. Manual de Pavimentação Betuminosa. São Paulo. Barber-Greene do Brasil Ind. e Com. S/A, 1963.
- Bernucci, L. B., Motta, L. M. G., Ceratti, J. A. P. e Soares, J. B. (2010); Pavimentação Asfáltica. Formação Básica para Engenheiros. 3ª. Reimpressão. Rio de Janeiro. Petrobras. Abeda.
- DNER-ME 083/98. Agregados - Análise granulométrica, 1998.

DNER-ME 081/98. Agregados - Determinação da absorção e da massa específica de agregado graúdo, 1998.

DNER-ME 086/94. Agregados - determinação do índice de forma, 1994.

DNER-ME 089/94. Agregados - Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio, 1994.

DNER-ME 078/94. Agregado Graúdo - Adesividade a ligante betuminoso, 2004.

DNER-ME 035/98. Agregados - determinação da abrasão Los Angeles, 1998.

DER-ET-P 00/06. Sub-base ou base de solo brita. Especificação Técnica, 2006.

DER-ES-P 11/00. Tratamento Superficial Duplo. Especificações Gerais para Serviços e Obras Rodoviárias. Pavimentação, 2000.

DER-Ce - Informativo Gerencial (Edição Comemorativa). Fortaleza/Ce, 236p, 2006.

Fritzen, M. A. Avaliação de Soluções de Reforço de Pavimento Asfáltico com Simulador de Tráfego na Rodovia Rio Teresópolis. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2005.

Larsen, J. Tratamento Superficial na Conservação e Construção de Rodovias. Abeda. Rio de Janeiro, 1985.

Lee, J. S. Performance Based Evaluation of Asphalt Surface Treatments Using Third Scale Model Mobile Loading Simulator. North Carolina State University. North Carolina, USA, 2007.

Loiola, P. R. R. Estudo de Agregados e Ligantes Alternativos para Emprego em Tratamentos Superficiais de Rodovias / Estado do Ceará / Dissertação de M.Sc., UFC, Fortaleza, CE, 2009.

Pereira, S. L. O. Avaliação de Tratamentos Superficiais de Rodovias Através de Análise de Laboratório. Projeto de Graduação. Curso de Engenharia Civil/UFC. Fortaleza, CE, 2010.

Pereira, S. L. O., Loiola, P. R. R., Barroso, S. H. A. Desenvolvimento de um Procedimento de Laboratório Adaptado para Selecionar Taxas de Agregados e Ligantes para Construção de Tratamentos Superficiais de Rodovias. XVI CILA – Congresso Ibero-Latinoamericano do Asfalto, no Rio de Janeiro, 2011.

Rabelo, A. N. Contribuição ao Estudo da Imprimação Betuminosa das Bases Rodoviárias do Estado do Ceará. Dissertação, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2006.

Rahman, S. Effectiveness of thin Surface Treatment in Kansas. Kansas State University / Master of Science. Manhattan, Kansas (USA), 2010.

Silva, B. T. A. Utilização de materiais alternativos para a construção de pavimentos urbanos na região metropolitana de Fortaleza. Dissertação, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2010.

Towler, J. e Dawson, J. History of Chipsealing in New Zealand – Hanson TO P/17. 1st Sprayed Sealing Conference. Adelaide. Australia, 2008.

Vasconcelos, M. A. G. Primeiro Estudo da Aplicação de Biodiesel como Material Alternativo para a Imprimação Betuminosa de Pavimentos Rodoviários. Monografia. Universidade Federal do Ceará, 2009.