



26º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 49ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

PROPOSTA DE ANÁLISE DE DESEMPENHO DE RECICLAGEM DE PAVIMENTO *IN SITU* COM EMULSÃO ASFÁLTICA: Estudo de caso em uma via urbana de Curitiba/PR

Douglas Antônio Thiel¹; Matheus David Inocente Domingos²; Allan Monteiro Silva¹; Yan Gorski de Campos Malta³; Rafael Marçal Martins de Reis¹; Joel Silveira³.

RESUMO

A condição ruim do estado de conservação de grande parte das rodovias brasileiras promove a busca por técnicas de recuperação de pavimentos, aliado a reutilização do *reclaimed asphalt pavement* (RAP). Neste sentido, a reciclagem de pavimentos se apresenta como uma opção. Os principais agentes aglomerantes utilizados na reciclagem de pavimentos são o cimento Portland e a emulsão asfáltica. Em se tratando da emulsão asfáltica, ainda não há consenso sobre o comportamento de misturas recicladas com este aglomerante. Em face disto, a presente proposta de pesquisa se baseia na análise mecânica da mistura reciclada com emulsão asfáltica de engenharia para reciclagem quanto ao desempenho desta mistura sob duas óticas de comportamento: uma delas sendo a mistura suscetível a trincamentos por fadiga, e a segunda analisando-se a mistura como material granular sujeito à deformação permanente. Em face disto, estudos de laboratório serão conduzidos a fim de cumprir este objetivo do trabalho. Em paralelo, foi executado um trecho de reciclagem com emulsão asfáltica na Rua Nicola Pellanda, em Curitiba/PR. A mistura utilizada na obra foi dosada com base na norma FDR201A da *Asphalt Recycling and Reclaiming Association*, publicada em 2018. O objetivo da execução da obra é subsidiar com dados de campo a análise do comportamento da mistura, por meio de *softwares* de análise e dimensionamento mecanístico-empíricos. Espera-se com a pesquisa entender o comportamento mecânico de misturas recicladas com emulsão asfáltica, contribuir para a disseminação da técnica de execução e redigir proposta de especificação normativa nacional.

PALAVRAS-CHAVE: emulsão asfáltica; reciclagem; pavimentos.

ABSTRACT

The bad conservation of a large part of Brazilian highways promotes the search for pavement recovery techniques, combined with the reuse of reclaimed asphalt pavement (RAP). For this, recycling pavements presents itself as an option. The main binding agents used in recycling pavements are asphalt emulsion and Portland cement. The use of asphalt emulsion has generate no consensus about the behavior of mixtures recycled with this binder. Therefore, the present proposal research is based on the mechanical analysis of a recycled mixture with engineering recycling asphalt emulsion regarding the performance of this mixture from two behavioral perspectives: one of them being the mixture susceptible to fatigue cracking, and the second analyzing the mixture as a granular material subject to permanent deformation. Laboratory studies will be programmed to fulfill this work objective. In parallel, a recycling section with asphalt emulsion was carried out on Nicola Pellanda street, in Curitiba/PR. The mixture used in the construction was dosed based on the FDR201A standard of the Asphalt Recycling and Reclaiming Association, published in 2018. The objective of carrying out the pavement recycling is to support the analysis of the mixture's behavior with field data, using mechanistic-empirical analysis and design from specific softwares. The research is expected to understand the mechanical behavior of recycled mixtures with asphalt emulsion, contribute to disseminate the execution technique and write the proposal for a national standard with asphalt emulsion used in pavements recycling.

KEY WORDS: asphalt emulsion; recycling; pavements.

¹ E-Vias Tecnologia em Infraestrutura Viária Ltda., douglas.thiel@e-vias.com.br; allan@e-vias.com.br; rafaelreis173@gmail.com.

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná, matheusdomingos@utfpr.edu.br.

³ Compasa do Brasil, yan@compasa.com.br; joel.silveira@compasa.com.br.



INTRODUÇÃO

O Brasil é um País que optou majoritariamente pelo modal rodoviário para escoamento de produção e transporte de pessoas. A maioria dos pavimentos é composta por Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ), também designado como mistura asfáltica a quente. Apesar dessa relevância, grande parte das rodovias brasileiras possui estado de conservação ruim. Dados da Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2023) estimam que houve um aumento de quase 33% no custo do transporte rodoviário em relação a 2022, tendo em vista justamente esta má conservação dos pavimentos rodoviários. Em se tratando do estado do Paraná, a CNT (2023) evidenciou que 43,7% das rodovias analisadas apresentaram condição de conservação regular, ruim e péssima.

Tais dados trazem um alerta quanto às técnicas de recuperação de pavimentos, que, além de suprir as necessidades de trafegabilidade, também permitam reaproveitar os materiais existentes. A reciclagem de pavimentos *in situ* tem se mostrado uma opção para a recuperação de revestimentos degradados. A reciclagem de pavimentos *in situ* é indicada para o tratamento de defeitos como camadas trincadas, ondulações, trilhas de roda e correção de greide (ABEDA, 2018). A principal vantagem deste tipo de recuperação de pavimentos reside na reutilização do material fresado, o RAP (*reclaimed asphalt pavement*), que costuma ser destinado a bota-foras na maioria dos casos (ALMEIDA *et al.*, 2014).

O processo de reciclagem de pavimentos *in situ* consiste na fresagem do revestimento, podendo incluir também a base (total ou parcial). Juntamente com o processo de trituração das camadas do pavimento, há também a adição de material um material aglutinante como cimento Portland ou emulsão asfáltica. Isto é feito para aglomerar as partículas de agregados em uma nova camada. A adição de material granular virgem para correção granulométrica e *filler* também são admitidos. A mistura reciclada pode atuar como base para novo revestimento ou, por si só, servir como revestimento (ABEDA, 2018).

Estudos têm sido conduzidos para analisar o comportamento mecânico do cimento Portland e da emulsão asfáltica como agentes aglomerantes na reciclagem de pavimentos. A adição de cimento na mistura reciclada acarreta um aumento no módulo de resiliência e na resistência à tração do material. Também são relatados efeitos positivos na redução da deformação permanente. A emulsão asfáltica promove ligações entre as partículas de agregado, resultando em aumento da coesão e da resistência à deformação permanente. Por outro lado, a utilização de emulsão como agente aglomerante resulta em comportamento viscoelástico da mistura devido



às características do ligante asfáltico. Consequentemente, variáveis como frequência de carregamento e temperatura podem interferir no desempenho de camadas recicladas com emulsão asfáltica (KAVUSSI; MODARRES, 2010).

No Brasil, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) publicou a norma 167/2013-ES (DNIT, 2013), que trata do método de dosagem e de execução de reciclagem *in situ* utilizando o cimento Portland como agente aglomerante. Entretanto, ainda não há consenso sobre procedimentos de dosagem e execução nas especificações nacionais e estrangeiras a respeito da utilização de emulsão asfáltica na reciclagem de pavimentos (FEDRIGO; NUNES; VISSER, 2020).

Em face desta lacuna sobre o processo mais adequado de dosagem e execução de reciclagem de pavimentos *in situ* utilizando emulsão asfáltica, estudos têm sido conduzidos para avaliar o comportamento de misturas recicladas com a emulsão. Lee, Wilson e Hassan (2017) seguiram abordagem de análise do comportamento mecânico de camadas recicladas com emulsão asfáltica por meio de ensaios triaxiais dinâmicos, considerando tensões de topo e de confinamento nos corpos de prova. Nesta hipótese, a camada produto da reciclagem é tratada como material granular aglutinado com emulsão e suscetível a danos por deformação permanente, proveniente das tensões cisalhantes. Também se verificou que a tensão confinante exerce influência no módulo de resiliência do material. Almeida *et al.* (2014) seguiram a mesma abordagem e verificaram o comportamento de misturas recicladas *in situ* por meio da aplicação de tensões desvio e de confinamento.

Já Fedrigo, Nunez e Visser (2020) tem indicado que o trincamento por fadiga é um dos principais mecanismos de ruptura deste tipo de camada. Nesta abordagem, tanto o módulo de resiliência quanto a curva de fadiga seriam determinados por meio da aplicação de tensões de carregamento e descarregamento via diametral.

Diante do exposto, o objetivo principal do estudo em questão reside na verificação do comportamento mais adequado para descrever misturas de reciclagem *in situ* com emulsão asfáltica. Também foram considerados dois critérios de ruptura (fadiga e deformação permanente) para uma análise mecanístico-empírica de dimensionamento de pavimentos com este tipo de material.

DOSAGEM DA MISTURA RECICLADA

Para cumprir o objetivo principal da pesquisa, foi selecionado um trecho da rua Nicola Pellanda, Bairro Umbará, em Curitiba/PR. Conforme mostrado nas Figuras 1a e 1b, a rua em questão apresentava inúmeros defeitos, sobretudo trilhas de roda, trincas isoladas e interligadas, desgaste e remendos. Um levantamento visual



contínuo (LVC) nesta rua e segundo a norma DNIT 008/2003-PRO (DNIT, 2003) resultou em um índice de gravidade global expedito (IGGE) de 277, o que classifica o estado da superfície como péssimo. Tal classificação implica uma reconstrução do pavimento. Este LVC ocorreu em uma extensão de 2 km, segmentada em dois trechos: o primeiro, com 850 m e início nas coordenadas geográficas $25^{\circ}36'32''\text{S}$ $49^{\circ}16'37''\text{W}$ e término nas coordenadas $25^{\circ}36'08''\text{S}$ $49^{\circ}16'37''\text{W}$. O segundo trecho tem uma extensão de 1.150 m, com início nas coordenadas $25^{\circ}35'11''\text{S}$ $49^{\circ}16'28''\text{W}$ e término nas coordenadas $25^{\circ}34'38''\text{S}$ $49^{\circ}16'31''\text{W}$.

Após a realização do LVC, procedeu-se à coleta de amostras de RAP+base. Para isso, uma recicladora da marca Wirtgen foi utilizada na coleta das amostras. A fresagem da pista ocorreu a uma profundidade de 18 cm, o que compreende todo o revestimento asfáltico (espessura variando de 5,5 a 10,0 cm) e o restante composto por base de brita graduada simples. O material produzido pela recicladora foi coletado em 04 pontos, sendo dois em cada um dos trechos supracitados. As amostras foram transportadas até o Laboratório Central da empresa E-VIAS para caracterização e dosagem de mistura reciclada com emulsão asfáltica.



Figura 1. a) Visão geral do pavimento da rua Nicolla Pellanda; b) Realce para as trincas interligadas tipo couro-de-jacaré encontrados na Rua Nicola Pellanda

Para fins de dosagem da mistura reciclada RAP+base e emulsão asfáltica, utilizou-se a norma norte-americana FDR201A (ARRA, 2018). De acordo com este método, a inserção de material de *filler* é admitida e foi escolhido nesta pesquisa o teor de 1% de cimento Portland tipo CP IV F-32. Estudos que combinam emulsão e cimento



como agente acelerador do processo de rompimento da emulsão já foram conduzidos (ALMEIDA *et al.*, 2014).

Inicialmente, foi conduzido o processo de determinação do teor ótimo de fluidos e da densidade máxima aparente seca (γ_{max}), conforme a norma DNER-ME 162/94 (DNER, 1994b). Os resultados obtidos foram um teor ótimo de fluidos igual a 6,5% e $\gamma_{max} = 2,086 \text{ g/cm}^3$. Posteriormente, foi obtida a granulometria da amostra segundo a norma DNER-ME 083/98 (DNER, 1998). A distribuição granulométrica do material pode ser conferida na Figura 2. Nota-se que esta distribuição granulométrica, referente à média de todas as amostras colhidas em campo, atende aos pontos de controle citados na especificação FDR201A (ARRA, 2018). Na prática, o enquadramento da granulometria nestes pontos de controle dispensa a composição com material virgem adicional. Também, foi calculada a curva de densificação máxima segundo a equação de Fuller-Talbot (Figura 2), a qual está próxima da granulometria original do material coletado em campo. Materiais com bom índice de densificação tendem a ter bom comportamento mecânico, especialmente quanto à deformação permanente (BERNUCCI *et al.*, 2022).

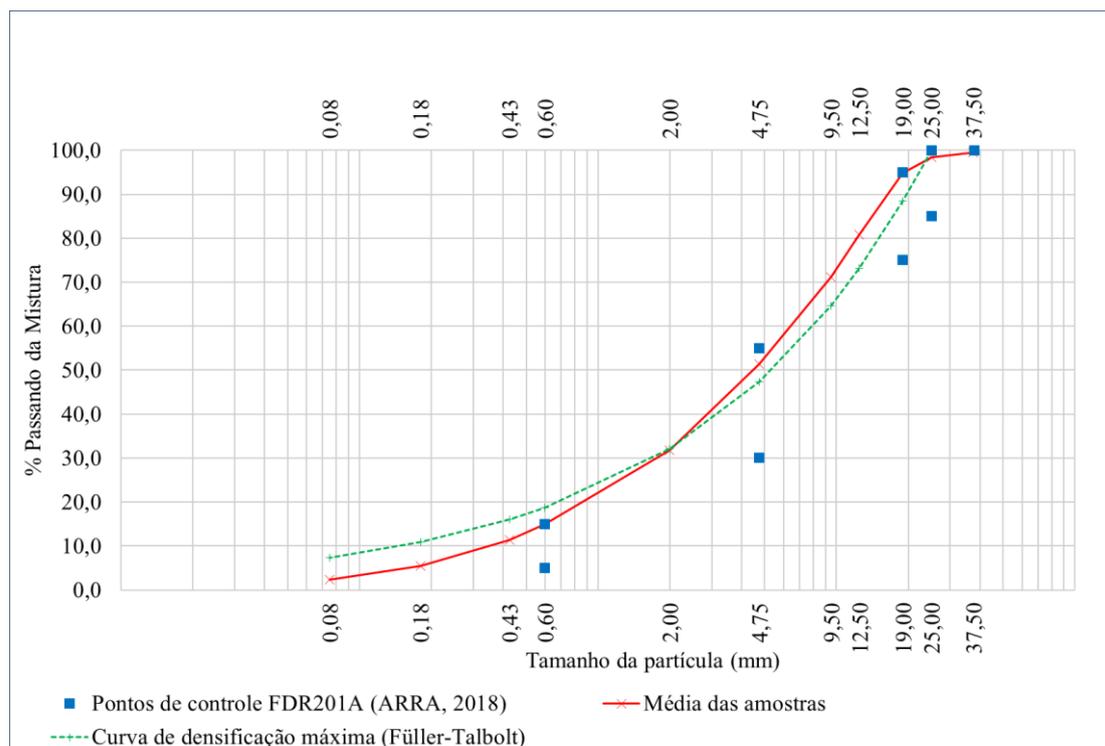


Figura 2. Distribuição granulométrica da média das amostras de RAP coletadas em campo

Para a produção das misturas recicladas, foi selecionada uma emulsão asfáltica de engenharia, com propriedades adequadas de mistura, cura e coesão em relação ao



material a ser reciclado. As características e parâmetros limites estabelecidos para produção industrial desta emulsão (EARP) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da caracterização da emulsão asfáltica utilizada na dosagem das misturas recicladas

TIPOS DE ENSAIOS	UNIDADE	VALORES ESPECIFICADOS		RESULTADOS
		LIM. MÍNIMO	LIM. MÁXIMO	
Carga de partícula	-	positiva	-	positiva
Viscosidade Saybolt-Furol, 50°C	s	-	70	18
Sedimentação, 5 dias	(%)	-	5	2,6
Peneiramento, peneira 0,84 mm	(%)	-	0,1	0,02
Resíduo por evaporação	(%)	60	-	62,4
pH	-	-	6,5	2,8

Conforme disposto na norma ARRA (2018), a produção das misturas deve ocorrer em misturador mecânico e pelo tempo máximo de 60 s. A norma prevê que seja definido um teor de emulsão, a partir do qual se deva variar $\pm 0,5\%$ e $\pm 1,0\%$. Neste sentido, tendo sido arbitrado o valor de 3,5%, foram produzidas misturas com teores de 2,5, 3,0, 3,5, 4,0 e 4,5% de emulsão. Além do percentual de emulsão, também foi adicionada água em cada uma das misturas para atingir o teor ótimo de fluidos (6,5%). Todas as misturas continham também 1% de cimento Portland. Antes da compactação, determinadas amostras foram separadas para obtenção da densidade relativa máxima medida (G_{mm}) conforme norma DNIT 427/2020-ME (DNIT, 2020). Logo após o processo de mistura, as amostras foram colocadas em sacos herméticos para cura durante 30 min e a uma temperatura controlada de 40°C. Na sequência, foram moldados seis corpos de prova para cada um dos teores no compactador giratório Superpave (CGS). Foram utilizados moldes cilíndricos com diâmetro de 150 mm e altura desejada de 75 mm. A massa adicionada em cada corpo de prova foi obtida por meio do valor de γ_{max} identificado no ensaio de compactação. No CGS, cada corpo de prova foi submetido a 30 giros, com ângulo de 1,25° e pressão de 600 kPa.

Após a produção dos corpos de prova, estes foram inseridos em forno de ventilação forçada para cura. A temperatura foi fixada em 60°C, sendo que as amostras permaneceram nesta condição pelo período de 36 h. Na sequência, todos os corpos de prova foram retirados e deixados em sala com temperatura controlada em 25°C e por um tempo de 16 h.

Três corpos de prova foram então moldados para cada um dos teores acima e submetidos ao ensaio de resistência à tração por compressão diametral (RTCD) (DNIT, 2018c). O método de dosagem da mistura reciclada prevê que seja utilizado como um critério de aceitação o teor de emulsão asfáltica no qual o resultado deste ensaio seja maior que 276 kPa. Ainda, outros três corpos de prova de cada teor foram



submetidos ao processo de saturação por meio de imersão em água e vácuo entre 2 e 10 psi. O vácuo foi aplicado até a saturação nos corpos de prova em teores entre 55 e 75%. Tais corpos de prova condicionados foram igualmente submetidos ao ensaio de RTCD, cujo resultado deve ser de pelo menos 172 kPa segundo os critérios da ARRA (2018).

Um resumo das condições de dosagem das misturas asfálticas pode ser encontrado na Tabela 2. É possível observar que as misturas com teor de emulsão inferiores a 3,5% não atenderam ao valor mínimo de 276 kPa no RTCD. No caso da condição saturada, o valor de RTCD dos corpos de prova condicionados atendeu ao parâmetro estabelecido pela ARRA (2018), independente do teor.

Em linhas gerais, observou-se que a dosagem da mistura reciclada (RAP+base e emulsão asfáltica) foi estabelecida como sendo um teor de projeto igual a 3,4% para a emulsão e um teor de água de 3,1%.

Tabela 2. Resultado da dosagem das misturas recicladas com emulsão asfáltica e em diversos teores de emulsão

COMPOSIÇÃO DA MISTURA	UNIDADE	AMOSTRA I	AMOSTRA II	AMOSTRA III	AMOSTRA IV	AMOSTRA IV
Material local (RAP+base)	%	1	1	1	1	1
Cimento	%	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Teor de emulsão FDR	%	2,5%	3,0%	3,5%	4,0%	4,5%
Teor de água adicionada	%	4,0%	3,5%	3,0%	2,5%	2,0%
Densidade aparente (<i>Gmb</i>)	g/cm ³	2,067	2,080	2,088	2,088	2,088
Densidade máxima medida (<i>Gmm</i>)	g/cm ³	2,478	2,446	2,441	2,436	2,435
Volume de vazios	%	17%	16%	16%	16%	16%
RTCD	kPa	247	272	304	320	336
RTCD condicionada	kPa	185	238	251	263	269
RTCD conservada	(%)	75%	88%	83%	82%	80%

EXECUÇÃO DA OBRA E ESTUDOS POSTERIORES

Os dois trechos supracitados foram divididos em duas partes, conforme explicado anteriormente. Cada uma destas partes foi selecionada para a execução da reciclagem com emulsão asfáltica. A emulsão foi produzida pela Compasa do Brasil (Curitiba/PR) e disponibilizada para a execução da obra, e um comboio composto por caminhão-pipa com água, carreta de emulsão e recicladora (Figura 3) foi utilizado para realização da reciclagem profunda *in situ* dos trechos em questão. Todo este processo ocorreu no mês de janeiro de 2024.



Figura 3. Comboio de execução de reciclagem profunda utilizado na rua Nicola Pellanda

Durante a execução da obra, foram realizados ensaios de monitoramento de densidade *in situ*, coleta de amostras para extração de taxa de aplicação de emulsão asfáltica e granulometria da mistura. Além disso, foi feita a coleta de amostras de campo para a produção de corpos de prova, que embasarão pesquisas futuras.

Com as amostras, serão realizados ensaios de caracterização de resistência mecânica das misturas. Neste sentido, cabem destacar os ensaios de módulo de resiliência por compressão diametral (DNIT, 2018b) e comportamento à fadiga da mistura (DNIT, 2018e). Com o auxílio da prensa triaxial, serão realizados os procedimentos de módulo de resiliência sob tensões desvio e confinante (DNIT, 2018a) e do comportamento à deformação permanente (DNIT, 2018d). Serão consideradas variáveis como tempo de cura e temperatura e sua influência no comportamento mecânico das misturas, conforme proposto por Kavussi e Modarres (2010).

Com estes resultados, pretende-se realizar o dimensionamento mecanístico-empírico do pavimento. Para tal, será utilizado o *software* MEDINA com as condições reais da rodovia e contagens atualizadas de tráfego, tendo em vista os protocolos estabelecidos no Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2006). Além disso, está prevista a utilização de outros *softwares* de análise mecanístico-empírica do pavimento executado com a mistura reciclada, como o Elsym5®.

Para fins de avaliação do desempenho da estrutura a longo prazo, será feito um monitoramento do desempenho da mistura. Neste sentido, serão conduzidos ensaios de carregamento para verificação da deflexão do pavimento, em conformidade com a norma DNER-ME 024/94 (DNER, 1994a) e a intervalos regulares de seis meses. A utilização do *software* BackMedina é prevista para fins de retroanálise dos valores de módulo de resiliência do pavimento. Também está prevista a coleta de amostras por meio de sonda rotativa para a realização de ensaios complementares. A cada ano,



pretende-se realizar o levantamento de defeitos de superfície na rodovia por meio do LVC (DNIT, 2003).

RESULTADOS ESPERADOS

Por meio da condução desta pesquisa, espera-se contribuir quanto ao monitoramento do desempenho de misturas recicladas com emulsão em pavimentos de campo, uma vez que ainda não há consenso na literatura a respeito de seus mecanismos de ruptura. Também se espera disseminar o uso deste tipo de material em novas obras de pavimentos no País e fornecer subsídios técnicos para justificar tal utilização, bem como colaborar na redação e/ou revisão de normas nacionais para controle de qualidade e execução de obras com este material.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Leticia Rezende de; BESSA, Iuri Sydnei; VASCONCELOS, Kamila L.; BERNUCCI, Leidi Légi Bariani; BEJA, Igor Amorim; CHAVES, José Mario. Análise de propriedades físicas e mecânicas de misturas asfálticas recicladas a frio com emulsão asfáltica e cimento Portland e a influência de cada material. XXVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes da ANPET, **Anais**, Curitiba, 12 p., 2014.

ASPHALT RECYCLING AND RECLAIMING ASSOCIATION (ARRA). **FDR201A**: Recommended mix design guidelines for full depth reclamation (FDR) using emulsified asphalt stabilizing agent. Illinois, 2018. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ASFALTO (ABEDA). **Informativo Técnico n° 9**: reciclagem de pavimentos a frio *in situ* com emulsão asfáltica. Rio de Janeiro: ABEDA, 2018. 25 p.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. 2ª ed. Rio de Janeiro: Petrobras/ABEDA, 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Pesquisa CNT de Rodovias 2023**. 204 p. Brasília: Confederação Nacional do Transporte, 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **024**: Pavimento – determinação das deflexões pela viga Benkelman – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994a, 6 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **162**: Solos – ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994b, 7 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **083**: Agregados – análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1998, 5 p.



DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **008**: Levantamento visual contínuo para avaliação de superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – procedimento. Rio de Janeiro, 2003, 11 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro, 2006, 388 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **167**: Pavimentação – reciclagem profunda de pavimentos “in situ” com adição de cimento Portland – especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2013, 11 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **134**: Pavimentação – solos – determinação do módulo de resiliência – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2018a, 18 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **135**: Pavimentação asfáltica – misturas asfálticas – determinação do módulo de resiliência – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2018b, 13 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **136**: Pavimentação asfáltica – misturas asfálticas – determinação da resistência à compressão por tração diametral – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2018c, 9 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **179**: Pavimentação – solos – determinação da deformação permanente – instrução de ensaio. Rio de Janeiro, 2018d, 20 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **183**: Pavimentação asfáltica – ensaio de fadiga por compressão diametral à tensão controlada – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2018e, 15 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **427**: Pavimentação – misturas asfálticas – Determinação da densidade relativa máxima medida e da massa específica máxima medida em amostras não compactadas – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2020, 9 p.

FEDRIGO, William; NUNEZ, Washington Peres; VISSER, Alex T.. A review of full-depth reclamation of pavements with Portland cement: Brazil and abroad. **Construction and Building Materials**, v. 262, 120540, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120540>.

KAVUSSI, Amir; MODARRES, Amir. A model for resilient modulus determination of recycled mixes with bitumen emulsion and cement from ITS testing results. **Construction and Building Materials**, v. 24, n. 11, p. 2252-2259, nov. 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.04.031>.

LEE, Kang-Won Wayne; WILSON, Kathleen; HASSAN, Syed Amir. Prediction of performance and evaluation of flexible pavement rehabilitation strategies. **Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)**, v. 4, n. 2, p. 178-184, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtte.2017.03.005>.