

19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



## 25º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 48ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

### CONTROLE DEFLECTOMÉTRICO DE EXECUÇÃO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL CONSIDERANDO DIFERENTES CONDIÇÕES DE ADERÊNCIA ENTRE AS CAMADAS

DOI: (a ser preenchido após o envio do código DOI da publicação)

*Vanessa Rebouças Santana<sup>1</sup>; Mario Sergio de Souza Almeida<sup>1 2 3</sup>; Maria do Socorro Costa São Mateus<sup>1</sup>; Weiner Gustavo Silva Costa<sup>2</sup>; Geraldo Luciano de Oliveira Marques<sup>4</sup>; Cássio Alberto Teoro do Carmo<sup>5</sup>; Ítalo Miller Machado Pereira<sup>1</sup> & Acbal Rucas Andrade Achy<sup>2</sup>*

#### RESUMO

O Departamento de Infraestrutura de Transportes (DNIT) já adota o controle deflectométrico, por camada do pavimento, em suas obras desde o início dos anos 2000. Entretanto, somente recentemente os normativos do órgão vem passando por atualizações com a inclusão efetiva de critérios para controle de qualidade utilizando esta técnica. No presente estudo o controle deflectométrico de uma seção teste de um segmento experimental executado na BR-420/BA foi avaliado, considerando na estimativa das deflexões admissíveis por camada diferentes condições de aderência entre as camadas do pavimento: aderida e não aderida. Os resultados demonstraram que os dois conjuntos de deflexões admissíveis, estimados por análise tensão-deformação utilizando os *softwares* ELSYM5 e AEMC, não convergiram. A comparação entre as deflexões médias medidas em campo e as admissíveis estimadas com cada condição de aderência, entretanto, indica maior assertividade da condição aderida. Por outro lado, considerando-se os valores de deflexão características calculadas a partir das medidas de campo, essa melhor convergência dos valores estimados na condição aderida fica ainda mais evidente. Os resultados apontam para a importância de avaliar os efeitos que cada uma das condições de aderência exerce no controle de qualidade de obras e no desempenho e vida em serviço de pavimentos asfálticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** deflexão admissível; tensão-deformação; AEMC; MeDiNa.

#### ABSTRACT

The Department of Transportation Infrastructure (DNIT) has adopted deflectometric control, by sidewalk layer, in its works since the early 2000s. However, only recently the agency's regulations have been undergoing updates with the effective inclusion of criteria for quality control using this technique. In the present study, the deflectometric control of a test section of an experimental segment on BR-420/BA was evaluated, considering different conditions of adherence between sidewalk layers: adhered and unadhered. The results showed that the two sets of allowable deflections, estimated by stress-strain analysis using ELSYM5 and AEMC software, did not converge. The comparison between the average deflections measured in the field and the admissible deflections estimated with each bonding condition, however, indicates greater assertiveness of the bonded condition. On the other hand, considering the characteristic deflection values calculated from the field measurements, this better convergence of the estimated values in the bonded condition becomes even more evident. The results point to the importance of evaluating the effects that each one of the bonding conditions exerts on the quality control of works and on the performance and service life of asphalt sidewalks.

**KEY WORDS:** allowable deflection; stress-strain; AEMC; MeDiNa.

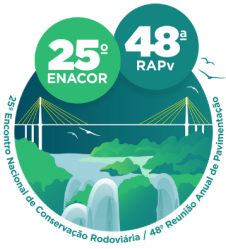
<sup>1</sup> Universidade Estadual de Feira de Santana, PPGCEA-DTEC, e-mail: vanessarseng@gmail.com; socorro@uefs.br; italomillermachado@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, e-mail: mario.almeida@ufrb.edu.br; weiner@ufrb.edu.br; acbal@ufrb.edu.br

<sup>3</sup> Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, e-mail: mario.almeida@dnit.gov.br

<sup>4</sup> Universidade Federal de Juiz de Fora, e-mail: geraldo.marques@ufjf.br

<sup>5</sup> HUESKER Ltda., e-mail: cassiocarmo@gmail.com



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



## INTRODUÇÃO

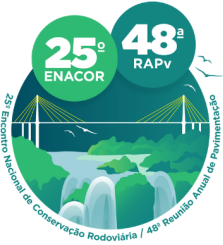
De acordo com Benkelman *et al.* (1962) e Hveem *et al.* (1963), *apud* Bernucci *et al.* (2022), a determinação em campo da deflexão foi significativamente simplificada com a concepção de uma viga articulada capaz de medir deslocamentos verticais da ordem de centésimos de milímetro, por Benkelman, em 1953, durante a operação da pista experimental da *Western Association of State Highway Officials* (WASHO). Apenas mais recentemente no Brasil, entretanto, o controle de qualidade da execução de pavimentos com o uso desta técnica ganhou notoriedade, com a finalidade de avaliar o comportamento estrutural dos pavimentos flexíveis no momento de sua execução, auxiliando no acompanhamento e na tomada de decisões que podem interferir diretamente na vida útil, comprometendo o desempenho dessas estruturas.

De acordo com Bernucci *et al.* (2022) a avaliação estrutural está associada ao conceito de capacidade de carga. Isso porque os defeitos estruturais dos pavimentos são causados, principalmente, pela repetição das cargas dos veículos, as quais estão relacionadas com as deformações elásticas (recuperáveis ou resilientes) e plásticas (permanentes) e que também sofrem influência das camadas granulares de base, sub-base e subleito. As deformações elásticas podem ser mensuradas por equipamentos conhecidos como deflectômetros, que medem os deslocamentos verticais e são as deflexões características do pavimento relacionadas com a magnitude do surgimento da maior parte dos trincamentos na camada de rolamento ao longo de sua vida útil, podendo levar à ocorrência de fadiga precoce. Segundo Rodrigues *et al.* (2018) a capacidade de carga é amplamente utilizada pelos órgãos gestores das redes rodoviárias federal e estaduais, tanto nos seus sistemas de conservação como de reabilitação, a fim de verificar a qualidade estrutural dos pavimentos rodoviários da malha sob gestão pública.

Segundo Soares *et al.* (2000), a medição de deflexões, em particular das bacias deflectométricas, é de vital importância para a Mecânica dos Pavimentos, visto que a deformabilidade está relacionada com o trincamento dos revestimentos. Além disso, caso o dimensionamento da estrutura analisada tenha sido realizado mecanisticamente, o controle de execução camada a camada tem o potencial de indicar eventuais deficiências ou não concordâncias entre o comportamento previsto dos materiais e o comportamento obtido no campo, permitindo eventuais ajustes em tempo hábil. Portanto, por ser um ensaio não destrutivo, o controle deflectométrico pode ser bem detalhado, permitindo a liberação mais rápida das camadas e possíveis correções de defeitos localizados, bem como a estimativa dos Módulos de Resiliência (MR) das camadas, por meio da retroanálise, para serem comparados com os valores de projeto. Além disso, preliminarmente, o estabelecimento do conceito de resiliência auxiliou no desenvolvimento da Mecânica dos Pavimentos e, conseqüentemente, dos ensaios de cargas repetidas em diferentes materiais de pavimentação com destaque para solos, materiais britados, tratados quimicamente e misturas asfálticas.

Dentre os equipamentos disponíveis para realização do controle deflectométrico em obras, destaca-se a Viga Benkelman (VELLASCO e BALBO, 2019) que é um equipamento acessível, de fácil operação, quando comparada, por exemplo, ao FWD (*Falling Weight Deflectometer*), motivando os Engenheiros a realizar este tipo de controle, a fim de avaliar em suas obras a qualidade do processo construtivo.

No entanto, até recentemente, a determinação das condições de aderência entre camadas na determinação das deflexões admissíveis não era pauta de debates entre os projetistas, muito por conta, provavelmente, do ELSYM-5, um dos programas computacionais mais utilizado para análise tensão-deformação, por exemplo, que considera como padrão todas as camadas do pavimento como totalmente aderidas.



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Contudo, a formalização do Método de Dimensionamento Nacional de pavimentos asfálticos (MeDiNa) pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), trouxe consigo o *software* de análise tensão-deformação AEMC (Análise Elástica de Múltiplas Camadas) no qual a questão da definição da aderência entre camadas passou a ganhar notoriedade. No AEMC a condição de contato entre as camadas depende da configuração de cada pavimento. Assim, tratando-se de pavimentos novos, somente quando existe uma camada asfáltica sobre outra o contato entre estas é considerado aderido. Em todas as demais possibilidades o contato é considerado como não aderido. Este critério existente no manual de utilização do MeDiNa (FRANCO e MOTTA, 2020) está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Condições de aderência adotadas pelo MeDiNa (FRANCO E MOTTA, 2020)

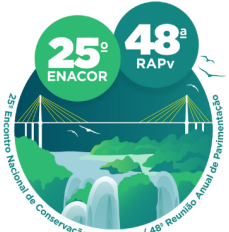
Camada	Condição de aderência
Camada asfáltica sobre outra camada asfáltica	Aderido
Camada asfáltica sobre camadas estabilizadas	Não aderido
Camada asfáltica sobre camadas de solos ou granulares	Não aderido
Camada estabilizada sobre outra camada estabilizada	Não aderido
Camada estabilizada sobre camadas de solos ou granulares	Não aderido
Camada de solos ou granulares sobre camadas asfálticas, cimentadas,	Não aderido

Silva e Motta (2003) avaliaram o comportamento mecânico de uma camada de reforço de pavimento composto por Whitetopping (WT), assente sobre pavimento flexível com revestimento em Concreto Asfáltico (CA), executado na pista experimental circular do IPR na cidade do Rio de Janeiro-RJ. As autoras instrumentalizaram a interface entre o WT e o CA para determinação de tensões e deformações de tração nessa região. Paralelamente, estimaram estes mesmos esforços utilizando os programas diversos, dentre eles o ELSYM5 e o DIPLOMAT, que consideram o contato entre camadas como aderido, enquanto outros *softwares* oferecem ao usuário as duas condições de aderência. A comparação entre os resultados da instrumentação e da estimativa numérica mostrou que a consideração da condição aderida levou a uma maior precisão na estimativa dos esforços medidos, com destaque para os *softwares* ELSYM5 e DIPLOMAT. Contudo, conforme afirmam Han *et al.* (2021), cabe destacar que o efeito do tipo de aderência entre camadas sobre a estimativa do comportamento estrutural do pavimento ainda não é consenso.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência da adoção de diferentes condições de aderência entre camadas no estabelecimento das deflexões admissíveis e, conseqüentemente, do controle deflectométrico de execução das camadas do pavimento flexível de um segmento experimental implantado na BR-420/BA.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Entre os meses de abril e maio de 2023 foi implantado um segmento experimental do programa PRO-MeDiNa (DNIT, 2020), na rodovia BR-420/BA, no município de Itaquara, estado da Bahia, cujo local está indicado na Figura 1, com diferentes soluções executadas nas duas faixas de tráfego para reconstrução do pavimento existente na via. Foram implantadas no total 8 seções testes, as quais servirão para avaliar o uso de 2 diferentes tipos de material de base (solo-brita e solo melhorado com 3% de cimento), além de três tipos de geogrelhas, sendo 3 seções no sentido crescente da rodovia e outras 5 no sentido decrescente. O detalhamento das soluções de pavimento no referido segmento experimental está apresentado na Figura 2.



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR  
www.rapvenacor.com.br

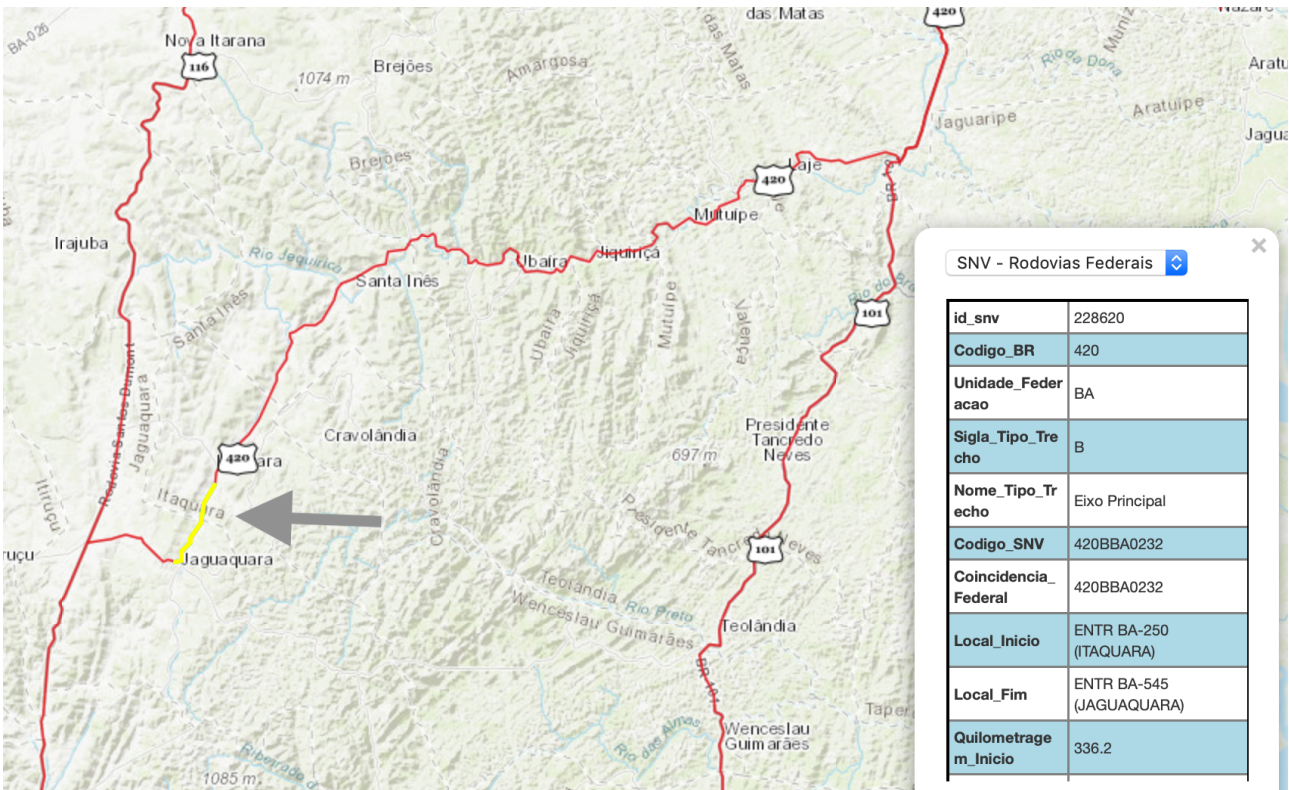


Figura 1 – Localização do segmento experimental executado na BR-420/BA.  
Fonte: <https://servicos.dnit.gov.br/vgeo/>. Acesso em 03/06/2023

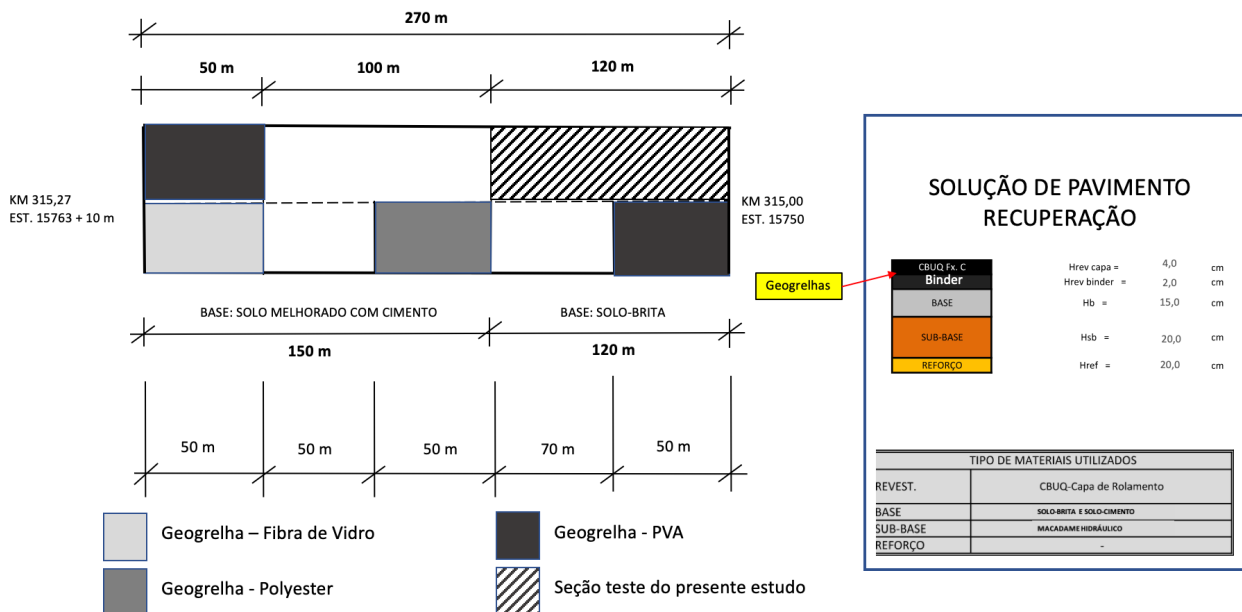
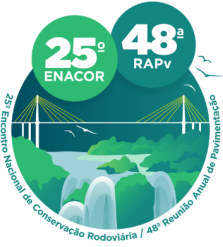


Figura 2 – Detalhamento de segmento experimental executado na BR-420/BA.

A extensão total do segmento experimental implantado foi de 270 m, entre o km 315,00 e km 315,27. Entretanto, no presente trabalho será considerada para as análises a seção teste de 120 m de extensão, implantada na pista da direita, sentido crescente da via, constituída por um pavimento flexível, cuja base é constituída de solo-brita.



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



Todas as seções do segmento experimental foram executadas em um contrato de conservação e manutenção vigente no DNIT, fruto do Plano Anual de Trabalho e Orçamento (PATO) elaborado considerando as necessidades de serviços diversos da rodovia BR-420/BA.

A solução projetada (Figura 2) contemplou a reciclagem da camada de base existente (solo), com a incorporação da camada de revestimento de 4 cm, com espessura de corte da recicladora de 20 cm, aproximadamente. A camada resultante dessa reciclagem foi um solo-RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), com aproximadamente, 80% da base e 20% de material asfáltico demolido (RAP), executada de acordo com a DNIT 141/2022 - ES. Esta camada reciclada passou a exercer a função de reforço de subleito do pavimento reconstruído. Sobre esta camada foi executada uma sub-base de 20 cm de macadame hidráulico, conforme a DNIT 152/2010 - ES. Como camada de base foi executada uma mistura solo-brita, também conforme a DNIT 141/2022 - ES, com espessura de 15 cm. Por fim, como camada de revestimento, executou-se 6 cm de concreto asfáltico (CA), faixa C da DNIT 31/2006 - ES.

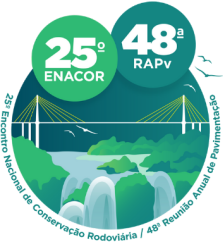
### Determinação das deflexões admissíveis

Foram calculadas inicialmente as deflexões admissíveis ( $D_{adm}$ ) por camada, para a seção teste apresentada na Figura 2, por meio de análise tensão-deformação com uso dos *softwares* ELSYM5 e AEMC, considerando duas condições de aderência, analisando o atrito entre as camadas constituintes do pavimento: i) todas as camadas aderidas; ii) todas as camadas não aderidas.

Os módulos de resiliência (MR) das camadas de subleito, reforço (camada reciclada) e base de solo-brita, da seção teste em análise, foram determinados em laboratório, de acordo com o DNIT 134/2018 - ME. Para a camada de sub-base em macadame seco, entretanto, devido a impossibilidade de ensaiar este material em função de seu diâmetro máximo (100 mm), o MR desta camada foi estimado com base nos valores de referência estabelecidos na Instrução de Projeto IP-DE-P00/001, do Departamento de Estradas de Rodagem do estado de São Paulo (DER-SP, 2006), apresentados na Tabela 2. O MR do concreto asfáltico também foi determinado em laboratório, conforme as diretrizes contidas no DNIT 135/2018 - ME.

Tabela 2 - Valores típicos de MR para os diferentes materiais (DER-SP, 2006)

Material	Intervalos de Valores de Módulo de Resiliência (MPa)
Concretos asfálticos	
- Revestimento (CAP 50-70)	2000 - 5000
- Revestimento (CAP 30-45)	2500 - 4500
- Binder (CAP 50-70)	2000 - 3000
- Binder (CAP 30-45)	2500 - 4000
Materiais Granulares	
- Brita graduada	150 - 300
- Macadame hidráulico	250 - 450
Materiais estabilizados quimicamente	
- Solo-cimento	5000 - 10000
- Brita graduada tratada com cimento	7000 - 18000
- Concreto compactado com rolo	7000 - 22000
Concreto de cimento <i>Portland</i>	30000 - 35000
Solos finos em base e sub-base	150 - 300
Solos finos em subleito e reforço do subleito	
- Solos de comportamento laterítico LA, LA', LG'	100 - 200
- Solos de comportamento não laterítico	25 - 75
Solos finos melhorados com cimento para reforço de subleito	200 - 400
Concreto de cimento <i>Portland</i>	28000 - 45000



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Os valores de coeficientes de Poisson ( $\nu$ ), necessários para a realização da análise tensão-deformação no ELSYM 5 e AEMC, também foram estimados com base na Instrução de Projeto IP-DE-P00/001 (DER-SP, 2006) e estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores típicos de coeficiente de Poisson para os diferentes materiais (DER-SP, 2006)

Material	Intervalo de valores de $\nu$	Valores recomendados de $\nu$
Concreto de cimento	0,10 – 0,20	0,15
Materiais estabilizados com cimento	0,15 – 0,30	0,20
Misturas asfálticas	0,15 – 0,45	0,30
Materiais granulares	0,30 - 0,40	0,35
Solos de subleito	0,30 – 0,50	0,40

Para a determinação das deflexões admissíveis por camada, por meio de análises tensão-deformação no ELSYM 5 e AEMC, analisou-se o esquema do pavimento nos pontos A, B, C e D, conforme a Figura 3.

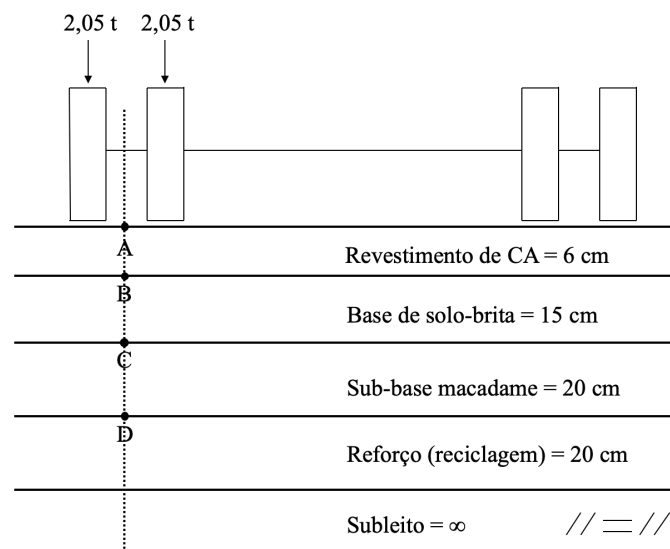
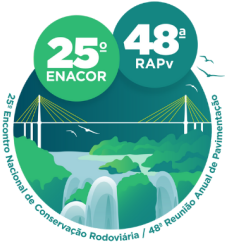


Figura 3 - Esquema de análise no ELSYM 5 e AEMC.

Em seguida, utilizou-se o critério de deflexão admissível contido na DNER 11/1979 - PRO, que foi concebido a partir de diferentes estudos realizados em outros países, contendo as especificidades do Brasil para pavimentos flexíveis constituídos de base granular e revestidos com concreto asfáltico. A Equação 1 para determinação de  $D_{adm}$ , apresentada a seguir, corresponde originalmente a deflexões medidas com a carga padrão de 8,2 t por eixo e está vinculada ao parâmetro de tráfego calculado com base em fatores de equivalência da AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Entretanto, segundo o DNIT (2006), é equivocado utilizar na Equação 1, como parâmetro de tráfego, o número N da AASHTO, pois o critério de deflexões admissíveis adotado se baseia, em suas origens, em fatores de equivalência de carga do Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA (USACE), o qual foi estimado para a BR-420/BA em  $2,38 \times 10^6$  (sentido crescente da rodovia).

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



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR  
[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)

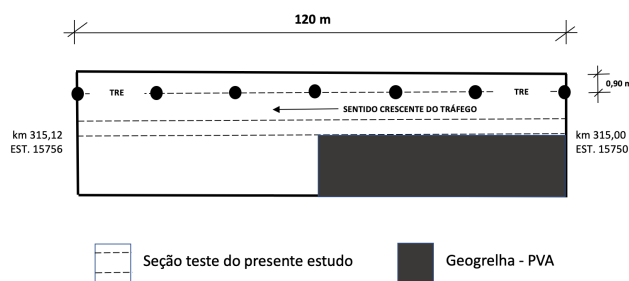


Alternativamente estimou-se a deflexão admissível do pavimento, a partir da correlação com o número N da USACE, conforme a Equação 2 apresentada na DNER 269/1994 - PRO.

$$\log D_{adm} = 3,148 - 0,188 \log N_{USACE} \quad (2)$$

### Controle deflectométrico de execução das camadas

O controle deflectométrico foi iniciado logo após a execução da camada de reforço do subleito, composta pela reciclagem e compactação da camada de base existente, com a incorporação do revestimento asfáltico do pavimento existente. Este mesmo procedimento foi adotado nas demais camadas executadas de sub-base em macadame hidráulico, base de solo-brita e revestimento asfáltico. Os pontos de determinação da deflexão (a) e detalhes do ensaio sendo realizado (b) estão ilustrados na Figura 4. As deflexões foram medidas ao longo da trilha de rodas externa (TRE) em cada uma das 7 estacas da seção experimental (15750 a 15756).



(a) Pontos de determinação das deflexões



(b) Ensaio realizado

Figura 4 - Controle Deflectométrico com Viga Benkelman realizado

Até recentemente o controle deflectométrico de qualidade de execução de camadas de pavimentos não possuía normatização específica. Entretanto, o DNIT vem inserindo essa exigência na revisão de suas especificações de serviço, como é o caso da DNIT 141/2022 - ES, a qual orienta sobre a necessidade de execução de controle construtivo por deflexão, que deve ser realizado antes da construção da próxima camada, para verificação do atendimento ao valor admissível previsto no projeto de dimensionamento. Para isso, a referida especificação sugere o cálculo da deflexão característica, de acordo com a Equação 3.

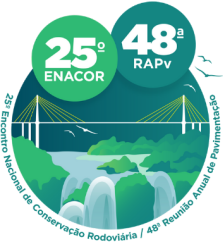
$$D_C = D_{0médio} + k \cdot s \leq D_{adm} \quad (3)$$

Onde:

$D_C$  é a deflexão característica do segmento, expressa em  $10^{-2}$  mm;

$D_{0médio}$  é a deflexão recuperável média, expressa em  $10^{-2}$  mm;

$k$  é o coeficiente em função do número de determinações, que para 7 medidas é igual a 1,36;  
 $s$  é o desvio padrão.



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Determinação das deflexões admissíveis

Na Tabela 4 estão apresentadas as deflexões admissíveis ( $D_{adm}$ ), obtidas das análises tensão-deformação realizadas com auxílio dos *softwares* ELSYM5 e AEMC, considerando as duas condições de aderência entre camadas, ou seja, aderida (Ad), para ambos os *softwares*, e não aderida (NAd), para o AEMC.

Cabe destacar que o valor de MR da camada de macadame seco (camada de sub-base), apresentado na Tabela 4, foi adotado como o valor médio dos limites sugeridos na Tabela 1 para macadame hidráulico (DER-SP, 2006).

Tabela 4 – Deflexões admissíveis considerando a condição de contato entre camadas aderida e não aderida

Camada	Espessura (cm)	MR (MPa)	$\nu$	$D_{adm}$	$D_{adm}$	$D_{adm}$
				( $10^{-2}$ mm) ELSYM5 - Ad	( $10^{-2}$ mm) AEMC - Ad	( $10^{-2}$ mm) AEMC - NAd
Revestimento	6	5628	0,30	38	36	65
Base	15	320	0,35	43	43	72
Sub-base	20	350	0,35	50	50	70
Reforço	20	254	0,40	69	69	78
Subleito	-	84	0,45	-	-	-

Observa-se da Tabela 4 que os valores de  $D_{adm}$ , determinados com uso do ELSYM5 e AEMC (condição aderida) foram, como previa-se, praticamente idênticos. Estes valores de  $D_{adm}$  estão abaixo da condição não aderida em 31%, em média, para todas as camadas do pavimento. Por camada essa diferença foi de cerca de 12% para a camada de reforço, 29% para a sub-base, 40% para a base e 43% para o revestimento.

As estimativas realizadas com as Equações 1 e 2, referentes a DNER 11/1979 - PRO e DNER 269/1994 - PRO, apresentam  $D_{adm}$  para o topo do pavimento de 77 ( $10^{-2}$  mm) e 89 ( $10^{-2}$  mm), respectivamente, ambas superando, para a análise do presente estudo, as estimativas nas duas condições de aderência. Contudo, a comparação entre as magnitudes desses valores, considerando as duas condições de aderência e as medidas de campo, apontarão qual condição, de fato, melhor convergiu para o controle de qualidade realizado na obra.

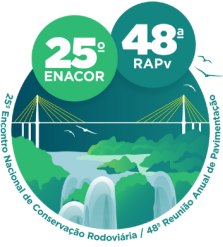
### Controle deflectométrico de execução das camadas

Os resultados do controle deflectométrico realizado por camada, considerando para cada uma delas o valor da deflexão máxima ( $D_{0médio}$ ) e o  $D_c$  calculado com aplicação da Equação 3, estão apresentados na Tabela 5. Para facilitar a comparação, os valores de  $D_{adm}$  estimados no ELSYM 5 (Ad) e AEMC (Ad e NAd), mostrados na Tabela 4, também estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Comparação entre deflexões medidas e admissíveis

Camada	Espessura (cm)	$D_{0médio}$ ( $10^{-2}$ mm)	$D_c$ ( $10^{-2}$ mm)	$D_{adm}$	$D_{adm}$	$D_{adm}$
				( $10^{-2}$ mm) ELSYM5 - Ad	( $10^{-2}$ mm) AEMC - Ad	( $10^{-2}$ mm) AEMC - NAd
Revestimento	6	18	28	38	36	65
Base	15	47	54	43	43	72
Sub-base	20	30	41	50	50	70
Reforço	20	44	62	69	69	78
Subleito	-	-	-	-	-	-





19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



Da Tabela 5 é possível notar que, considerando-se os valores médios de deflexão medidos em campo ( $D_{\text{omédio}}$ ), para cada camada, ambos os conjuntos de deflexões admissíveis, estimadas com as duas condições de aderência adotadas, foram atendidas. Entretanto, em termos de convergência comparativa entre os valores admissíveis estimados e os medidos em campo, a condição aderida foi sensivelmente mais assertiva. Por outro lado, considerando-se os valores de deflexão característica ( $D_c$ ), calculadas a partir das medidas de campo (Equação 3), essa melhor convergência dos valores estimados na condição aderida fica ainda mais evidente. A exceção foi a camada de base onde os valores de  $D_{\text{omédio}}$  e  $D_c$  ficaram 9% e 26%, respectivamente, acima de  $D_{\text{adm}}$ .

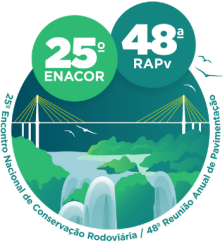
Destaca-se, entretanto, a pequena tendência de aumento da deflexão entre as camadas de sub-base e base, apontada na estimativa na condição não aderida e verificada no controle de qualidade, tanto para os valores médios de deflexão quanto para os característicos, coerente com o menor valor de MR determinado para a camada de base, em relação ao adotado para a sub-base.

## CONCLUSÃO

O presente estudo aponta para a importância de um dos debates que predominam atualmente no setor rodoviário brasileiro, após o lançamento do MeDiNa pelo DNIT em 2020. A consideração do tipo de aderência exerce considerável efeito sobre as deflexões admissíveis estimadas, utilizando análise tensão-deformação, para o controle deflectométrico por camada do pavimento. As magnitudes de  $D_{\text{adm}}$  obtidas no presente estudo, para as duas condições de aderência adotadas, não convergem. Adotar uma ou outra condição tenderá a influenciar nas deflexões finais de pavimentos executados e, conseqüentemente, em sua vida útil. Portanto, este tema carece de outras avaliações deste tipo, em diferentes estruturas, para que se possa avaliar seu efeito no desempenho e vida em serviço de pavimentos asfálticos.

## REFERÊNCIAS

- Bernucci, L. B., Motta, L. M. G., Ceratti, J. A. P., Soares, J. B. Pavimentação asfáltica – Formação Básica para Engenheiros, Rio de Janeiro, PETROBRÁS, ABEDA, 2ª edição, 2022.
- Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER-SP). Projeto de Pavimentação. IP- DE-P00/001. São Paulo, 53 p., 2006.
- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Procedimento (PRO) DNER 11 – Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis – Procedimento B. Rio de Janeiro, 1979.
- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Procedimento (PRO) DNER 269 – Projeto de restauração de pavimentos flexíveis – TECNAPAV – Procedimento. Rio de Janeiro, 1994.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Especificação de Serviço (ES) DNIT 31 - Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico, Rio de Janeiro, 2006.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Especificação de Serviço (ES) DNIT 152 - Pavimentação – Macadame hidráulico, Rio de Janeiro, 2010.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 134 – Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2018. 18 p.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 135 – Misturas asfálticas - Determinação do módulo de resiliência - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2018. 13 p.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Especificação de Serviço (ES) DNIT 141 - Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente, Brasília, 2022.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Publicação 719 - Guia para execução de segmentos experimentais – PRO-MeDiNa - Manual. Brasília, 2020.



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



Franco, F. A. C. de P.; Motta, L. M. G. da. Execução de estudos e pesquisa para elaboração de método de análise mecanístico-empírico de dimensionamento de pavimentos asfálticos: Manual para utilização do Método Mecanístico-Empírico MeDiNa: Apresentação dos programas. Rio de Janeiro: COPPE/IPR, 78p, 2020.

Han, Z., Zhang, J., Xue, L., Fang, H., & Xiao, Z. (2021). Dynamic simulation of FWD tests on flexible transversely isotropic pavements with imperfect interfaces, *Computers and Geotechnics*, 130, 1-17. doi: 10.1016/j.compgeo.2020.103914

Rodrigues, P. R.; Odebrecht, E.; Santos, A. G. do. Estudo comparativo entre medidas de deflexão com viga Benkelman e deflectômetro de peso leve em pavimentos urbanos da cidade de Joinville/SC. 32º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, SC, 2018.

Silva, D. E. A. & Motta, L. M. G. (2003) Instrumentation of the DNER Circular Track. *Road Materials and Pavement Design*. Vol. 4, n. 3, 331-340. doi: 10.1080/14680629.2003.9689952

Soares, J. B.; Motta, L. M. G. da; Soares, R. F. Análise de bacias deflectométricas para o controle de construção de pavimentos asfálticos. Rio de Janeiro, 2000.

Velasco, B. Q.; Balbo, J. T. Controle construtivo de pavimentos com a viga de Benkelman – Reflexões sobre as práticas em projetos. 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, SC, 2019.