

APLICAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CURVATURA DA BACIA DEFLECTOMÉTRICA EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS SEMIRRÍGIDOS INVERTIDOS – ESTUDO DE CASO DE UMA RODOVIA BRASILEIRA

Prof^a. Dra. Flaviane Melo Lopes Vallejo, Professora no Instituto Mauá de Tecnologia.

Prof^o. Dr. Caio Rubens Gonçalves Santos, Professor no Instituto Mauá de Tecnologia.

Prof^o. Dr. Carlos Yukio Suzuki, Professor na Universidade de São Paulo.

Thisbe Cordeiro Moreira Prates, Mestranda na Universidade de São Paulo.

Cristiano Pedrogão Soares, Engenheiro Civil na Planservi Engenharia.

Leonardo Uchôa de Oliveira, Engenheiro Civil na Planservi Engenharia.

Pedro de Carvalho Teixeira, Engenheiro Civil na Planservi Engenharia.

Joyce Cosin Fragatti, Engenheira Civil na Planservi Engenharia.

Victor de Oliveira Fiuza, Engenheiro Civil na Planservi Engenharia.



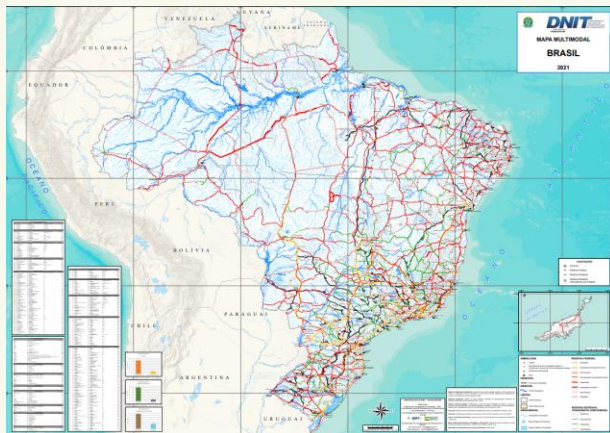
11 crp

sustentabilidade e
resiliência

Introdução

Malha rodoviária brasileira

Com o crescimento da economia do Brasil, dentro de um território majoritariamente composto por rodovias, tem-se um crescimento expressivo do tráfego.



Fonte: DNIT (2021)

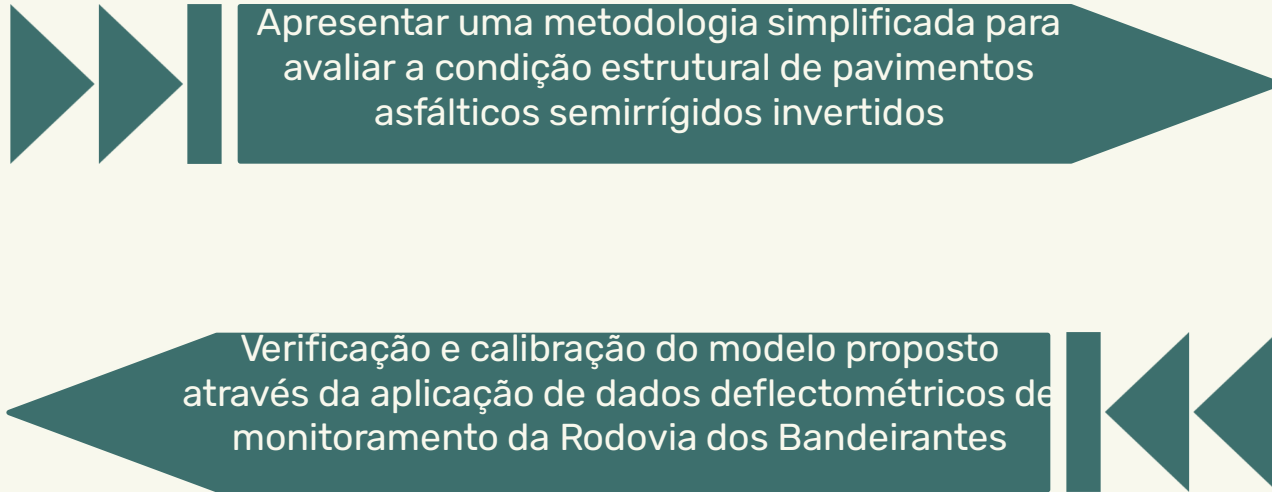
Pavimento Semirrígido Invertido

Características situam-se entre os pavimentos rígidos e flexíveis, porém sem se enquadrar completamente em nenhuma delas.



Fonte: CTENG (2022)

Objetivo



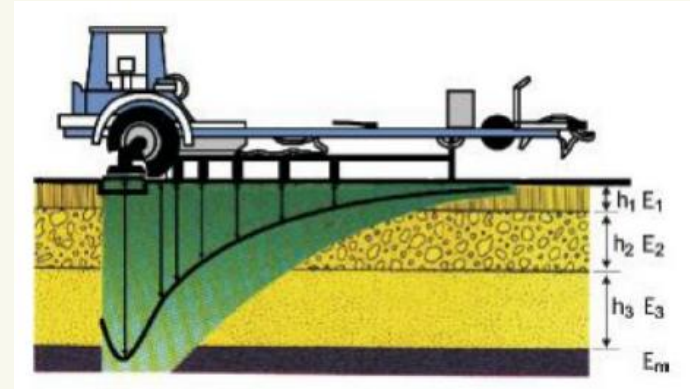
Levantamento Deflectométrico

Bacia Deflectométrica

- Equipamento FWD

Parâmetros da Bacia Deflectométrica

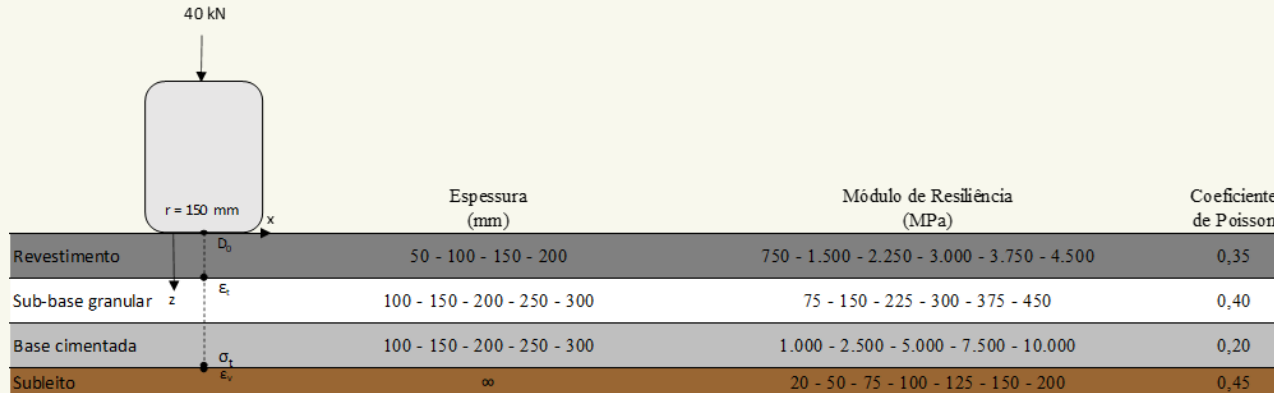
- SCI (camadas superficiais) $\rightarrow SCI = D_0 - D_{300}$
- BDI (camadas intermediárias) $\rightarrow BDI = D_{300} - D_{600}$
- BCI (camadas profundas) $\rightarrow BCI = D_{600} - D_{900}$



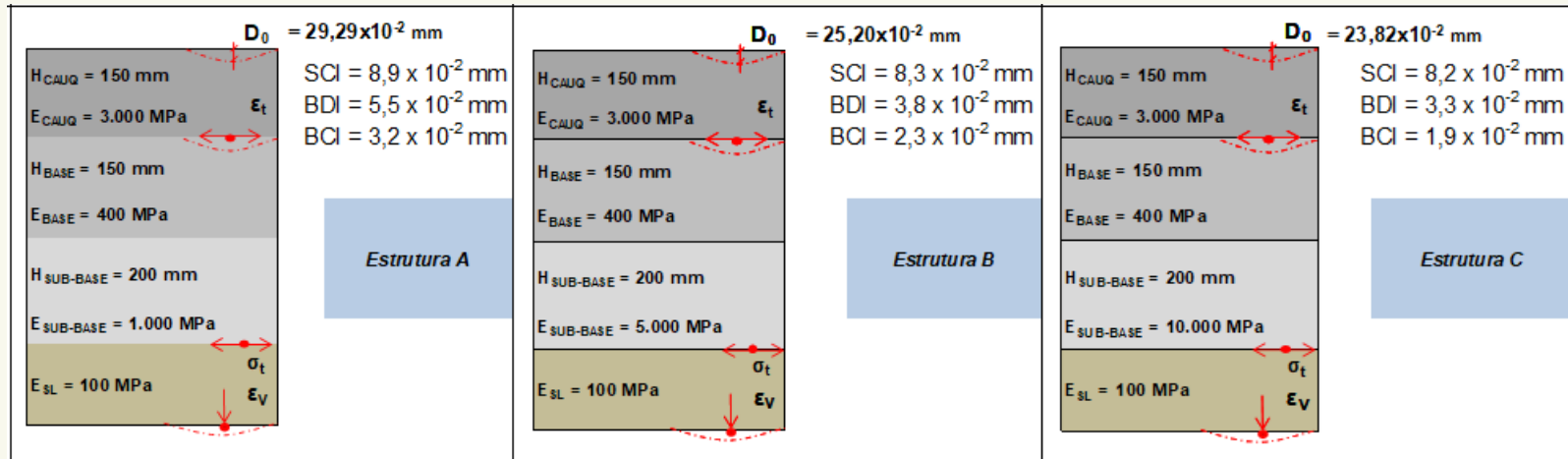
Fonte: BERNUCCI et al (2010)

Metodologia da Pesquisa

- Software ELSYM-5
- Banco de dados: espessuras e módulos de cada camada; deformação horizontal de tração na fibra inferior da camada de revestimento asfáltico (ϵ_t); deformação vertical no topo do subleito (ϵ_v); tensão horizontal de tração na fibra inferior da camada cimentada (σ_t); e bacia deflectométrica.



Metodologia da Pesquisa



Metodologia da Pesquisa

Regressão

1

$$BCI = 1,92 \times \varepsilon_v^{0,703} \times \sigma_t^{0,084}$$

$$R^2 = 0,763$$

2

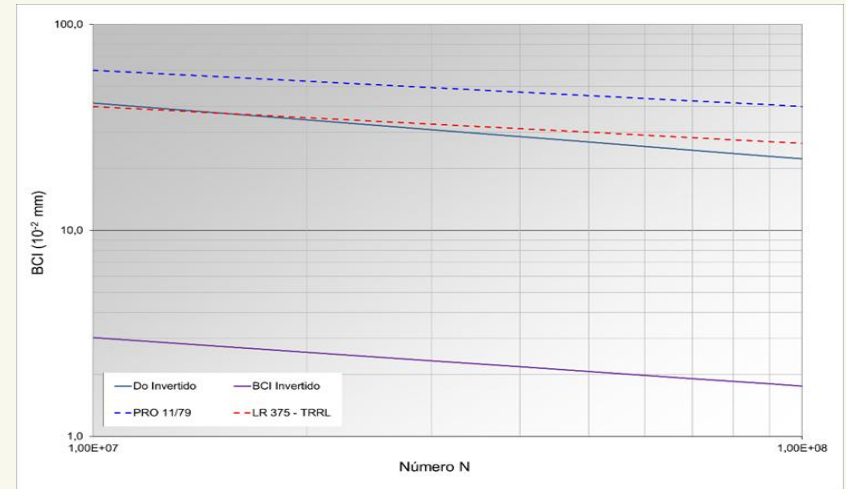
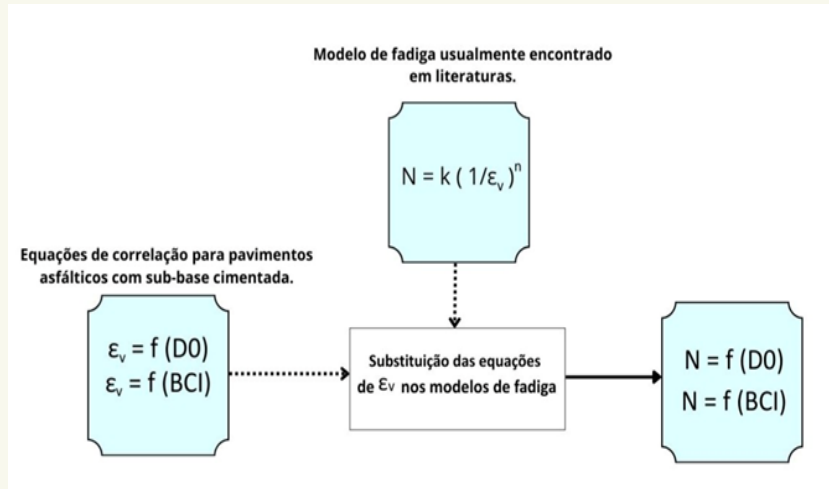
$$\varepsilon_v = 0,506 \times BCI^{1,037}$$

$$R^2 = 0,751$$



Parâmetro	Regressão BCI
R ² ajustado	0,751
Erro padrão	0,132
Valor-P	< 0,001

Metodologia da Pesquisa



$$BCI = 133,8371 \times N^{-0,2353}$$

Metodologia da Pesquisa

Modelo pavimento semirrígido invertido	
Número N	BCI (10^{-2} mm)
1,00E+07	3,02
2,00E+07	2,56
3,00E+07	2,33
4,00E+07	2,18
5,00E+07	2,07
7,00E+07	1,91
9,00E+07	1,80
1,00E+08	1,76
2,50E+08	1,42
1,00E+09	1,02

- $BCI > 3 \times 10^{-2}$ mm: pavimentos com sub-base cimentada já deteriorada
- $BCI < 2 \times 10^{-2}$ mm: pavimentos com sub-base cimentada íntegra

Aplicação do Modelo de Desempenho

Para a aplicação do modelo de desempenho deste trabalho, foram utilizados dados de levantamento deflectométrico da SP-348 realizados em dois momentos distintos, em fevereiro de 2014 e outubro de 2022. O trecho avaliado corresponde à faixa 3 de tráfego do sentido crescente (sentido norte), localizado entre os quilômetros 105 e 108,500, nas proximidades da cidade de Hortolândia conforme apresentado na figura a seguir.



CAUQ	12 cm
BGS	15 cm
BGTC	18 cm

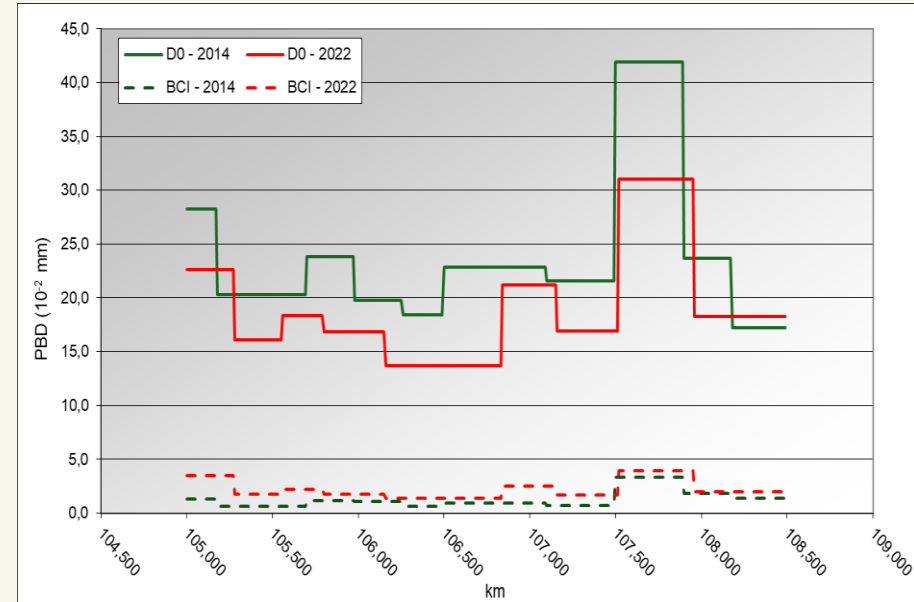


Aplicação do Modelo de Desempenho

Segmentação homogênea

A partir dos dados de BCI, foi realizada a segmentação homogênea dos trechos conforme o Guide for Design of Pavement Structures da AASHTO (1993).

Segmentação Homogênea – 2014					Segmentação Homogênea – 2022				
Seg.	km Início	km Fim	Média BCI (10 ⁻² mm)	Média D ₀ (10 ⁻² mm)	Seg.	km Início	km Fim	Média BCI (10 ⁻² mm)	Média D ₀ (10 ⁻² mm)
1	105,020	105,180	1,30	28,23	1	105,000	105,280	3,50	22,66
2	105,180	105,700	0,68	20,28	2	105,280	105,560	1,80	16,07
3	105,700	105,980	1,14	23,86	3	105,560	105,800	2,23	18,32
4	105,980	106,260	1,11	19,80	4	105,800	106,160	1,77	16,82
5	106,260	106,500	0,63	18,43	5	106,160	106,840	1,38	13,72
6	106,500	107,100	0,97	22,88	6	106,840	107,160	2,50	21,21
7	107,100	107,500	0,72	21,58	7	107,160	107,520	1,66	16,92
8	107,500	107,900	3,33	41,94	8	107,520	107,960	3,96	31,04
9	107,900	108,180	1,83	23,64	9	107,960	108,500	2,02	18,24
10	108,180	108,500	1,38	17,25					



Aplicação do Modelo de Desempenho

Seg.	km Início	km Fim	Extensão (m)	BCIp (10 ⁻² mm)	N _{remanescente} (BCI)	Dp (10 ⁻² mm)	N _{remanescente} (D0)
1	105,000	105,280	280	5,365	8,65E+05	32,388	3,24E+07
2	105,280	105,560	280	2,151	4,21E+07	21,934	2,88E+08
3	105,560	105,800	240	2,934	1,13E+07	24,454	1,56E+08
4	105,800	106,160	360	1,996	5,78E+07	20,476	4,23E+08
5	106,160	106,840	680	1,610	1,44E+08	16,473	1,43E+09
6	106,840	107,160	320	3,736	4,03E+06	28,129	7,14E+07
7	107,160	107,520	360	2,204	3,80E+07	20,736	3,94E+08
8	107,520	107,960	440	4,975	1,19E+06	41,433	8,17E+06
9	107,960	108,520	560	2,990	1,04E+07	23,520	1,95E+08

$$BCI = 133,8371 \times N^{-0,2353}$$

$$N = 9,314 \times 10^{15} \times D^{-5,6}$$

Analisando os dados apresentados na tabela, é possível verificar que, para todos os segmentos estudados, a vida remanescente estimada, utilizando o parâmetro D0, é superior ao comparado a vida remanescente estimada pelo modelo do BCI.

Conclusões

- O uso exclusivo da deflexão máxima (D0) não é suficiente para diagnóstico estrutura;
- O BCI se destacou como indicador eficiente da degradação da sub-base cimentada;
- O método foi eficaz para estimar a vida remanescente e avaliar a integridade da camada cimentada;
- Monitoramento apontou aumento do BCI, indicando degradação estrutural, apesar da estabilidade do D0 (sinal de manutenções superficiais);
- A análise completa da bacia deflectométrica é essencial para diagnósticos precisos e decisões eficazes de manutenção.

OBRIGADA!

CONTACTOS

thisbecordeiropates@gmail.com

+55 11 96066-2401

