

RESUMO

Este documento, que é uma norma técnica, define o procedimento a ser aplicado no levantamento de irregularidade de trechos de rodovias através do método de nível e mira, visando a calibração de sistemas medidores de irregularidade do tipo resposta. Este procedimento também pode ser usado na medição periódica de irregularidade em trechos experimentais de pavimentos.

SUMÁRIO

- 0 Introdução
- 1 Objetivo
- 2 Referência bibliográfica
- 3 Definições
- 4 Pessoal
- 5 Aparelhagem
- 6 Execução
- 7 Resultados

0 INTRODUÇÃO

A presente norma integra os resultados dos estudos havidos no DNER e no GEIPOT, a partir de 1979, concernentes à determinação de irregularidade de rodovias através do método de nível e mira.

1 OBJETIVO

A presente norma estabelece as condições para a execução de nivelamento detalhado de rodovias, visando a obter a irregularidade das suas superfícies para calibração de sistemas medidores de irregularidade do tipo resposta, bem como para estudos especiais de pavimentos.

Macrodescriptores MT: norma, pavimento, custo operacional

Microdescriptores DNER: pavimento, levantamento topográfico, custo operacional

Descriptores SINORTEC: normas, rodovias, pavimentos de estradas, defeitos, qualidade

Palavras-chave IRRD/IPR: normalização (9075), pavimento (2955), irregularidade (), medição (6136), levantamento topográfico (4025)

Aprovada pelo Conselho de Administração em 09/05/86

Autor: DNER/DrDTc (IPR) em 26/03/86.

Processo nº 20100008843/85-0

2 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

QUEIROZ, C.A.V. - Modelos de Previsão do Desempenho para a Gerência de Pavimentos no Brasil - GEIPOT, Brasília, 1984.

3 DEFINIÇÕES

Para os fins desta Norma, são adotadas as seguintes definições:

3.1 Irregularidade

Desvio da superfície da rodovia em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade de rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via. A escala-padrão de irregularidade adotada é o "quociente de irregularidade", QI, expresso em contagens/km.

3.2 Alinhamentos (Anexo A)

3.2.1 Externo ou direito

Deve coincidir com a trilha direita.

3.2.2 Interno ou esquerdo

Deve distar 1,40 m do alinhamento externo.

3.3 Aparelho Medidor de Irregularidade do Tipo Resposta

Aparelho que, instalado em um veículo, fornece leitura representativa da resposta da suspensão desse veículo à irregularidade do trecho percorrido. Exemplo: Integrador de Irregularidade IPR/USP.

4 PESSOAL

Para execução do levantamento, a equipe deve ser composta de 2 (dois) topógrafos, 1 (um) porta-mira e 1 (um) anotador das leituras.

5 APARELHAGEM

Para o método de nível e mira, deve ser utilizada a seguinte aparelhagem:

- a) Nível ótico, com luneta de focalização interna e traços estadimétricos, com a precisão de 1,5 mm/km;
- b) Mira para nivelamento, comprimento de 2 m a 4 m, falante, com nível de bolhas, graduada em divisões de, pelo menos, meio centímetro, permitindo a leitura em milímetros, por interpolação;
- c) Trena de 50 m, graduada em centímetros.

6 EXECUÇÃO

6.1 Localização das trilhas a serem niveladas

As trilhas de roda devem ser localizadas e marcadas a uma distância da borda do revestimento da pista de rolamento de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1

Largura da faixa de tráfego (m)	Distância da borda (m)	
	Alinhamento externo	Alinhamento interno
2,70	0,45	1,85
3,00	0,60	2,00
3,30	0,75	2,15
3,50	0,90	2,30

OBS.: Para o caso de trilhas de roda externa, já definida pelo tráfego, considerar a trilha assim definida.

6.2 Estaqueamento sobre os alinhamentos

Deve-se realizar o estaqueamento longitudinal sobre os alinhamentos externo e interno, com as estacas de número inteiro distanciadas entre si de 5,0 m e as estacas intermediárias distanciadas entre si de 0,50 m (Anexo A). Para isso, colocar a trena sobre cada alinhamento.

6.3 Nivelamento

Implantar uma Referência de Nível (RN). Executar o nivelamento sempre que possível com o nível ótico sobre o alinhamento a nivelar, com leituras na precisão de um milímetro.

6.4 Instruções de codificação (Anexo B)

6.4.1 Para o nivelamento detalhado do trecho, procede-se o preenchimento da ficha (Anexo C), conforme exemplo no Anexo B.

Posição (1-2)

Nestas posições, as colunas são ocupadas pelos algarismos 6 e 5, usados para identificar esse tipo de arquivo.

Ex:

1	2
6	5

Posição (3-5)

Estas posições estão reservadas para os dígitos do código escolhido, para identificar o trecho de calibração.

Ex: alfanumérico, constante na ficha

3	4	5
R	1	0

Ex: numérico, não constante na ficha

3	4	5
5	1	2

Posição (6-11)

As posições 6 e 7 estão reservadas aos dígitos do dia do nivelamento, as posições 8 e 9 aos dígitos do mês e as posições 10 e 11 aos dois últimos dígitos do ano.

Ex: 01/11/1983

6	7	8	9	10	11
0	1	1	1	8	3

Posição (12-15)

Estas posições estão reservadas para o sentido do nivelamento e o código do PNV. Obrigatoriamente deve haver o preenchimento deste espaço.

Ex:

12	13	14	15
Angra dos Reis		Rio de Janeiro	km 104 PNV 101 BRJ 1550
12	13	14	15

Posição (16-18)

Estas posições estão reservadas para os dígitos das estacas de número inteiro.

No início do trecho deve ser implantada a estaca número 001.

Ex:

16	17	18
0	0	1
0	0	2

Posição (19)

Esta posição está reservada para a letra D correspondente ao alinhamento externo ou E correspondente ao interno. Utilizar fichas (Anexo B) distintas para alinhamento externo e interno.

Ex:

19		19
D	ou	E
D		E

Posição (20-23)

Estas posições estão reservadas às leituras (L0 - Anexo B) realizadas nas estacas de número inteiro.

Ex:

20	21	22	23
3	2	1	0

Posição (24-27)

Estas posições estão reservadas às leituras (L1 - Anexo B) realizadas nas estacas intermediárias, com afastamento longitudinal de 0,5 m da estaca de número inteiro.

Ex:

24	25	26	27
3	2	1	1

Posição (28-31)

Estas posições estão reservadas às leituras (L2 - Anexo B) realizadas nas estacas intermediárias, com afastamento longitudinal de 1,0 m da estaca de número inteiro.

Ex:

28	29	30	31
3	2	1	2

Posição (32-35)

Estas posições estão reservadas às leituras (L3 - Anexo B) realizadas nas estacas intermediárias, com afastamento longitudinal de 1,5 m da estaca de número inteiro.

Ex:

32	33	34	35
3	2	1	3

Posição (36-39)

Estas posições estão reservadas às leituras (L4 - Anexo B) realizadas nas estacas intermediárias, com afastamento longitudinal de 2,0 m da estaca de número inteiro.

Ex:

36	37	38	39
3	2	1	3

Posição (40-43)

Estas posições estão reservadas às leituras (L5 - Anexo B) realizadas nas estacas intermediárias, com afastamento longitudinal de 2,5 m da estaca de número inteiro.

Ex:

40	41	42	43
3	2	1	2

Posição (44-47)

Estas posições estão reservadas às leituras (L6 - Anexo B) realizadas nas estacas intermediárias, com afastamento longitudinal de 3,0 m da estaca de número inteiro.

Ex:

44	45	46	47
3	2	1	2

Posição (48-51)

Estas posições estão reservadas às leituras (L7 - Anexo B) realizadas nas estacas intermediárias, com afastamento longitudinal de 3,5 m da estaca de número inteiro.

Ex:

48	49	50	51
3	2	1	2

Posição (52-55)

Estas posições estão reservadas às leituras (L8 - Anexo B) realizadas nas estacas intermediárias, com afastamento longitudinal de 4,0 m da estaca de número inteiro.

Ex:

52	53	54	55
3	2	1	0

Posição (56-59)

Estas posições estão reservadas às leituras (L9 - Anexo B) realizadas nas estacas intermediárias, com afastamento longitudinal de 4,5 m da estaca de número inteiro.

Ex:

56	57	58	59
3	2	1	1

Posição (60-64)

Estas posições estão reservadas às cotas do instrumento. O cálculo desta cota se realiza conforme o nivelamento geométrico. A diferença entre a cota do instrumento e as leituras L0 a L9 terá que ser sempre positiva.

Ex:

60	61	62	63	64
1	2	5	7	3

6.4.2 O preenchimento das posições de 3 a 64 deve ser total, não se admitindo alguma posição em branco (Anexos B e C).

6.4.3 O preenchimento das posições de 20 a 64 deve ser feito numericamente.

7 RESULTADOS

O quociente de irregularidade (QI) do trecho levantado é a média aritmética dos QI_s dos alinhamentos externo e interno. O quociente de irregularidade (QI) é calculado pela fórmula:

$$QI = - 8,54 + 6,17VA_{1,0} + 19,38VA_{2,5}$$

Onde $VA_{1,0}$ é a aceleração vertical média quadrática, referente a uma distância de base igual a 1,00 m e $VA_{2,5}$ quando essa distância é de 2,50 m. Os valores $VA_{1,0}$ e $VA_{2,5}$ são obtidos pela fórmula:

$$VA_b = \left[\sum_{i=k+1}^{N-k} \frac{(SB_i)^2}{N-2k} \right]^{1/2}$$

Sendo:

$$SB_i = \frac{Y_{i+k} - 2Y_i + Y_{i-k}}{(kS)^2}$$

Y_i = cota em um ponto qualquer

$$k = \frac{b}{S}$$

Onde:

b = comprimento da base

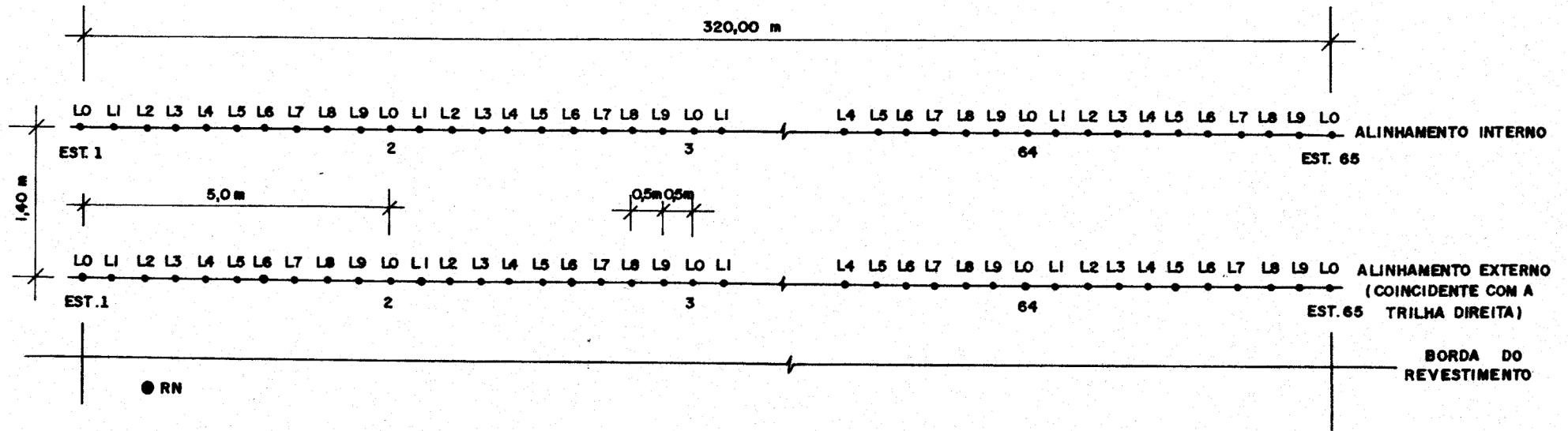
S = distância entre duas cotas consecutivas (0,5 m)

e N = número de cotas levantadas

Nota: Um exemplo numérico de cálculo do quociente de irregularidade é dado no Anexo D.

O programa de computador VAROD, disponível no Instituto de Pesquisas Rodoviárias do DNER, pode ser usado para efetuar o cálculo de QI.

DIREÇÃO DO TRÁFEGO



ANEXO A

MT - DNER

TRECHO RIO DE JANEIRO - ANGRA DOS REIS

MEDIÇÕES DE IRREGULARIDADE COM NÍVEL E MIRA

CÓDIGO: R10

C	TRECHO Nº	DDM MAA										SENTIDO					ESTACA Nº	D/E	LEITURAS (mm)																		COTA INSTRUMENTO																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
••	R10	0	1	1	1	8	3								001E	3210	3211	3212	3213	3213	3212	3212	3212	3210	3211	12573																																					
••	R10	0	1	1	1	8	3								002E	3209	3206	3206	3204	3202	3200	3198	3197	3199	3196	12573																																					
••	R10	0	1	1	1	8	3								003E	3194	3196	3195	3194	3194	3194	3195	3197	3196	12573																																						
••	R10	0	1	1	1	8	3								004E	3196	3194	3196	3194	3194	3191	3191	3194	3195	12573																																						
••	R10	0	1	1	1	8	3								005E	3196	3196	3197	3200	3200	3199	3200	3202	3200	12573																																						
••	R10	0	1	1	1	8	3								006E	3205	3207	3206	3208	3208	3206	3206	3206	3206	12573																																						
••	R10	0	1	1	1	8	3								007E	3207	3208	3210	3210	3210	3212	3213	3215	3217	12573																																						
••	R10	0	1	1	1	8	3								008E	3214	3212	3218	3218	3218	3217	3218	3217	3215	12573																																						
••	R10	0	1	1	1	8	3								009E	3214	3213	3213	3212	3213	3213	3213	3214	3213	12573																																						
••	R10	0	1	1	1	8	3								010E	3212	3210	3208	3207	3208	3206	3205	3203	3201	12573																																						
••	R10	0	1	1	1	8	3								011E	3193	3193	3193	3193	3193	3193	3195	3196	3200	12568																																						
••	R10	0	1	1	1	8	3								012E	3203	3204	3205	3210	3209	3212	3213	3212	3213	12568																																						
••	R10	0	1	1	1	8	3								013E	3210	3210	3210	3210	3211	3211	3210	3209	3209	12568																																						
••	R10	0	1	1	1	8	3								014E	3209	3211	3209	3210	3209	3209	3210	3210	3210	12568																																						
••	R10	0	1	1	1	8	3								015E	3210	3208	3209	3210	3210	3211	3210	3212	3213	12568																																						
••	R10	0	1	1	1	8	3								016E	3211	3210	3210	3210	3210	3210	3209	3210	3210	12568																																						
••	R10	0	1	1	1	8	3								017E	3210	3211	3211	3212	3210	3209	3209	3209	3208	12568																																						
••	R10	0	1	1	1	8	3								018E	3208	3206	3206	3206	3207	3205	3202	3201	3200	12568																																						
••	R10	0	1	1	1	8	3								019E	3198	3201	3200	3201	3202	3202	3203	3204	3205	12568																																						
••	R10	0	1	1	1	8	3								020E	3208	3209	3208	3208	3208	3208	3207	3207	3207	12568																																						
••	R10	0	1	1	1	8	3								021E	3198	3197	3196	3196	3194	3194	3194	3194	3193	12560																																						

RIO DE JANEIRO - ANGRA DOS REIS
Km 104 PNU 101 BR TISSO

Exemplo de Aplicação do Método de Nível e Mira no Cálculo do Quociente de Irregularidade (QI)

$$QI = - 8,54 + 6,17 VA_{1,0} + 19,38 VA_{2,5}$$

Onde:

$$VA_b = \left[\sum_{i=k+1}^{N-k} \frac{(SB_i)^2}{N-2k} \right]^{1/2}$$

e:

$$SB_i = \frac{Y_{i+k} - 2Y_i + Y_{i-k}}{(kS)^2}$$

e:

$$k = \frac{b}{S}$$

Sendo $S = 0,5$ m (distância entre duas cotas consecutivas).No exemplo, admite-se $N = 12$, ou sejam, 5,5 m de extensão do pavimento: [$(12-1) \times 0,5 = 5,5$]Para o cálculo de $VA_{1,0}$ tem-se $k = \frac{b}{S} = \frac{1,0}{0,5} = 2$ Para o cálculo de $VA_{2,5}$ tem-se $k = \frac{b}{S} = \frac{2,5}{0,5} = 5$ Caso de $VA_{1,0}$

$$VA_{1,0} = \left[\sum_{i=3}^{12-2} \frac{(SB_i)^2}{12-2 \times 2} \right]^{1/2} = \left[\sum_{i=3}^{10} \frac{(SB_i)^2}{8} \right]^{1/2} =$$

$$= \left[\frac{SB_3^2 + SB_4^2 + SB_5^2 + SB_6^2 + SB_7^2 + SB_8^2 + SB_9^2 + SB_{10}^2}{8} \right]^{1/2}$$

Anexo D

Cálculo do SB_i

$$SB_i = \frac{Y_{i+k} - 2Y_i + Y_{i-k}}{(kS)^2}$$

logo:

$$SB_3 = \frac{Y_5 - 2Y_3 + Y_1}{(2 \times 0,5)^2}$$

Admitindo-se, como exemplo:

$Y_5 = 10\ 047\text{ mm}$, $Y_3 = 10\ 027\text{ mm}$ e $Y_1 = 10\ 000\text{ mm}$

ter-se-á:

$$SB_3 = \frac{(10\ 047 - 2 \times 10\ 027 + 10\ 000)\text{ mm}}{1\text{ m}^2} = \frac{-7\text{ mm}}{1\text{ m}^2}$$

$$SB_3 = -7\text{ mm} / \text{m}^2$$

Adotando-se o mesmo procedimento aplicado em SB_3 , com os valores de Y conhecidos são obtidos os valores de:

$SB_4, SB_5, SB_6, SB_7, SB_8, SB_9$ e SB_{10}

assim:

$$VA_{1,0} = \left[\frac{(-7\text{ mm/m}^2)^2 + \dots + (-5\text{ mm/m}^2)^2}{8} \right]^{1/2}$$

$$VA_{1,0} = 9,38\text{ mm} / \text{m}^2$$

Para o caso de $VA_{2,5}$, ter-se-á $k = \frac{2,5}{0,5} = 5$

e:

$$VA_{2,5} = \left[\sum_{i=5+1}^{12-5} \frac{(SB_i)^2}{12-2 \times 5} \right]^{1/2} = \left[\sum_{i=6}^7 \frac{(SB_i)^2}{2} \right]^{1/2} = \left[\frac{(SB_6)^2 + (SB_7)^2}{2} \right]^{1/2}$$

Cálculo de SB_6 e SB_7

Sendo:

$$SB_i = \frac{Y_{i+k} - 2 Y_i + Y_{i-k}}{(kS)^2} =$$

Temos:

$$SB_6 = \frac{Y_{6+5} - 2 Y_6 + Y_{6-5}}{(5 \times 0,5 \text{ m})^2} =$$

$$= \frac{Y_{11} - 2 Y_6 + Y_1}{(2,5 \text{ m})^2} =$$

Admitindo-se, como exemplo:

$$Y_{11} = 10\ 133 \text{ mm}; Y_6 = 10\ 070 \text{ mm} \text{ e } Y_1 = 10\ 000 \text{ mm}$$

$$\text{Ter-se-á: } SB_6 = \frac{(10\ 133 - 2 \times 10\ 070 + 10\ 000) \text{ mm}}{6,25 \text{ m}^2} = -1,12 \text{ mm} / \text{m}^2$$

Aplicando-se o mesmo procedimento para SB_7 com os valores de Y_{12} , Y_7 e Y_2 conhecidos, ter-se-á:

$$SB_7 = \frac{Y_{12} - 2 Y_7 + Y_2}{6,25 \text{ m}^2} = -0,64 \text{ mm} / \text{m}^2$$

Logo:

$$VA_{2,5} = \left[\frac{(SB_6)^2 + (SB_7)^2}{2} \right]^{1/2} =$$

$$= \left[\frac{(-1,12)^2 + (-0,64)^2}{2} \right]^{1/2} =$$

$$= 0,91 \text{ mm} / \text{m}^2$$

Finalmente, substituindo-se $VA_{1,0}$ e $VA_{2,5}$ na equação que dá o quociente de irregularidade pelos seus valores encontrados, ter-se-á:

$$QI = -8,54 + 6,17 \times 9,38 + 19,38 \times 0,91 = 66,9704$$

$$QI = 67 \text{ Contagens/km}$$