

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 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

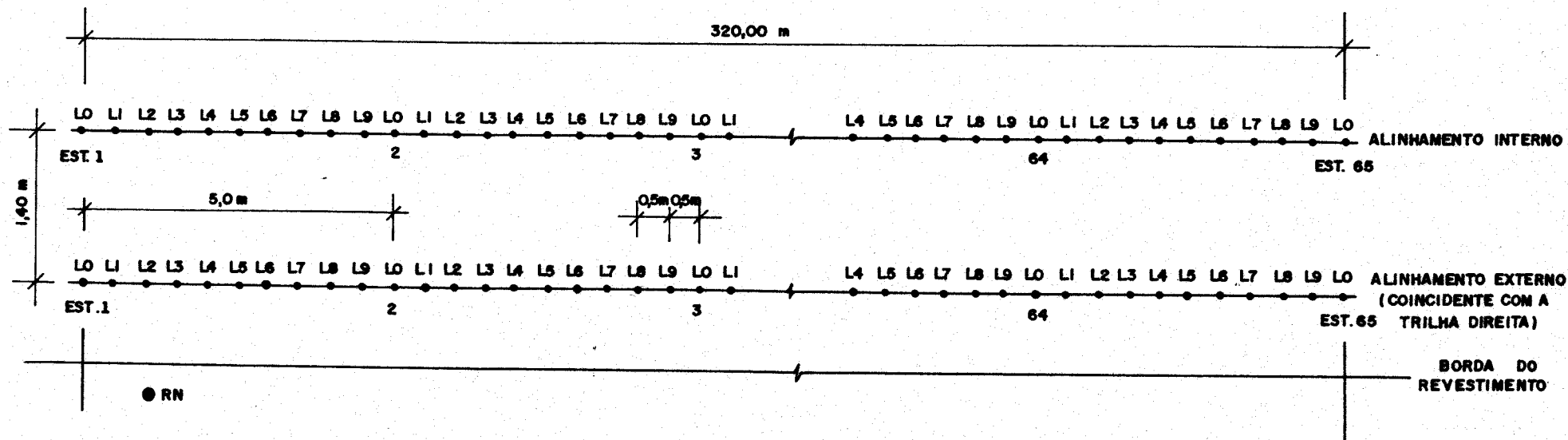
S = distância entre duas cotas consecutivas (0,5 m)

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

DNER-ES 173/86
P. 08/13

MT - DNER

TRECHO RIO DE JANEIRO - ANGRA DOS REIS

MEDIÇÕES DE IRREGULARIDADE COM NÍVEL E MIRA

CÓDIGO: RJO

C	TRECHO Nº	DDMMAA	SENTIDO	ESTACA Nº	D/E	LEITURAS (mm)																		COTA INSTRUMENTO																																								
						LO	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	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
••	RJO	011183		001E		3210	3211	3212	3213	3213	3212	3212	3212	3212	3210	3211	12573																																															
••	RJO	011183		002E		3209	3206	3206	3204	3202	3200	3198	3197	3199	3196	12573																																																
••	RJO	011183		003E		3194	3196	3195	3194	3194	3194	3194	3195	3197	3196	12573																																																
••	RJO	011183		004E		3196	3194	3196	3194	3194	3191	3191	3194	3195	3195	12573																																																
••	RJO	011183		005E		3196	3196	3197	3200	3200	3199	3200	3202	3200	3203	12573																																																
••	RJO	011183		006E		3205	3207	3206	3208	3208	3206	3206	3206	3206	3206	12573																																																
••	RJO	011183		007E		3207	3208	3210	3210	3210	3212	3213	3215	3217	3218	12573																																																
••	RJO	011183		008E		3214	3212	3218	3218	3218	3217	3218	3217	3215	3215	12573																																																
••	RJO	011183		009E		3214	3213	3213	3212	3213	3213	3213	3214	3213	3212	12573																																																
••	RJO	011183		010E		3212	3210	3208	3207	3208	3206	3205	3203	3201	3198	12573																																																
••	RJO	011183		011E		3193	3193	3193	3193	3193	3193	3195	3196	3200	3201	12568																																																
••	RJO	011183		012E		3203	3204	3205	3210	3209	3212	3213	3212	3212	3213	12568																																																
••	RJO	011183		013E		3210	3210	3210	3210	3211	3211	3210	3209	3209	3209	12568																																																
••	RJO	011183		014E		3209	3211	3209	3210	3209	3209	3210	3210	3210	3210	12568																																																
••	RJO	011183		015E		3210	3208	3209	3210	3210	3211	3210	3212	3213	3212	12568																																																
••	RJO	011183		016E		3211	3210	3210	3210	3210	3210	3209	3210	3210	3210	12568																																																
••	RJO	011183		017E		3210	3211	3211	3212	3210	3209	3209	3209	3208	3207	12568																																																
••	RJO	011183		018E		3208	3206	3206	3206	3207	3205	3202	3201	3200	3199	12568																																																
••	RJO	011183		019E		3198	3201	3200	3201	3202	3202	3203	3204	3205	3206	12568																																																
••	RJO	011183		020E		3208	3209	3208	3208	3208	3208	3207	3207	3207	3206	12568																																																
••	RJO	011183		021E		3198	3197	3196	3196	3194	3194	3194	3194	3193	3194	12560																																																

RIO DE JANEIRO - ANGRA DOS REIS
Km 104 PNU 101 BRT ISSO

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:

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

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

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:

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

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:

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

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