



**AVALIAÇÃO DE MÉTODO PARA
ESTUDO PRELIMINAR DO IMPACTO
DE VIBRAÇÕES ORIUNDAS DE
LINHAS METRO-FERROVIÁRIAS**

**NELSON L. NUNES
ANTONIO J. CALDAS DE SOUSA
ILONA B. SCHIFFER
MANOEL DA SILVA F. FILHO**





NOVAS LINHAS METROVIÁRIAS

Uma das ações para otimizar o transporte de massa na RMSP

Mas...

BENEFÍCIOS PARA A
POPULAÇÃO LINDEIRA

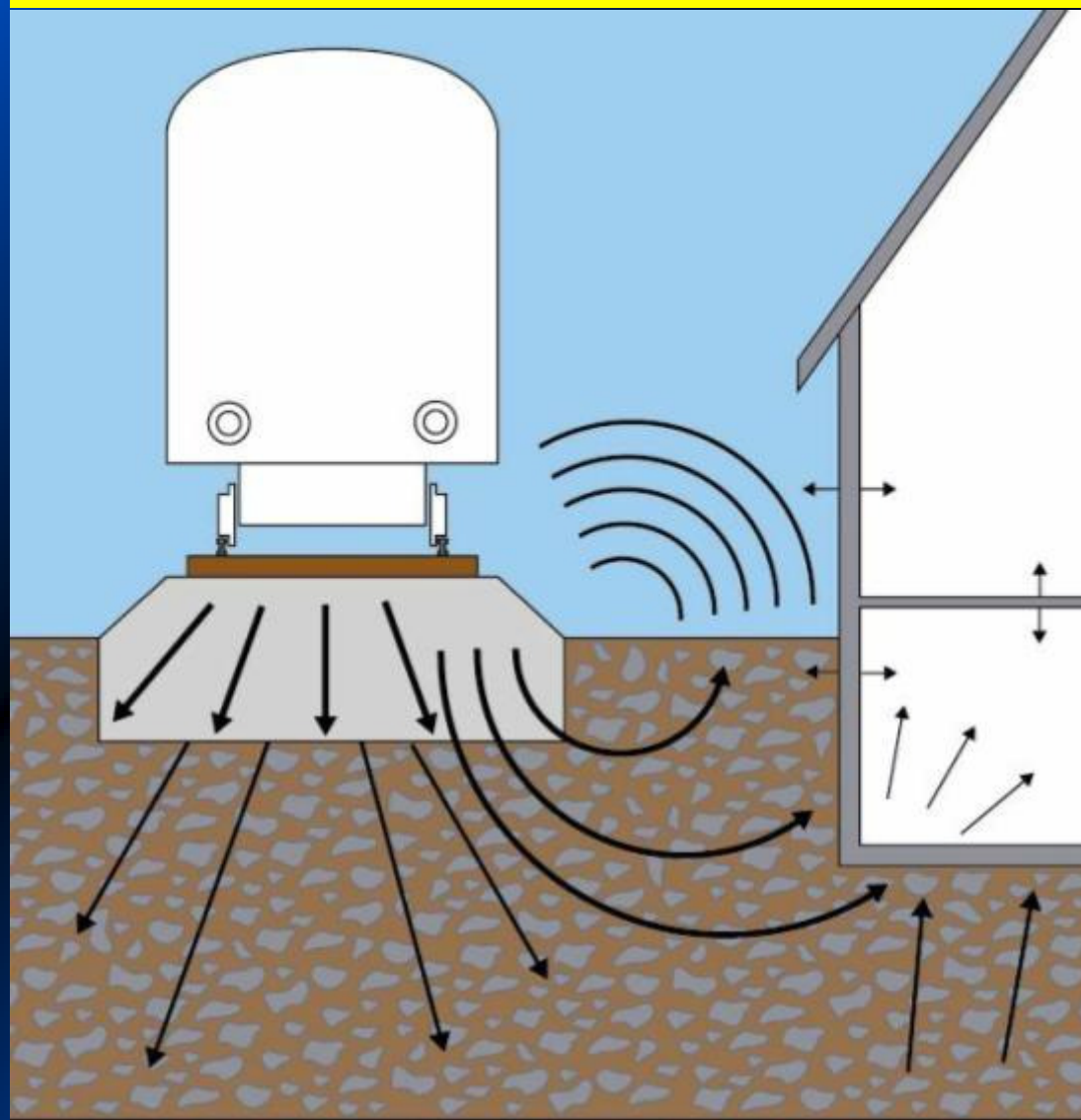
X

PERTURBAÇÕES
INDESEJÁVEIS
PELA POPULAÇÃO





VIBRAÇÕES E RUÍDOS





EXEMPLO: METRÔ DE CHICAGO





AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE VIBRAÇÕES

- ESTUDOS PRELIMINARES PARA ESTIMAR O NÍVEL DE VIBRAÇÃO
- COMPARAÇÃO COM LIMITES QUE GARANTAM AUSÊNCIA DE PERTURBAÇÃO
- PROJETO BÁSICO: DEFINIÇÃO DA NECESSIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE SUPERESTRUTURA DOTADA DE SISTEMA AMORTECEDOR
- ESCOLHA DO SISTEMA → ASPECTOS
 - TÉCNICOS
 - AMBIENTAIS
 - ECONÔMICOS
- USO DE METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DE VIBRAÇÕES



ESTIMATIVA DO NÍVEL DE VIBRAÇÕES

- MÉTODOLOGIA ADOTADA DEVE TER PRECISÃO ADEQUADA
- EVITAR RISCOS

RISCO DE ESTIMAR NÍVEIS MAIORES QUE OS REAIS

Adoção de solução mais sofisticada e onerosa do que o necessário

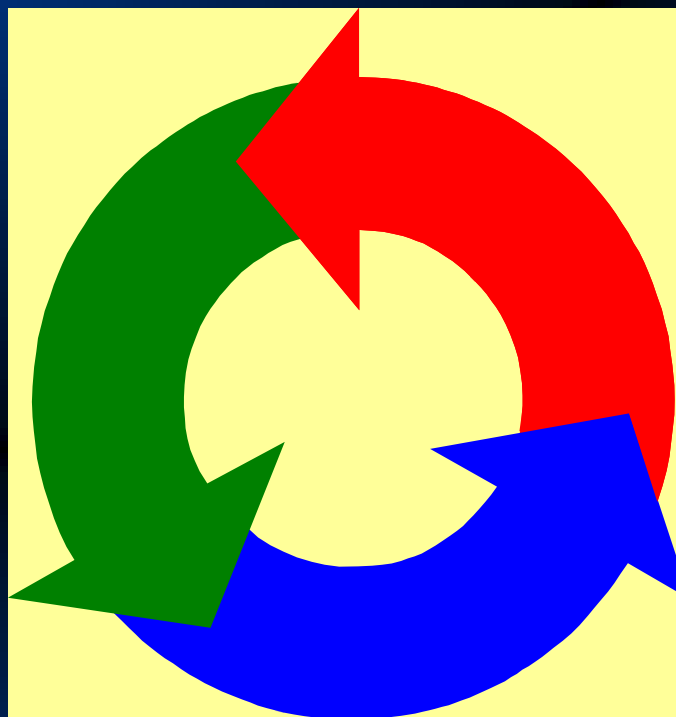
RISCO DE ESTIMAR NÍVEIS MENORES QUE OS REAIS

Solução adotada não será suficiente para evitar as perturbações



**AVALIAR METODOLOGIA
RETROANÁLISE DOS NÍVEIS ESTIMADOS**

**ESTIMAR
NÍVEIS DE
VIBRAÇÃO**

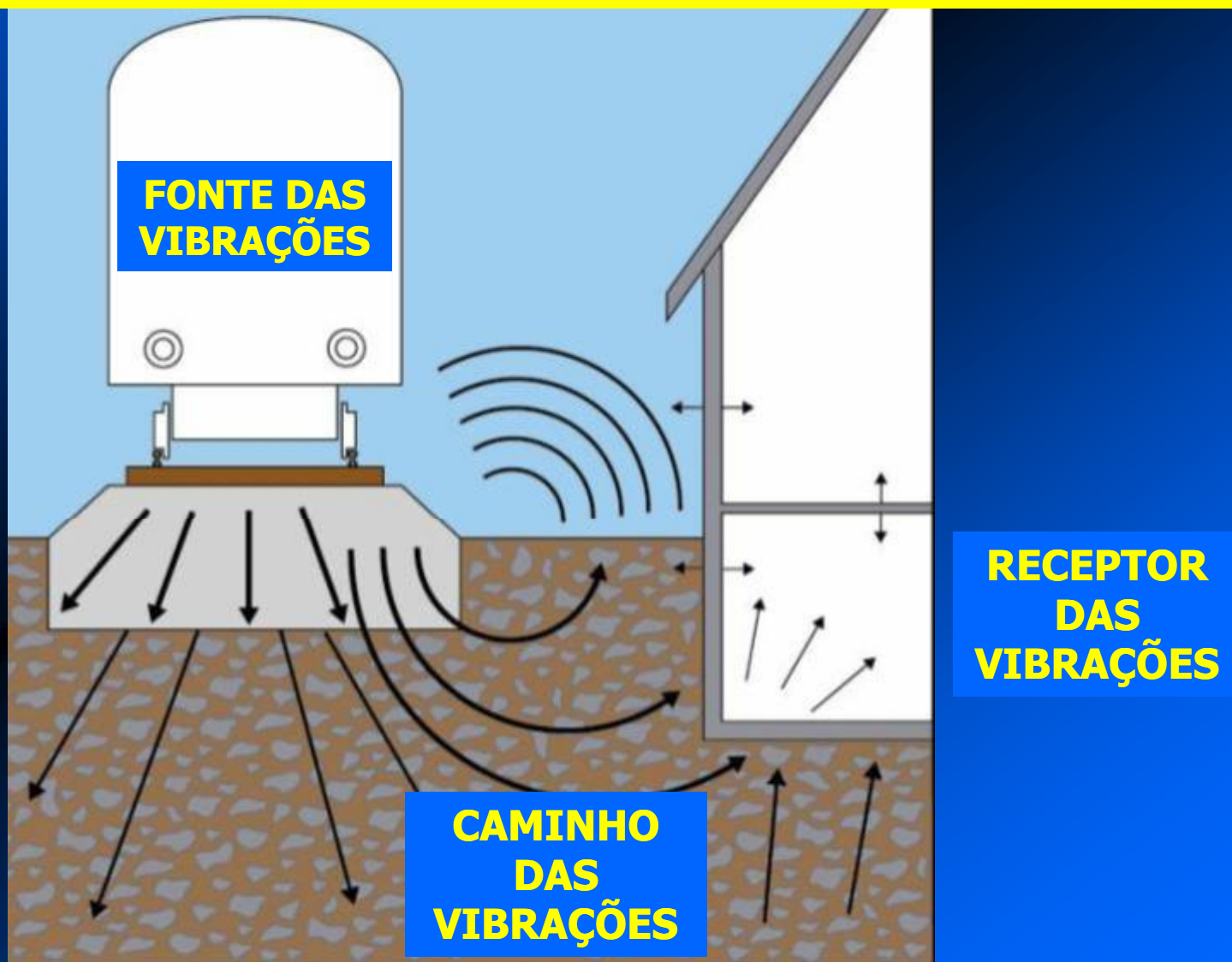


**AJUSTAR
MÉTODO**

COMPARAR COM NÍVEIS MEDIDOS



VIBRAÇÕES: INFLUÊNCIA DE VÁRIOS FATORES





FATORES RELATIVOS À FONTE DAS VIBRAÇÕES

- **SUSPENSÃO DO VEÍCULO**
- **CONDIÇÃO DO MATERIAL RODANTE**
- **SUPERFÍCIE DA VIA**
- **SUPERESTRUTURA DA VIA PERMANENTE**
- **VELOCIDADE DOS TRENS**
- **INFRAESTRUTURA DA VIA (MÉTODO CONSTRUTIVO)**
- **PROFUNDIDADE DA VIA**



FATORES RELATIVOS AO CAMINHO DAS VIBRAÇÕES

- **TIPO DE SOLO**
- **LEITO ROCHOSO**
- **PERFIL GEOLÓGICO**
- **NÍVEL D'ÁGUA**



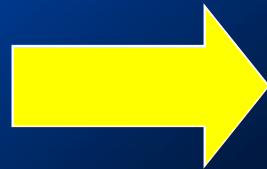
FATORES RELATIVOS AO RECEPTOR DAS VIBRAÇÕES

- **FUNDAÇÕES**
- **TIPO DE CONSTRUÇÃO DA EDIFICAÇÃO**
- **FREQÜÊNCIA NATURAL DA EDIFICAÇÃO**
- **ABSORÇÃO ACÚSTICA (RUÍDO SECUNDÁRIO)**



MÉTODOS PARA ESTIMATIVA DAS VIBRAÇÕES

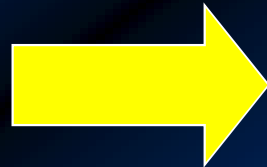
EMPÍRICOS



EXPERIÊNCIA ACUMULADA

BANCO DE DADOS

ANALÍTICOS



MODELOS MATEMÁTICOS

FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS



EXEMPLO DE MÉTODO PARA ANÁLISE

**U.S. DEPARTMENT OF
TRANSPORT**

FEDERAL TRANSIT ADMINISTRATION

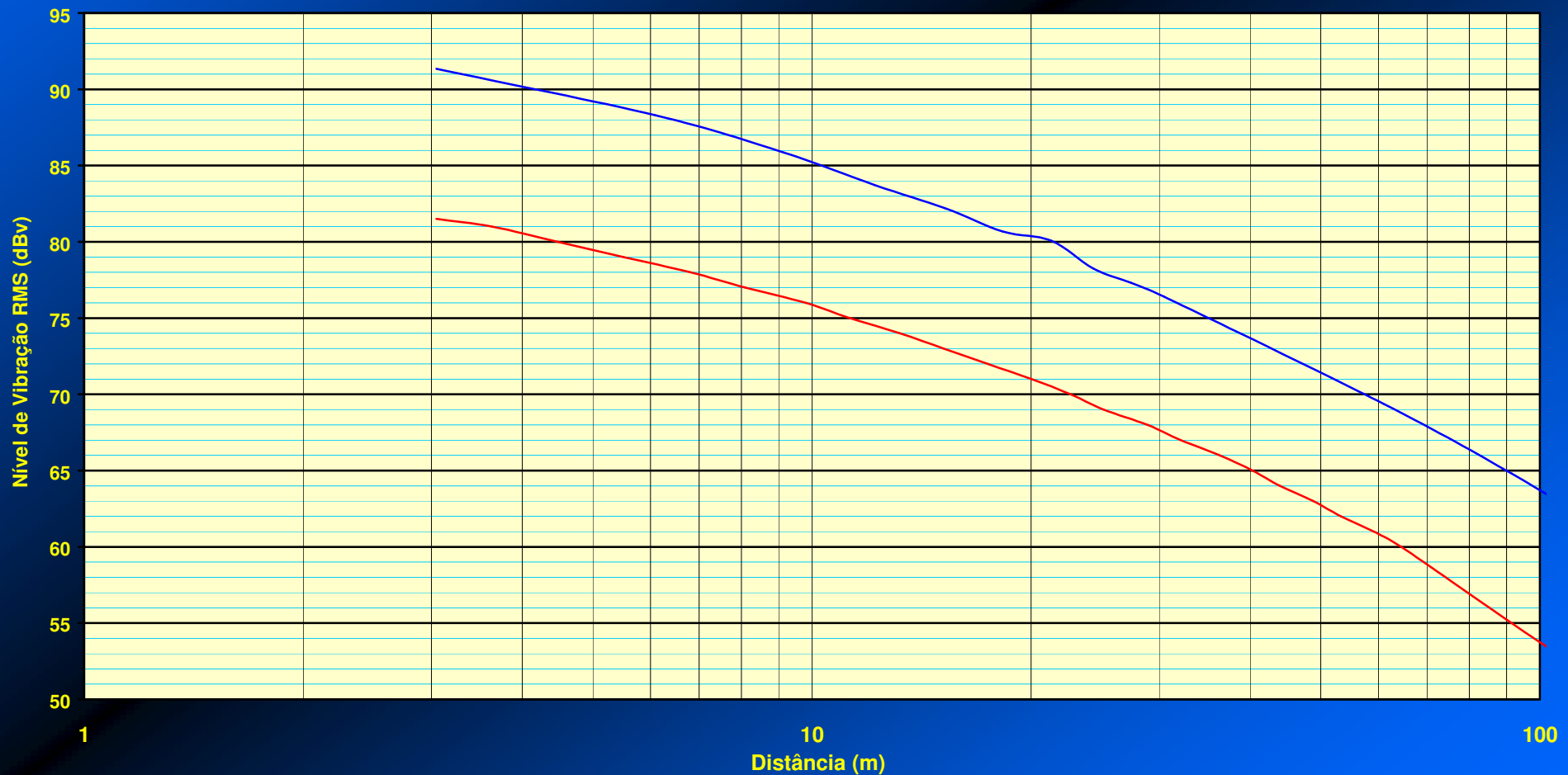
FEDERAL RAILROAD ADMINISTRATION

- **MÉTODO EMPÍRICO**
- **HISTÓRICO DE MEDIÇÕES DE FERROVIAS E METRÔS AMERICANOS**
- **CURVA NÍVEL DE VIBRAÇÃO RMS GLOBAL X DISTÂNCIA**



CURVA NÍVEL DE VIBRAÇÃO RMS GLOBAL X DISTÂNCIA

Nível de Vibração x Distância



— Nível de Vibração FRA - Vel. 241,5 km/h

— Nível de Vibração FTA - Vel. 80,5 km/h



CORREÇÕES DO VALOR INTERPOLADO NA CURVA EM FUNÇÃO DOS FATORES INTERVENIENTES (USDOT, 1998)

Fator de Ajuste		Ajuste relativo à curva de propagação (dBv)
Velocidade		$20 \cdot \log(V/VREF)$
Trens circulando com calos nas rodas		10
Superestrutura de via permanente	Via corrugada	10
	AMV com jacaré fixo	10
	Laje massa mola	-15
	Manta sob lastro	-10
Método Construtivo	Placa sobre palmilha resiliente	-5
	Fixação direta	0
	Superfície	0
Método Construtivo	Cut and Cover	-3
	NATM	-5
Método Construtivo	Elevado	-10
	Solo com propagação eficiente	10
Edificação com estrutura ressonante		6



CONSIDERAÇÕES AO MÉTODO

- ANÁLISE PRELIMINAR
- ERRO DE 5 dBv
- SE A ESTIMATIVA FOR ATÉ 5dBv SUPERIOR AO LIMITE: DEVE SER FEITA UMA ANÁLISE + DETALHADA COM MEDIÇÕES NO CAMPO
- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DO LOCAL DEVEM SER PONDERADAS



EXEMPLO DE CÁLCULO

Categoria da área da comunidade	II - Residencial de média densidade	CORREÇÕES (dBv)	
Uso	Moradia Unifamiliar		
Distância do eixo da via mais próxima (m)	10	Nível (ref.: 80,49 km/h)	76
Velocidade do trem no trecho (km/h)	72	Correção da velocidade	-1
Condição do mat. Rodante	BOA	Correção do mat. rodante	0
Condição da Via	BOA	Correção cond. da via	0
AMV NO TRECHO?	NÃO HÁ AMV	Correção AMV	0
SISTEMA DE AMORTECIMENTO	PALMILHA RESILIENTE	Correção Sistema	-5
MÉTODO CONSTRUTIVO	TÚNEL ESCAVADO EM SOLO - CUT & COVER	Correção met. Construtivo	-3
ESTRUTURA DO EDIFÍCIO	ALVENARIA (LEVE)	Correção estrutura	0
RECEPÇÃO DA VIBRAÇÃO	LAJES E PAREDES RESSONANTES	Correção ressonância	6

NÍVEL DE VIBRAÇÃO ESTIMADO



73 dBv



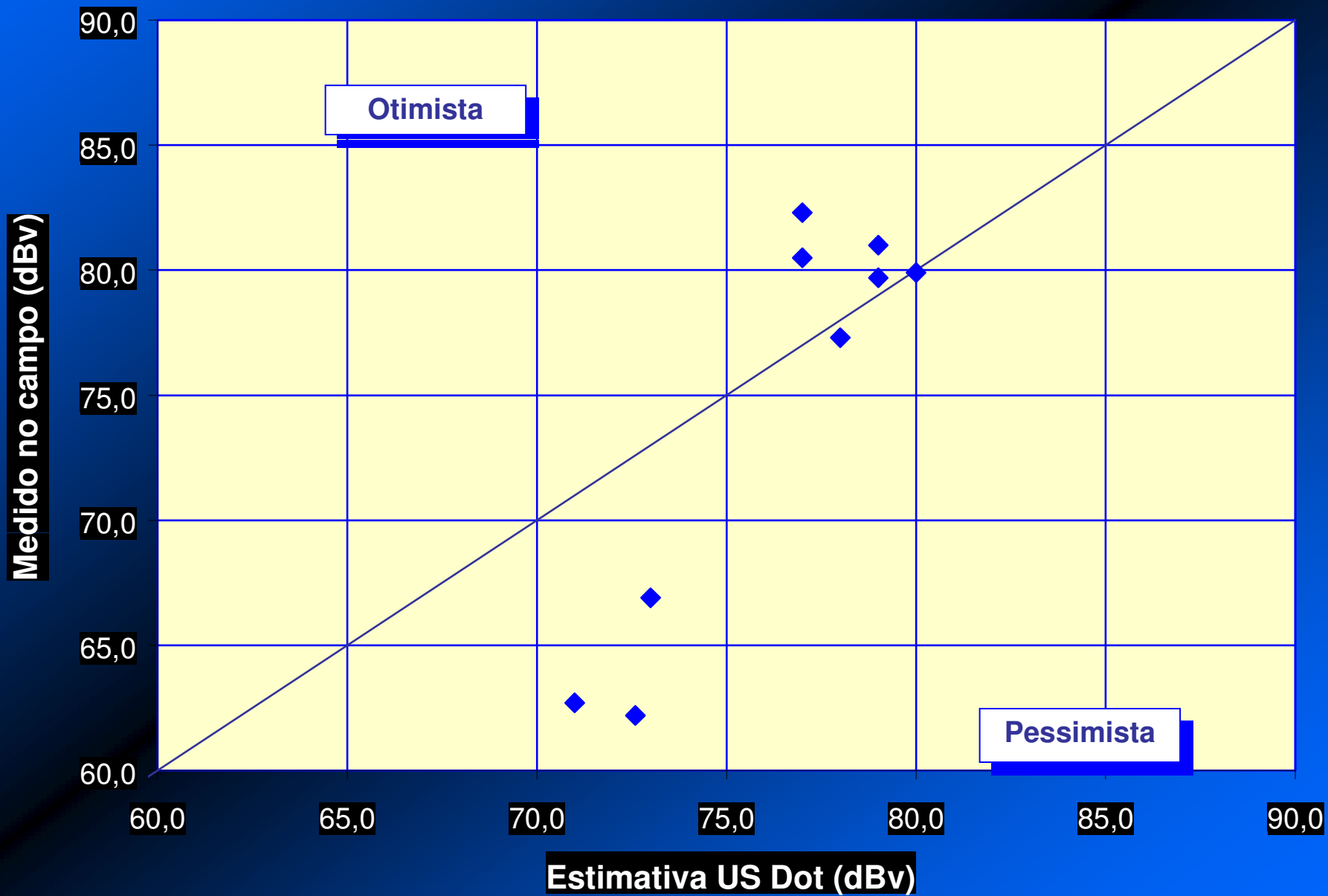
ANÁLISE: COMPARAÇÃO DE NÍVEIS DE VIBRAÇÃO ESTIMADOS COM MEDIÇÕES FEITAS PELA CMSP EM LOCAIS LINDEIROS À EXTENSÃO NORTE (L1 - AZUL)

9ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROVIÁRIA – Forum Técnico



LOCAL	Distância radial do eixo da via (m)	Velocidade (km/h)	VIBRAÇÃO ESTIMATIVA US-DOT (dBv)	VIBRAÇÃO MEDIDA IPT (dBv)
Estacionamento Poço Zuquim (WZI)	6	62	78,0	77,3
		75	80,0	79,9
Sala Canteiro ACB	38	62	71,0	59,9
		75	72,6	62,2
Construção em JPA - ponto 5 - laje	9	62	77,0	80,5
		75	79,0	79,7
Construção em JPA - ponto 6 - assoalho	9	62	77,0	82,3
		75	79,0	81,0
Construção em JPA - ponto 7 - piso	9	62	71,0	62,7
		75	73,0	66,9

9ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROVIÁRIA – Forum Técnico





CONSIDERAÇÕES FINAIS

- **ANÁLISE: ADERÊNCIA EM NÍVEIS MAIORES**
- **ANÁLISE: PESSIMISTA PARA NÍVEIS MENORES**
- **MÉTODO PODE SER UTILIZADO PARA ESTUDOS PRELIMINARES DESDE QUE SE FAÇAM CORREÇÕES PARA MINIMIZAR DISTORÇÕES**
- **AJUSTAR A CURVA DE INTERPOLAÇÃO EM FUNÇÃO DE DADOS CARACTERÍSTICOS DE CADA REGIÃO**
- **IMPORTÂNCIA DO BANCO DE DADOS COM HISTÓRICO DE MEDIÇÕES EM REGIÕES LINDEIRAS ÀS VIAS**



GRATO PELA ATENÇÃO !!!

