

Método Brasileiro para Avaliação da Propagação de Vibrações em Vias Metro-Ferroviárias

Autores: Marco Juliani, Liana Becocci

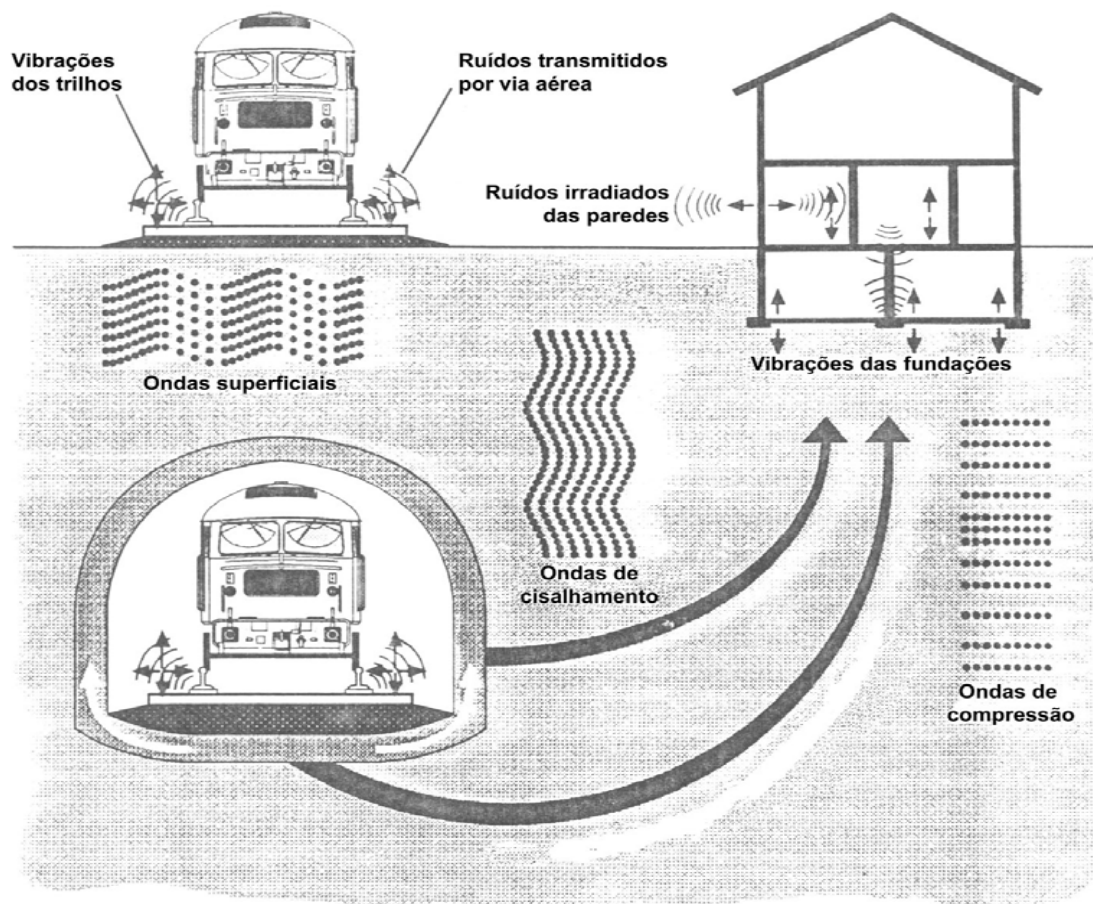
Neste trabalho, serão apresentados:

- Mecanismos do Fenômeno
- Fatores de Influência
- O Método VVP-IEME
- Exemplo
- Referências

Introdução:

- Método Brasileiro: VVP-IEME (“Vibrações de Vias Permanentes – IEME BRASIL”)
- Utiliza Técnicas Experimentais, Empíricas e Teóricas
- Utilizado na Verificação do Projeto da Linha 2 do Metrô de São Paulo
- Calibrado com as Medições após a Conclusão da Via
- Experiência Brasileira

Mecanismos do Fenômeno



Fatores de Influência:

1) Fatores Operacionais e do Veículo:

- Velocidade
- Suspensão Primária
- Desgaste das Rodas

Fatores de Influência:

2) Vias:

- Condição dos Trilhos
- Sistema de Suporte dos Trilhos
- Massa da Via
- Rigidez da Via

Fatores de Influência:

3) Geologia:

- Amortecimento Interno do Solo
- Profundidade do Topo Rochoso
- Ondas de Superfície
- Ondas de Volume

Fatores de Influência:

4) Edifícios Receptores:

- Fundação
- Propagação através da Estrutura

MÉTODO VPP-IEME:

- Fórmulas Teóricas
- Regras empíricas
- Informações Experimentais
- Domínio da Frequência
- Bandas de 1/3 de Oitava
- Escala dBv, ref. $2,54 \times 10^{-5}$ mm/s

MÉTODO VPP-IEME:

- a) Espectro das Vibrações Transmitidas pelo Trem
 - medições diretas

- b) Velocidade do Veículo
 - ajuste (dBv) = $20 \log (\text{vel.oper.} / \text{vel. espectro})$

MÉTODO VPP-IEME:

c) Interface Roda/Trilho

- desgastes e rugosidades: ± 10 dBv

d) Sistema Massa-Mola

- curva de transmissibilidade:

$$A = 20 \log (1 - (f/f_n)^2)$$

MÉTODO VPP-IEME:

e) Estrutura de Apoio da Via Permanente:

- viadutos: -10 dBv
- em superfície: 0
- túneis em shield e NATM: 0
- cut-and-cover: -3 dBv

MÉTODO VPP-IEME:

f) Propagação pelo Solo

- ondas de volume:
compressão
cisalhamento
- ondas de superfície:
Rayleigh

MÉTODO VPP-IEME:

f1) Amortecimento Geométrico

- espalhamento da energia quando ela se afasta da fonte
- depende da distância, do tipo de fonte e do tipo de onda
- não depende da frequência

MÉTODO VPP-IEME:

f2) Amortecimento Físico

- depende da frequência
- depende do tipo de solo
- depende do tipo de onda

Técnica Experimental para Estudo de Propagação



Telefone: (55 11) 3816-8166
www.iemebrasil.com.br

MÉTODO VPP-IEME:

g) Características das fundações dos Edifícios:

- edifício comercial de até dois andares: -7 dBv
- edifício em alvenaria de até 4 andares: -10 dBv
- grandes edifícios com fundação em estacas: -10 dBv
- grandes edifícios em sapatas corridas: -13 dBv
- fundações em rocha: 0 dBv

MÉTODO VPP-IEME:

h) Características Estruturais dos Edifícios:

- propagação andar a andar: atenuação
- propagação nos pavimentos: amplificação

MÉTODO VPP-IEME:

- i) Valores Limites: Critério do Metrô de São Paulo
- residencial: 70 a 75 dBv
 - comercial: 70 a 75 dBv
 - industrial: 75 dBv
 - especiais: 65 a 85 dBv

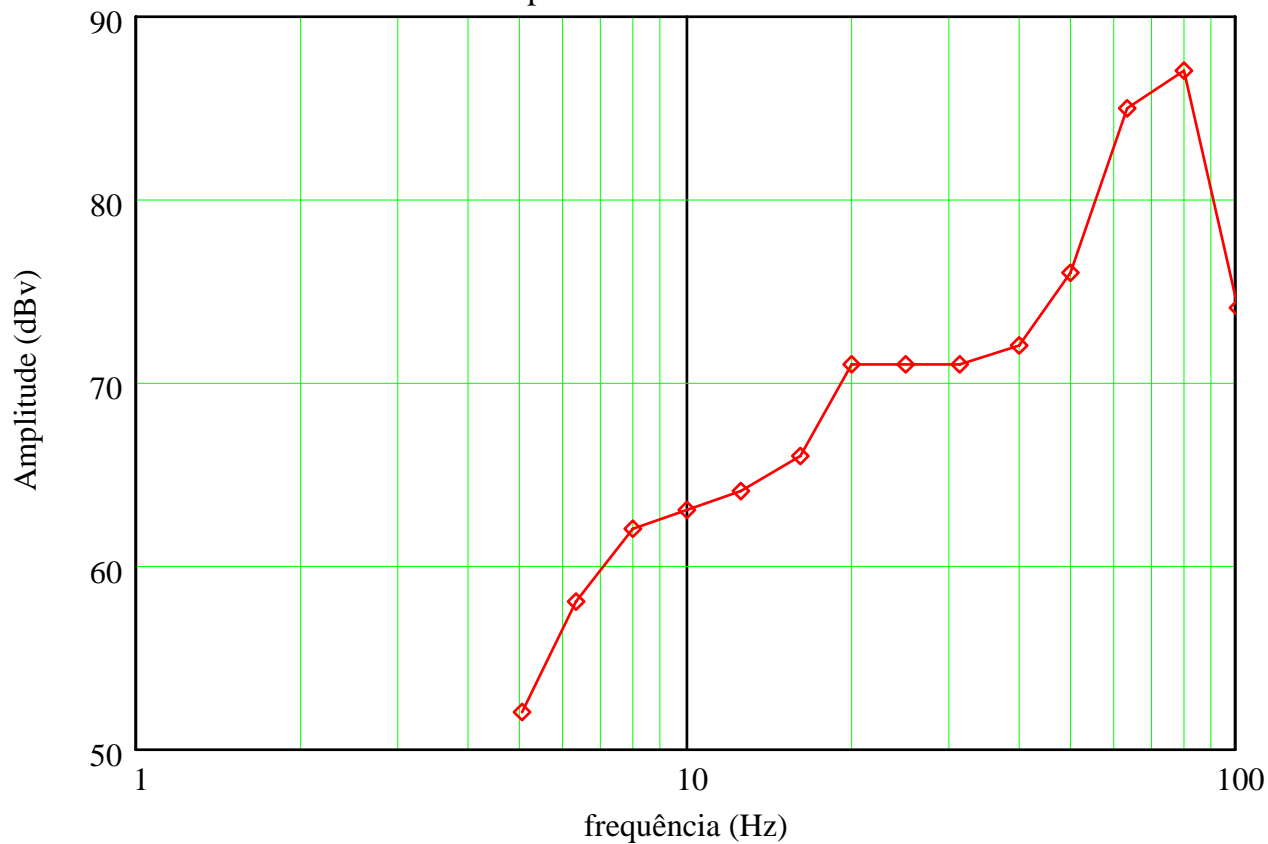
EXEMPLO

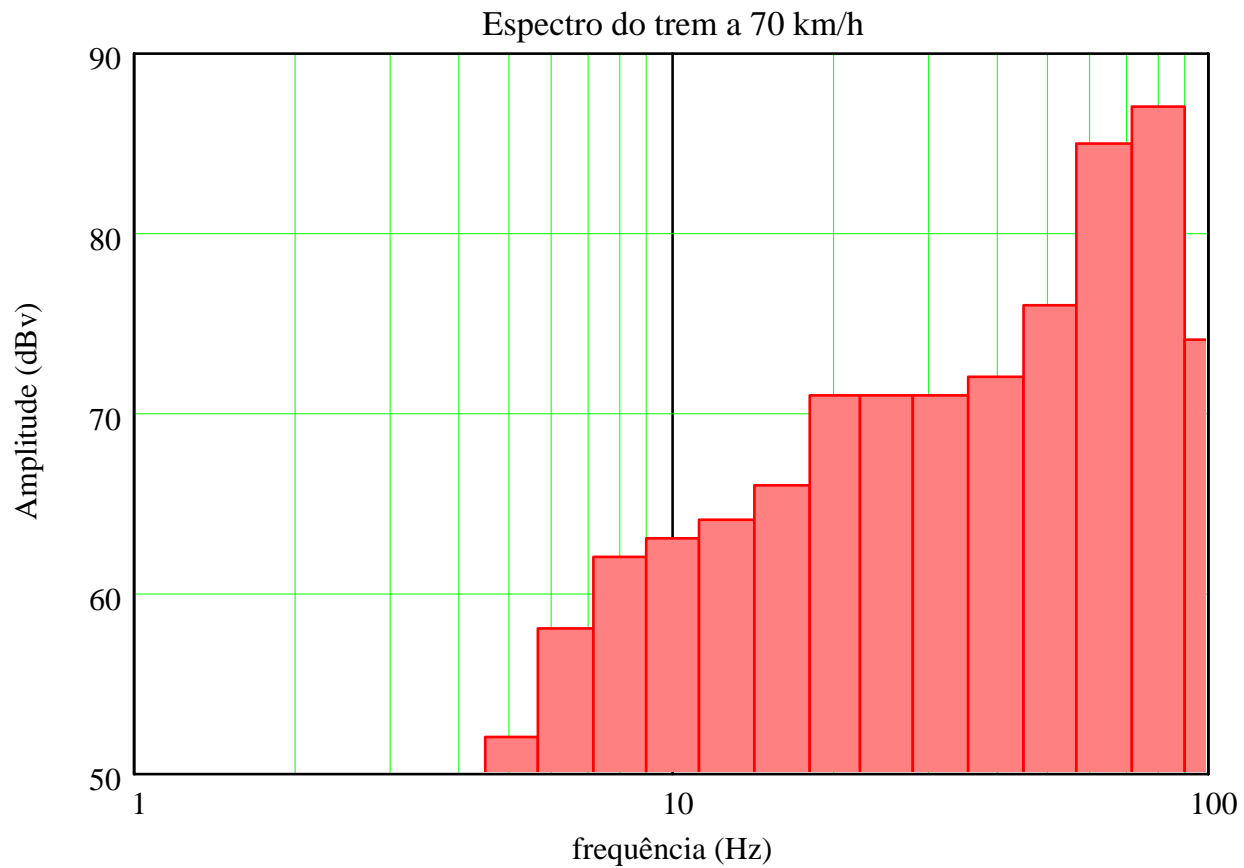
EXEMPLO

Espectro Medido:

- Velocidade: 70 km/h
- Estrutura: cut-and-cover
- Roda/trilho: boas condições
- Sem sistema massa-mola

Espectro do trem a 70 km/h





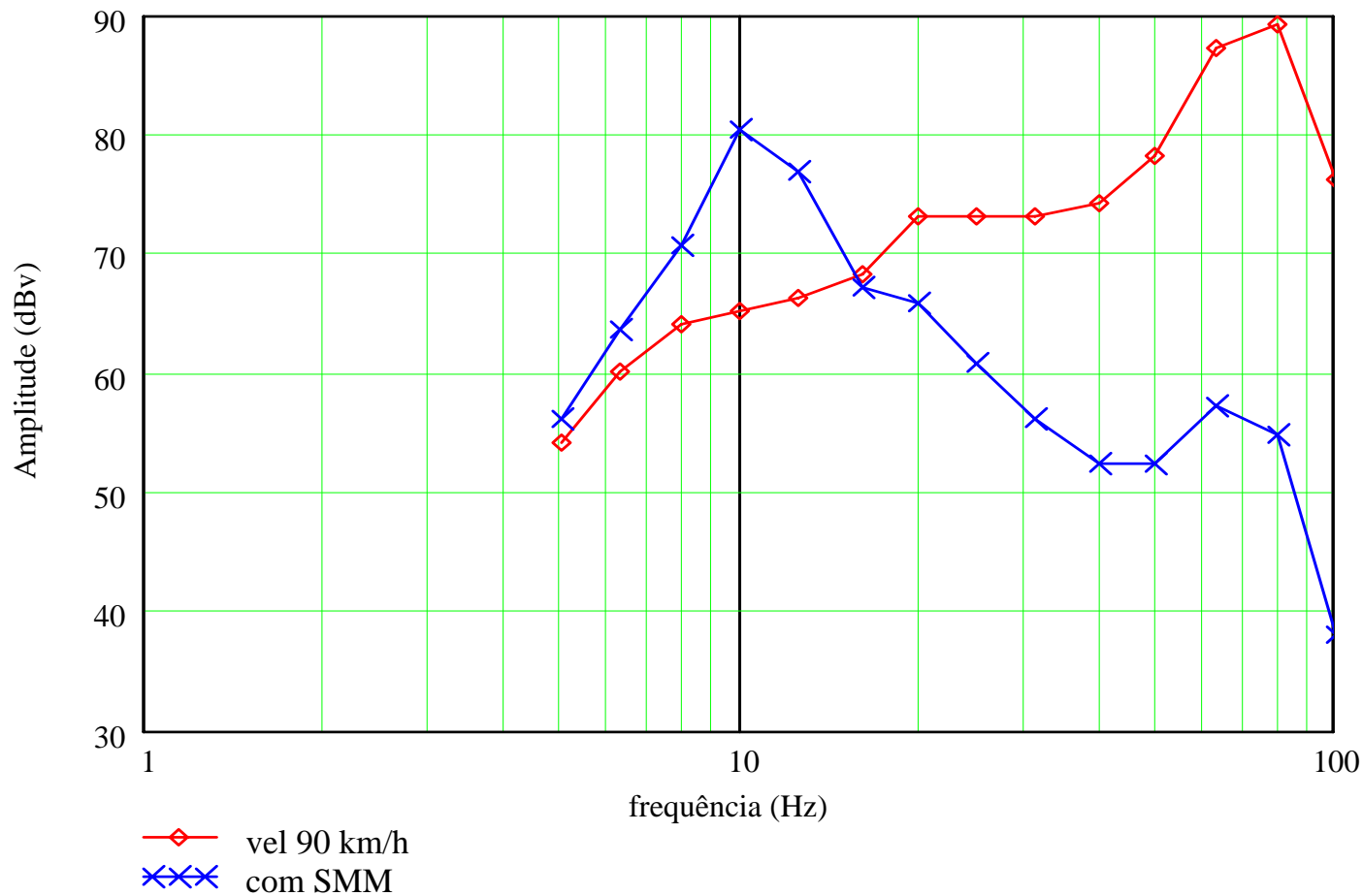
EXEMPLO

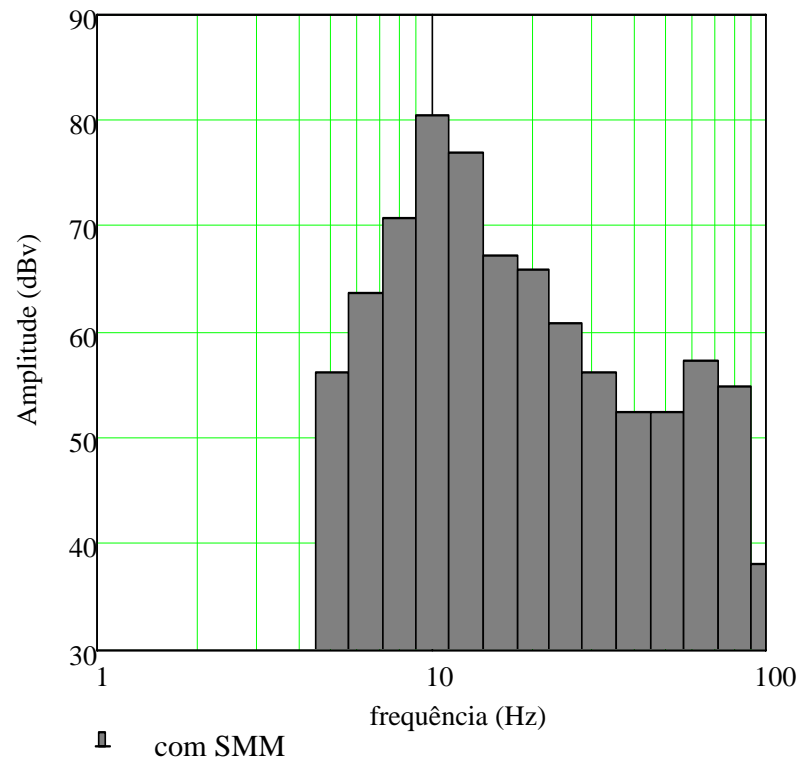
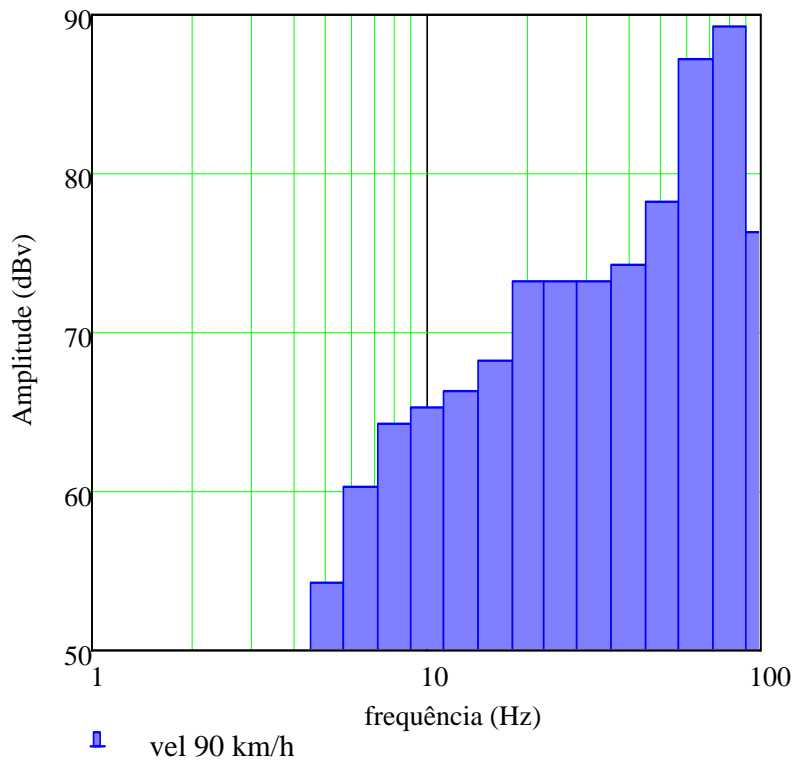
Nova via:

- Velocidade: 90 km/h
- Estrutura: túnel NATM
- Solo: Argila Média
- SMM: $f_n = 11$ Hz
- Receptor: edifício residencial
- Distância até à via: 30 metros
- Limite: 70 dBv

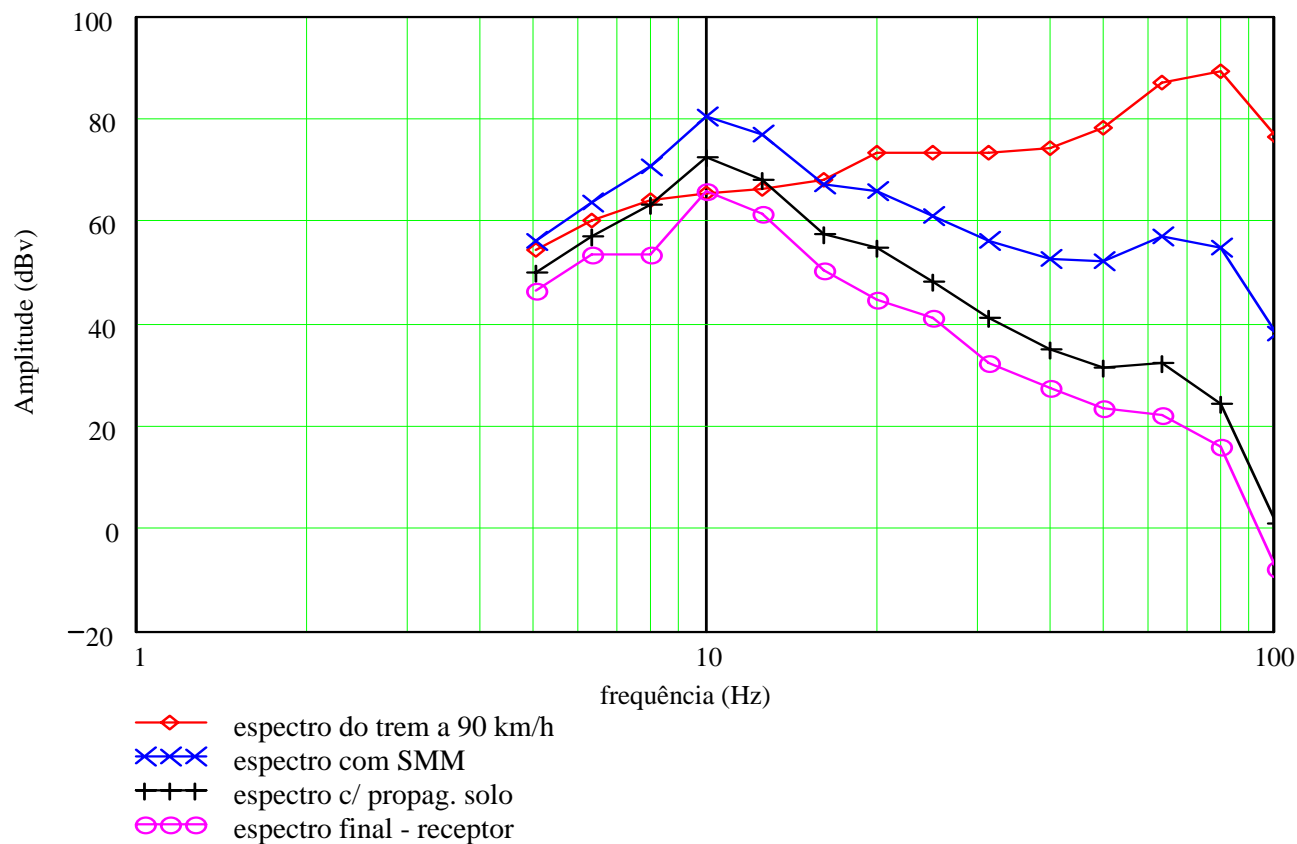
Valores globais dos níveis de vibração ao longo do fluxo de transmissão

	Seqüência do fluxo de transmissão e/ou parâmetros considerados	Valores globais Níveis [dBv]
1	<i>Dado de entrada (espectro junto à via) para 70 km/h</i>	89,8
2	<i>Amplificações devidas às irregularidades roda-trilho</i>	89,8
3	<i>Amplificações com a velocidade de operação (90 Km/h)</i>	91,9
4	<i>Atenuações devidas ao Sistema Massa Mola</i>	82,7
5	<i>Atenuações/amplificações do sistema estrutural de infra- estrutura</i>	85,7
6	<i>Atenuação do solo</i>	74,4
7	<i>Atenuação do sistema de fundações</i>	64,4
8	<i>Amplificação no edifício</i>	67,7





ESPECTROS FINAIS



Valores globais dos níveis de vibração ao longo do fluxo de transmissão

	Seqüência do fluxo de transmissão e/ou parâmetros considerados	Valores globais Níveis [dBv]
1	<i>Dado de entrada (espectro junto à via) para 70 km/h</i>	89,8
2	<i>Amplificações devidas às irregularidades roda-trilho</i>	89,8
3	<i>Amplificações com a velocidade de operação (90 Km/h)</i>	91,9
4	<i>Atenuações devidas ao Sistema Massa Mola</i>	82,7
5	<i>Atenuações/amplificações do sistema estrutural de infra- estrutura</i>	85,7
6	<i>Atenuação do solo</i>	74,4
7	<i>Atenuação do sistema de fundações</i>	64,4
8	<i>Amplificação no edifício</i>	67,7

CONCLUSÃO:

NÍVEL GLOBAL MÁXIMO: 67,7 dBv

NÍVEL GLOBAL LIMITE: 70 dBv

O SISTEMA ESTÁ ADEQUADO

Referências

- M. Juliani; L. Becocci; P. Panzeri; P. Pezzoli
“Investigações teórico-experimentais para previsão do impacto vibro-acústico nas vizinhanças de linhas metro-ferroviárias”, 9ª Semana de Tecnologia Metroviária, 2003, AEAMESP, São Paulo
- Federal Railroad Administration, U.S. DoT
“High-Speed ground transportation noise and vibration impact assessment”, 1998, Office of Railroad Development - Washington – U.S.A.

Referências

- C. Esveld
“Modern Railway Track”, 2001, MRT Productions – The Netherlands
- M. J. Griffin
“Handbook of Human Vibration”, 1990, Academic Press – London
- C. M. Harris
“Shock and Vibration Handbook”, 1996, McGraw-Hill
- CEB N. 209
“Vibration Problems in Structures – Practical Guidelines”, 1991 - Lausanne

OBRIGADO !!