

Nº 179407

Conforto acústico em vias e entornos: soluções para um ambiente urbano mais silencioso

Fúlvio Vittorino

*Palestra apresentado na Agência
Nacional de Transportes
Terrestres-ANTT. 74 slides.*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública. **PROIBIDO REPRODUÇÃO**



INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS

CONFORTO ACÚSTICO EM VIAS E ENTORNOS: SOLUÇÕES PARA UM AMBIENTE URBANO MAIS SILENCIOSO

Unidade de Negócios de Habitação e Edificações

12.11.24

SOM E RUÍDO

- O som é a sensação produzida no sistema auditivo resultante de vibrações das moléculas do ar que se propagam a partir de estruturas vibrantes.



- O Ruído é som **sem harmonia** ou **som indesejável!**

MALES CAUSADOS POR RUÍDO AMBIENTAL

- Pesquisa da OMS, apontou o seguinte impacto em termos de Déficit cognitivo em crianças:

Aumento de L_{dn} [dB]	Impacto na população
De 55 para 65	Atinge 20%
De 65 para 75	45% a 50%
Acima de 75	70% a 85%

MALES CAUSADOS POR RUÍDO AMBIENTAL

- Doenças cardiovasculares
 - Pesquisa da OMS estimou que é a causa de 1,8% dos infartos do miocárdio ocorridos na Europa Ocidental (2010).
 - Na Alemanha, esse índice sobe para 2,9%, o que corresponde a 1630 casos por ano.

Comparação:

Mortes no estado de São Paulo por AIDS em 2011: 3006

Mortes na cidade de São Paulo por acidentes de trânsito, em 2012): 1231

Ruído → Stress → Aumento de Pressão → Infarto.



EM CASOS EXTREMOS...

Briga entre vizinhos **por barulho** deixa três mortos em Santana de Parnaíba.

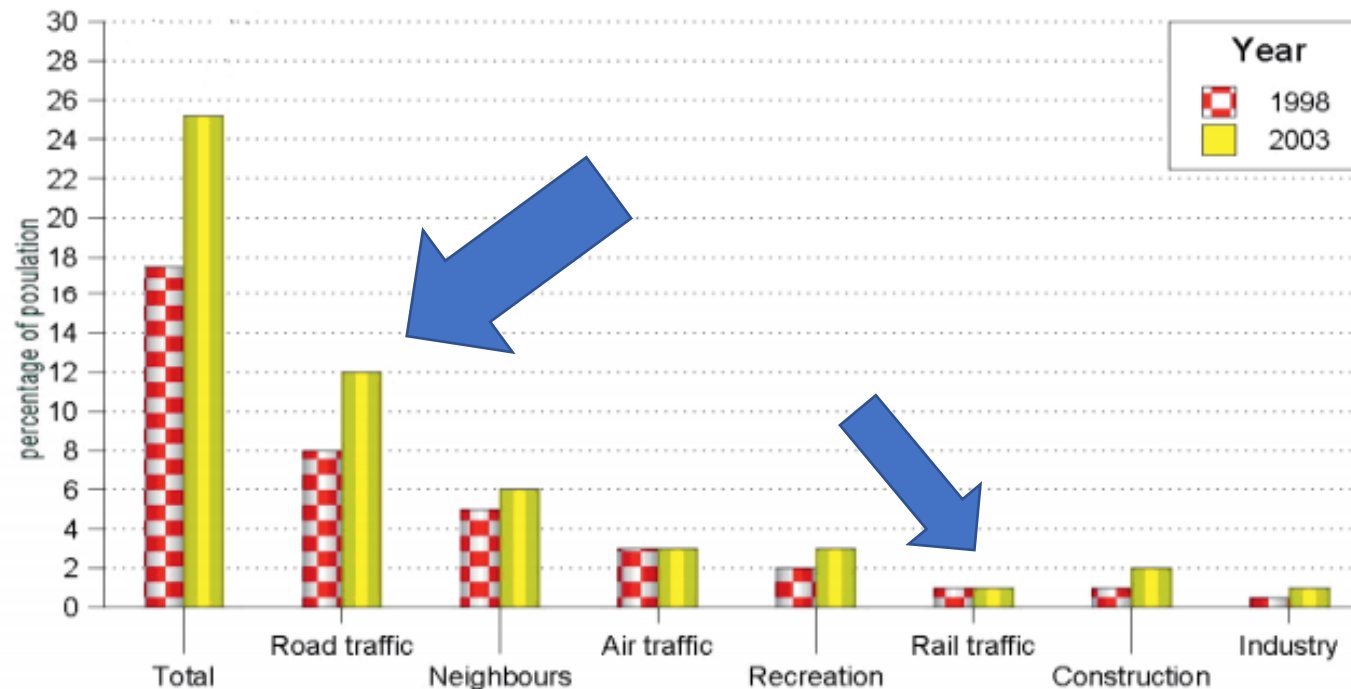


Empresário matou casal a tiros e se matou em seguida em condomínio de luxo de Tamboré.

- Fonte: <http://www.estadao.com.br/noticias/cidades,briga-entre-vizinhos-por-barulho-deixa-tres-mortos-em-santana-de-parnaiba,1035192,0.htm>
- Acessado em 25/05/2013

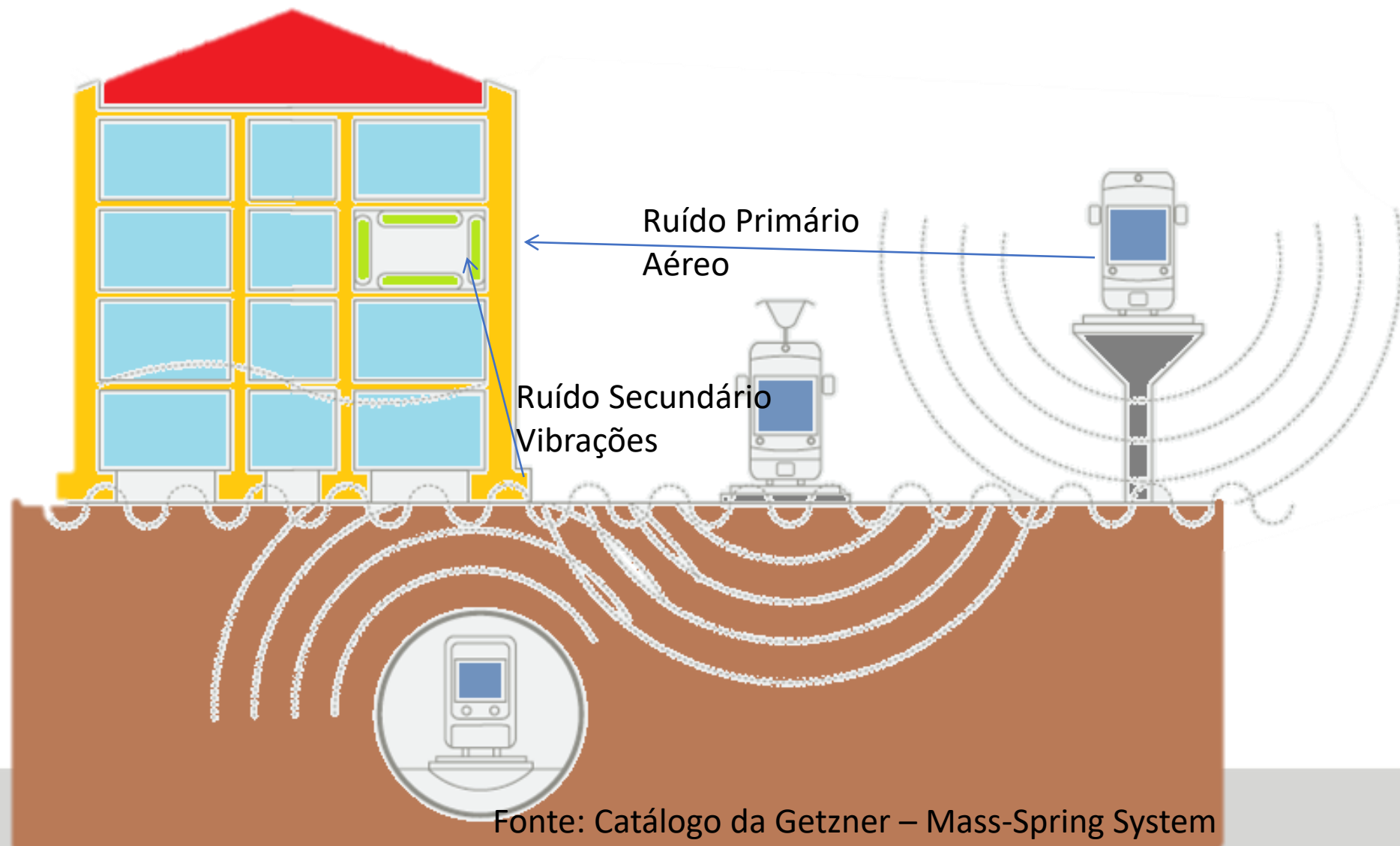
MALES CAUSADOS POR RUÍDO AMBIENTAL

- Distúrbio do sono
 - Estudo realizado na Holanda indica a porcentagem da população que sofre com distúrbios de sono devido a diversas fontes de ruído:



Source: van den Berg et al. (36).

GERAÇÃO DO RUÍDO FERROVIÁRIO



Fonte: Catálogo da Getzner – Mass-Spring System

COMPETÊNCIAS TÉCNICAS DO IPT

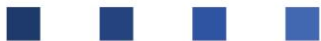
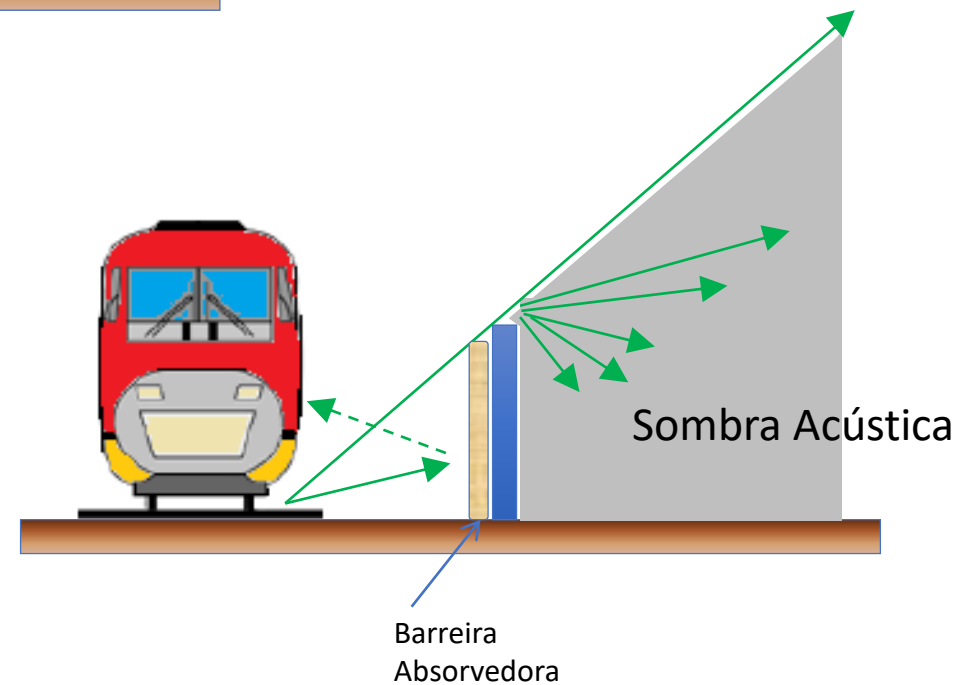
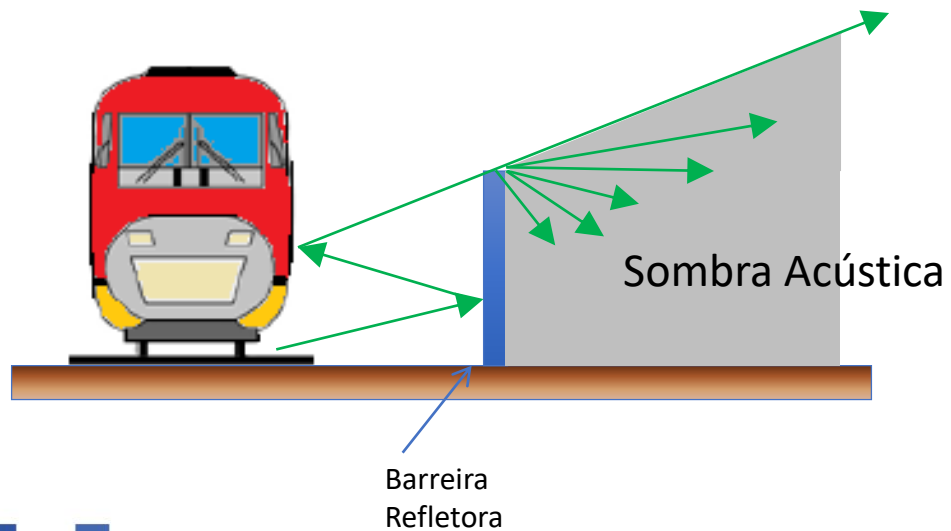
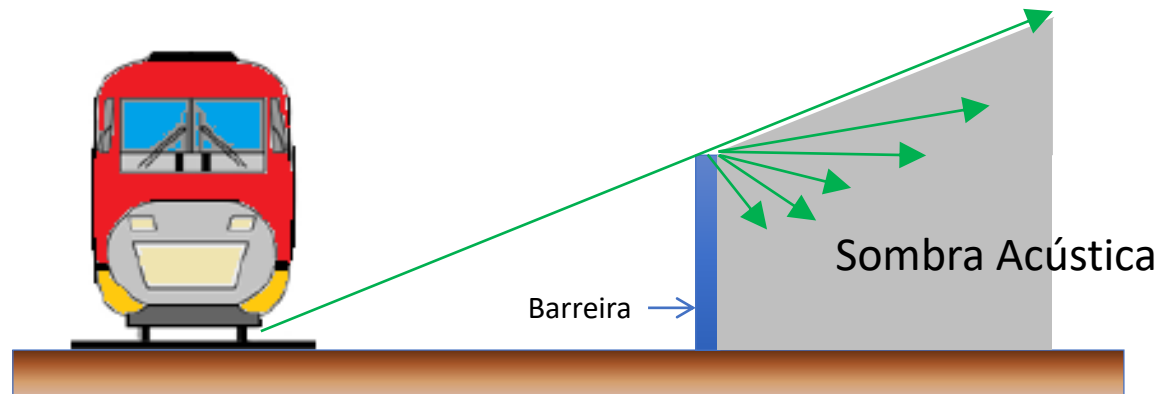
- Capacidade multidisciplinar para desenvolvimento e avaliação de soluções para mitigação do impacto sonoro → Visão Holística do problema
- Simulação computacional para determinação da propagação sonora;
- Capacitação para medições em campo e em laboratório;
- Laboratórios para avaliação do desempenho de materiais em várias dimensões:
 - Absorção sonora;
 - Comportamento ao fogo;
 - Durabilidade.
- Consideração de aspectos relacionados à pegada de carbono da solução avaliada



COMPETÊNCIAS TÉCNICAS DO IPT COMPORTAMENTO AO FOGO NBR 14313

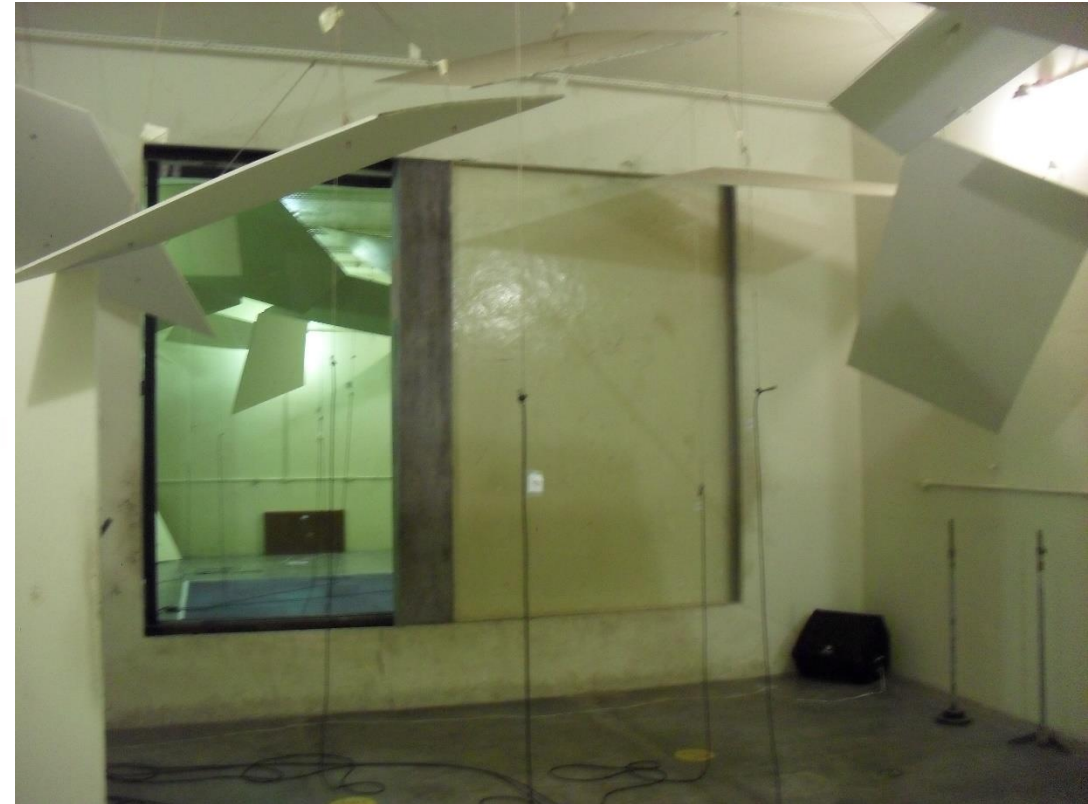
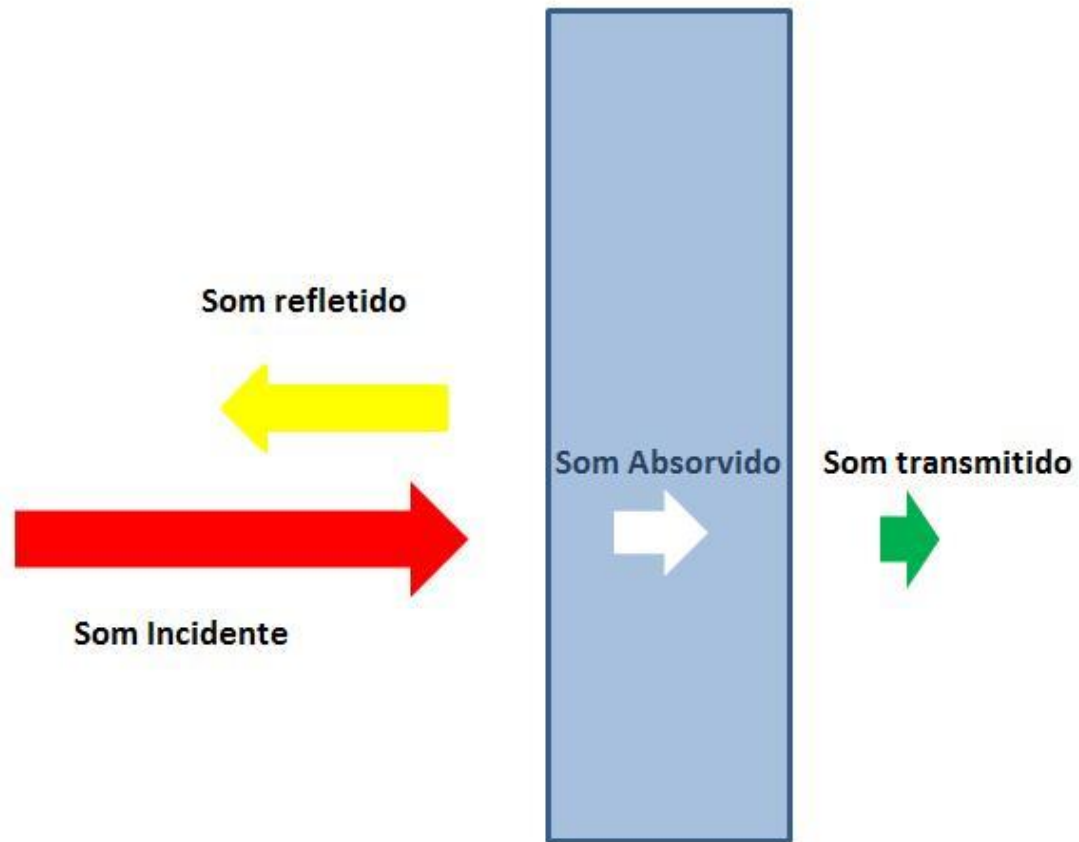


BARREIRAS ACÚSTICAS



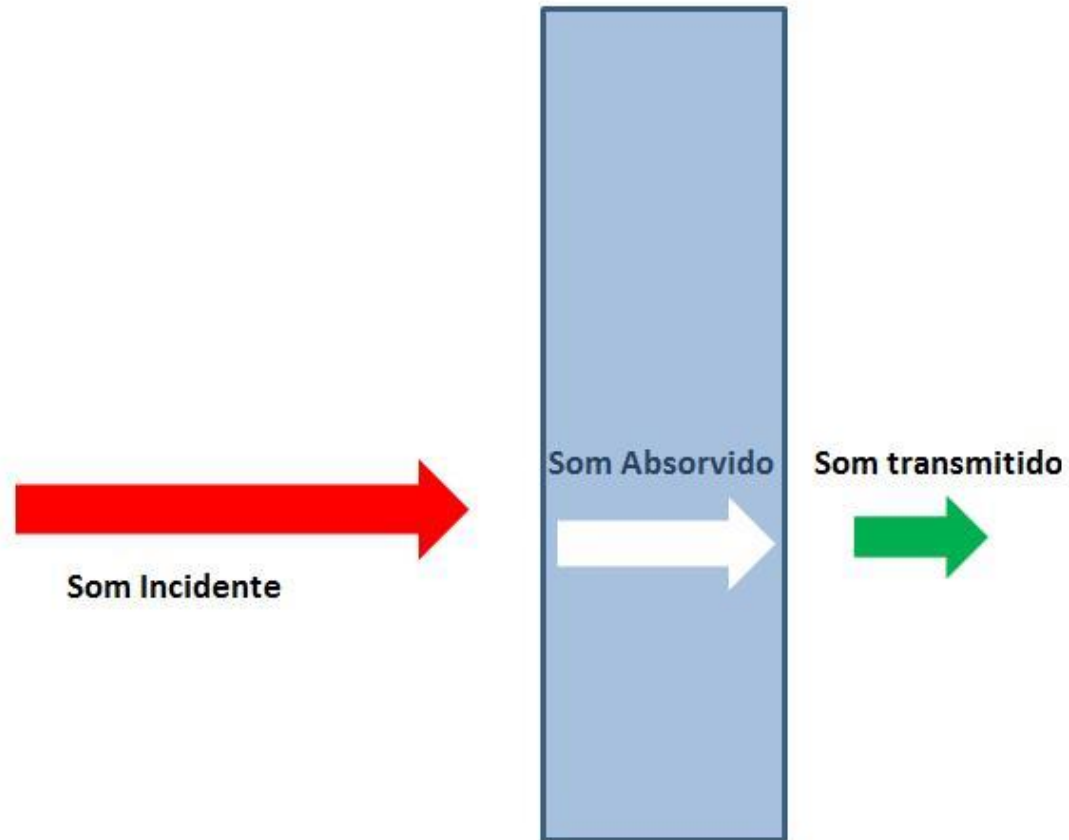
COMPETÊNCIAS TÉCNICAS DO IPT

ISOLAÇÃO SONORA

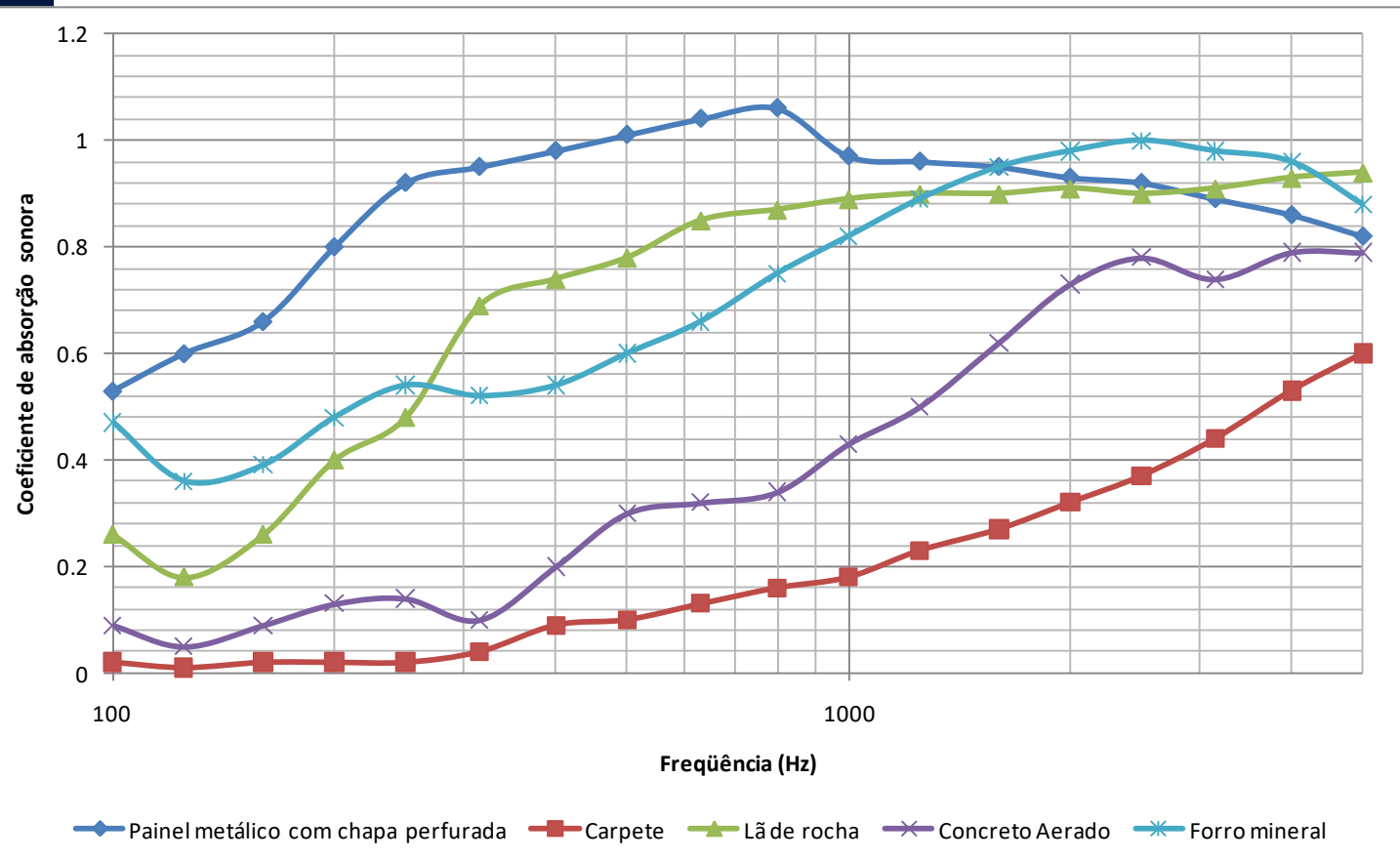


COMPETÊNCIAS TÉCNICAS DO IPT

ABSORÇÃO SONORA



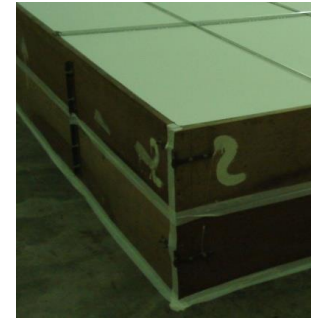
ABSORÇÃO SONORA DE ALGUMAS SOLUÇÕES “ATENUAÇÃO SONORA DEVIDO À ABSORÇÃO”



DLα = 1,0



DLα = 2,5



DLα = 6,6



DLα = 7,5



DLα = 13,4



FATORES IMPORTANTES PARA BARREIRAS ACÚSTICAS

- A escolha de uma solução para a construção de barreiras acústicas deve levar em conta outros aspectos, além de sua isolação sonora.
- A NBR 14313 – BARREIRAS ACÚSTICAS PARA VIAS DE TRÁFEGO – CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS especifica que as barreiras acústicas devem:
 1. **atender ao requisito de reduzir o ruído de tráfego, na passagem através da parede**, em pelo menos 25 dB(A);
 2. levar em conta os requisitos de segurança de tráfego;
 3. serem estruturalmente estáveis e manter sua forma;
 4. serem resistentes ou protegidas contra **corrosão** e envelhecimento,
 5. serem dimensionalmente precisas;
 6. serem uniformes na tonalidade da cor; → Discutível... Equilíbrio entre monotonia visual e distração do condutor.
 7. **serem resistentes a fogo**;
 8. serem **resistentes a impacto de pedra** e de fácil manutenção.



CORES E TONS



SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA DA PASSAGEM DE UM TREM



SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA DA PASSAGEM DE UM TREM



SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA DA PASSAGEM DE UM TREM



SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA DA PASSAGEM DE UM TREM



SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA DA PASSAGEM DE UM TREM



SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA DA PASSAGEM DE UM TREM



SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA DA PASSAGEM DE UM TREM



SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA DA PASSAGEM DE UM TREM



SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA DA PASSAGEM DE UM TREM



SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA DA PASSAGEM DE UM TREM



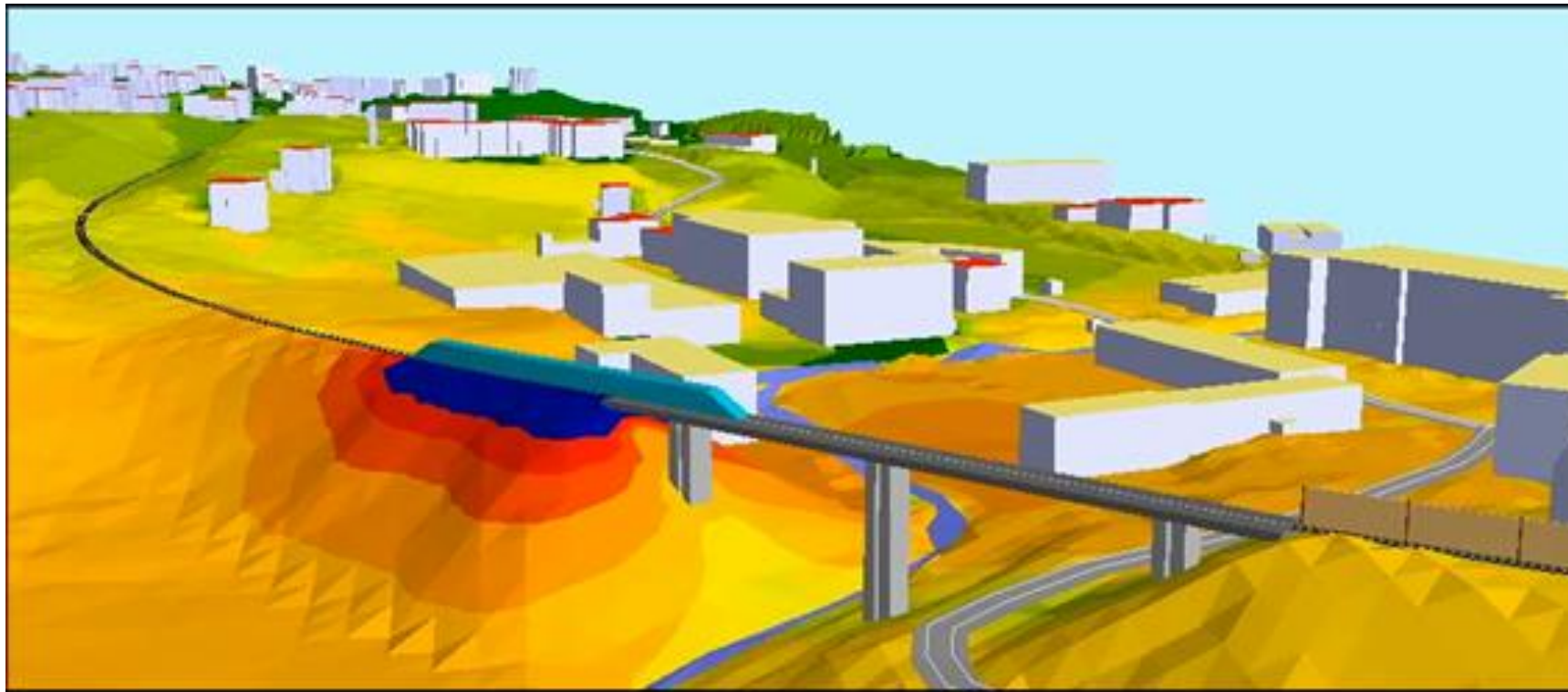
SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA DA PASSAGEM DE UM TREM



SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA DA PASSAGEM DE UM TREM



SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA DA PASSAGEM DE UM TREM



SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA DA PASSAGEM DE UM TREM



SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA DA PASSAGEM DE UM TREM



SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA DA PASSAGEM DE UM TREM



SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA DA PASSAGEM DE UM TREM



SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SONORA DA PASSAGEM DE UM TREM



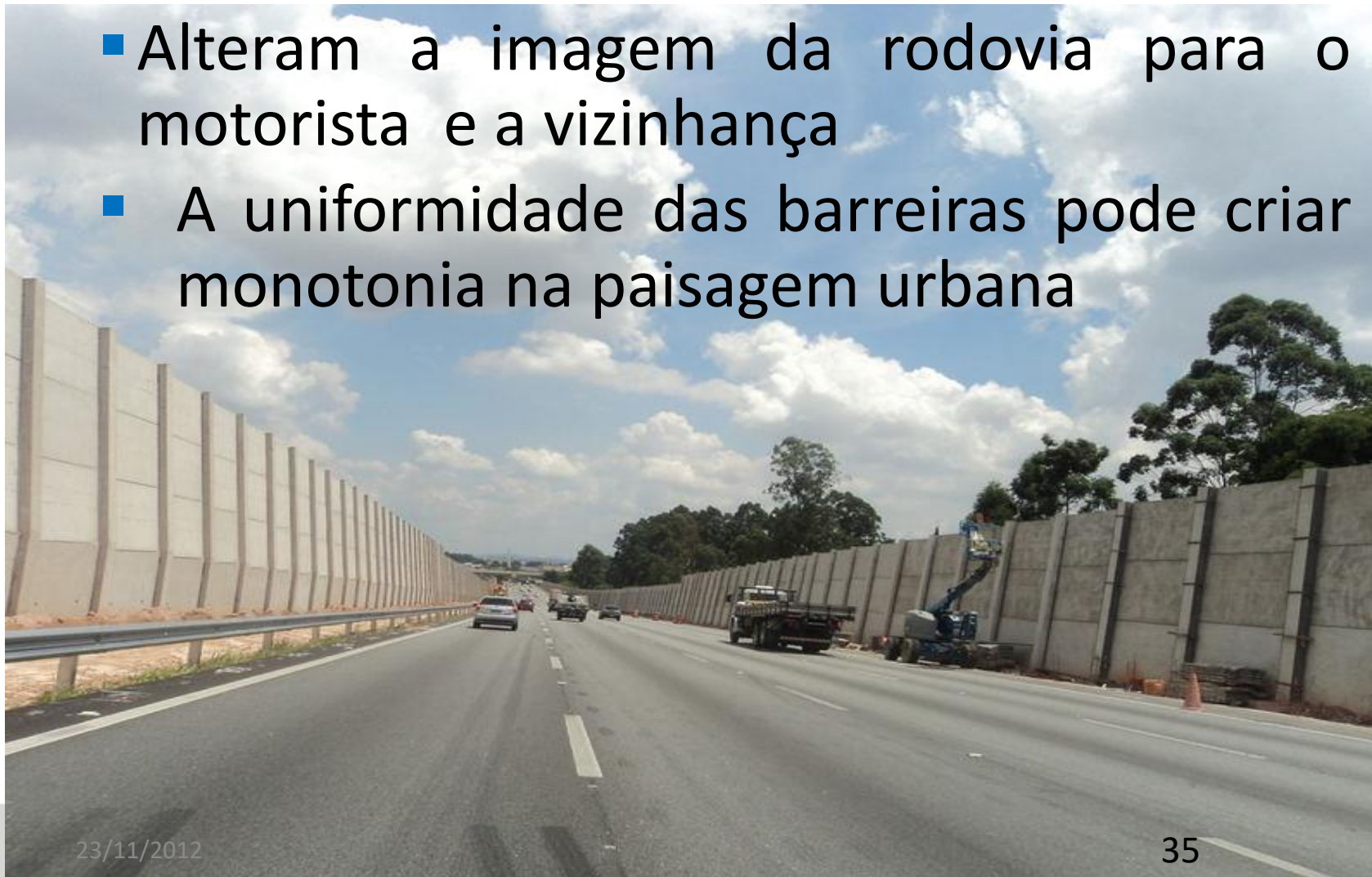
SOLUÇÕES DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (P&D)

- Pavimentos absorvedores de ruído;
- Amortecedores de vibração ferroviários;
- Geometrias de “barreiras” mais ousadas;
- Soluções de “coroamento” de barreiras;
- Impacto visual das barreiras;
- Materiais alternativos para barreiras acústicas.



IMPACTO VISUAL DE BARREIRAS ACÚSTICAS

- Alteram a imagem da rodovia para o motorista e a vizinhança
- A uniformidade das barreiras pode criar monotonia na paisagem urbana



COMPATIBILIDADE VISUAL COM CARACTERÍSTICAS LOCAIS

- Há maior aceitação de barreiras com aparência compatível com a vizinhança:
 - Com mesmo material predominante no entorno;
 - Terminações da barreira podem ser projetadas diminuindo a altura gradualmente, dando a aparência de que a parede literalmente “cresce do solo”.
 - Com vegetação ou transparências em paisagens arborizadas.



BARREIRA ACÚSTICA CURVA SOBRE PISTA EXPRESSA URBANA

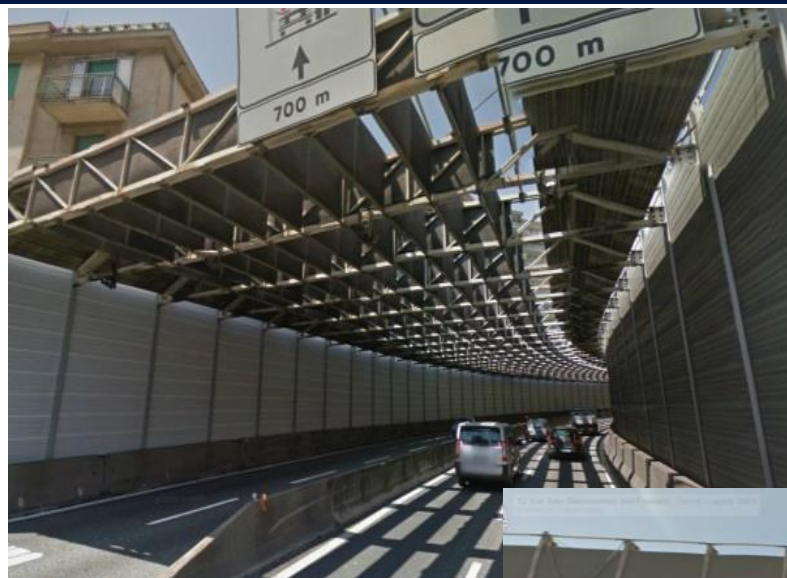


- Estrutura Metálica Curva e Fechamento também em painéis metálicos

The *Sound Tube* em Melbourne, Australia
State Route 43, Melbourne, Victoria, Australia



ENCLAUSURAMENTO DE VIADUTO URBANO

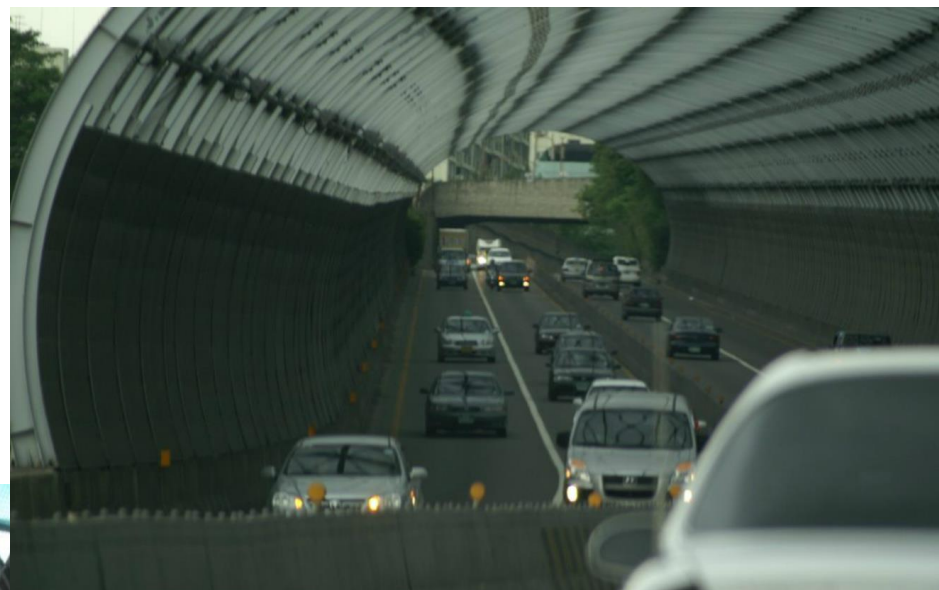


- Estrutura Metálica treliçada, Fechamento lateral e superior em painéis metálicos fonoabsorventes

Sopraelevata Aldo Moro, Genova, Liguria, Italia
Ligação com a estrada A7 Milano Genoa



ENCLAUSURAMENTO DE VIADUTO URBANO



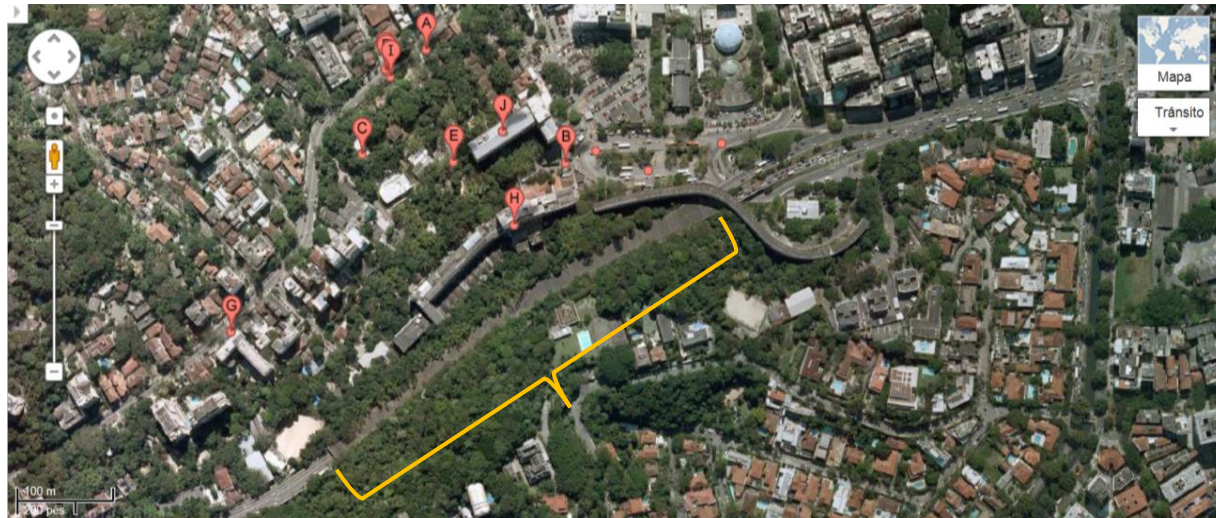
Daegu – Coréia do Sul
Estrutura Metálica Curva e
Fechamento também em painéis
metálicos fonoabsorventes

ENCLAUSURAMENTO DE VIADUTO URBANO



- Estrutura Metálica Curva e Fechamento também em painéis metálicos fonoabsorventes

INTERVENÇÕES PREVENTIVAS NO RIO DE JANEIRO



■ ■ ■ ■ Túnel Acústico da PUC - Túnel Acústico Rafael Mascarenhas
Autoestrada Lagoa-Barra– Inaugurado em 1971

ENCLAUSURAMENTO DE VIADUTO URBANO

- Entrada Sentido Lagoa - Barra



- Estrutura e pré-moldados em concreto usados como fechamento do túnel



■ ■ ■ ■ Túnel Acústico da PUC - Túnel Acústico Rafael Mascarenhas
Autoestrada Lagoa-Barra– Inaugurado em 1971

INTERVENÇÕES PREVENTIVAS NO RIO DE JANEIRO



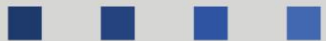
■ ■ ■ ■ Túnel Geólogo Enzo Totis na Av. Governador Carlos Lacerda
Linha Amarela – Sentido Barra da Tijuca – Inaugurado em 1997

BARREIRAS ACÚSTICAS URBANAS

AVENIDA PRESIDENTE JOÃO GOULART - LINHA VERMELHA, NO RIO DE JANEIRO



TSING SHA HIGHWAY TO MEI TIN ROAD, TAI WAI, HONG KONG



BARREIRAS ACÚSTICAS ESTAÇÃO ORIENTE EM LISBOA

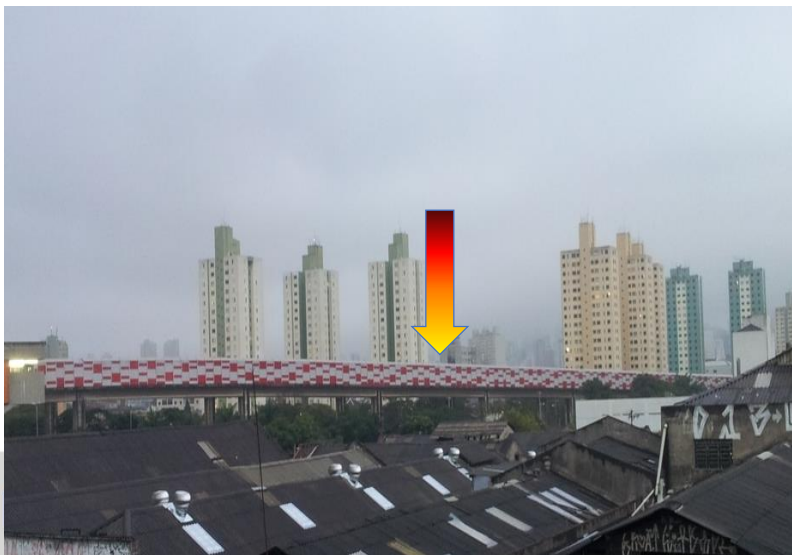
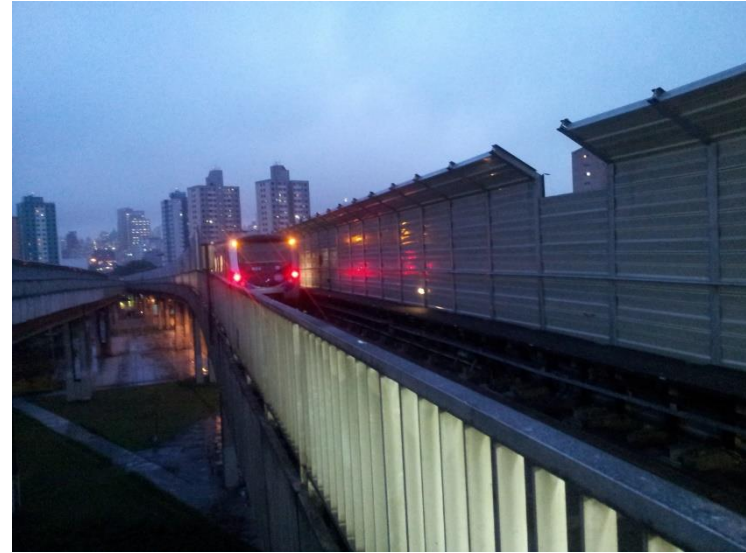


BARREIRAS ACÚSTICAS ESTAÇÃO SANTOS-IMIGRANTES DO METRÔ - SP



BARREIRAS ACÚSTICAS

LIGAÇÃO D PEDRO II – BRÁS DO METRÔ SP

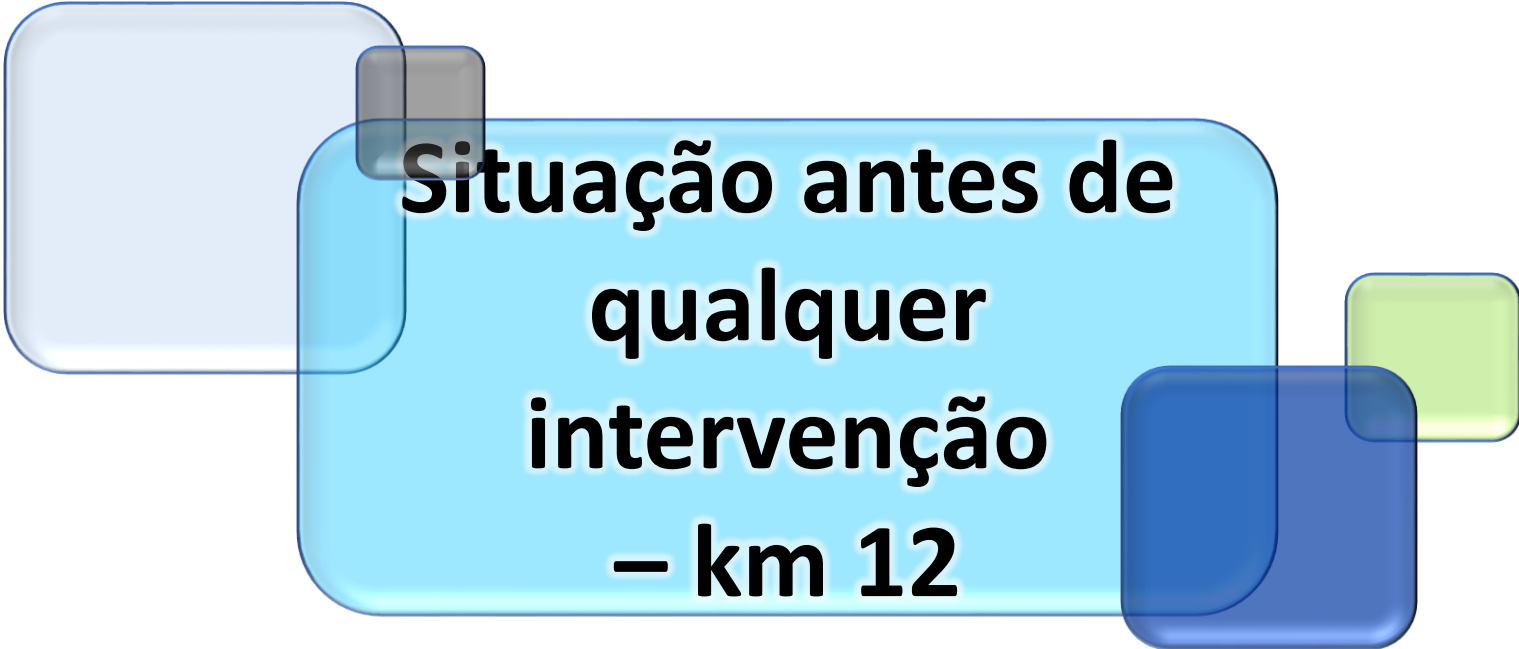


RESUMO DOS TRABALHOS FEITOS PARA O TRECHO OESTE DO RODOANEL PARA A MITIGAÇÃO DO IMPACTO CAUSADO PELO RUÍDO NAS COMUNIDADES LINDEIRAS.



INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS

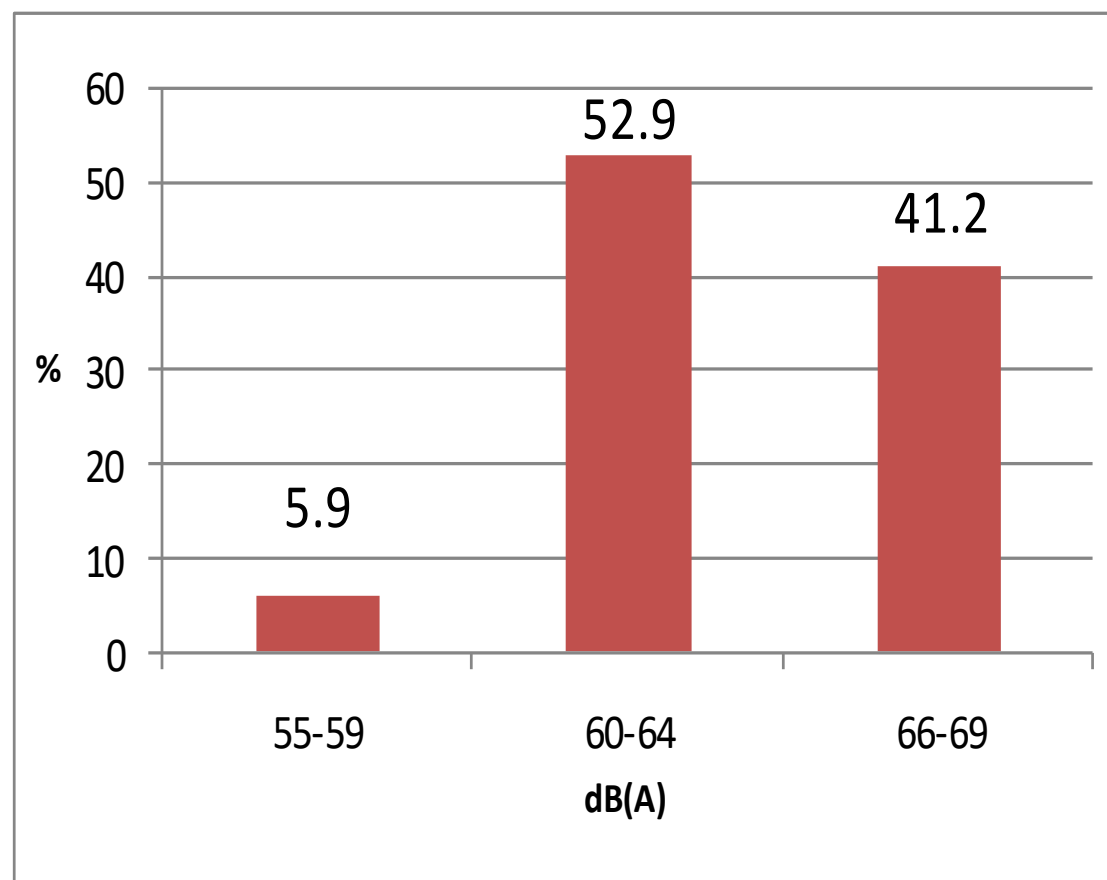




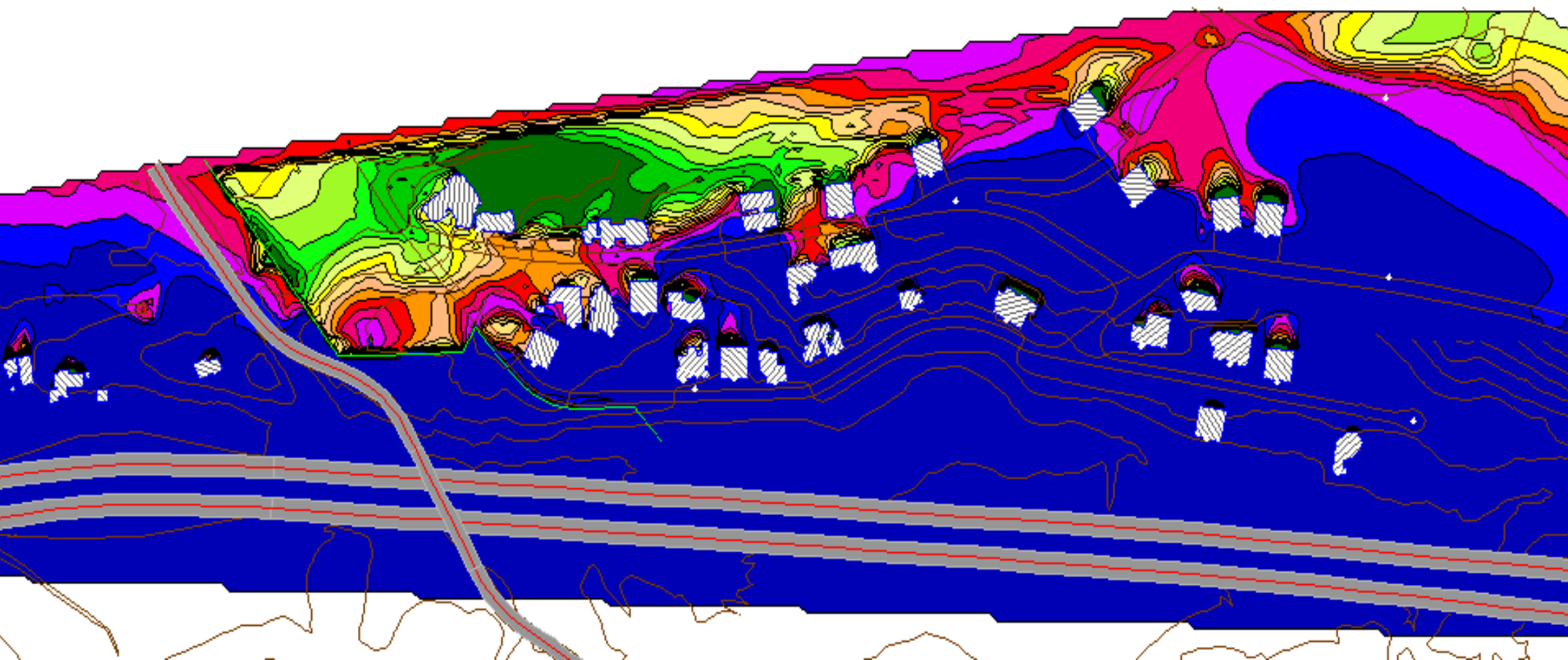
**Situação antes de
qualquer
intervenção
– km 12**

SITUAÇÃO INICIAL – KM 12

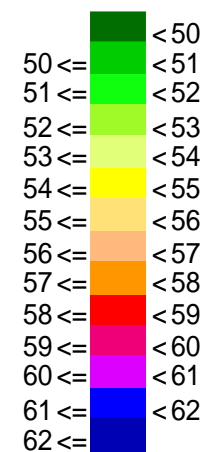
Localização	Medidos dB(A)
Av. Andradina Q 22 L 23	63
Av. Andradina Q 22 L 24	61
Av. Campinas Q 16 L 1	68
Av. Campinas Q 16 L 4	64
Av. Campinas Q 17 L 2	64
Av. Campinas Q 17 L 4	66
Av. Campinas Q 17 L 6	66
Av. Campinas Q 17 L 7	68
Av. Campinas Q 17 L 8	68
Av. Campinas Q 21 L 4	63
Av. Campinas Q 21 L 5	63
Av. Campinas Q 21 L 6	66
Av. Limeira Q 18 L 9	60
Av. Limeira Q 18 L 11	60
Av. Limeira Q 18 L 13	61
Av. Limeira Q 18 L 16	59
Balão Av. Campinas	66



SITUAÇÃO INICIAL – KM 12



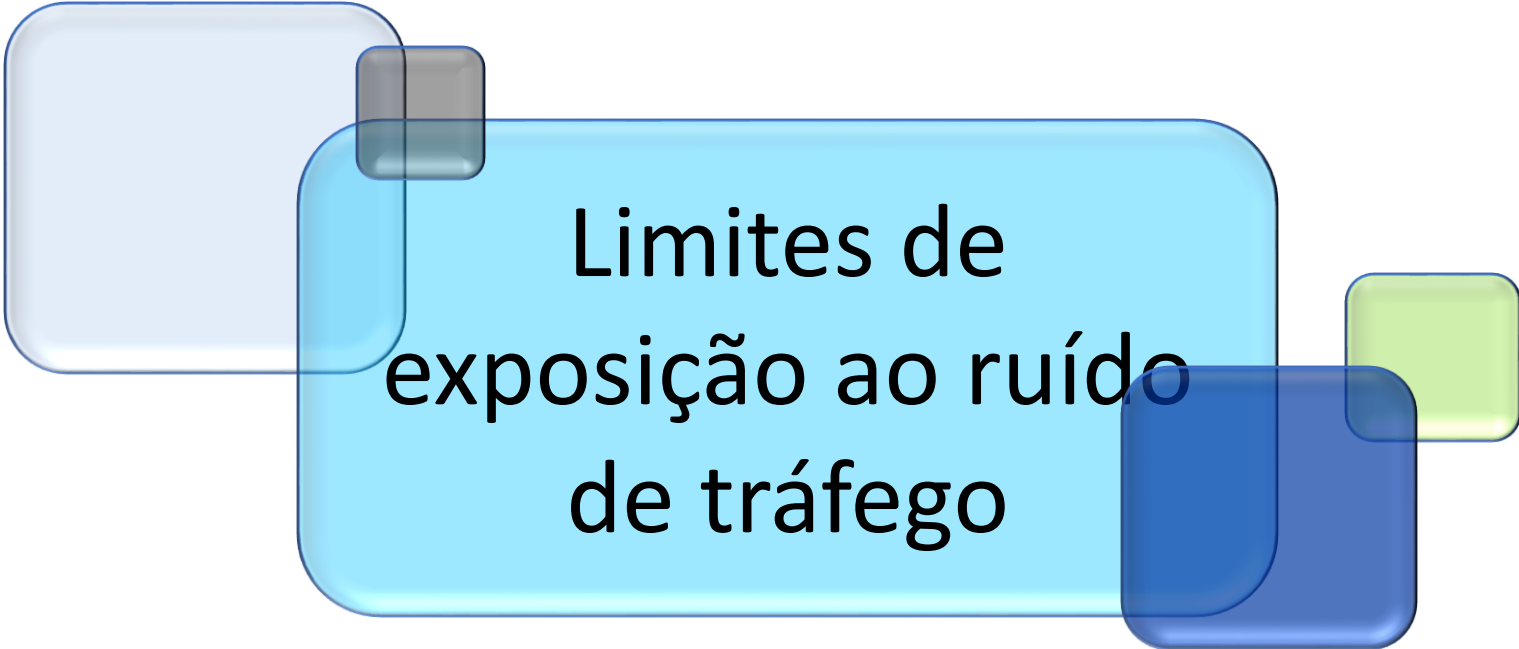
Noise levels day dB(A)



CALIBRAÇÃO DO MODELO COMPUTACIONAL

Receptor Nº	Localização	L_{Aeq} , em dB(A) (re 20 μ Pa)		
		Simulados	Medidos	Diferença
1	Av. Andradina Q 22 L 23	63	63	0
2	Av. Andradina Q 22 L 24	63	61	2
3	Av. Campinas Q 16 L 1	70	68	2
4	Av. Campinas Q 16 L 4	63	64	-1
5	Av. Campinas Q 17 L 2	67	64	3
6	Av. Campinas Q 17 L 4	67	66	1
7	Av. Campinas Q 17 L 6	69	66	3
8	Av. Campinas Q 17 L 7	70	68	2
9	Av. Campinas Q 17 L 8	69	68	1
10	Av. Campinas Q 21 L 4	66	63	3
11	Av. Campinas Q 21 L 5	66	63	3
12	Av. Campinas Q 21 L 6	68	66	2
13	Av. Limeira Q 18 L 9	59	60	-1
14	Av. Limeira Q 18 L 11	58	60	-2
15	Av. Limeira Q 18 L 13	59	61	-2
16	Av. Limeira Q 18 L 16	59	59	0
17	Balão Av. Campinas	67	66	1





Limites de exposição ao ruído de tráfego

Metas a serem atingidas

- Conceito Inicial, dado pela NBR 10151-2000:
“Nível Crítico de Avaliação, NCA, para ambientes externos, em dB(A)”

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60
Valor L_{ra}	53	--X--

Isso representa **eliminar totalmente** o efeito sonoro do tráfego do Rodoanel, sem considerar o ruído de fundo.

Resultados: Barreiras Imensas, **com mais de 18 m.**

Metas a serem atingidas

- A NBR 10151-2000 estabelece: “Se o nível de ruído ambiente, for superior ao valor da tabela para a área e o horário em questão, o NCA assume o valor de L_{ra} .”
- No caso do Tamboré, o ruído ambiental, ou ruído de fundo é de 53 dB(A). **Esse valor só pode ser determinado com o Rodoanel fechado.**



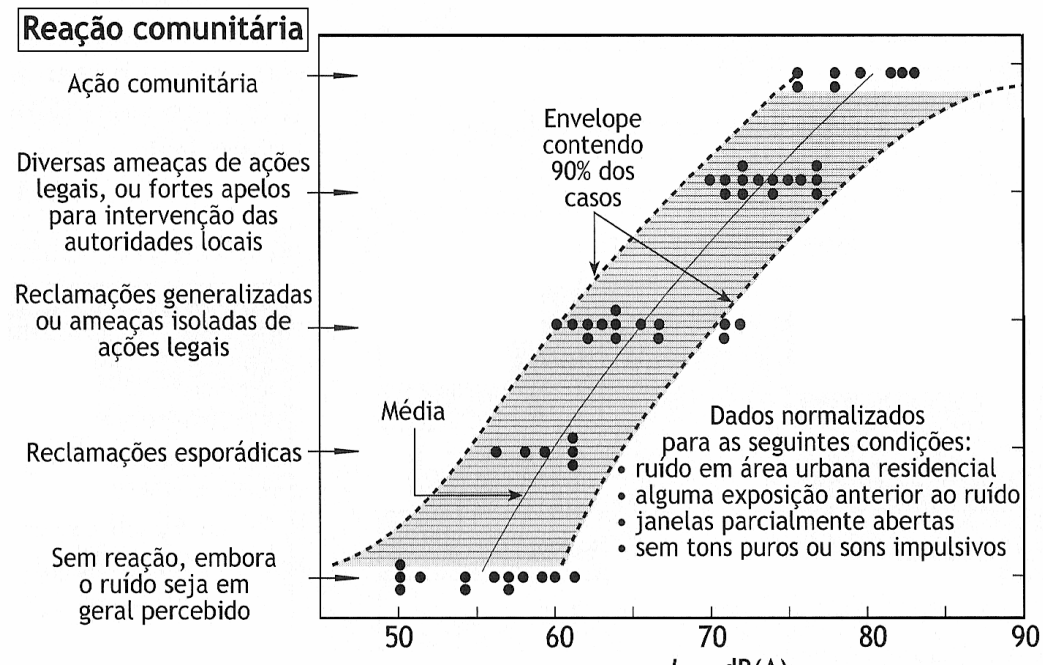
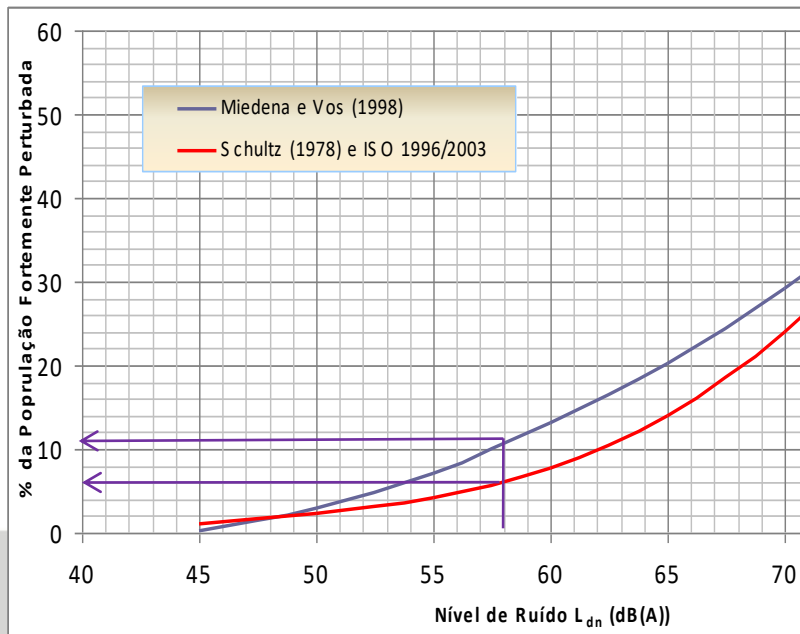
Isso representa **eliminar totalmente** o efeito sonoro do tráfego do Rodoanel.

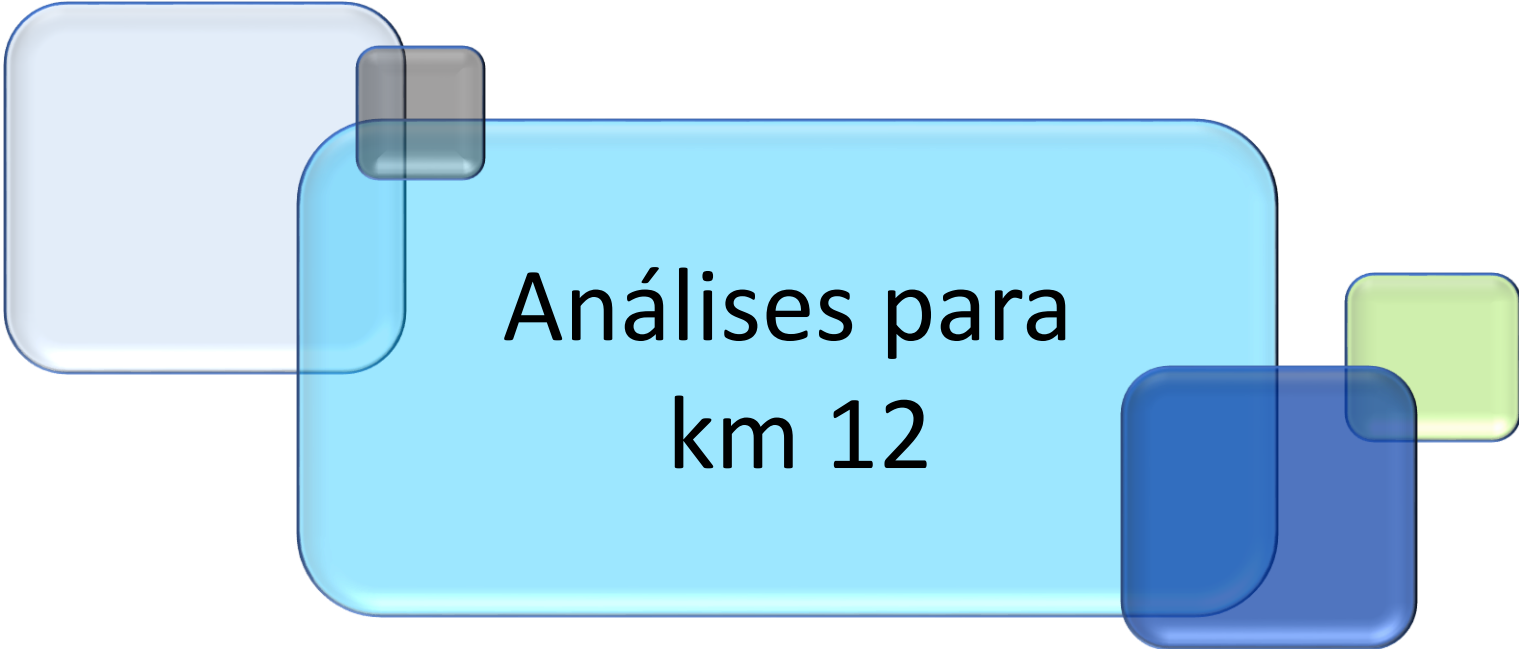


O valor de 50 dB(A) anteriormente buscado era irreal.

Metas a serem atingidas

- Propor um novo NCA (Nível Critério de Avaliação) que propicie a **MITIGAÇÃO DO INCOMODO** causado pelo tráfego no Rodoanel **E NÃO A COMPLETA ELIMINAÇÃO** do efeito sonoro desse tráfego.
- **Nível proposto: 58 dB(A).**



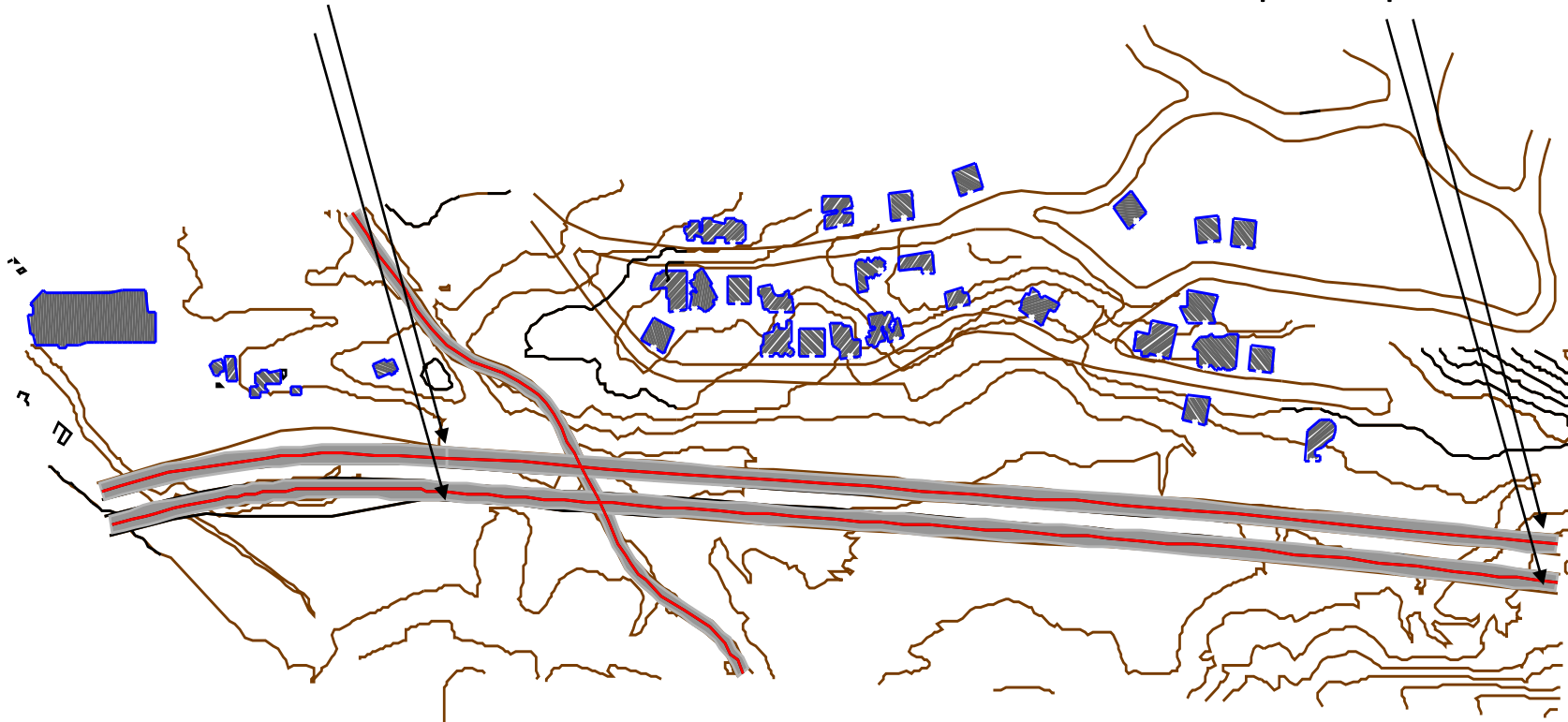


Análises para km 12

EXTENSÃO DA BARREIRA – KM 12 ANTES DE INTERVENÇÕES NO PAVIMENTO.

Limite das Barreiras:
Início da baía.

Limite das Barreiras: Divisa
Tamboré - Parque Imperial.

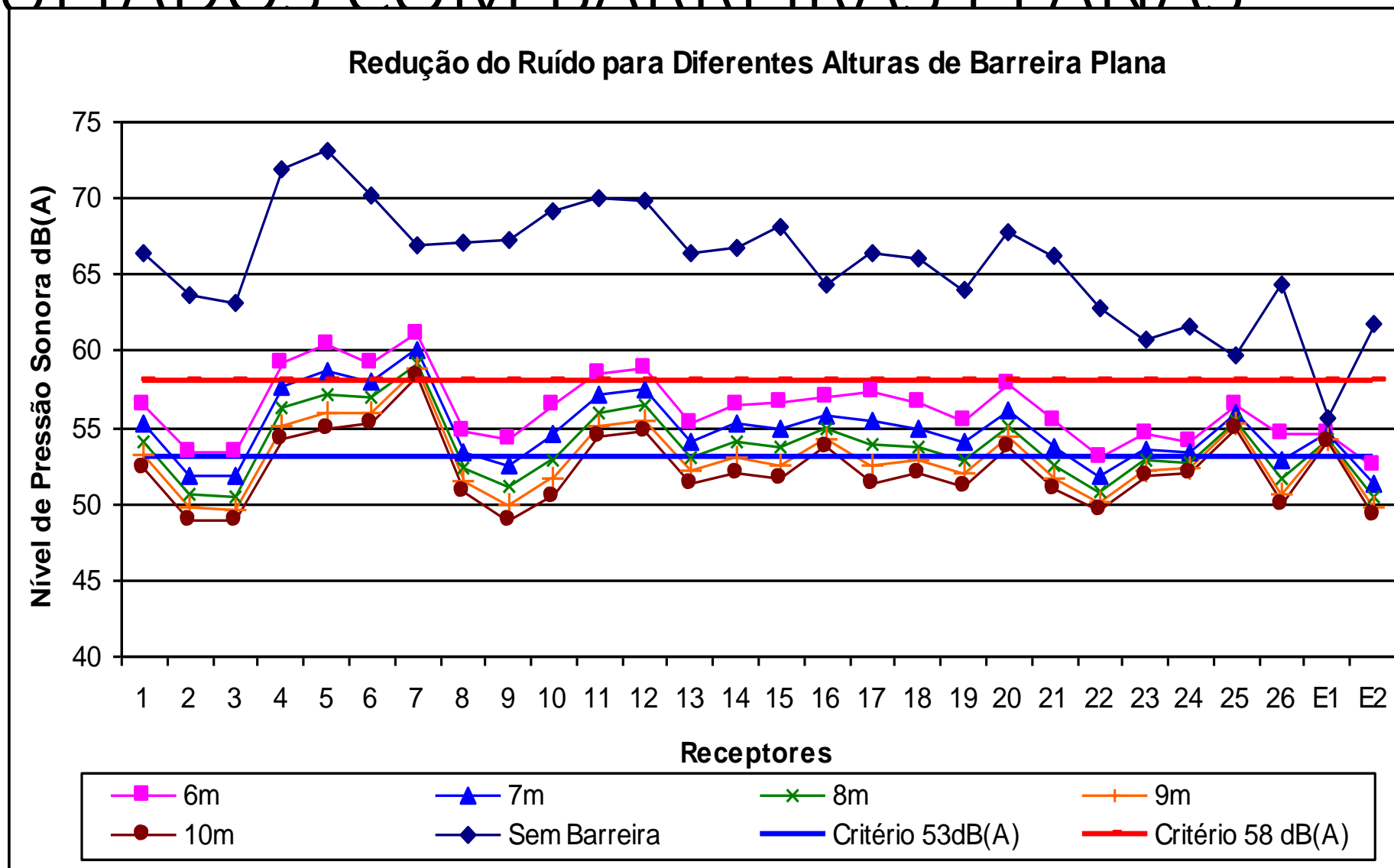


- Observação: Deve ser eliminada a Baía de segurança existente em frente ao Condomínio Tamboré.

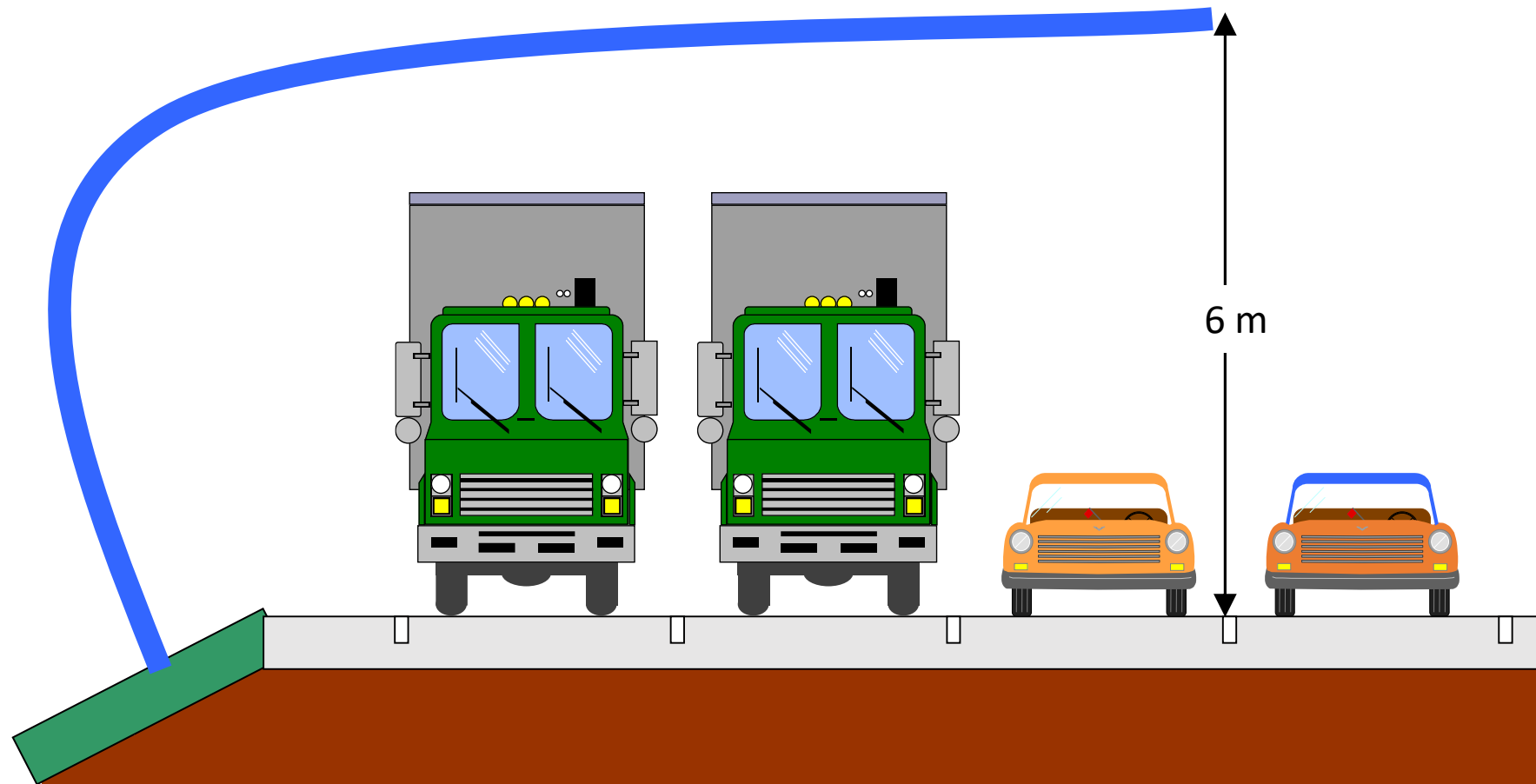
RESULTADOS COM BARREIRAS PLANAS

Critério de Avaliação	Sem Barreira	Altura da Barreira				
		6m	7m	8m	9m	10m
Nº de casas atendidas: Critério 53 dB(A)	0	4	8	13	18	18
% de casas atendidas: Critério 53 dB(A)	0,0	14,3	28,6	46,4	64,3	64,3
Nº de casas atendidas: Critério 58 dB(A)	1	23	26	27	27	28
% de casas atendidas: Critério 58 dB(A)	3,6	82,1	92,9	96,4	96,4	100,0

RESULTADOS COM BARREIRAS PLANAS



BARREIRAS CURVAS

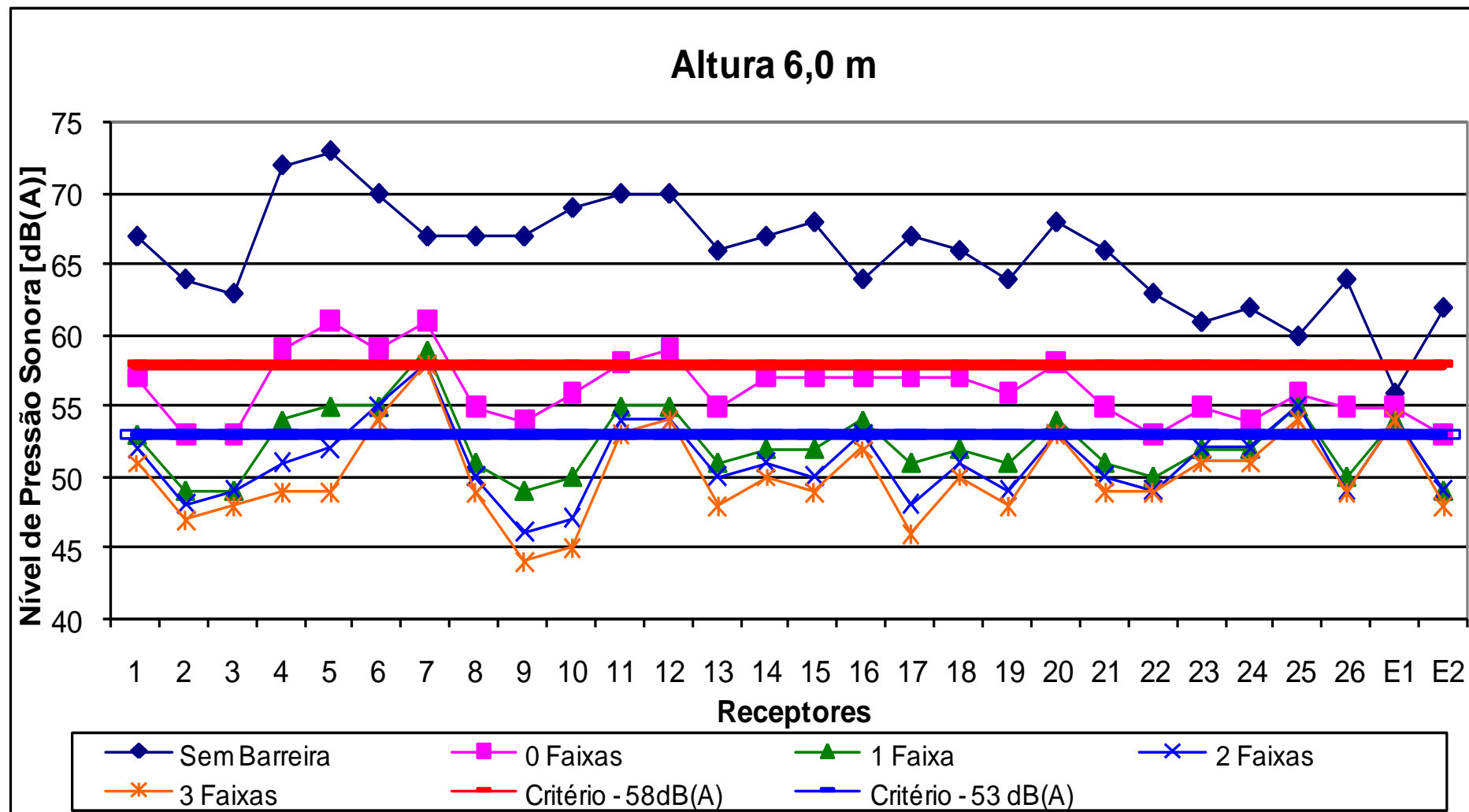


Anel Externo

RESULTADOS COM BARREIRAS CURVAS

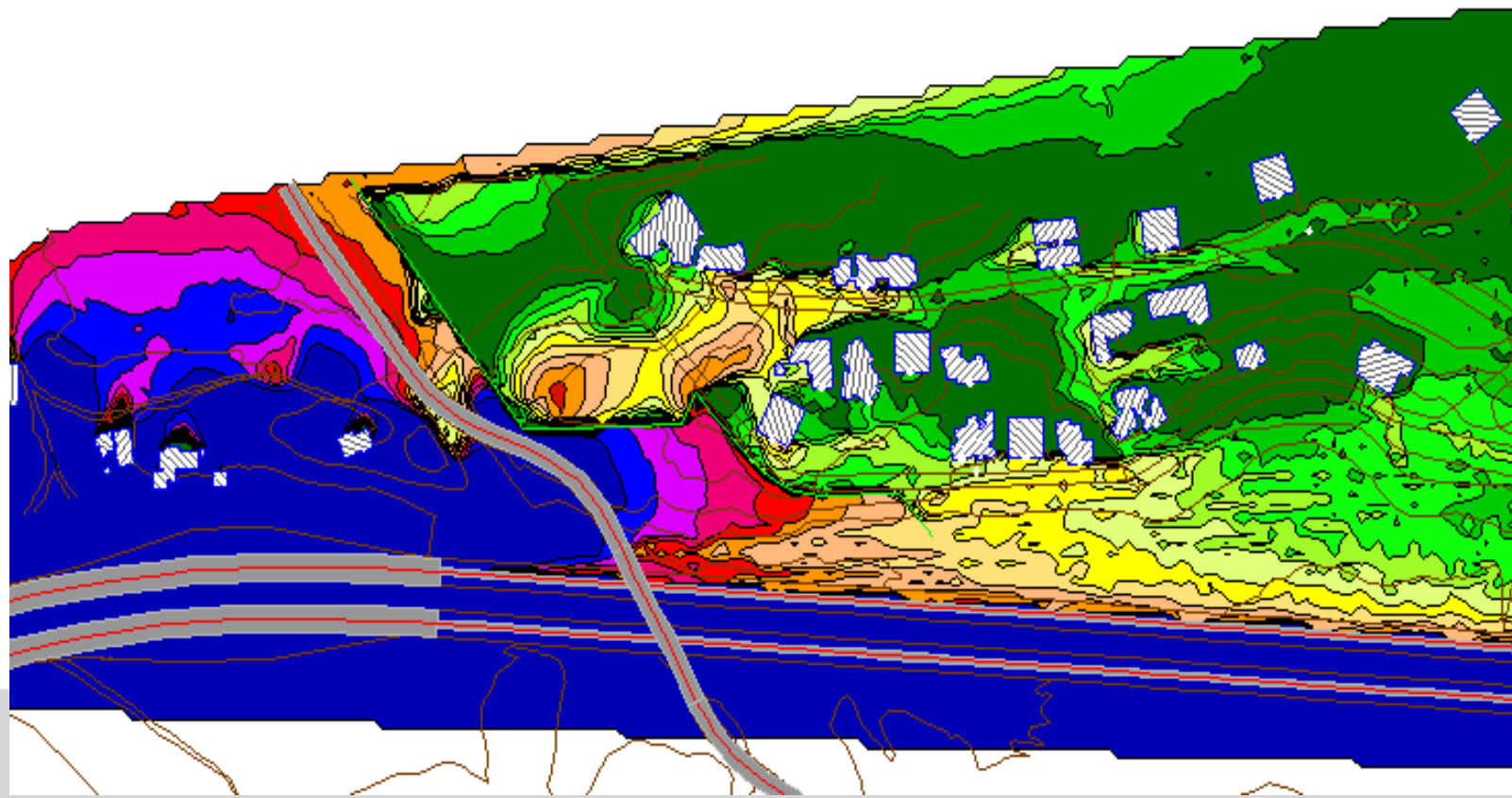
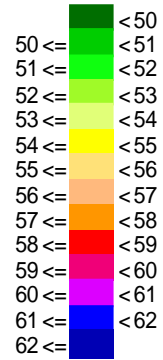
Altura de 6,0m					
Critério de Avaliação	Sem Barreira	Faixas Cobertas			
		0 faixas	1 faixa	2 faixas	3 faixas
Nº de casas atendidas - critério 53 dB(A)	0	4	20	22	23
% de casas atendidas - critério 53 dB(A)	0	14,3	71,4	78,6	82,1
Nº de casas atendidas - critério 58 dB(A)	1	23	27	28	28
% de casas atendidas - critério 58 dB(A)	3,6	82,1	96,4	100,0	100,0

RESULTADOS COM BARREIRAS CURVAS



SITUAÇÃO COM 3 FAIXAS COBERTAS SEM INTERVENÇÃO NO PAVIMENTO

Noise levels day dB(A)

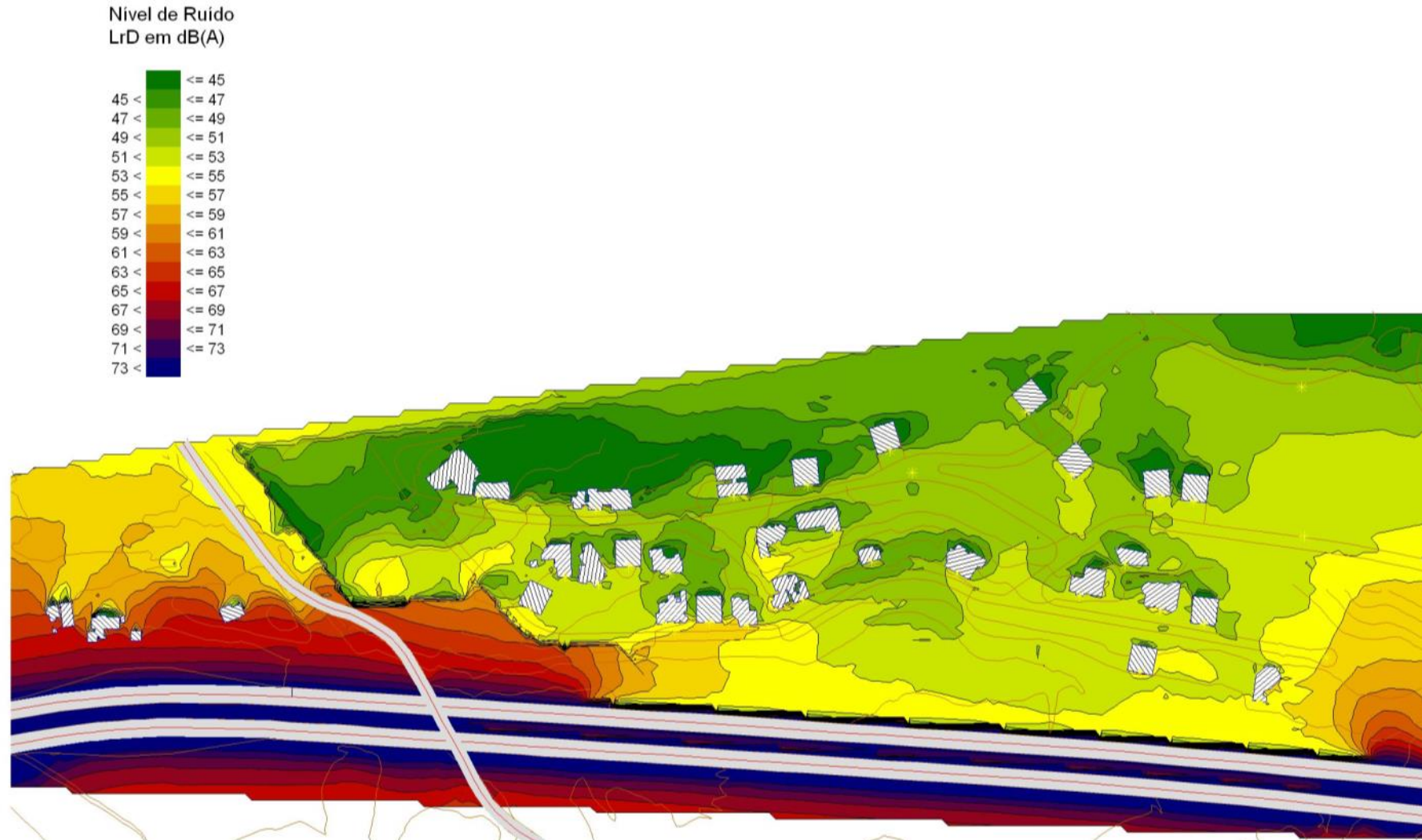


BARREIRA MAIS CURTA: ATÉ O VIADUTO ALAMEDA CECI

Barreira de 6,0m de Altura					
Critério de Avaliação	Sem Barreira	Barreira Menor		Barreira Maior	
		0 faixas	2 faixas	0 faixas	2 faixas
Nº de casas atendidas – Critério 53 dB(A)	0	1	20	4	22
% de casas atendidas – Critério 53 dB(A)	0,0	3,6	71,4	14,3	78,6
Nº de casas atendidas – Critério 58 dB(A)	1	21	27	23	28
% de casas atendidas – Critério 58 dB(A)	3,6	75,0	96,4	82,1	100,0



ÚLTIMOS ESTUDOS IPT – KM 12 PAVIMENTO JÁ COM CPA E UMA SOLUÇÃO DE BARREIRA



ÚLTIMOS ESTUDOS– KM 12

PAVIMENTO JÁ COM CAMADA POROSA DE ATRITO

Nº do receptor	Situação Analisada					
		Concreto	CPA	Altura das Barreiras (CPA)		
		Sem Barreira	Sem Barreira	5,5 m	6 m	7 m
	Extensão total de barreira [m]			1640	1375	1200
	Extensão barreira interna [m]			990	855	580
	Extensão barreira externa [m]			650	520	620
	Área total da barreira [m ²]			9020	8250	7200

% receptores atendidos

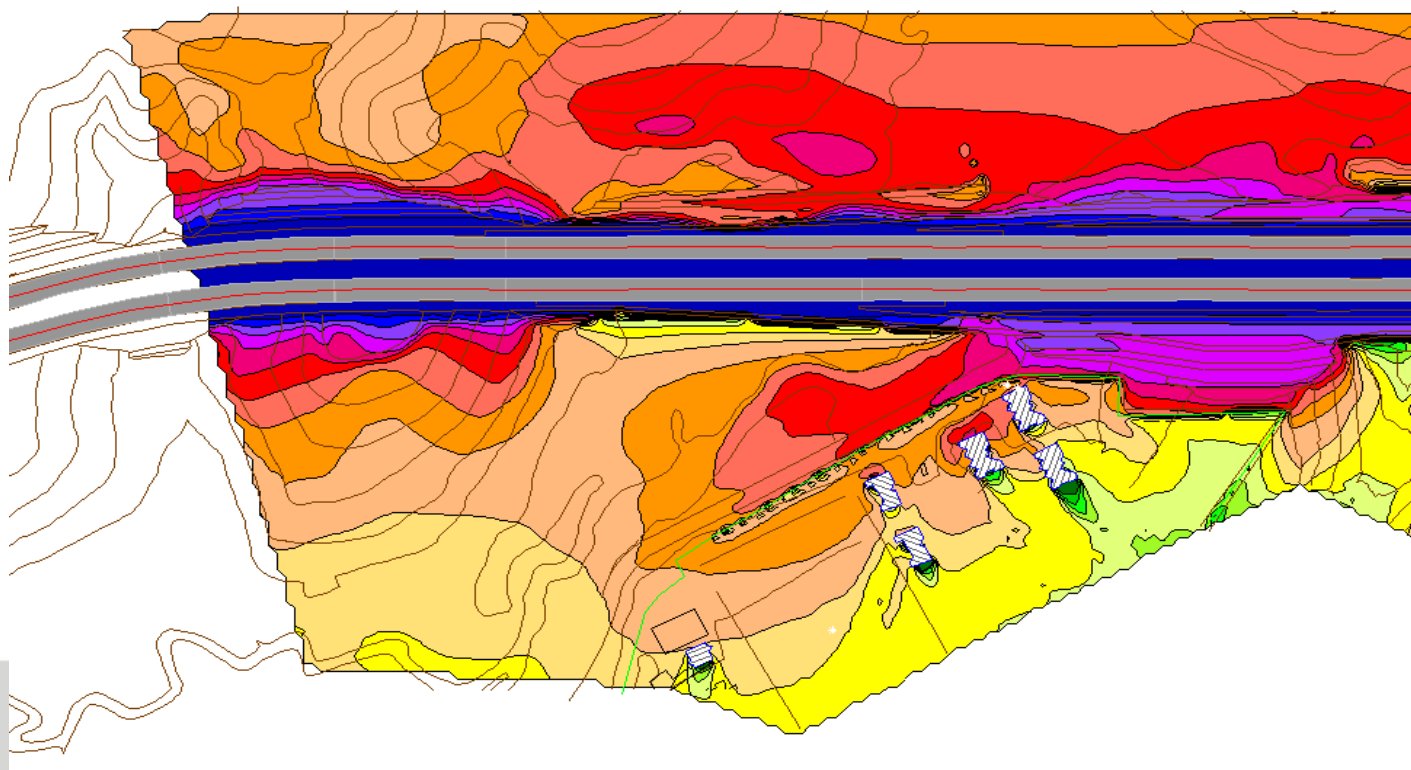
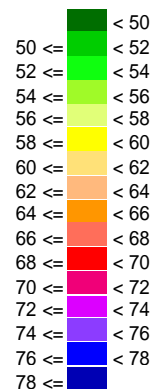
Critério 58 dB(A)	7,1	7,1	42,86	32,14	100	100	100	100	100	100
Critério 53 dB(A)	0,0	0,0	10,71	7,143	67,9	53,6	67,86	60,71	75	75
Critério -10 dB(A)	--	--	0,0	0,0	82,1	85,7	82,1	85,7	85,7	85,7



Análises para km 20

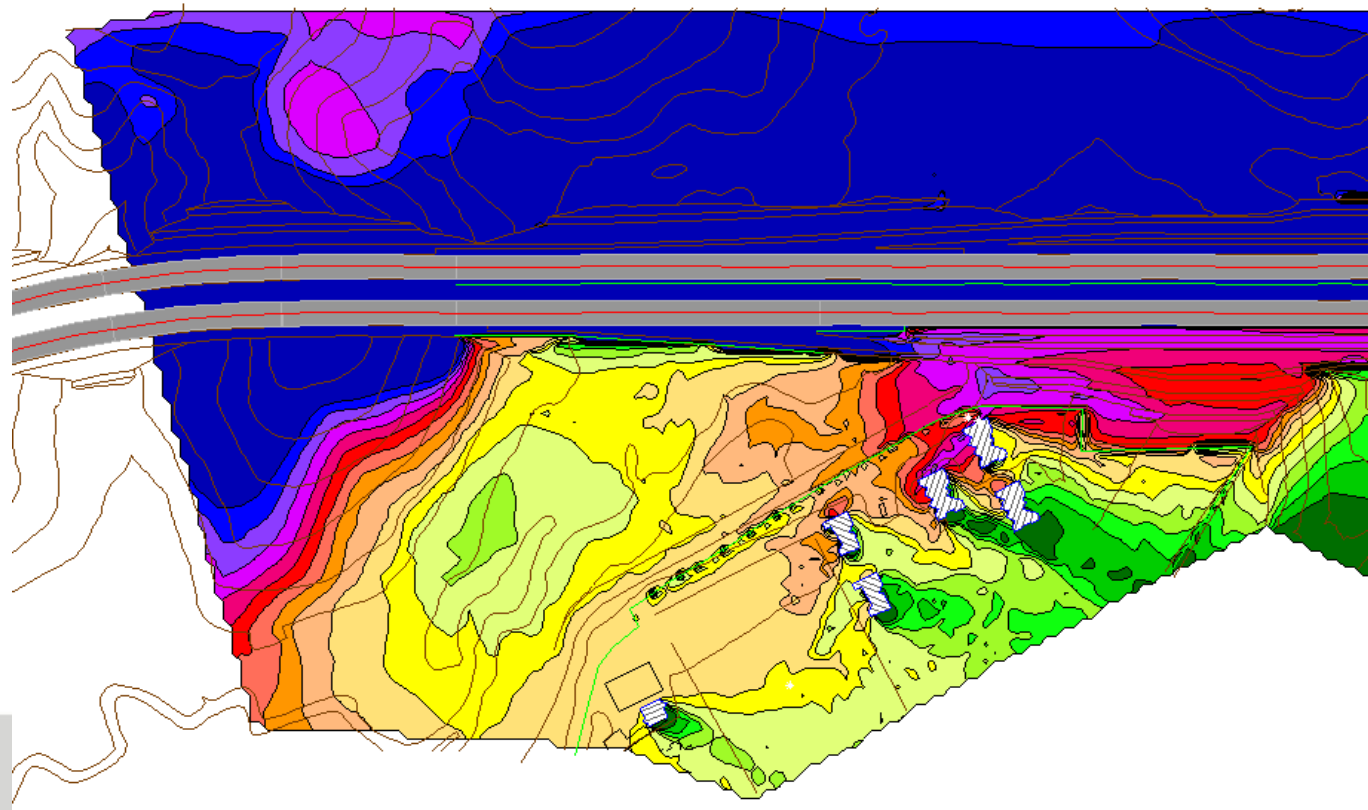
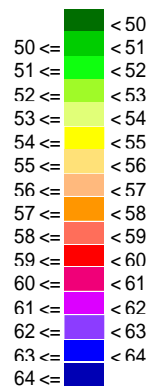
KM 20 – SITUAÇÃO ATUAL

Noise levels day dB(A)



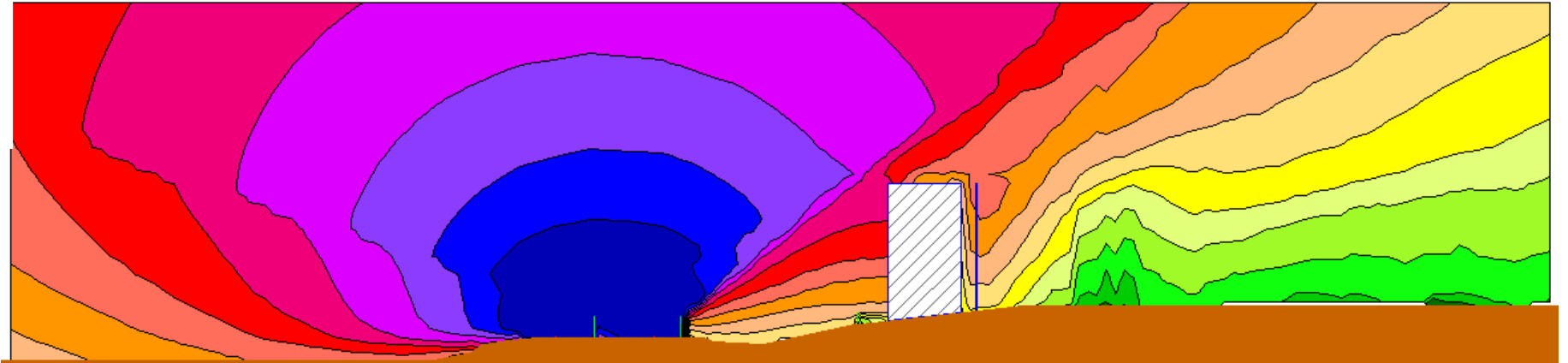
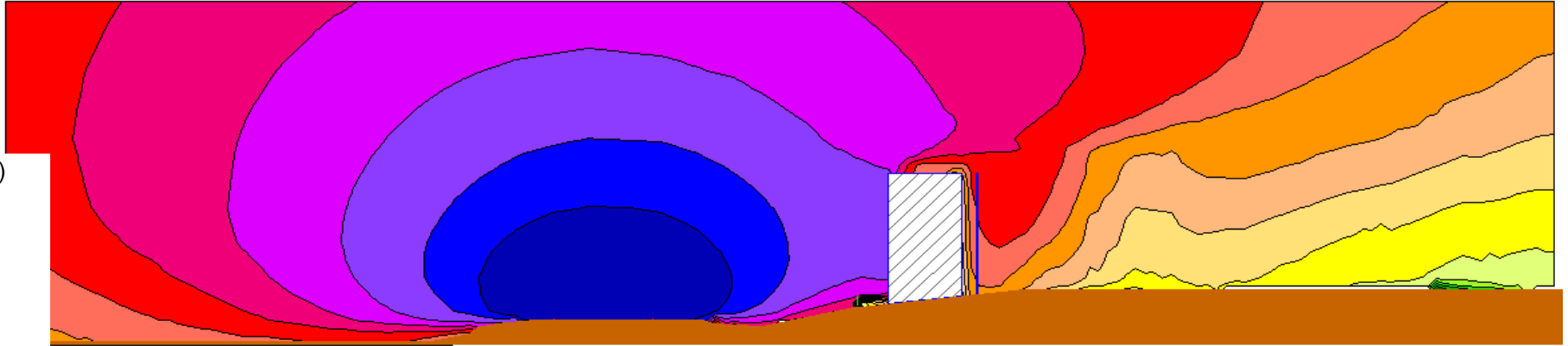
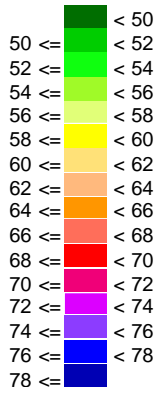
KM 20 – BARREIRAS DE 6 M DE ALTURA

Noise levels day dB(A)



SITUAÇÃO KM 20, COM E SEM BARREIRAS

Noise levels day dB(A)



VISÃO DE FUTURO

- Incentivar a adoção de soluções integradas;
- Dimensionamento detalhado via simulação da propagação de ruído – definir protocolos;
- Metodologia detalhada de avaliação do impacto sonoro – aumentar a interação com órgãos ambientais;
- Inserir o tema “Vibrações” no horizonte;
- Guias orientativos de projeto;
- Avaliação do Impacto da Condição do Pavimento sobre o Conforto Acústico no Interior de Veículos Trafegando em Estradas
 - Objetivo: avaliar a qualidade do pavimento.
 - Desenvolvimento de Método Inovador, pois o enfoque maior dado mundialmente é no ruído externo.



Obrigado!

- Fulvio Vittorino
- fulviov@ipt.br

 [linkedin.com/school/iptsp/](https://www.linkedin.com/school/iptsp/)

 [instagram.com/ipt_oficial/](https://www.instagram.com/ipt_oficial/)

 [youtube.com/@IPTbr/](https://www.youtube.com/@IPTbr/)

www.ipt.br

 **ipt**
INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS

 **SÃO
PAULO**
GOVERNO
DO ESTADO