

# BARREIRAS ACÚSTICAS

## APLICAÇÃO PARA SISTEMAS LINEARES DE TRANSPORTE E INDÚSTRIAS

*Palestrante: Maria Luiza Belderrain*



# INTRODUÇÃO

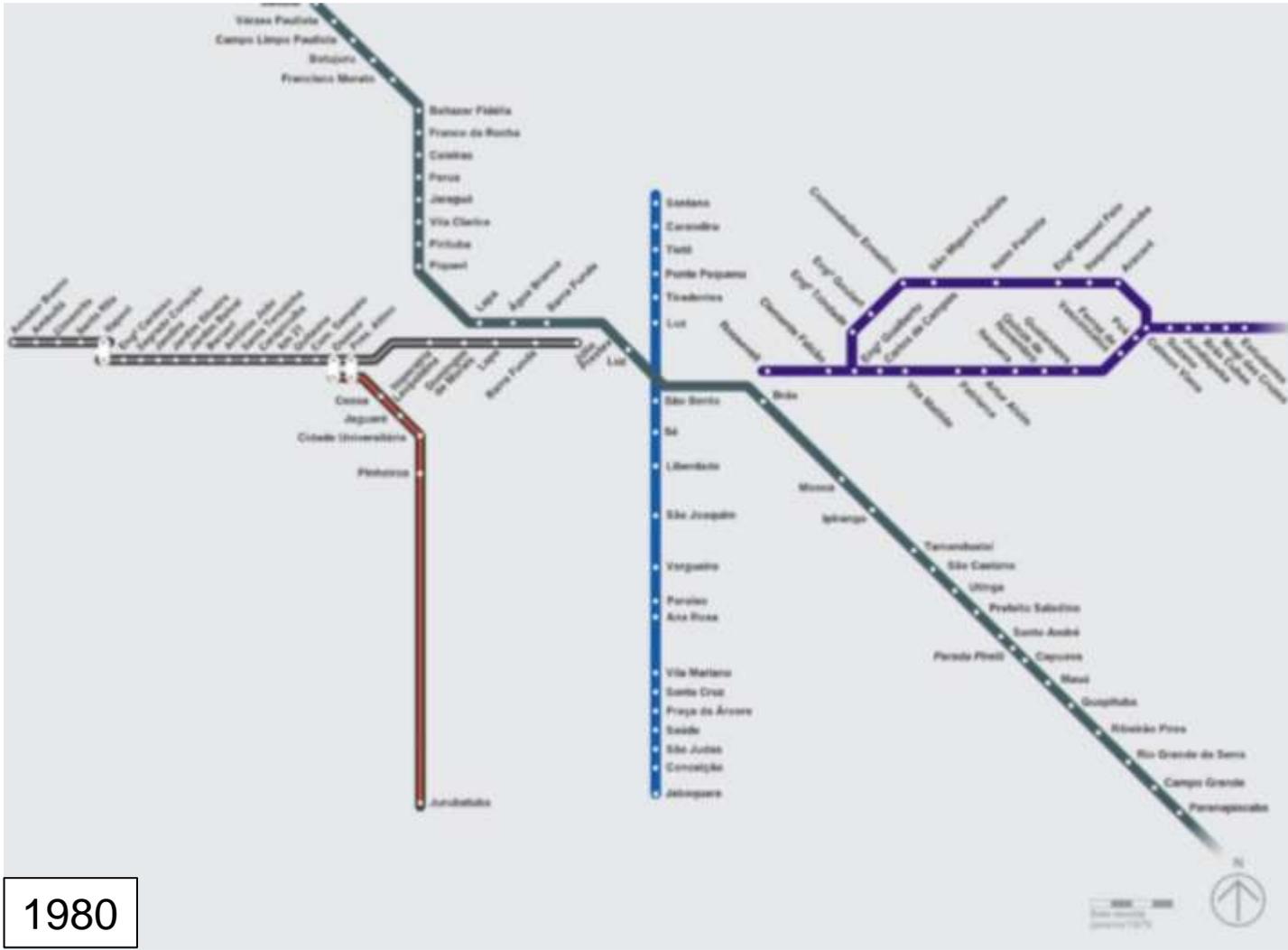
A 1ª Conferência Municipal de Ruído, Vibrações e Perturbação Sonora, realizada em São Paulo, no fim de abril/2014, mostrou o crescimento populacional urbano acelerado, nos últimos 25 anos, a nível mundial.

São Paulo é a 2ª maior cidade do mundo, apresentando uma população de ~12 milhões, que aumenta para ~18 milhões, quando se fala da “Grande São Paulo”.

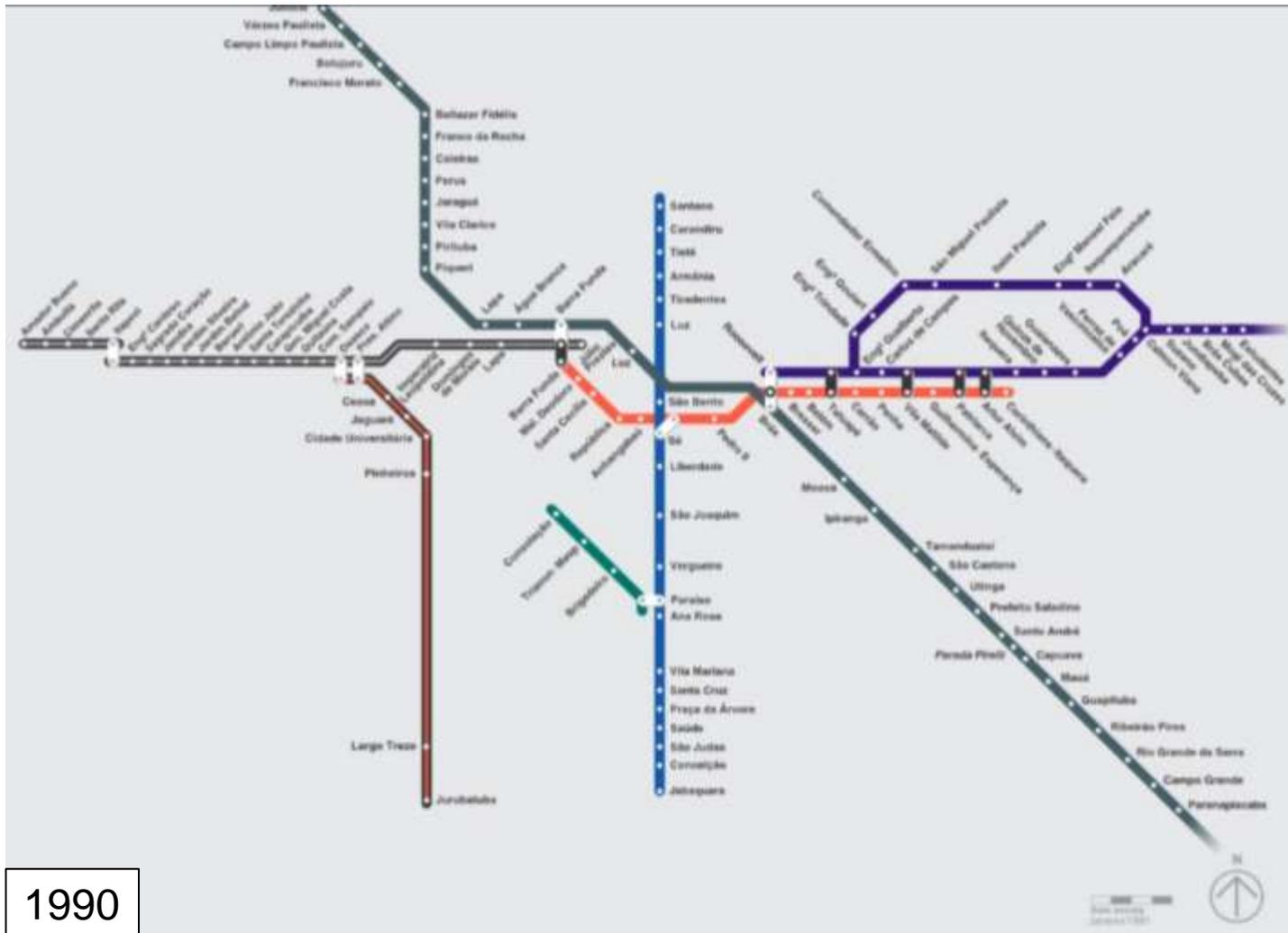
Tal crescimento populacional implica, necessariamente, na ampliação das malhas viária, metroviária e ferroviária da cidade, conforme mostram os slides a seguir.



# DESENVOLVIMENTO URBANO



# DESENVOLVIMENTO URBANO



# DESENVOLVIMENTO URBANO



# DESENVOLVIMENTO URBANO



2014



DIVISÕES TÉCNICAS



Acoustic Control®

PAN URANIA  
DISCONTINUOUS INSULATING PANELS

# SOLUÇÕES POSSÍVEIS

## Redução de ruído na fonte:

.desenvolvimento de projeto:

Para fontes lineares:

.motores menos ruidosos, contato roda-trilho minimizado (anéis insonorizadores), sistemas amortecidos, etc.

Para fontes puntiformes:

.adoção de equipamentos com silenciosos, cabinados (de fábrica), motores elétricos (ao invés de hidráulicos ou pneumáticos) .

Vantagens: menor ruído emitido, menor necessidade de atenuação



# SOLUÇÕES POSSÍVEIS



## Redução na trajetória fonte - receptor:

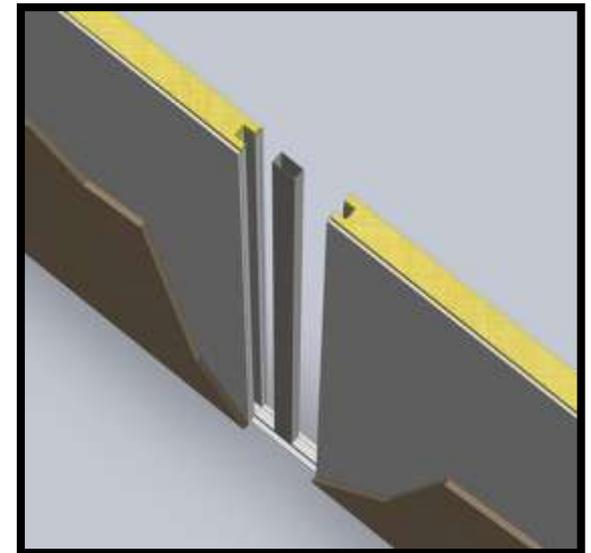
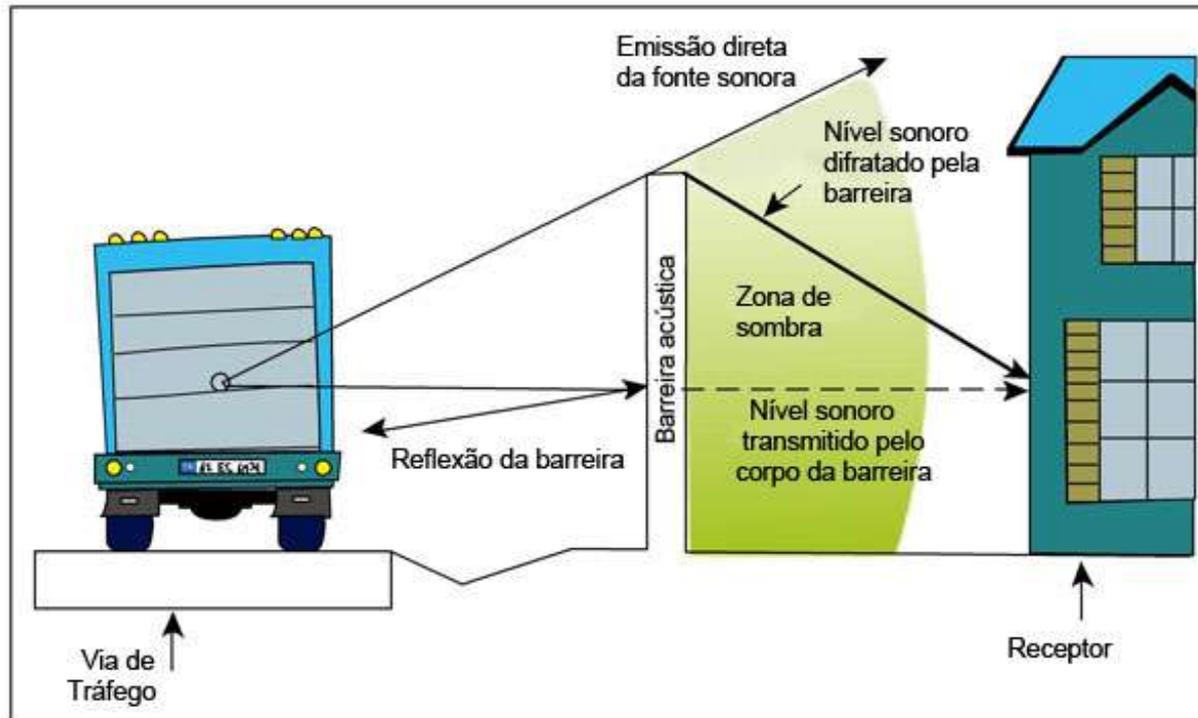
Para fontes lineares: barreiras acústicas, bermas/taludes, túneis acústicos.

Para fontes puntiformes: barreiras acústicas, atenuadores de ruído, enclausuramentos, etc.

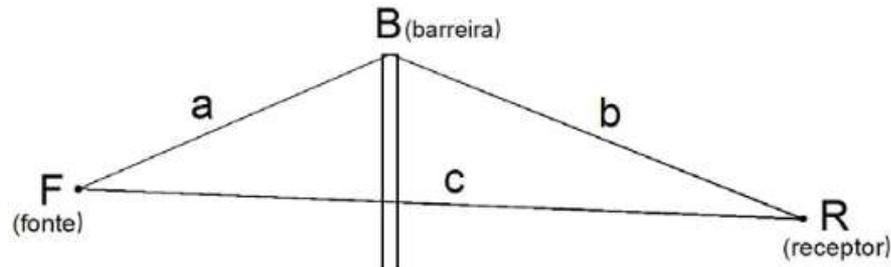
Cuidados: verificar a viabilidade técnica de cada tipo de solução.



# CONCEITO DE BARREIRA



# TEORIA DE FRESNEL



O posicionamento geométrico relativo entre fonte , barreira e receptor define os caminhos do som direto e difratado (por sobre a barreira). O número de Fresnel (N) é calculado por:

$$N = +/- 2. (a + b - c) / \lambda$$

Onde N = número de Fresnel;

a + b = caminho difratado do som, m;

c = caminho direto do som, m;

$\lambda$  = comprimento de onda do som, m

+ = significa zona de sombra da barreira;

- = significa zona de brilho da barreira.



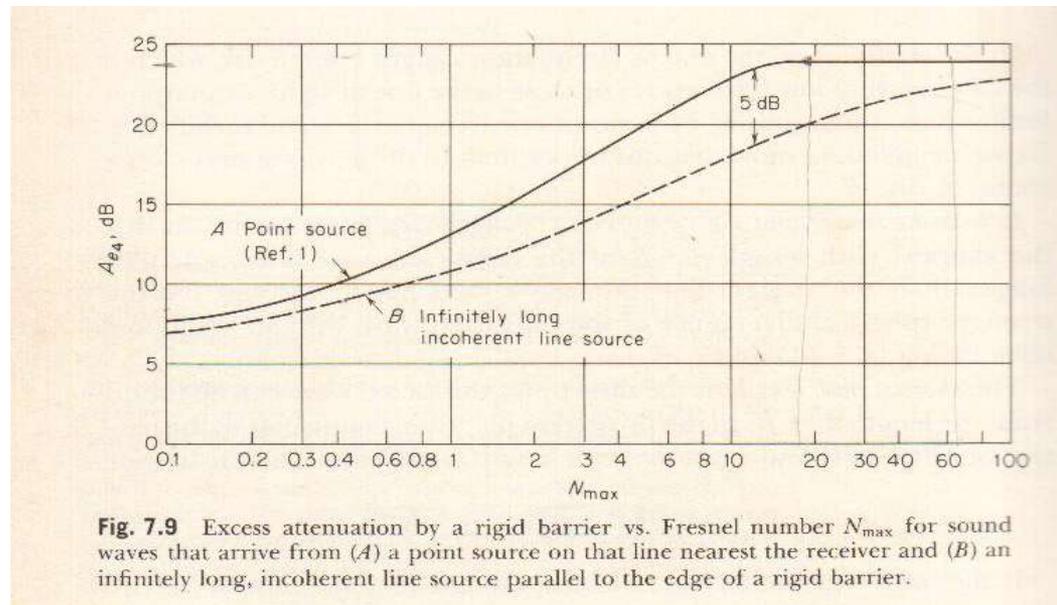
# ATUAÇÃO DAS BARREIRAS ACÚSTICAS

As barreiras são indicadas para fontes sonoras que apresentam componentes em médias / altas frequências, em função do grande comprimento de onda ( $\lambda$ ) das baixas frequências. No exemplo,  $\lambda > 2,75$  m ( banda de 125 Hz ), transpõe a barreira com 3,0 m altura.



# DIMENSIONAMENTO DAS BARREIRAS ACÚSTICAS

O método de cálculo das barreiras acústicas é iterativo. Posicionando-se a fonte, a barreira e o receptor, em escala, nos planos horizontal e vertical, atribui-se uma determinada  $h$  (m) à barreira e aplica-se a teoria de Fresnel. Verifica-se a atenuação obtida = ábaco e, caso o critério não seja atendido, repete-se o cálculo com nova altura / posicionamento da barreira.



Beranek, Leo – Noise and Vibration Control, chapter 7, Sound Propagation Outdoors



# EXEMPLO DE BARREIRA



# ATENUAÇÃO SONORA AO AR LIVRE

A propagação sonora ao ar livre depende de vários fatores, a saber:

$$L_p(r, \theta) = L_w - 20 \log r + DI_\theta - 10 \log \frac{\Omega}{4\pi} - A_{\text{combinado}} - 11 \text{ dB}$$

Bistafa, Sylvio – Acústica aplicada ao controle de ruído, cap. 9

- .L<sub>p</sub> = nível de pressão sonora no receptor;
- .L<sub>w</sub> = nível de potência sonora da fonte;
- .r = distância entre fonte sonora e receptor;
- .DI = índice de direcionalidade da fonte;
- .Ω = ângulo sólido para livre propagação sonora;
- .A<sub>combinado</sub> = somatória de atenuações

A<sub>combinado</sub> = atenuação [**barreira** + absorção ar + vegetação densa + edificações + vento/temperatura + reverberação urbana]

A redução sonora ofertada por uma barreira acústica, em geral, é preponderante dentre os outros mecanismos de atenuação.



# ATENUAÇÃO SONORA COM A DISTÂNCIA

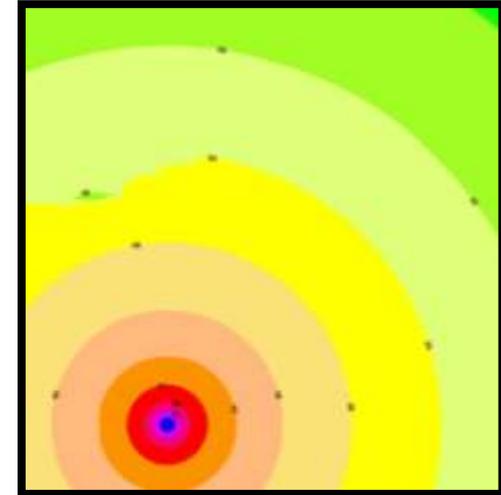
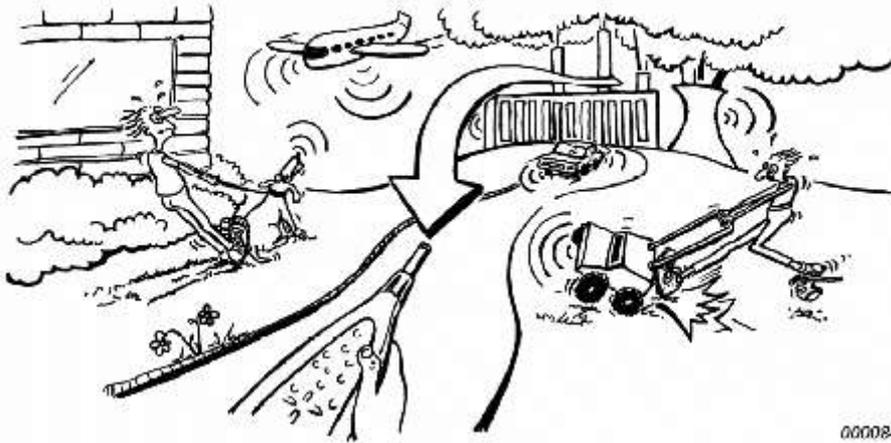
A atenuação sonora em função da distância entre fonte e receptor, em campo livre, deve-se ao **espalhamento geométrico da onda**.

**Fontes Puntiformes:** decaimento de  $(- 20 \log r)$  ou 6 dB a cada dobro da distância entre fonte – receptor.

**Fontes Lineares:** decaimento de  $(- 10 \log r)$  ou 3 dB a cada dobro da distância entre fonte – receptor.

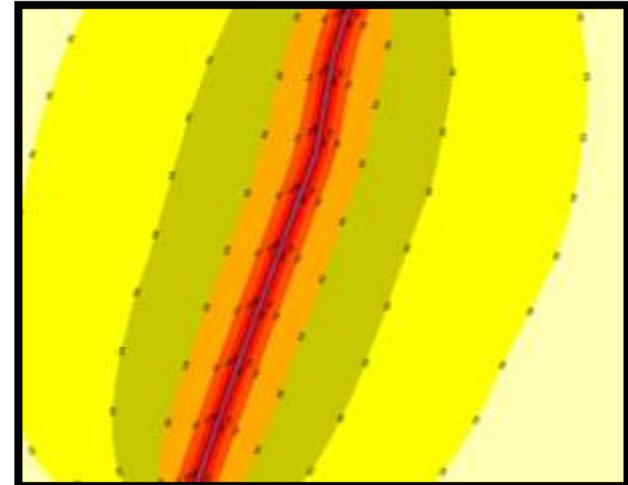


# FERRAMENTA DE CÁLCULO - SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL



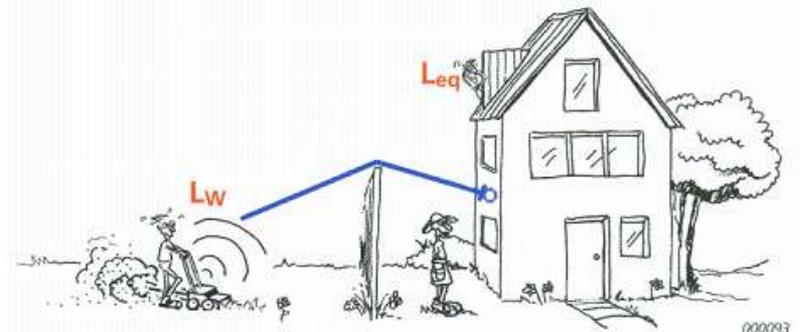
Atividades desenvolvidas:

- .elaboração do DGM (digital ground model);
- .construção do Geo Database (com edificações, vias de tráfego, as fontes de ruído e os receptores)
- .medições sonoras em campo e de fonte(s) similar(es);
- .calibração do modelo na condição atual;
- .elaboração de mapas de impacto de ruído na condição futura – com a fonte em estudo;
- .idem, para mapas de impacto com medidas mitigadoras como barreiras acústicas



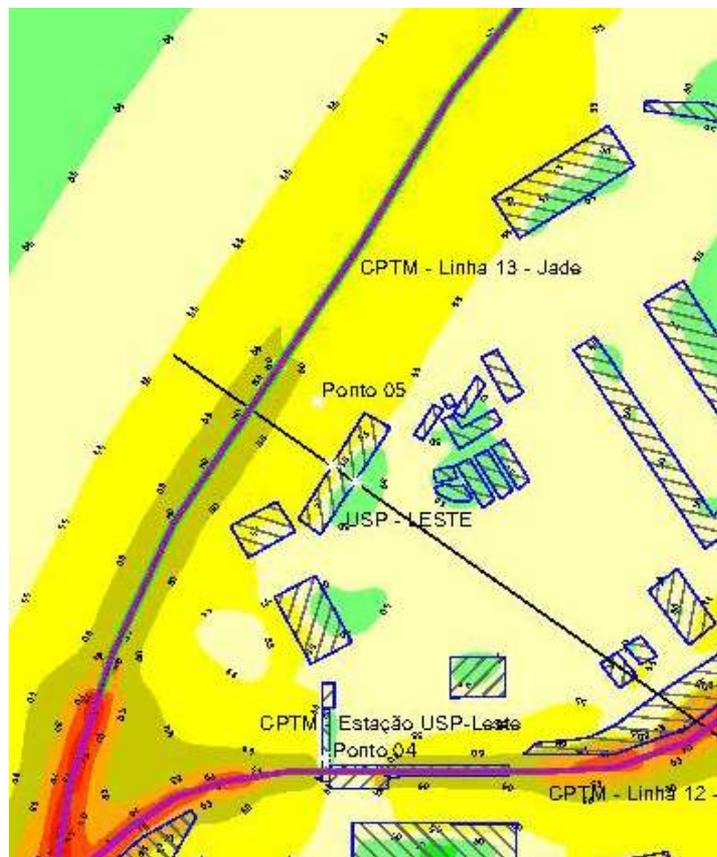
# FERRAMENTA DE CÁLCULO – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

- Software de Simulação SOUND PLAN
- Fonte modelada em termos de potência sonora ( $L_w$ ), através do espectro sonoro ou valor global dBA;
  - . Adoção de normas internacionais para cálculo do ruído de tráfego viário e ferroviário, bem como cálculo de fontes industriais;
  - . Considera efeitos climáticos (temperatura, pressão, umidade);
  - . Permite atribuir coeficientes de absorção / reflexão sonora às superfícies;
  - . Mapas de propagação sonora em faixas de ruído / escalas de cores, nos planos horizontal ou vertical, em várias cotas.

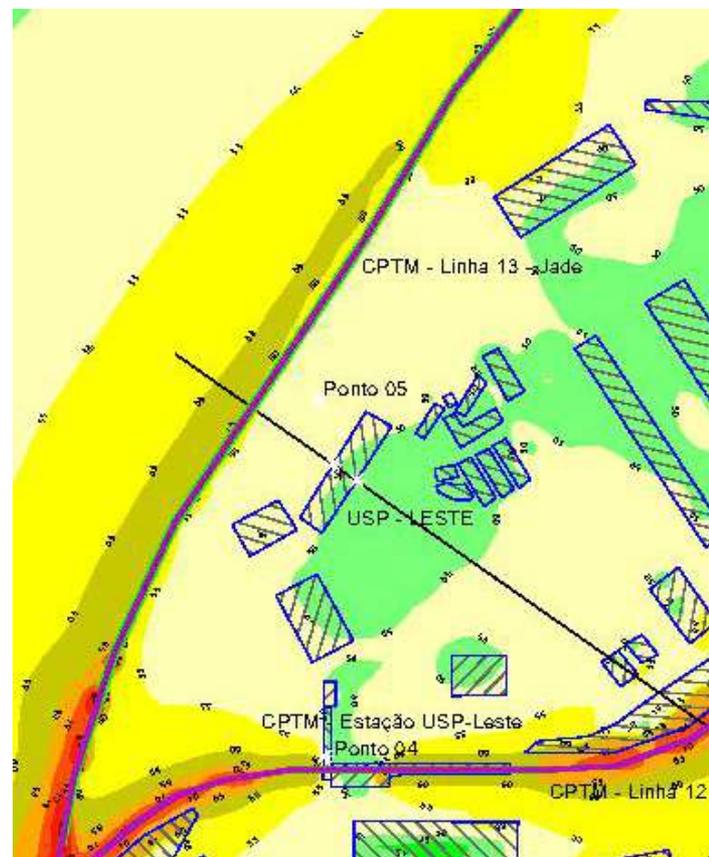
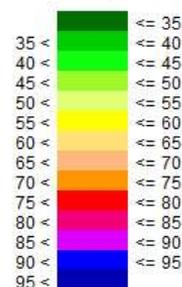


# SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

- EXEMPLOS DE BARREIRA: CPTM – Linha 13

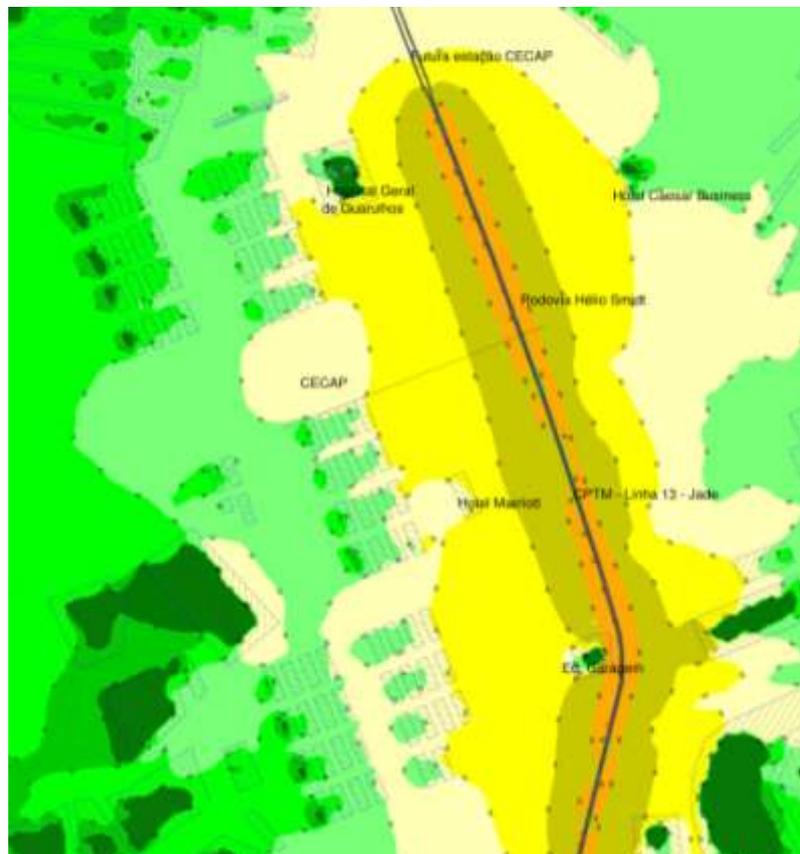


Sound Pressure Levels  
dB(A)

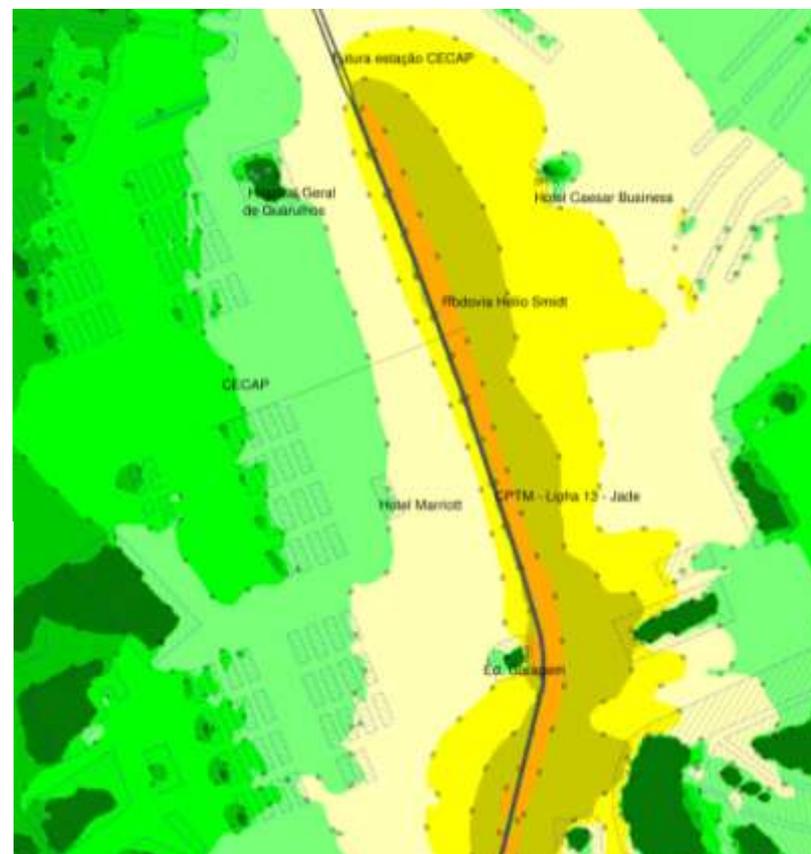
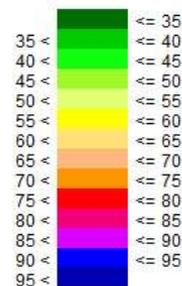


# SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

- **EXEMPLOS DE BARREIRA: CPTM – Linha 13**



Sound Pressure Levels  
dB(A)

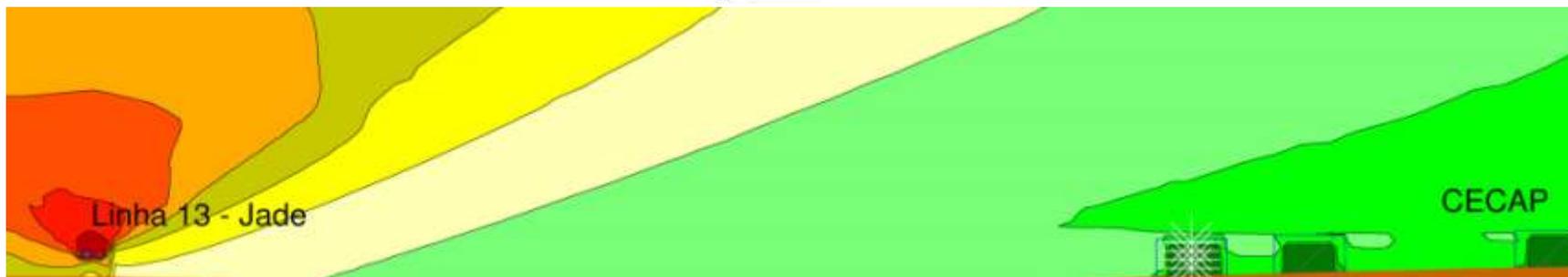
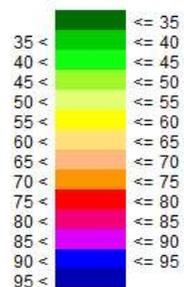


# SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

- **EXEMPLOS DE BARREIRA: CPTM – Linha 13**

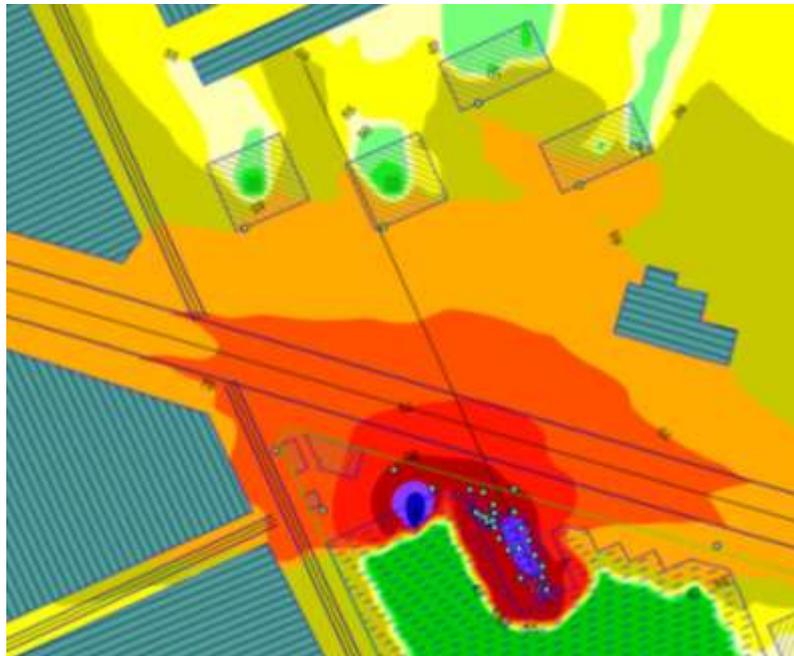


Sound Pressure Levels  
dB(A)

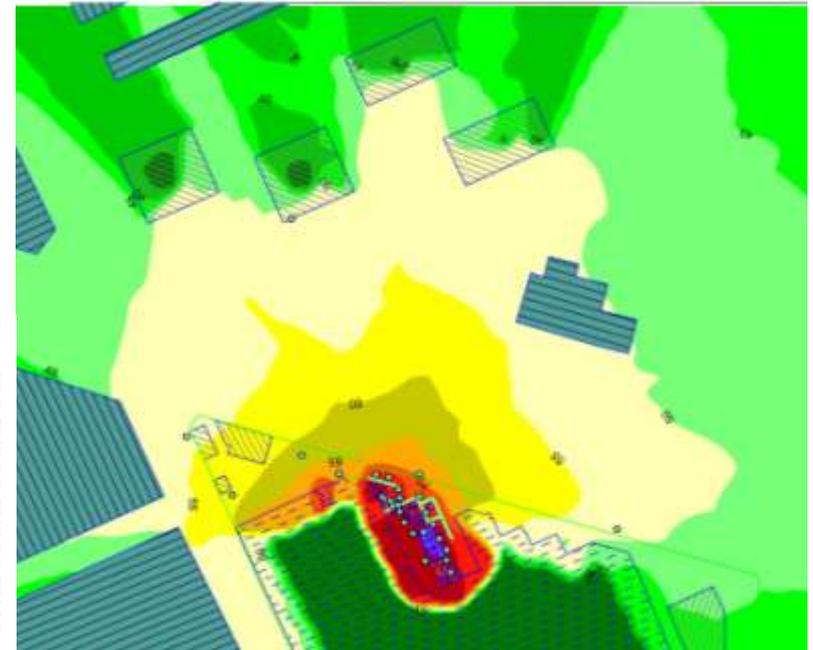
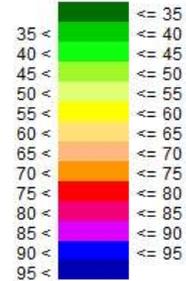


# SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

- **EXEMPLOS DE BARREIRA: DECA – Unidade São Paulo**

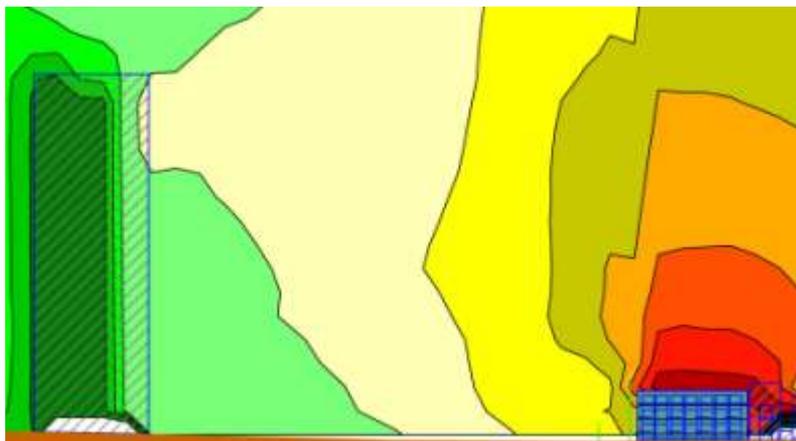


Sound Pressure Levels  
dB(A)

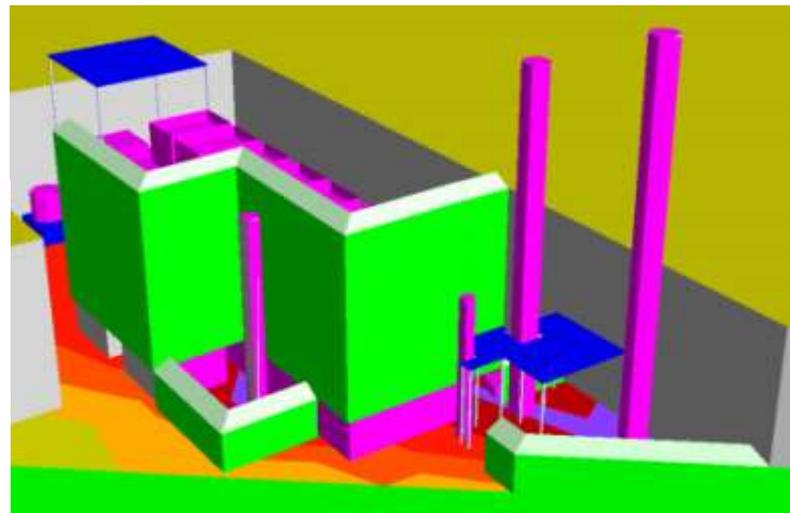
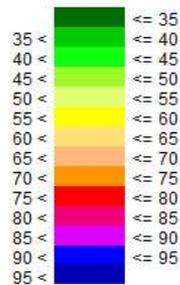


# SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

- **EXEMPLOS DE BARREIRA: DECA – Unidade São Paulo**

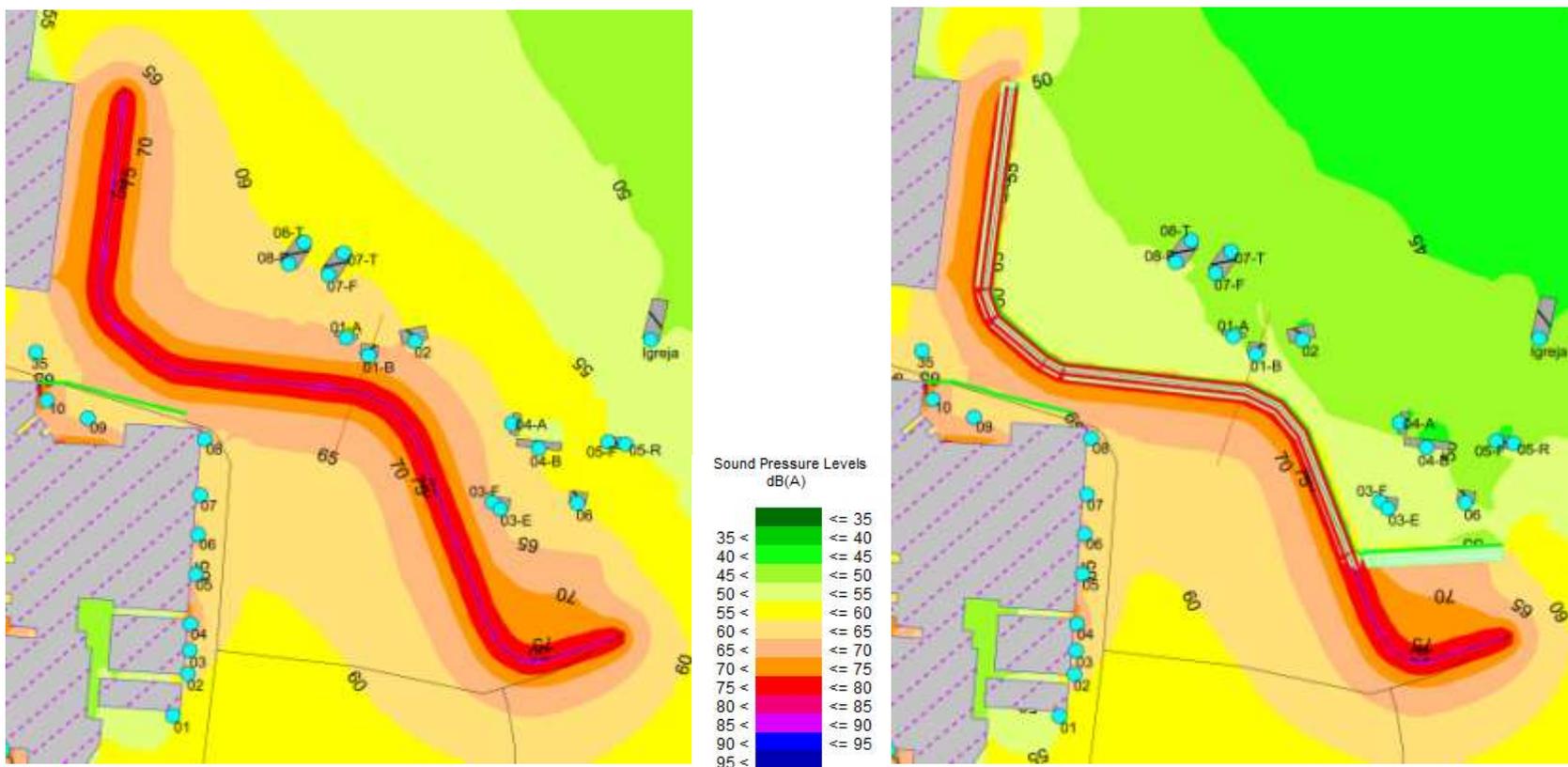


Sound Pressure Levels  
dB(A)



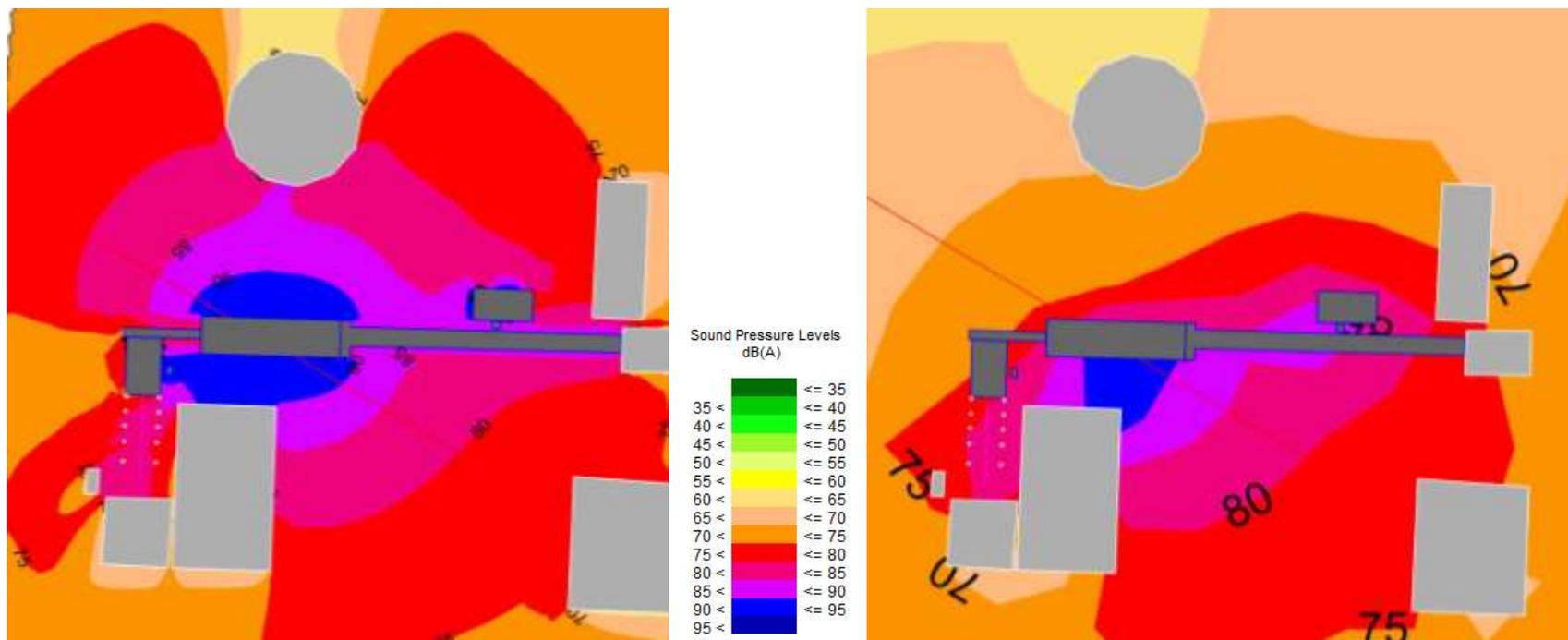
# SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

- **EXEMPLOS DE BARREIRA: SANTHER – Unidade Bragança Paulista**



# SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

- **EXEMPLOS DE BARREIRA: DURATEX – Unidade Taquari**



# ESPECIFICAÇÃO DA BARREIRA

- CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS:
  - Densidade superficial mínima = 20 kg/m<sup>2</sup>
  - Estabilidade estrutural
  - Resistência à vandalismo
  - Face interna absorvente ou não
  - Topo absorvente ou não
- VANTAGENS DE BARREIRAS MODULARES
- PRÉ FABRICADAS
  - Qualidade uniforme ao longo da barreira
  - Ensaios de isolamento / absorção sonoros
  - Rapidez e praticidade na obra



# BARREIRAS ACÚSTICAS

## CONSTRUÇÃO DA BARREIRA ACÚSTICA

**Palestante:** *Wanderley Montemurro*



# CONSTRUÇÃO DA BARREIRA

- ❑ Enquadramento às normas construtivas
- ❑ Adaptação à conjuntura da obra
- ❑ Segurança da barreira
- ❑ Garantia



# ENQUADRAMENTO ÀS NORMAS CONSTRUTIVAS

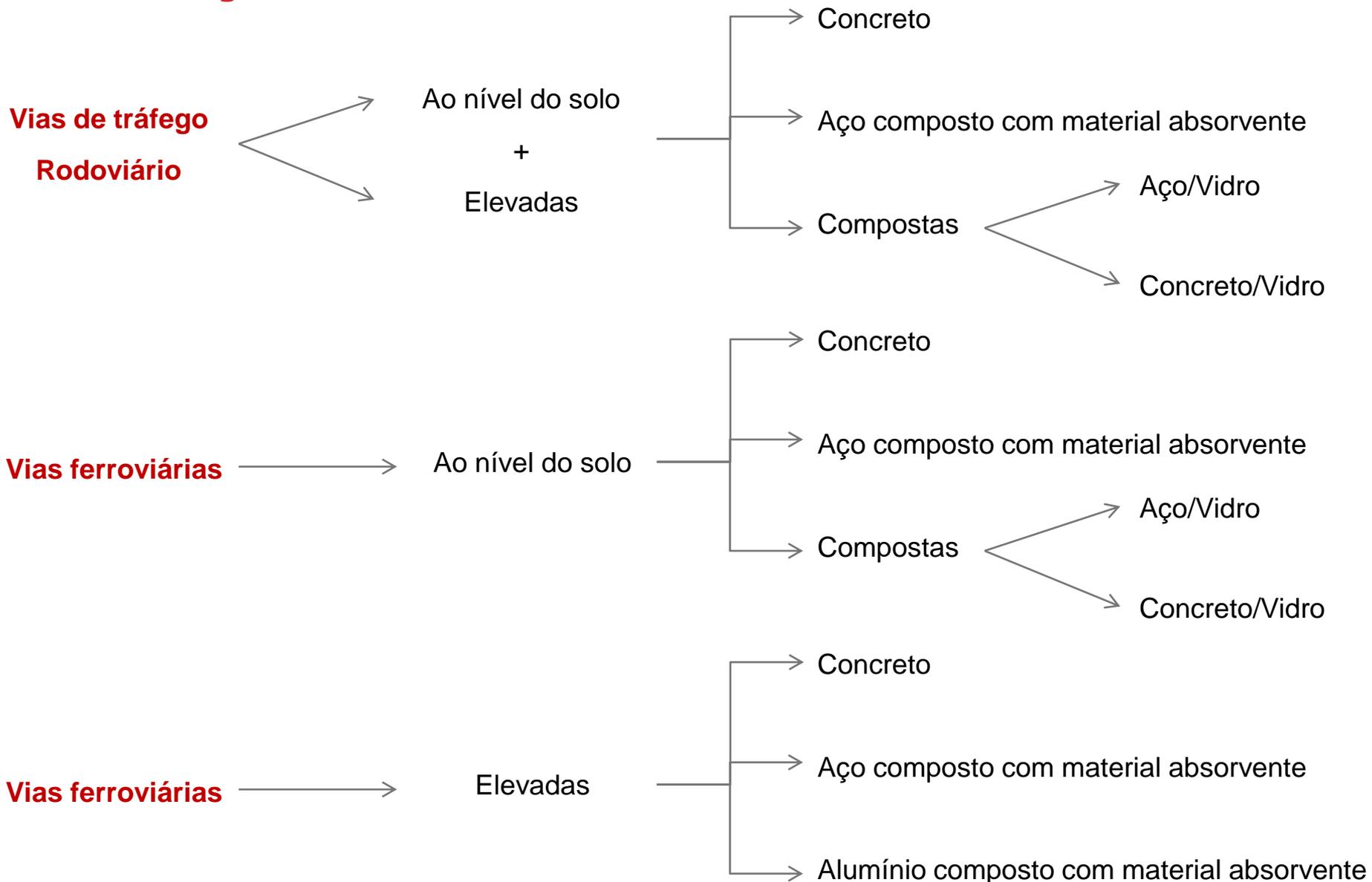


**ABNT 14313/1999**

- Ancoragem;
- Massa própria;
- Carga de vento;
- Impactos laterais;
- Segurança de tráfego;
- Resistência ao fogo.



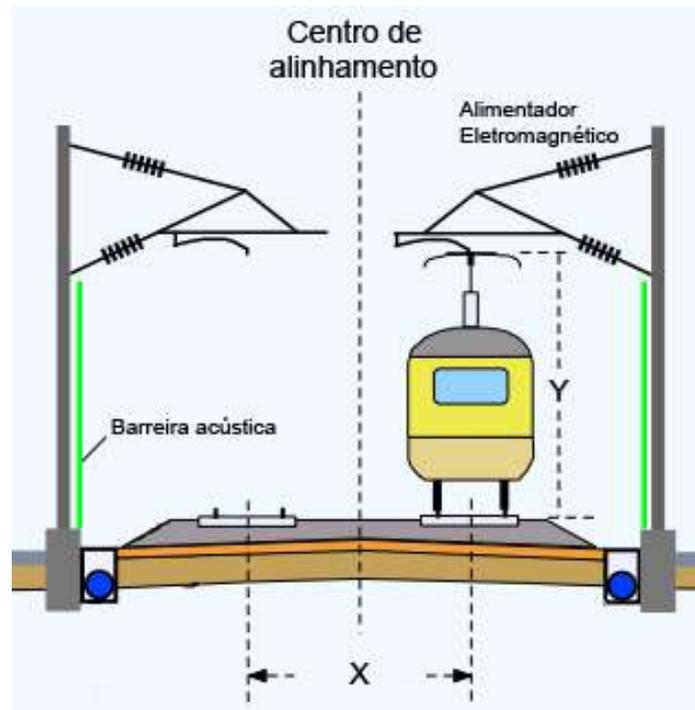
# ADAPTAÇÃO À CONJUNTURA DA OBRA



# ADAPTAÇÃO À CONJUNTURA DA OBRA

## Considerações:

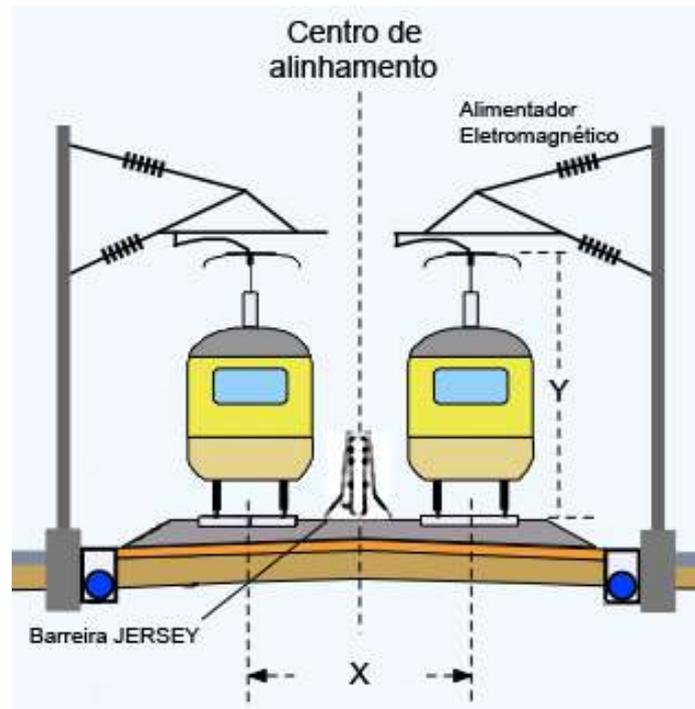
- ❑ Conflito entre barreira lateral com alimentador da via ferroviária.



# ADAPTAÇÃO À CONJUNTURA DA OBRA

## Considerações:

- ❑ Instalação de barreira do tipo 'Jersey' entre vias de tráfego rodoviário ou ferroviário



# SEGURANÇA DA BARREIRA

Uma barreira acústica deve atender ao seguintes parâmetros de segurança:

- Fogo (laterais de pista);
- Intempérie;
- Impactos (não deve atuar como guard rail/mureta);
- Depredação e Vandalismo



# GARANTIA

## Cenário

1

Executado **conforme** projeto preservando 100% das características físicas (estruturais e acústicas) das barreiras.



**Resultado** – 100% de cumprimento do projeto acústico.

✓ Atendimento satisfatório ao **contratante** e à **população**.



DIVISÕES TÉCNICAS



Acoustic<sup>®</sup>  
Control

PAN URANIA  
DISCONTINUOUS INSULATING PANELS

# GARANTIA

## Cenário

2

Executado **não observando** o projeto construtivo (estrutural), **atendendo** ao projeto acústico.



**Resultado** – Cumprimento do projeto acústico;  
Durabilidade reduzida (não garantida).

X Prejuízo no médio-longo prazo para o contratante e população.



# GARANTIA

## Cenário

3

Executado **não observando** o projeto construtivo (estrutural) e **não atendendo** ao projeto acústico.



**Resultado** – Comprometimento da eficácia do projeto acústico. Durabilidade reduzida (não garantida).

X Prejuízo imediato ou no curto-médio prazo para o contratante e população.



# CONSIDERAÇÕES FINAIS

- ✓ **Necessidade de painéis acústicos modulares com eficiência acústica e de comportamento ao fogo testadas;**
- ✓ **Painéis acústicos produzidos na obra sofrem variação não mensurável em suas dimensões e propriedades, por ser um produto artesanal, podendo apresentar falta de uniformidade ao longo de grandes trechos;**
- ✓ **As especificações acústicas devem exigir produtos testados que oferecem garantia de resultado ao projeto.**

