



AEAMESP



21ª Semana de Tecnologia Metroferroviária

Fórum Técnico

A ATENUAÇÃO DE RUÍDOS PRIMÁRIOS NO AMBIENTE URBANO: CRITÉRIOS MUNDIALMENTE ADOTADOS PARA OS NÍVEIS DE INCOMODIDADE

ÁREA DE SUPERESTRUTURA DE VIA PERMANENTE DA

Companhia do Metropolitano de São Paulo

21ª Semana de Tecnologia Metroferroviária

Fórum Técnico

HELDER JOSÉ RIBEIRO SOARES



AEAMESP



**A ATENUAÇÃO DE RUÍDOS PRIMÁRIOS NO AMBIENTE URBANO:
CRITÉRIOS MUNDIALMENTE ADOTADOS PARA OS NÍVEIS DE INCOMODIDADE**

ÁREA DE SUPERESTRUTURA DE VIA PERMANENTE DA

Companhia do Metropolitano de São Paulo



AEAMESP



RESUMO

Este trabalho estabelece um comparativo entre critérios, leis, normas e metodologias adotadas para o tratamento de ruídos primários gerados por sistemas lineares de transportes, em diversos países do mundo, com o objetivo de subsidiar a revisão das normas técnicas pertinentes.

Os dados foram coletados, a partir da participação no Inter-Noise 2012, tanto de materiais fornecidos por participantes desse Congresso, quanto de pesquisas posteriores, complementando os dados faltantes.

Não serão abordados neste trabalho ruídos provenientes de outras fontes que não os sistemas lineares, assim como ruídos no interior de composições metro-ferroviárias, assim como não há dados de todos os países, apenas de alguns, a título de exemplo.

INTRODUÇÃO

No cenário urbano das grandes cidades, uma característica bastante marcante é a presença cada vez mais intensa dos ruídos.

Ruído é todo tipo de som desagradável e desordenado que, por estas características, causa incômodos, podendo ocasionar problemas de saúde, se em demasia. Nos grandes centros urbanos, várias são as fontes de ruídos, dentre as quais destacamos, para fins deste trabalho, os sistemas lineares de transporte, em destaque, os sistemas metro-ferroviários.

Um dos grandes desafios das grandes cidades, das quais faz parte São Paulo, é a mobilidade urbana. E é neste quesito que têm destaque especial os sistemas de Metrô e trens de passageiros. No caso destes sistemas, as duas principais fontes de ruídos são o atrito roda-trilho e o ar-condicionado dos carros, já que, por serem de propulsão elétrica, o ruído

dos motores nem sempre é tão pronunciado quanto os das duas fontes citadas.

A figura 1 abaixo ilustra de forma esquemática o caminho percorrido pelo ruído, partindo da fonte – no caso deste trabalho, uma composição metro-ferroviária – e chegando ao receptor, após percorrer uma trajetória.

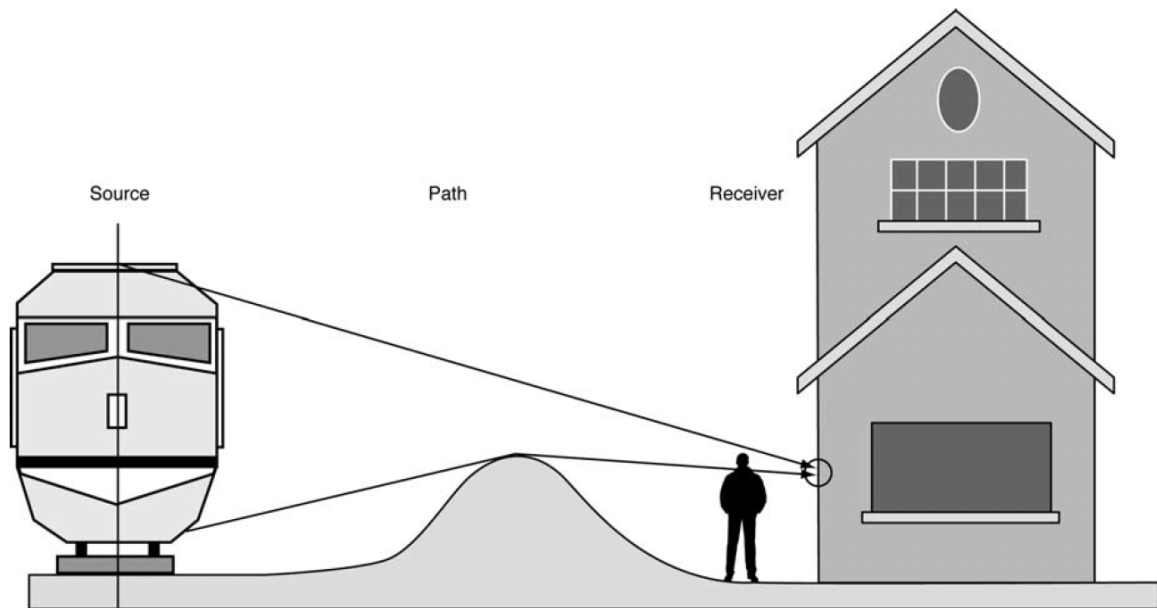


Figura 1: A propagação dos ruídos (Fonte: FTA-VA-90-1003-06: Transit Noise and Vibration Impact Assessment)

Na malha urbana, os sistemas metro-ferroviários construídos em superfície, como é o caso, por exemplo, da Linha 3, do Metrô e da grande maioria das linhas da CPTM, ou em elevado, como ocorre com trechos das Linhas 1, 2, 3 e 5 do Metrô, emitem ruídos, devido ao tráfego dos trens e estes chegam a seus ocupantes lindeiros, como representado esquematicamente na figura acima. Estes lindeiros, entretanto, quando forem receptores críticos, tais como hospitais, creches, asilos, bibliotecas, dormitórios, etc., demandarão cuidados especiais para a mitigação desses ruídos.

Para atenuar esses ruídos, entretanto, existe todo um aparato técnico e legal, a ser oportunamente abordado neste trabalho. Este aparato, contudo, apresenta ainda algumas arestas, cuja solução vem sendo estudada.



AEAMESP



RUÍDOS E SOM

Nossas atividades do dia-a-dia sempre causam algum tipo de vibração. Estas vibrações, por sua vez, provocam flutuações de pressão no ar e estas, quando percebidas pelo ouvido humano, são chamadas de som. No ar, a uma temperatura de 20°C, o som se propaga a uma velocidade aproximada de 343 m/s.

O som emitido por qualquer tipo de fonte pode ser agradável ou desagradável. Quando desorganizado e, conseqüentemente, desagradável, este som é chamado de “ruído” e o incômodo que ocasiona depende, basicamente, da sua intensidade, timbre e tempo de exposição. Ruídos, além de incomodarem, podem ocasionar danos à saúde, variando dos mais moderados aos mais graves. Ao se falar em “ruído”, já se fala, automaticamente, em incômodo, ou seja, no conceito de “ruído” já está embutido o conceito de incomodidade, já que ruído significa “som desordenado” ou, como popularmente conhecido, “barulho”, ou seja, som que perturba. Ruídos, como se sabe, são emitidos por inúmeras fontes, tanto fixas, quanto móveis.

Ruído, entretanto, não é grandeza fácil de ser quantificada de forma inteligível, ou seja, não é nada simples quantificar a intensidade de ruído, de forma a esta ser palpável à grande maioria das pessoas, já que estas, ainda que tenham ouvido falar em “decibéis” (termo incorreto, pois o adequado seria “decibels”), não conseguem ter uma ordem de grandeza de quanto significa um decibel a mais ou a menos.

O decibel vem de uma ponderação logarítmica, desenvolvida com a necessidade de se quantificar a pressão do som.

A pressão sonora, dada em Pascals (Pa), apresenta valores mínimo e máximo muito díspares, indo de 20 μ Pa a 100.000.000 μ Pa, o que tornaria praticamente impossível utilizar uma

escala para quantificar e medir todos os valores. Os limites inferior e superior desta escala linear representam, respectivamente, os limiares da audição e da dor. Surge, assim, a escala do decibel, logarítmica, para medir os níveis de pressão sonora, ou seja, os valores resultantes da ponderação (quociente) entre os valores de pressão e um valor de pressão de referência (2×10^{-5} Pa), resultando, assim, numa escala logarítmica, cujos valores variam de 0 a 140 dB.

Esta nova escala, entretanto, ainda assim não é facilmente assimilada pela maioria das pessoas e somente após algum tempo de experiência e o com o desenvolvimento de alguma sensibilidade se consegue avaliar se determinado valor de nível de pressão sonora é alto ou baixo. O quadro da Figura 2 abaixo tem, assim, o intuito de comparar os níveis de pressão sonora aos seus valores associados de pressão, além de mostrar, por meio de exemplos, a que tipo de ruídos correspondem.

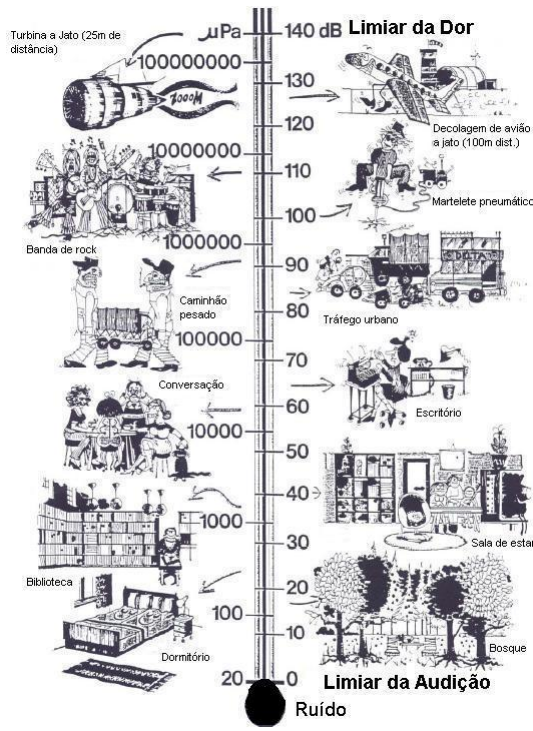


Figura 2: Níveis de pressão sonora e suas fontes correspondentes (Fonte: Bruel & Kjaer)

Níveis de pressão sonora: dB x dB(A)

Quando se aborda o assunto “decibel”, logo surge uma dúvida: por que em alguns locais se vê o nível de pressão sonora expresso em dB e, em outros, em dB(A)?

Uma coisa é como o ruído é emitido e outra é como o ouvido humano o percebe. Assim, existem, para a avaliação de tais efeitos, as curvas de ponderação, das quais, a Curva A é a que melhor se ajusta à audição humana. A Figura 3 abaixo ilustra, à esquerda, os valores de ajuste, por faixa de frequência, dos ruídos, de dB, para dB(A) e, à direita, as curvas de ponderação, das quais, destacamos a “A”. Não abordaremos neste artigo as curvas B e C.

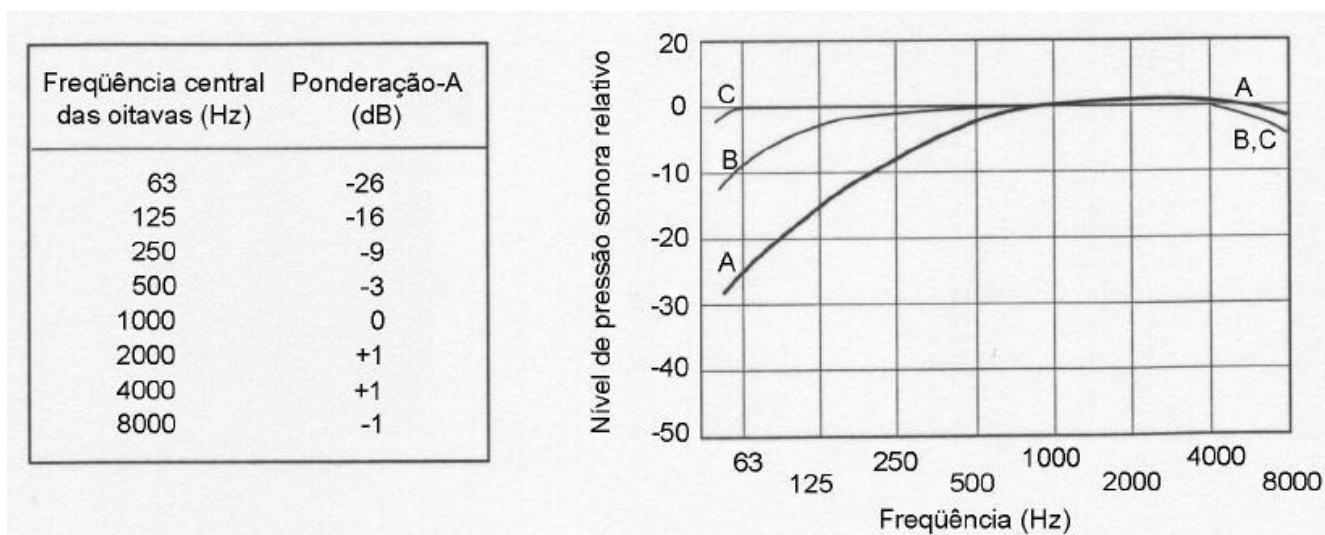


Figura 3: Curvas de ponderação e ajustes dB – dB(A), por faixa de frequência

Ao abordarmos ruídos e os danos por eles causados, temos também de avaliar, além da intensidade sonora, o tempo de exposição (assunto bastante abordado ao se avaliarem os níveis de ruído ocupacional) e seu timbre (ruídos mais graves ou agudos). Este último, por sua vez, está relacionado à frequência da onda sonora, expressa em Hertz (Hz).

Para os seres humanos, a faixa audível varia de 20 Hz a 20.000 Hz, sendo as frequências menores (ondas curtas) associadas a sons mais agudos e as maiores (ondas longas), a sons mais graves. Isto é também importante na determinação do tipo de ruído a ser mitigado e na

solução técnica a ser utilizada para tal. Não serão abordados neste trabalho nem a metodologia de medição de ruídos, nem a de tratamento dos sinais, já que seu principal objetivo é estabelecer discussões e comparações entre diferentes normas e legislações.

OS MECANISMOS DE CONTROLE DE RUÍDOS

Antigamente, nem sempre havia a preocupação com a emissão de ruídos pelas diversas fontes existentes no ambiente urbano. Entretanto, com o passar do tempo, o crescimento das cidades e sua conseqüente degradação passaram a chamar a atenção das pessoas para um inimigo presente e cada vez mais ameaçador: o ruído.

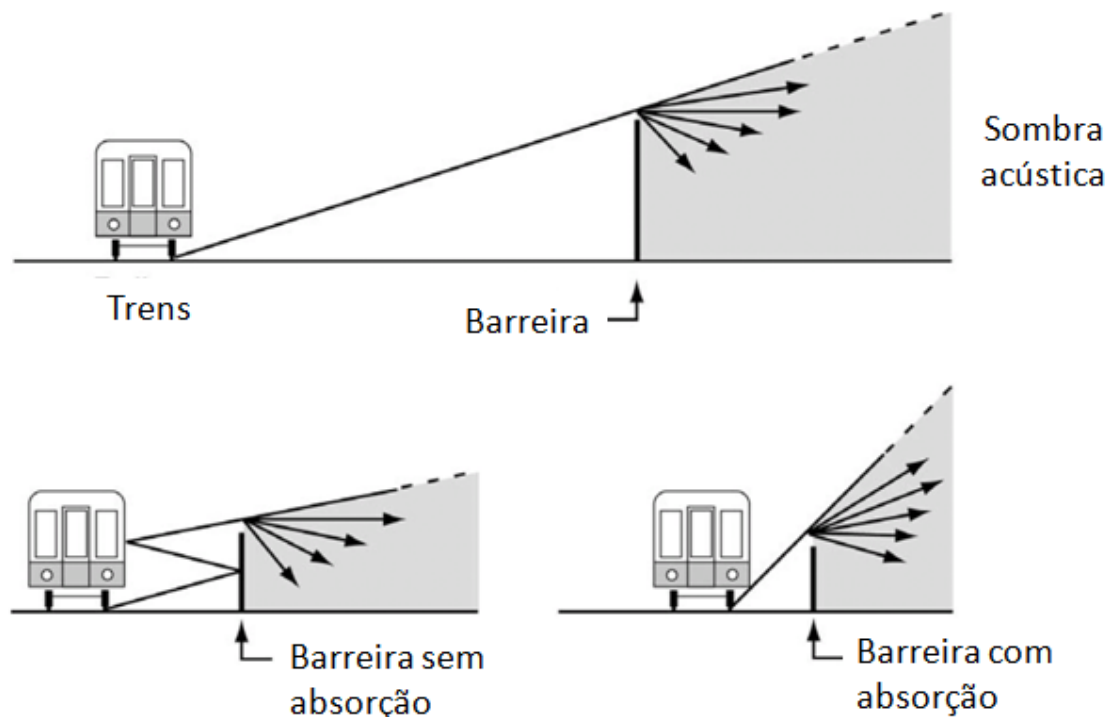
Ruídos, por sua natureza incômoda, podem causar, após certo período de exposição, perda da capacidade de concentração, irritabilidade, distúrbios do sono, zumbidos nos ouvidos e, em casos mais graves, perda da capacidade auditiva entre conseqüências ainda mais sérias.

Com base neste problema, os diversos países do mundo passaram a adotar políticas para a mitigação desses efeitos. Este trabalho apresenta alguns exemplos de países, metas traçadas e resultados obtidos, além de estabelecer uma comparação com os critérios a serem adotados no Brasil e, no caso deste trabalho, em São Paulo.

Primeiramente, será feita uma análise da legislação atualmente aplicada na cidade de São Paulo e das normas seguidas, apresentando algumas de suas características, arestas e itens a serem resolvidos. Posteriormente, serão apresentados critérios similares adotados em alguns outros países, a fim de estabelecer um comparativo e, na medida do possível, buscar subsídios que possam embasar a revisão das normas brasileiras, de forma a se buscar aparar as arestas existentes. Não serão, evidentemente, abordados todos os países, já que seria um trabalho que demandaria anos de pesquisa, mas apenas seis países e a União Europeia, de maneira geral, de forma a dar algum embasamento técnico.

Como medidas mitigadoras, as barreiras, painéis e revestimentos acústicos continuam sendo o dispositivo mais comum e consagrado para este tipo de atenuação. Estas barreiras, painéis e revestimentos podem mitigar ruídos por meio da absorção, isolamento ou ambos.

Isolamento envolve, como o próprio nome diz, isolar, ou seja, separar a fonte do receptor por meio de algum anteparo ou confinamento. Absorção, por sua vez, prevê absorver o som com materiais aptos a tal. Os mais comuns são as lãs de rocha ou vidro, normalmente utilizadas como “recheios” de painéis furados. Quando juntas estas duas soluções, o ruído é isolado e absorvido dentro do sistema mitigador. É importante, contudo, não confundir isolamento com absorção. São medidas distintas que podem, ou não, ser utilizadas em conjunto. Há ainda o controle ativo de ruído, que tem por base sistemas de alto-falantes que geram ondas para “quebrarem” as ondas sonoras. Estes sistemas também não serão abordados neste trabalho. A Figura 4 ilustra a atenuação das barreiras acústicas, com e sem absorção.



Adaptado de FTA-VA-90-1003-06 (2006) – Transit Noise and Vibration Impact Assessment

Figura 4: Atenuação de ruídos com barreiras acústicas sem e com absorção



AEAMESP



CRITÉRIOS ADOTADOS EM SÃO PAULO PARA A MITIGAÇÃO DE RUÍDOS

Quando uma nova linha de metrô é construída na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), todo um projeto é desenvolvido de forma a, além de atender às demandas por transporte da população, buscar soluções técnicas que gerem o mínimo possível de transtorno, tanto durante as obras, quanto na operação desta nova linha.

Empreendimentos como rodovias, ferrovias (de passageiros e cargas) e metrôs, denominados sistemas lineares de transportes, são sujeitos ao crivo do Licenciamento Ambiental. Assim, faz-se necessária a adoção de medidas mitigadoras de ruídos, vibrações e quaisquer outros efeitos incômodos que possam ser gerados por esses sistemas. Há, neste âmbito, legislações federal, estadual e municipal e, no caso de divergências entre legislações, é adotada a mais restritiva.

A atenuação de ruídos é uma preocupação relativamente recente no Brasil.

Como legislação federal, há as Resoluções CONAMA, mais especificamente voltadas a limites de ruídos a serem emitidos por veículos automotores. São limites ainda brandos.

No Estado de São Paulo, há a Lei Estadual 997, de 31/05/1976, que define poluição e proíbe esta prática. É utilizada em conjunto com o Decreto 8468, de 08/09/1976 que, por sua vez, atribui à CETESB suas atuais competências e dispõe, entre outros itens, sobre o critério da melhor tecnologia prática existente. Este critério prevê que, na mitigação dos diversos tipos de poluição, a melhor tecnologia que estiver disponível deverá ser utilizada, desde que factível. Assim, como a melhor tecnologia é a que estiver disponível no momento da utilização, este critério pode ser considerado como muito eficiente, pois se mantém sempre atual. Na abordagem das leis e normas estrangeiras, haverá critérios semelhantes a este, frequentemente utilizados.



AEAMESP



Como legislação municipal, há a Lei 13885:2004, referente ao Uso e Ocupação do Solo. Esta lei aborda o zoneamento urbano e menciona, como referência, a NBR 10151:2000 ou “outra que a venha suceder”.

A grande lacuna que surge com relação ao uso desta lei é o fato de fontes móveis de ruídos serem abordadas da mesma forma como são as fixas. Desta forma, o licenciamento de uma indústria, com máquinas e motores estacionários obedeceria, segundo a legislação municipal, os mesmos critérios que deveriam ser obedecidos por uma linha de metrô.

Para os veículos automotores, por outro lado, os níveis de ruídos continuam a ser pautados pelas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), ou seja, valores bem acima dos permitidos para um sistema de metrô.

Na prática, com esta adoção, uma linha de metrô em elevado, por exemplo, tem de seguir corretamente as normas e, conseqüentemente, dispender recursos em sistemas mitigadores de ruídos enquanto uma avenida que passe sob este mesmo elevado continua a ser uma grande fonte de ruídos pois os veículos que por ela trafegam são homologados segundo limites bem mais brandos (os da Resolução CONAMA). Desta forma, os lindeiros a estas vias, ao mesmo tempo em que não seriam importunados pelos ruídos provenientes da linha de metrô, estariam num ambiente já acusticamente degradado pelo tráfego de veículos na avenida, ou seja, a linha de metrô passa a ser penalizada e o problema continua. Além disso, sistemas de metrô tendem a ser indutores de adensamento urbano, o que atrai novos empreendimentos imobiliários para suas imediações e os futuros ocupantes desses empreendimentos tendem a ser futuros reclamantes de problemas relacionados a ruídos provenientes destes sistemas de transportes, quando construídos em superfície ou em elevado. Não há ainda uma contraparte cobrada da edificação lindeira quanto ao seu



AEAMESP



desempenho, do ponto de vista acústico, por esta legislação, embora as normas que abordam este assunto (as da série NBR 15575) tenham sido revisadas com base nas normas ISO e a legislação tenda a mudar quanto a este aspecto.

Diante deste paradoxo, foi desenvolvido um trabalho, na Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), em conjunto com a Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metrô), Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) e Associação Brasileira de Concessionários de Rodovias (ABCR) que obteve como resultado a Regulamentação de Níveis de Ruído em Sistemas Lineares de Transportes localizados no Estado de São Paulo que, além de prever limites mais realistas para estes sistemas, aborda os ruídos dos veículos que por eles trafegam como provenientes de fontes móveis. Estes sistemas lineares englobam metrôs, ferrovias, VLTs, rodovias e outros que se encaixam na mesma descrição e estão sujeitos ao licenciamento ambiental. A Tabela 1 abaixo traz os níveis de critério de aceitação adotados pela NBR 10151:2000. No caso destes níveis serem superados pelos níveis de ruído ambiente medidos no local de interesse, estes passarão a ser o novo critério a ser atendido. O mesmo critério vale para a Regulamentação de Níveis de Ruído para Sistemas Lineares de Transportes, da CETESB, demonstrados na Tabela 2.

Tabela 1: Níveis de critério de aceitação (NCA) para ruídos – NBR 10151:2000

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	60
Área predominantemente industrial	70	65

Tabela 2: Níveis de ruído para Sistemas Lineares de Transportes – CETESB

TIPO DE OCUPAÇÃO		VIAS DE TRÁFEGO NOVAS		VIAS DE TRÁFEGO EXISTENTES com e sem alteração	
		DIURNO	NOTURNO	DIURNO	NOTURNO
I	<ul style="list-style-type: none"> • Hospitais; • Casas de Saúde; • Asilos; • Unidades Básicas de Atendimento a Saúde; • Creches 	55	50	60	55
II	<ul style="list-style-type: none"> • Residências; • Comércio; • Serviços Locais. 	60	55	65	60
III	<ul style="list-style-type: none"> • Instituições de Ensino; • Escolas; • Faculdades; • Centros Universitários; • Universidades; • Atividades Equivalentes; • Cultos Religiosos. 	63	58	68	63

A NBR 10151:2000 está atualmente em revisão e deverá incorporar capítulos, dentre os quais um voltado para Sistemas Metroferroviários. A norma citada e a Regulamentação não serão comparadas neste trabalho, haja vista não ser este seu objetivo e tal comparação já ter sido feita em trabalhos anteriores. Assim, os níveis de ruídos apresentados são apenas para efeito de comparação com os internacionais.



AEAMESP



CRITÉRIOS INTERNACIONAIS

Nova York, “The city that never sleeps”

A metrópole mais famosa do mundo conta com uma rede de transportes consolidada, na qual o sistema de metrô conta com 468 estações em operação, 337 km de rotas e opera 24 horas. Conta ainda com mais de 13.000 táxis (amarelos) e 40.000 para aluguel (limusines e outros), além de mais de 5.900 ônibus, que transportam mais de 2 milhões de passageiros/dia em 200 rotas locais e 30 expressas. Há ainda Ferry boats, commuter trains, pedicabs, etc..

A Figura 5 abaixo ilustra o mapa da rede de Metrô de Nova York. Trata-se de uma rede antiga, em sua maior parte, subterrânea, porém, com alguns trechos em elevado, como é o caso do que ocorre na região de Queens (Figura 6), onde há elevados bastante antigos, em estrutura metálica, que datam de uma época em que não havia tanta ênfase na mitigação de ruídos.



Figura 6: Trecho em elevado do Metrô de Nova York, em Queens

Os estudos dos impactos dos efeitos negativos dos ruídos e vibrações são feitos com base nas diretrizes do *FTA-VA-90-1003-06 (2006): Transit Noise and Vibration Impact Assessment*.

A preocupação dos nova-iorquinos com os efeitos danosos dos ruídos data de 1930, quando surgiu um dos primeiros relatórios sobre os efeitos danosos dos ruídos, dentre os quais os danos causados ao sistema nervoso dos usuários dos trens do metrô.

Com o passar dos anos e o aumento das reclamações dos ruídos gerados por aeroportos e sistemas de transportes terrestres da Cidade, as inquietações continuaram, até que, em 2005, o então prefeito Michael R. Bloomberg encomendou uma série de estudos sobre as condições da legislação voltada à mitigação desses efeitos. Foi, então, levantada a Local Law 113: 2005, do *Department of Environmental Protection (DEP)*. O DEP, então, preparou um relatório com algumas recomendações. Foi também criado o “*Noise and Vibration Policy Committee*”, comitê responsável por políticas voltadas a ruídos e vibrações, direcionado aos ruídos gerados pelo sistema de metrô. O *City Noise Code* passa pela 1ª revisão desde 1975.

Uma grande dificuldade, entretanto, nesta revisão é não haver “níveis corretos toleráveis de



AEAMESP



ruídos”, já que cada indivíduo responde de forma diferente aos ruídos e que o desejável é, se possível, não tê-los. Foram, assim, feitas algumas recomendações tais como, por exemplo, medidas de manutenção, com o esmerilhamento e a lubrificação dos trilhos, reduzindo o efeito do contato roda/trilho e a redução do ruído interno do ar-condicionado nos carros.

Foram fixados os seguintes limites, visando o conforto dos usuários do sistema:

- Ruído no interior do trem ≤ 75 dB(A) – média de 4 viagens;
- Chiados em curvas ou freadas: mínimos ou zero (para faixas críticas de frequência);
- Trens chegando a estações, saindo delas ou passando por elas:
 - ≤ 85 dB(A) (imediateo);
 - ≤ 80 dB(A) (01/01/12).

Para os lindeiros a elevados, foram recomendados os seguintes valores:

- Nível médio de ruído interno nas edificações (dia-noite) ≤ 45 dB(A);
- Eventos isolados no interior de dormitórios ≤ 45 dB(A) (máx.);
- Ruídos contínuos, em áreas externas, varandas ou sacadas:
 - ≤ 55 dB(A) diurno (contínuo);
 - ≤ 45 dB(A) (LAeq) ou ≤ 60 dB(A) (máx.).
- Escolas: LAeq ≤ 35 dB(A) durante o período das aulas
- Hospitais (interior):
 - ≤ 30 dB(A) diurno/anoitecer;
 - ≤ 40 dB(A) (máx.).



AEAMESP



Para determinados locais, onde um patamar de níveis de ruídos já havia sido superado, o documento recomenda que as autoridades de transporte forneçam as informações de níveis de ruídos, a fim de os habitantes poderem se proteger, caso decidam fazê-lo, assim como se faça a identificação dos “pontos críticos” (reclamantes).

Como o sistema de metrô de Nova York é bastante antigo, determinados níveis de ruídos almejados não podem ser atendidos de imediato. Assim, foram estabelecidas metas para doze anos, a partir de 2010, além de relatórios anuais das autoridades de transportes informando ao governador e aos legisladores medidas tomadas, verba gasta etc., sendo as estratégias adotadas incluídas na contabilidade das empresas.

O NYC Rapid Transit Noise Code (RNTC), de 1982

Ao contrário do que muitos podem pensar, há, em Nova York, um código de ruídos para sistemas lineares, datado de 1982, uma legislação com aspectos de norma.

Para efeito de aplicabilidade do código, as seguintes definições são nele feitas:

- São definidos por “chiados” os ruídos em faixas de frequências acima de 1000 Hz;
- Os carros dos trens são classificados como “novos” ou “velhos” (antigos), conforme sua data de fabricação, em relação à do Código.

Quanto à mitigação de ruídos, novos critérios são estipulados para novas vias e trens, enquanto os existentes têm metas de adequação para até doze anos, já que os ruídos provenientes da passagem dos trens existentes nas vias atuais não têm como ser prontamente mitigados. Trata-se de um procedimento bastante utilizado em outros países, sobretudo na União Europeia, onde sistemas antigos e em uso terão de se adaptar a novas necessidades.

NYC – RNTC: Metas para 12 anos

Tabela 3: Níveis sonoros e suas metas de atendimento para trens do metrô de Nova York

Nível sonoro equivalente		Percentual de atendimento		
		Em 4 anos	Em 8 anos	Em 12 anos
I. Interior do carro				
A. Carros novos	80 dB(A)	100%	100%	100%
B. Carros velhos	85 dB(A)	20%	40%	70%
II. Chiados de curvas e frenagens				
A. Carros novos	Zero*	100%	100%	100%
B. Carros velhos	Zero*	20%	60%	100%
Trens entrando em estações, passando por elas ou saindo delas	105 dB(A)	85%	90%	100%
	90 dB(A)	70%	80%	95%
	85 dB(A)	50%	60%	80%
	80 dB(A)	5%	15%	60%
Estruturas em elevado	Nível a ser estabelecido	10%	30%	60%

*O valor "zero", aqui, se refere a algumas faixas de frequência, nas quais é possível zerar o nível de ruído, sem que, contudo, seja zerado o ruído global, o que é impossível.

México (Cidade do México) – NADF 005 AMBT 2006 – Lei federal

A Cidade do México é a maior metrópole do mundo e também uma cidade bastante degradada do ponto de vista da acústica. Assim, com a finalidade de se estabelecerem critérios para a mitigação de ruídos e seus efeitos danosos, foi realizado um estudo envolvendo um mapeamento acústico da Região Metropolitana da Cidade do México, visando mapear os níveis de ruído existentes e, conseqüentemente, estabelecer metas e critérios para mitigá-los.

A legislação mexicana pertinente é bastante simples e objetiva, estabelecendo, basicamente, dois níveis a serem atingidos: 65 dBA para o período diurno e 62 dBA para o noturno. São

níveis, em princípio, um tanto elevados, mas, para cidades muito grandes e ambientes ruidosos, podem ser um bom começo.

Não há distinção para os tipos de fontes (fixas ou móveis) e os níveis de ruídos valem para a região metropolitana, onde o ruído foi mapeado com o auxílio de software para este fim.

Os trabalhos foram conduzidos pela *Secretaría del Medio Ambiente Capitalina (SMA)* e coordenados pela *Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco (UAM)*. As figuras 7 e 8 que seguem ilustram a região metropolitana da Cidade do México e seu respectivo mapa de ruídos de tráfego em 2010. Como é perceptível, na maior parte das artérias principais, há níveis de ruídos que chegam à casa dos 80 dB(A). Assim, os limites almejados acima citados são bastante realistas para o cenário existente.

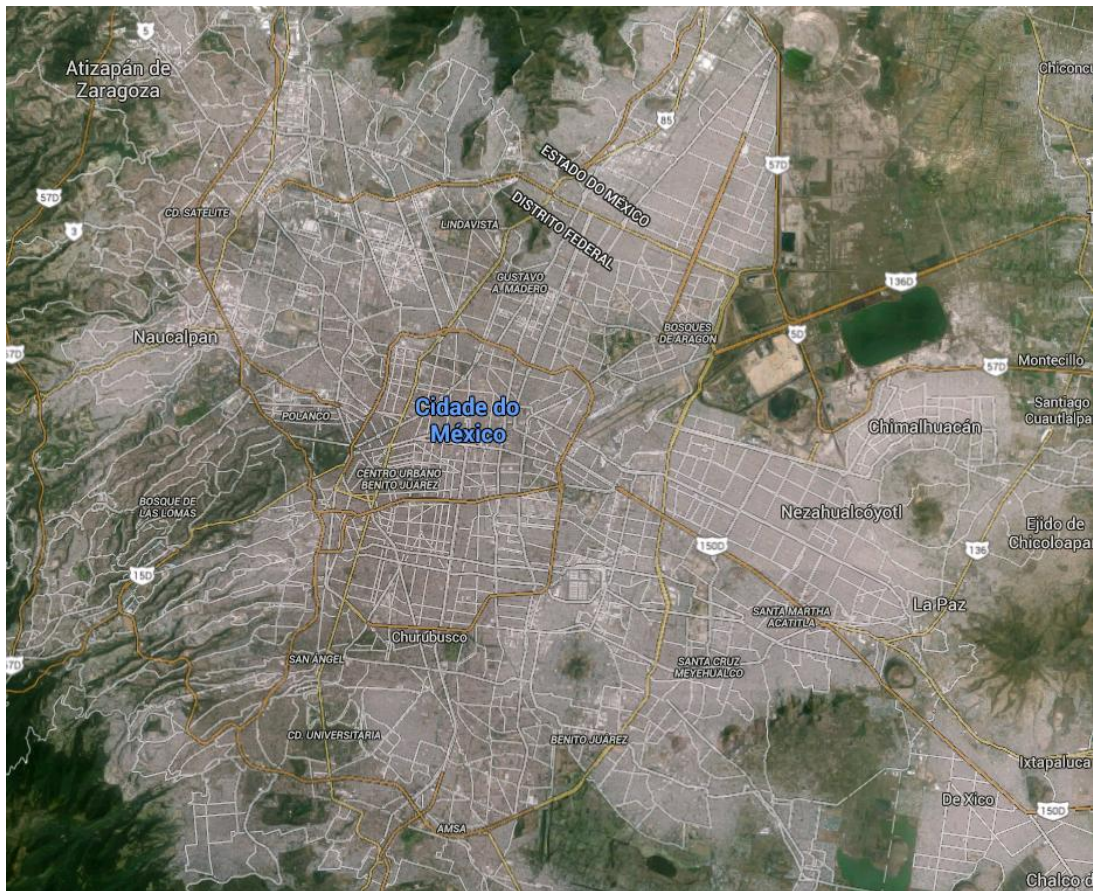


Figura 7: Planta da Região Metropolitana da Cidade do México (fonte: Google Maps)

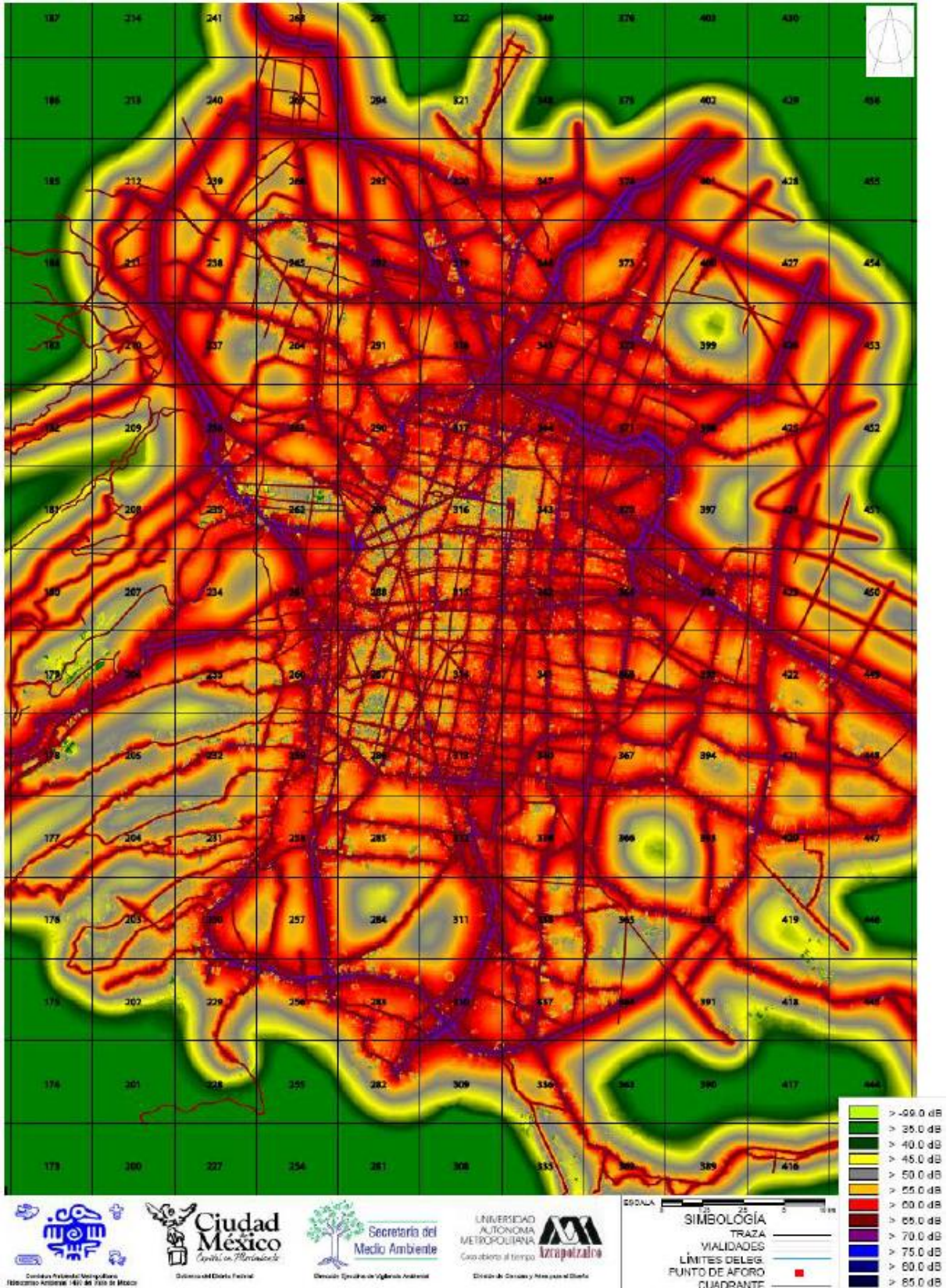


Figura 8: Mapa de Ruídos da Região Metropolitana da Cidade do México (fonte: Informe Técnico Final – Universidad Autónoma Metropolitana de Azcapotzalco, México)



AEAMESP



Chile (Santiago)

A cidade de Santiago, no Chile também conta com um trabalho de mapeamento de ruídos. A prática de mapeamento de ruídos, aliás, é bastante comum para o desenvolvimento de leis e normas, na medida em que possibilita traçar um panorama dos níveis existentes, criando, assim, um ponto de partida para a sua mitigação.

Atualmente o Chile conta com a Norma 146/97, do MINSEGPRES (Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la Republica), voltada basicamente para fontes fixas. Assim como o Brasil, o Chile também conta com uma CONAMA, de papel análogo à da brasileira.

A revisão da norma, contida no Decreto Nº 286/1984, a cargo do Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, em conjunto com a CONAMA, foi motivada pela revisão do zoneamento urbano e inclusão das áreas rurais, necessidade de uma metodologia de medições mais clara e de “correções” nos níveis de ruídos para proteger os lindeiros.

Além disso, a falta de clareza quanto à obediência do emissor aos níveis máximos de ruídos estabelecidos para o local do receptor e de requisitos de precisão dos medidores sonoros, além da necessidade de aperfeiçoar procedimentos de fiscalização motivaram a revisão, que levou a um anteprojeto de norma, com consulta pública e da CONAMA.

A revisão da norma, por uma comissão interministerial e subcomissão técnica, teve por principais acordos:

- Modificar procedimento de medição, definindo local de medição, especificações de terreno, medição e avaliação de níveis;
- Atualizar a tecnologia de instrumentação – características de instrumentos e exigências de precisão;



AEAMESP



- Modificar limites permissíveis, com base nos de outros países;
- Incorporar outros tipos de ruídos danosos, considerando os imprevisíveis e correções para o ruído de fundo;
- Preencher lacunas legais e eliminar ambiguidades;
- Incorporar laboratórios e empresas privadas; laboratório de referência e procedimentos para acreditação dos privados.

Tabela 4: Níveis de pressão sonora permitidos para fontes fixas

Tipo de zona segundo uso do solo	Limites de $NPS_{méd.}$ Equivalente em dB(A)	
	Das 6:00 às 20:00	Das 20:00 às 6:00
Zona de hospitais e escolas	55	45
Zona residencial	60	50
Zona residencial mista	65	55
Zona comercial	65	55
Zona comercial mista	70	60
Zona industrial	75	65
Zona de preservação ambiental	60	50

Tabela 5: Níveis sonoros permitidos para fontes móveis

Tipo de veículo	Descrição	NPS máximo em dB(A)
Motocicletas	Motocicletas ou triciclos	88
Veículos leves	Leves, < 2,5 t, exceto 3 ou menos rodas	88
Veículos de passageiros	Vans	88
	Micro-ônibus	90
	Ônibus	90
Veículos de carga	Peso superior a 3,5 t	90

O Chile atualmente conta com uma política de revisão de suas normas a cada cinco anos.



AEAMESP



Esta revisão, normalmente conta com um novo mapeamento de ruídos, no caso das normas voltadas ao impacto destes efeitos. Uma revisão, com início em abril de 2005, promoveu algumas alterações tais como:

- Definição das fontes regulamentadas pela norma (escopos);
- Eliminação do termo “incômodo”: caráter mais preventivo do que apenas corretivo – “incômodo está relacionado a um nível de ruído”;
- Definições: aprimoramento da aplicação da norma, novas terminologias;
- Enrijecimento dos limites noturnos e para áreas rurais;
- Simplificação da metodologia de medição – conceito de ruído de fundo;
- Melhoria da instrumentação – maior qualidade dos dados medidos.
- Embasamento técnico no “Night Noise Guidelines for Europe”, da OMS: 40 dB(A) para o período noturno (interno).

A partir da revisão da norma, a Tabela 6 abaixo apresenta alguns níveis de pressão sonora corrigidos. Esta tabela é bastante semelhante à atualmente existente na NBR 10151:2000, embora, para efeito dos horários-limite dos períodos diurno e noturno haja diferenças.

Tabela 6: Níveis de pressão sonora corrigidos – após revisão 2005

Tipo de zona segundo uso do solo	Níveis de pressão sonora corrigidos, em dB(A)	
	Das 7:00 às 21:00	Das 21:00 às 7:00
Zona I	55	45
Zona II	60	45
Zona III	65	50
Zona IV	70	70

Zona I: Predominantemente residencial;
Zona II: Residencial mista;
Zona III: Mista com pequenas indústrias (baixo impacto);
Zona IV: Industrial.



AEAMESP



Assim, no caso de Santiago, temos normas e leis mais restritivas, ainda que os limites de emissão de ruídos para veículos rodoviários sejam mais brandos. Os valores do Chile, aliás, são muito parecidos com os brasileiros, mas, com a revisão quinquenal das normas e leis e os respectivos mapeamentos de ruídos, é possível aprimorar essas disposições.

Canadá (Ottawa)

Outro exemplo abordado neste trabalho é a cidade de Ottawa, capital do Canadá, localizada na Província de Ontário, e que conta com o *ENCG (Environmental Noise Control Guidelines)*, elaborado pelo Departamento de Gerenciamento de Planejamento e Controle (*Planning and Growth Management Department*) e aprovado pelo Conselho das Cidades em 10/05/2006.

Algumas características que merecem destaque neste documento são as diretrizes para fontes de ruídos (fixas ou móveis) e receptores, a divisão de responsabilidades (fonte e receptor) e o fato de abranger os diversos modais de sistemas de transporte.

No caso das ferrovias, cujos dados são ainda insuficientes, é feita uma estimativa de incremento anual mínimo de 2,5% nos dados existentes por 15 anos a partir da data de conclusão de um empreendimento.

O ENCG é dividido em três partes:

1. New Land Use Planning: voltada a novos usos do solo, novos empreendimentos próximos a corredores de transporte terrestre, aéreo ou a fontes fixas ou a futuras fontes fixas de ruídos próximas a regiões já ocupadas.

Para avaliação dos impactos ambientais são estabelecidas as seguintes distâncias das faixas de domínio de corredores:

- Rodovias de pequeno porte, vias arteriais ou corredores de ônibus existentes ou



AEAMESP



propostos: 100 m;

- Rodovias de médio porte, corredores de VLT ou via férrea secundária existentes ou propostas: 250 m;
- Vias expressas, rodovias de grande porte ou ferrovias principais: 500 m.

A avaliação dos níveis de ruídos é feita tanto para os externos, quanto para os internos e avalia-se o desempenho das edificações por sua proteção acústica do interior, o que fornece os subsídios para a avaliação da viabilidade técnica e econômica do empreendimento, quando da adoção das medidas mitigadoras cabíveis.

Os níveis de ruído externos são fixados em 55 dB(A) para o período diurno (das 7:00 às 23:00) e os internos, de responsabilidade do ocupante da edificação, são dados pela Tabela 7 abaixo:

Tabela 7: Exemplo de níveis de ruídos no interior de edificações

Tipo de ambiente	Leq dB(A)	
	Rodovias, vias expressas, VLTs/Metrô	Ferrovias
Escritórios em geral, áreas de recepção, lojas de varejo, etc. (período de 16h – 7:00 às 23:00)	50	45
Salas de estar/jantar de residências, hospitais, escolas, asilos, locais de oração, escritórios individuais ou residenciais, salas de conferência, leitura, etc. (período de 16h – 7:00 às 23:00)	45	40
Dormitórios de hotéis/motéis (período de 16h – 7:00 às 23:00)	45	40
Dormitórios de residências, hospitais, asilos, etc. (período de 16h – 7:00 às 23:00)	40	35

2. Capital Works Projects (Surface Transportation Corridors): voltada à proteção a lindeiros a futuros novos corredores de transportes, fixando, para a análise dos impactos ambientais, as seguintes distâncias das faixas de domínio:

- Corredores de ônibus, rodovias, vias arteriais ou coletoras principais: 100 m;

- Corredores de VLT, considerando ainda faixa de 75 m para vibrações: 250 m.

Nesta parte, as responsabilidades serão do empreendedor do corredor de transportes e serão considerados níveis externos de 55 dB(A) como admissíveis, não sendo abordados os níveis de ruído internos. Os níveis de ruído a serem emitidos pelos futuros corredores de transportes serão estimados por modelagem e cálculos e, analisadas as medidas mitigadoras, é estudada a viabilidade técnica/econômica do empreendimento.

A Tabela 8 apresenta os tipos de impacto considerados para níveis superados do ruído ambiente e as medidas mitigadoras necessárias.

Tabela 8: Níveis de ruído ambiente superados, seus impactos e medidas mitigadoras

Nível equivalente (L_{eq}) futuro de ruídos (previsão)	Alterações sobre o nível de ruído ambiente	Taxa de impacto	Ação mitigadora
$55 \text{ dB(A)} < L_{eq} \leq 60 \text{ dB(A)}$	0 – 3	Insignificante	Nenhuma
	3 – 5	Perceptível	Nenhuma
	5 – 10	Significativa	Investigar medidas de controle de ruídos e mitigar para atingir os critérios de readequação (mínimo de 6 dB(A))
	10 +	Muito significativa	
$L_{eq} > 60 \text{ dB(A)}$	0 – 3	Insignificante	Investigar medidas de controle de ruídos e mitigar para atingir os critérios de readequação (mínimo de 6 dB(A))
	3 – 5	Perceptível	
	5 – 10	Significativa	
	10 +	Muito significativa	

Obs.: abordagem semelhante à do FTA-VA-90-1003-06 – Transit Noise and Vibration Impact Assessment

3. Local Improvements Along City Surface Transportation Corridors: Readequação dos sistemas atenuadores de ruídos ao longo de corredores de transportes de superfície, atendendo a áreas construídas anteriormente à política de controle de ruídos.

Esta parte do documento visa a melhoria da qualidade de vida em áreas já edificadas, com medidas factíveis, econômica e tecnicamente viáveis. Tem foco em unidades residenciais e

demais receptores sensíveis/críticos. Pode ser interpretada como uma “readequação das partes 1 e 2”.

Um aspecto bastante interessante das políticas canadenses para o tratamento de ruídos em ambiente urbano é a abordagem bastante adequada dos sistemas lineares de transportes. Outros destaques são a divisão das responsabilidades, tendo o lindeiro de assegurar uma qualidade mínima da sua edificação e o responsável pelo corredor de transporte, de garantir a chegada de níveis de ruídos aceitáveis (normatizados) aos receptores. As políticas são também elaboradas de forma a se manterem atuais, ou seja, como a terceira parte prevê uma retroanálise dos sistemas existentes, há uma revisão constante de conceitos.

Além disso, o fato de a análise de viabilidade técnica e econômica pautar as medidas a serem adotadas ou até mesmo a construção de um novo empreendimento, obriga os projetos a seguirem o princípio da melhor tecnologia prática disponível, conforme prevê, inclusive, a legislação estadual de São Paulo.

União Europeia (UE)

A UE atualmente segue um conjunto de normas e leis, dentre as quais existem as Diretivas Europeias, das quais se destaca, para a finalidade deste trabalho, a Diretiva 2002/49/CE.

Dentre os vários aspectos da política da UE voltada a ruídos destaca-se o entrosamento entre política e técnica, com cada integrante dos trabalhos desempenhando o papel para que foi designado. Assim, as diretivas, a legislação de cada país e as normas, sobretudo as da ISO, se completam, em vez de entrarem em conflito.

Mapeamento de ruídos

Assim como o Chile e o México, a UE também realiza o mapeamento de ruídos. Este



AEAMESP



mapeamento vem se tornando cada vez mais uma ferramenta de grande utilidade e, conseqüentemente, largamente utilizada na elaboração de novas políticas e diretrizes para a mitigação desses efeitos deletérios. Além disso, a revisão desse mapeamento e as constantes atualizações nos critérios, sempre seguindo diretrizes tecnicamente embasadas, em muito contribuem para a elaboração de políticas realistas e eficazes para a melhoria da qualidade de vida da população.

Ruídos de ferrovias

O transporte metro-ferroviário de passageiros é bastante difundido na Europa como um todo. As cidades europeias, de forma geral, contam com inúmeras possibilidades de locomoção por transportes sobre trilhos, seja por veículos leves (bondes), metrô ou mesmo trens comuns e de alta velocidade e, como este tipo de transporte já é reconhecidamente eficaz, eficiente e ambientalmente limpo, promovendo a locomoção de milhares de pessoas, as normas vigentes na UE preveem uma bonificação em 5 dB nos seus níveis de ruídos emitidos, penalizando, nestes mesmos 5 dB, os automóveis, de maneira a incentivar o uso do transporte coletivo, largamente oferecido.

Espanha – Decreto 1367:2007

Dentre os países da União Europeia, foi destacada, para este trabalho, a Espanha, cujo decreto supracitado é embasamento na Diretiva Europeia 2002/49/CE.

Este decreto tem maior abrangência do que a Diretiva, englobando também vibrações e prevê um mapeamento acústico para o planejamento de futuros usos do solo. Cabe lembrar que nem todos os países europeus adotam o mapeamento. A Diretiva propriamente dita não necessariamente o prevê e ele vem sendo adotado com boa aceitação por diversos países.



AEAMESP



Para efeitos dos estudos dos impactos causados por ruídos, são estabelecidos limites de ruídos tanto no exterior, quanto no interior de edificações, de forma bastante parecida com o das diretrizes canadenses. As normas mais usuais são as da ISO que, inclusive, serviram de embasamento para a revisão das normas brasileiras de desempenho das edificações (NBR 15575). São levantadas as zonas sob a influência dos níveis de ruídos a serem gerados por sistemas de transportes ou outros e, desta forma, o empreendedor que desejar construir uma nova edificação em determinada região das cidades terá à sua disposição dados tanto técnicos quanto legais sobre o zoneamento urbano e seus critérios, assim como o mapa de ruídos, a fim de que ele saiba como deverá construir sua edificação, seguindo as normas de desempenho.

O decreto espanhol, em conjunto com as normas e as diretivas europeias, também prevê o uso da melhor tecnologia prática existente nos projetos, subsidiando-os com dados existentes ou mesmo previsões. De forma geral, o conjunto de normas e leis é bastante adequado a áreas já ocupadas, como é o caso da Espanha e de outros países europeus, onde as cidades são pequenas e antigas.

Segundo os critérios dessa legislação, para haver uma boa qualidade acústica (externa ou interna), nenhum valor médio deverá superar os das tabelas 9 e/ou 10 abaixo e 97% dos valores diários não deverão superar em 3 dB(A) os valores destas mesmas tabelas.

Tabela 9: Níveis de ruído externo para qualidade acústica em zonas urbanas existentes

Tipo de área acústica		Níveis de ruído (dBA)		
		L_d	L_e	L_n
e	Setores do território com predomínio de solo de uso sanitário, docente e cultural, exigindo proteção especial contra a contaminação acústica	60	60	50
a	Setores do território com predomínio de solo de uso residencial	65	65	55
d	Setores do território com predomínio de solo de uso distinto do citado em "c"	70	70	55
c	Setores do território com predomínio de solo de uso recreativo e espetáculos	73	73	63
b	Setores do território com predomínio de solo de uso industrial	75	75	65
f	Setores do território voltados a sistemas gerais de infraestrutura de transporte ou outros equipamentos públicos	N/D	N/D	N/D

(1): Varia conforme o caso;

L_d : Nível de ruído diurno: das 7:00 às 19:00;

L_e : Nível de ruído ao anoitecer: das 19:00 às 23:00;

L_n : Nível de ruído noturno: das 23:00 às 7:00;

N/D: Não determinado.

Tabela 10: Níveis de ruído interno para qualidade acústica nas edificações

Uso da edificação	Tipo de recinto	Níveis de ruído (dBA)		
		L_d	L_e	L_n
Residencial	Estar	45	45	35
	Dormitórios	40	40	30
Hospital	Áreas de estar	45	45	35
	Dormitórios	40	40	30
Educativa ou cultural	Salas de aula	40	40	40
	Salas de leitura	35	35	35

L_d : Nível de ruído diurno: das 7:00 às 19:00;

L_e : Nível de ruído ao anoitecer: das 19:00 às 23:00;

L_n : Nível de ruído noturno: das 23:00 às 7:00.

Para o atendimento da qualidade acústica para rodovias e ferrovias, nenhum valor médio deverá ultrapassar os da tabela 11, nem nenhum valor diário deverá ultrapassar em 3 dB(A) os desta mesma tabela. Além disso, 97% de todos os valores não deverão ultrapassar os da tabela 12. Seguem abaixo as tabelas citadas com os valores para rodovias e ferrovias.

Tabela 11: Níveis máximos de emissão de ruídos por novas rodovias/ferrovias

Tipo de área acústica		Níveis de ruído (dBA)		
		L_d	L_e	L_n
e	Setores do território com predomínio de solo de uso sanitário, docente e cultural, exigindo proteção especial contra a contaminação acústica	55	55	45
a	Setores do território com predomínio de solo de uso residencial	60	60	50
d	Setores do território com predomínio de solo de uso distinto do citado em "c"	65	65	55
c	Setores do território com predomínio de solo de uso recreativo e espetáculos	68	68	58
b	Setores do território com predomínio de solo de uso industrial	70	70	60

Obs.: Valores válidos para áreas fora da zona de servidão acústica;

L_d : Nível de ruído diurno: das 7:00 às 19:00;

L_e : Nível de ruído ao anoitecer: das 19:00 às 23:00;

L_n : Nível de ruído noturno: das 23:00 às 7:00.

Tabela 12: Níveis máximos de emissão de ruídos por rodovias/ferrovias

Tipo de área acústica		Níveis de ruído $L_{Amáx}$ (dBA)
e	Setores do território com predomínio de solo de uso sanitário, docente e cultural, exigindo proteção especial contra a contaminação acústica	80
a	Setores do território com predomínio de solo de uso residencial	85
d	Setores do território com predomínio de solo de uso distinto do citado em "c"	88
c	Setores do território com predomínio de solo de uso recreativo e espetáculos	90
b	Setores do território com predomínio de solo de uso industrial	90

Obs.: Valores válidos para áreas fora da zona de servidão acústica;

L_d : Nível de ruído diurno: das 7:00 às 19:00;

L_e : Nível de ruído ao anoitecer: das 19:00 às 23:00;

L_n : Nível de ruído noturno: das 23:00 às 7:00.

De maneira similar ao que ocorre na NBR 10151:2000 ou mesmo na Regulamentação para Níveis de Ruídos em Sistemas Lineares de Transportes, da CETESB, caso o ruído ambiente supere seu correspondente valor tabelado, passará, então a ser o critério. Entretanto, é estabelecida uma meta para que este seja reduzido ao valor tabelado, ou seja, as normas e legislação espanholas, ao mesmo tempo em que estabelecem critérios de tolerância, também criam a obrigação de serem recuperadas as regiões degradadas acusticamente, dentro do critério da melhor tecnologia prática existente.



AEAMESP



OUTROS EXEMPLOS DE PAÍSES

Malta

A ilha de Malta ainda não conta com uma legislação específica para ruídos. No local, predominam ainda pequenas edificações de uso residencial. Entretanto, a substituição dessas unidades por outras com mais pavimentos vem gerando novas preocupações com a questão dos incômodos causados por ruídos, devido ao adensamento populacional.

Istambul (Turquia)

A cidade de Istambul, assim como qualquer outra cidade grande, é também ruidosa e não há, no momento, uma legislação ou normas específicas. Assim, há o interesse em se adotar a Diretiva Europeia 2002/49/CE. Os estudos, entretanto, estão ainda em desenvolvimento.

COMENTÁRIOS FINAIS E CONCLUSÕES

Com a crescente degradação das grandes cidades, os países em geral vêm se preocupando cada vez mais com a mitigação dos ruídos das mais diversas fontes, de forma a retardar esta degradação e a contribuir para uma melhoria na qualidade de vida da população.

Embora haja diferenças entre os diversos países e entre as cidades analisadas, as políticas de mitigação de ruídos tendem a se uniformizar e a buscar um consenso. Ainda que haja diferenças entre os níveis de ruídos adotados em Nova York e os adotados na Espanha, por exemplo, assim como os níveis adotados no Chile são mais restritivos do que os adotados na Cidade do México, o mapeamento de ruídos tende a ser um consenso e a troca de experiências entre os diversos países, uma oportunidade de aprimoramento para todos.

Os níveis atualmente adotados na Cidade do México são, aparentemente, muito brandos.



AEAMESP



Entretanto, se analisarmos o mapa de ruídos da região metropolitana da Cidade do México, perceberemos que uma grande parte dos valores dos níveis de ruído ambiente existentes supera os valores estipulados. Assim, conseguir chegar aos níveis propostos já representa um grande ganho, isto sem considerar a possibilidade de revisões das normas e leis e seu consequente aprimoramento.

No caso de Santiago, por exemplo, os limites para ruídos mostraram-se bastante severos, ainda que os valores estipulados para os veículos automotores estejam um tanto elevados. Estes valores, aliás, tanto para os veículos automotores, quanto para as outras fontes, em muito se assemelham com os praticados no Brasil.

Uma legislação aparentemente mais bem elaborada é a espanhola, porém cabe lembrar que, para serem factíveis, medidas mitigadoras deverão seguir regras adequadas à realidade vigente de cada local. Assim, não se pode dar para um pequeno vilarejo europeu o mesmo tratamento a ser dispensado a uma metrópole latino americana, por exemplo.

No tocante à legislação nacional para a mitigação de ruídos, há ainda arestas a serem aparadas: sistemas metroferroviários, apesar de ambientalmente limpos, são ainda penalizados, enquanto níveis de ruídos para veículos automotores permanecem altos, novas linhas de metrô e trens são indutores de ocupação urbana e, ao mesmo tempo, alvo de reclamações dos mesmos ocupantes das edificações lindeiras, que foram atraídos por este modal de transporte coletivo. Além disso, o ambiente de cidades como São Paulo está bastante degradado do ponto de vista da acústica e, desta forma, os limites impostos pelas normas são facilmente superados pelo ruído ambiente que, por sua vez, passa a ser o novo critério. A legislação do Estado de São Paulo, entretanto, apesar de antiga, mantém-se sempre atualizada.



AEAMESP



A NBR 10151:2000, atualmente em revisão, está tendo suas disposições alinhadas com as das normas da ISO e vem tendo alguns critérios e valores alinhados aos das tais normas. Um cuidado, entretanto, faz-se necessário: o de não serem criados limites rígidos demais para serem atendidos, o que é um problema com os níveis de ruído atualmente fixados por esta norma. A Regulamentação da CETESB, neste aspecto, já representa um avanço.

Há uma crescente necessidade de se buscar a melhoria da qualidade de vida nas cidades brasileiras e, no caso de São Paulo, um mapeamento de ruído, a exemplo do que foi feito para a Cidade do México, poderia ser de grande valia para um melhor conhecimento da realidade.

Neste aspecto, este trabalho, assim como os anteriores, que abordaram as normas e leis, não é conclusivo, mas sim o começo de um longo caminho que ainda há pela frente.



AEAMESP



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT: NBR 10151 (2000): Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento.

FTA-VA-90-1003-06 (2006): “Transit Noise and Vibration Impact Assesment”, Federal Transit Administration, Department of Transportation – United States of America.

INFORME TÉCNICO FINAL – Elaboración del Primer Mapa de Ruido y Conformación de la Red Piloto de Monitoreo de Ruido para la ZMVM (2011) – Comisión Ambiental Metropolitana Fideicomiso Ambiental 1490 Del Valle de México, Gobierno del Distrito Federal

GERGES, S. N. Y. (2000): “Ruído – Fundamentos e Controle”, 2ª Edição, NR Editora, Florianópolis, SC.

CETESB: Regulamentação de níveis de ruídos em Sistemas Lineares de Transportes – DD 24/12/2011.

MINSEGPRES (Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la Republica) – Norma 146/97, Santiago, Chile

Decreto Nº 286/1984 – Chile

ENCG – Environmental Noise Control Guidelines – Canada

Directive 2002/49/CE – EU

Rapid Transit Noise Code (RNTC): 1982 – New York, USA