

Controle de Ruído em Transportes Metropolitanos

Oliveira Filho, R. H.*; Nishida, P. P. R.⁺¹; Flabes Neto, P. B.⁺²; Duarte, M. A. V.⁺³

* Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, ricardo.filho@icte.ufm.edu.br

+ Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, pedronishida@gmail.com¹,

pauloflabes@gmail.com², mduarte@mecanica.ufu.br³

Resumo

O controle de ruído gerado pelo tráfego é de suma importância para a preservação da saúde da população, já que a exposição a elevados níveis de ruído pode causar perda auditiva, hipertensão e ainda problemas cardíacos. Este trabalho trata especialmente do ruído gerado por metrô e aborda uma forma de controle. A fim de analisar o resultado final dos tratamentos acústicos que foram propostos – instalação de barreiras acústicas – foi utilizado um programa computacional desenvolvido e validado pelo Laboratório de Acústica e Vibrações – LAV – da Faculdade de Engenharia Mecânica – FEMEC – da Universidade Federal de Uberlândia – UFU – para a simulação dos Níveis de Pressão Sonora (NPS) nas proximidades do metrô, sendo o seu impacto analisado pelas recomendações contidas no documento FTA-VA-90-103-06:2006 [1]. Para o tratamento acústico na linha do metrô simulada, foi estabelecida a necessidade de barreiras que fornecessem uma atenuação mínima de 35 dB(A). Áreas de impacto foram definidas para a análise da eficácia do projeto. Para possibilitar a simulação, um modelo tridimensional da área foi criado e em seguida, identificado os Níveis de Potência Sonora (NWS) da fonte (metrô propriamente dito) e as propriedades acústicas dos materiais das barreiras. Realizadas as simulações de campo acústico, foi comprovado que a situação final gerará, no máximo, um impacto de nível moderado nas áreas pre-estabelecidas.

Palavras-chave: Transportes Metropolitanos, Acústica, Impacto Ambiental.

1. Introdução

Em grandes cidades metropolitanas, o ruído gerado pelo tráfego é responsável por um grande nível de poluição sonora. O controle deste tipo de ruído é de suma importância para a preservação da saúde da população, já que a exposição a elevados níveis de ruído pode causar perda auditiva, hipertensão e ainda problemas cardíacos. A fim de preservar a integridade física dos cidadãos, limites de exposição ao ruído são impostos para ambientes externos levando em consideração o tipo de zoneamento (área de sítios, residencial, hospitalar, de escolas, comercial, administrativa, industrial ou mista) pela ABNT NBR 10151:2000 [2] e em ambientes internos através da ABNT NBR 10152:1987 [3].

Este trabalho trata especialmente do ruído gerado por metrô. O ruído destes veículos provém da interação entre a roda e o trilho, das vibrações estruturais, das vibrações do corpo do veículo, do sistema de propulsão, do arraste aerodinâmico, dentre outros fatores. O controle do ruído emitido pode ser realizado de várias formas, sendo que, neste trabalho, optou-se pela utilização de barreiras acústicas.

A fim de analisar o resultado final dos tratamentos acústicos que foram propostos, foi utilizado um programa computacional desenvolvido e validado pelo Laboratório de Acústica e Vibrações (LAV) da Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC) da

Universidade Federal de Uberlândia (UFU) para a simulação dos Níveis de Pressão Sonora (NPS) na área de influência do metrô.

O programa computacional utiliza a teoria dos raios acústicos no processo de simulação. Tal teoria é baseada na hipótese da superposição do efeito de fontes monopolares, gerando raios acústicos divergentes que são refletidos nas paredes (método das imagens), perdendo energia até atingir o observador. Esta teoria apresenta bons resultados para análise previewal em ambientes abertos [4].

Para a avaliação do impacto sonoro gerado pelos trens, foram utilizadas as recomendações contidas no documento americano FTA-VA-90-103-06:2006 [1].

O objetivo deste trabalho é apresentar simulações de campo acústico do ruído proveniente de um metrô em uma determinada área de influência e após os tratamentos acústicos, avaliando assim o efeito causado em pontos de controle pre-determinados.

2. Metodologia

O trabalho apresenta a avaliação de um trecho elevado de uma linha de metrô. Para o funcionamento deste metrô em elevado são necessárias algumas soluções acústicas, a fim de atender aos limites estabelecidos pelo documento FTA-VA-90-103-06:2006 [1] quanto à geração de ruído. Para isto, foi simulado o fechamento

da linha com barreiras acústicas. O teto foi fechado com um material chamado Telha Sanduíche em conjunto com o material absorvente ISOPET como revestimento interno e, nas paredes laterais, foi instalada a barreira acústica ISOWALL também com o revestimento interno de ISOPET. A Figura 1 apresenta a seção transversal da linha do metrô, mostrando como foi considerada a instalação das barreiras. A estrutura do elevador é desenvolvida em concreto.

Os materiais ISOPET e ISOWALL são registrados no Instituto Nacional de Patente Industrial (INPI) pela empresa ISOBRASIL Tecnologia de Isolamentos.

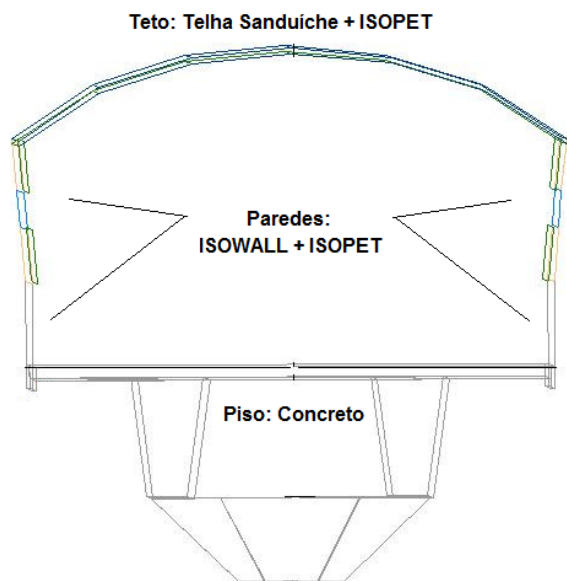


Figura 1: Representação esquemática da seção transversal da linha de metrô com as barreiras acústicas instaladas.

A partir de análises da emissão de ruído local em linhas de metrô, foi estabelecido que a Perda de Transmissão total mínima destas barreiras deve ser de 35 dB(A). A fim de comprovar esta atenuação, o programa computacional foi utilizado, simulando as isocurvas de Nível de Pressão Sonora (NPS) geradas pelo metrô considerando uma situação crítica, onde dois metrôs se cruzam a uma velocidade de 100 km/h cada um.

A Figura 2 apresenta os resultados desta simulação, sendo utilizados os valores NWS presentes na Tabela 1.

Tabela 1: Valores de NWS por banda de frequência de 1/1 oitava estimados para um trem a 100 km/h.

Frequência [Hz]	NWS [dB(A)]
63	89
125	82
250	79
500	93
1000	94
2000	89
4000	83
8000	83

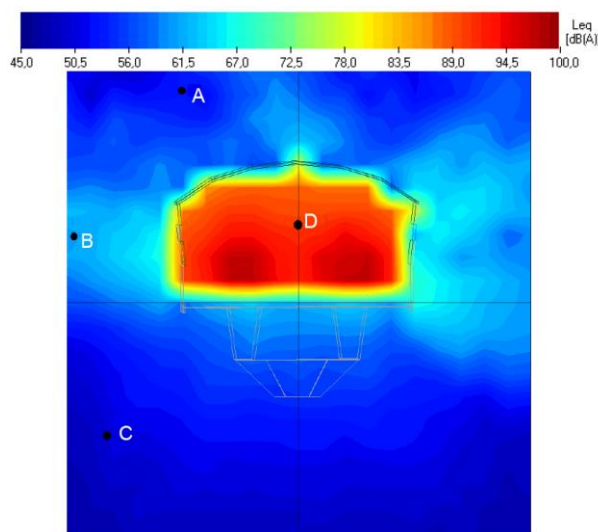


Figura 2: NPS simulados no programa computacional para a situação de dois metrôs se cruzando a 100 km/h na seção do fechamento acústico.

Os valores de NWS foram retirados da Figura 3, que apresenta o espectro de frequências dos níveis de pressão sonora gerados por trens a diferentes velocidades de operação, medidos a 10 metros de distância.

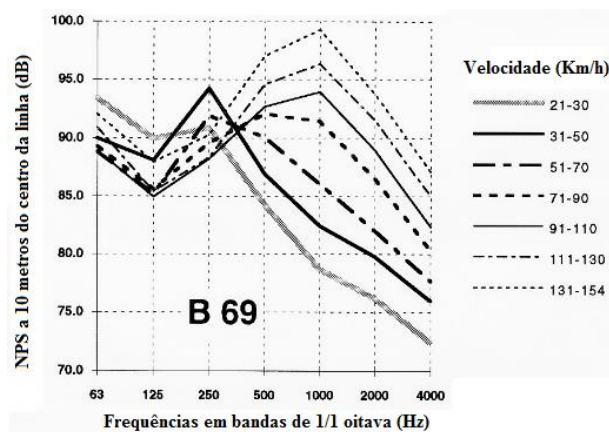


Figura 3: Espectro de frequências utilizado para a estimação dos NWS do metrô para realização de simulações e cálculos. (Adaptado de [5]).

Da análise da Figura 2, obtém-se os níveis de pressão sonora nos pontos A, B, C (externos) e D (interno) de aproximadamente 51 dB(A), 60 dB(A), 50 dB(A) e 92 dB(A), respectivamente. A partir destes pontos, as atenuações resultantes variam de 31 a 41 dB(A), o que se aproxima bastante dos valores mínimos estabelecidos levando-se em consideração que foi simulada a situação crítica de dois metrôs se cruzando, sendo potencializado o nível de ruído gerado.

Para a análise da eficácia dos tratamentos na região de influência do metrô, foram estabelecidas áreas de impacto, que normalmente se caracterizam por áreas

residenciais ou escritórios nas proximidades da linha do metrô. A Figura 4 apresenta a região ao redor do elevado do metrô mostrando as áreas de impacto simuladas.

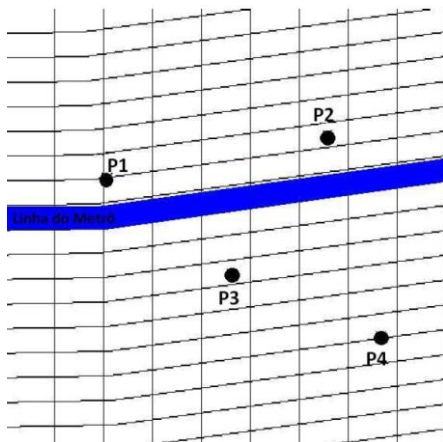


Figura 4: Áreas de impacto determinadas para a análise.

Na Figura 4 a faixa escura representa a linha do metrô. A malha apresentada é utilizada para facilitar a localização dos pontos de controle. A mudança de direção das linhas é ocasionada pelo relevo local, que também é considerado para a simulação.

Com as áreas de impacto definidas, um modelo tridimensional do local foi construído para a realização da simulação. A Figura 5 apresenta o modelo utilizado.

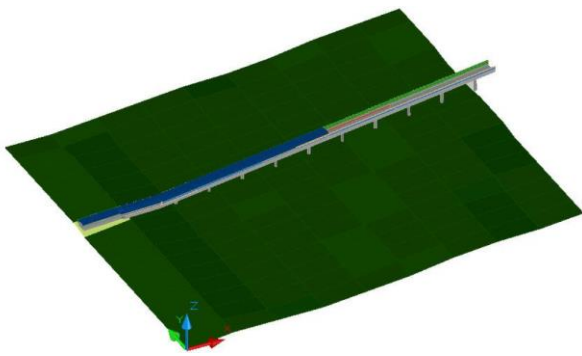


Figura 5: Modelo tridimensional da área de influência do metrô.

Para a construção do modelo, considerou-se o relevo local. Nas simulações, além dos NWS das fontes, também são necessárias as propriedades acústicas das barreiras utilizadas. As Tabelas 2 e 3 apresentam os valores para a perda de transmissão e para o coeficiente de absorção sonora dos materiais por banda de frequência de 1/1 oitava, respectivamente.

Realizadas as simulações, os NPS encontrados nos pontos de controle foram ser avaliados pelos critérios estabelecidos na FTA-VA-90-103-06:2006 [1] através da Tabela 4, definindo o nível do impacto local.

Tabela 2: Perda de transmissão (dB(A)) por banda de frequência de 1/1 oitava dos materiais utilizados nas barreiras.

Frequência Central	Material			
	Isowall	Isopet	Telha Sanduiche	Concreto
63	18	10	43	40
125	18	10	43	40
250	20	10	53	40
500	28	10	63	40
1000	32	10	69	40
2000	39	10	79	40
4000	41	10	82	40
8000	41	10	88	40

Tabela 3: Coeficiente de absorção (%) por banda de frequência de 1/1 oitava para os materiais utilizados nas barreiras.

Frequência Central	Material			
	Isowall	Isopet	Telha Sanduiche	Concreto
63	1	29	2	2
125	2	29	2	2
250	2	55	2	2
500	3	82	3	3
1000	4	91	4	4
2000	5	88	5	5
4000	7	82	7	5
8000	7	82	7	6

Tabela 4: Grau de impacto esperado nos receptores em função do nível sonoro de projeto (L_{rec}) e ruído ambiente (L_{amb}).

Nível de ruído ambiente L_{amb} dB(A)	Impacto esperado com o nível sonoro no receptor dB(A)					
	Categoria 1 ou 2			Categoria 3		
	Nenhum	Moderado	Severo	Nenhum	Moderado	Severo
57	<57	57-62	>62	<62	62-67	>67
58	<57	57-62	>62	<62	62-67	>67
59	<58	58-63	>63	<63	63-68	>68
60	<58	58-63	>63	<63	63-68	>68
61	<59	59-64	>64	<64	64-69	>69
62	<59	59-64	>64	<64	64-69	>69
63	<60	60-65	>65	<65	65-70	>70
64	<61	61-65	>65	<66	66-70	>70
65	<61	61-66	>66	<66	66-71	>71
66	<62	62-67	>67	<67	67-72	>72
67	<63	63-67	>67	<68	68-72	>72
68	<63	63-68	>68	<68	68-73	>73
69	<64	64-69	>69	<69	69-74	>74
70	<65	65-69	>69	<70	70-74	>74
71	<66	66-70	>70	<71	71-75	>75
72	<66	66-71	>71	<71	71-76	>76
73	<66	66-71	>71	<71	71-76	>76

Na Tabela 4 os valores de L_{amb} representam os possíveis níveis de ruído ambiente que podem ser encontrados nas áreas de impacto. Considerando a região simulada, caracterizada por residências e escritórios, foram escolhidos os valores para L_{amb} e classificação das áreas de impacto de acordo com áreas semelhantes já conhecidas, as quais estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5: Valores de L_{amb} (dB(A)) e classificação das áreas de impacto estabelecidas.

Local	Categoria	L_{amb} dB(A)
P1	2	60
P2	2	57
P3	2	57
P4	3	73

3. Resultados

Através das simulações de campo acústico no trecho analisado, foram obtidas as isocurvas de pressão sonora mostradas na Figura 6, da qual são retirados os valores de NPS nas áreas de impacto, os quais são mostrados na Tabela 6.

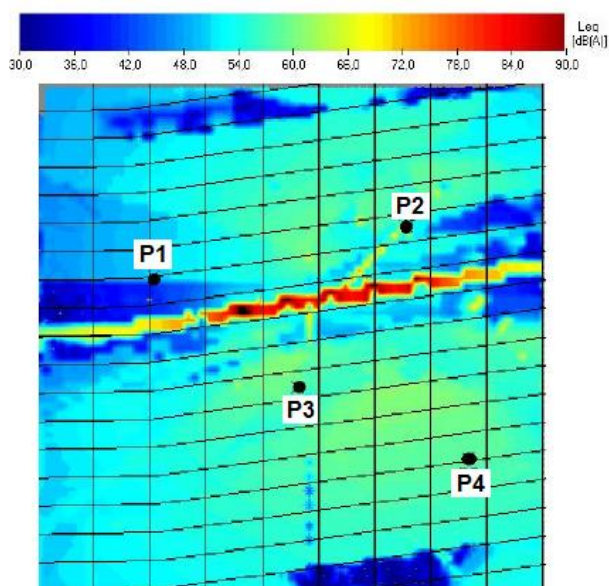


Figura 6: Isocurvas de pressão sonora simuladas para o trecho do metrô.

Tabela 6: Valores de NPS simulados para as áreas de impacto determinadas.

Local	NPS [dB(A)]
P1	51
P2	54
P3	57
P4	58

Considerando os valores de NPS obtidos nas simulações, realizou-se então a avaliação do nível de impacto pelo critério da Tabela 4. A Tabela 7 apresenta o nível de impacto de cada ponto de controle.

Tabela 7: Nível de impacto nos pontos de controle.

Local	Impacto
P1	Nenhum
P2	Nenhum
P3	Moderado
P4	Nenhum

4. Conclusões

Para os tratamentos acústicos sugeridos e simulados na linha do metrô, foi estabelecida a necessidade de barreiras que fornecessem uma atenuação mínima de 35 dB(A). Os materiais escolhidos foram:

- Para o teto: telha sanduíche com revestimento interno do material absorvente ISOPET;
- Para as paredes: barreira acústica ISOWALL com revestimento interno de ISOPET.

Para a comprovação das atenuações, foram realizadas simulações no programa computacional utilizado, o que mostrou que as barreiras proporcionaram um decaimento variando entre 31 e 42 dB(A), o que comprovou a eficácia das mesmas.

Para a simulação do trecho do metrô, foi criado um modelo tridimensional do local, sendo considerado o relevo para resultados mais realistas. Em posse do modelo, foram estimados os NWS das fontes e as propriedades acústicas dos materiais a serem simulados.

Realizadas as simulações, os valores de NPS foram obtidos para as áreas de impacto previamente determinadas. A partir do nível de ruído ambiente destas áreas e considerando o critério de avaliação do documento FTA-VA-90-103-06:2006 [1], foi possível determinar o nível de impacto do ruído gerado pelo metrô. Estas análises mostraram que a situação final gera um impacto moderado ou nenhum impacto nas áreas analisadas, o que comprova a eficácia das soluções acústicas propostas, permitindo a sua aplicação.

Referências

- [1] FTA-VA-90-103-06:2006: *Transit Noise and Vibration Impact Assessment*, Federal Transit Administration, Department of transportation – United States of America.
- [2] ABNT NBR 10151:2000: *Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento*.
- [3] ABNT NBR 10152:1987: *Níveis de ruído para conforto acústico*.
- [4] Oliveira Filho, R. H.: Uma metodologia para a avaliação virtual da dose de exposição ao ruído no ambiente de trabalho. 2011. 166 p. Tese de Doutorado - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.
- [5] IMA6TR-05110-AEATUK01 (10/01/2005) : *Measured railway noise source data in the public domain or via the Imagine Project*, AEA Technology Rail.