

Ruídos urbanos na cidade de São Paulo, Brasil: um estudo de caso

Diante das inúmeras oportunidades que as grandes metrópoles oferecem à população, tem-se notado na cidade de São Paulo, bem como, em outros grandes centros um crescimento geométrico desordenado, onde não se respeitam as diretrizes impostas pelos critérios de uso e ocupação do solo instituído pelos seus planos diretores. O espaço físico cada vez mais reduzido e a falta de planejamento e fiscalização dos órgãos responsáveis pelas metrópoles aproximam as edificações de lugares que geram níveis elevados de ruído como grandes avenidas, linhas férreas, aeroportos, terminais rodoviários e outros, tornando o ruído urbano um problema a ser resolvido ou mitigado, sabendo que este é um grande causador de danos à saúde. Diante de tal fato, essa pesquisa levantou os níveis de ruídos urbanos em 6 pontos (P1, P2, P3, P4, P5 e P6) no entorno da estação do Metrô Guilhermina Esperança na cidade de São Paulo. Para a realização das medições do índice de ruído utilizou-se um equipamento chamado decibelímetro que foi calibrado em laboratório credenciado pelo Inmetro. Os resultados desta pesquisa demonstram que na região de estudo, os níveis de ruído provocados pela passagem dos trens, bem como o ruído do ambiente ultrapassaram os limites estabelecidos pela norma técnica que regula o assunto que é a ABNT – NBR 10.151:2000. Esses ruídos geram no entorno da área pesquisada condições impróprias de habitabilidade se constituindo num problema de saúde ambiental. Todavia uma das soluções propostas para amenizar ou mitigar os impactos provocados por este fenômeno, seria a instalação de barreiras acústicas.

Palavras-chave: Ruídos Urbanos; Decibelímetro; Saúde Ambiental.

Urban noise in the city of São Paulo, Brazil: a case study

While large cities offer numerous opportunities to their residents, in São Paulo and in other large urban centers, disorganized spatial growth has occurred where zoning requirements and directives based on the cities' respective masters plans have not been respected. Physical space is becoming more and more scarce and due to a lack of planning and enforcement on the part of government agencies responsible for large cities, buildings are being built closer and closer to areas that generate high levels of noise, such major streets, train tracks, airports, and bus terminals, among others. Urban noise is a problem that needs to be solved or mitigated, being that it is a major cause of health problems. The authors measured urban noise levels at 6 locations (P1, P2, P3, P4, P5, and P6) around the Guilhermina-Esperança Metro Station in the city of São Paulo. The measurements were taken using a decibel meter calibrated in a laboratory accredited by INMETRO. The results of this study demonstrate that in the area studied, the levels of noise caused by passing trains as well as the ambient noise surpass the limits established by the technical standard that regulates such noise ABNT – NBR 10.151:2000. This noise generates conditions that are unsuitable for living, constituting an environmental health problem. One of the solutions proposed to alleviate or mitigate the impact of the noise is the installation of noise barriers.

Keywords: Urban Noise, Decibel Meter, Environmental Health.

Topic: **Epidemiologia e Saúde Ambiental**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Gilmar da Silva

Universidade do Porto, Portugal.

<http://lattes.cnpq.br/3725262066884328>

prof.dr.gilmar@gmail.com

Pedro Luiz Côrtes

Universidade de São Paulo, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/0806369390396060>

cortespl@gmail.com

António Guerner Dias

Universidade do Porto, Portugal.

https://sigarra.up.pt/fcup/pt/uni_geral.unidade_view?pv_unidade=91

agdias@fc.up.pt

Received: **03/10/2016**

Approved: **10/01/2017**

Igor Silva Lima

Universidade Nove de Julho, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/6711558729274956>

igor_sl@uol.com.br

Andre Luis Dias Grangeiro

andreldgrangeiro@gmail.com

Henrique de Carvalho Fernandes

henriquefernandes87@hotmail.com



DOI: 10.6008/SPC2179-6858.2017.002.0005

Referencing this:

SILVA, G.; CÔRTEZ, P. L.; DIAS, A. G.; LIMA, I. S.; GRANGEIRO, A. L. D.; FERNANDES, H. C... Ruídos urbanos na cidade de São Paulo, Brasil: um estudo de caso. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v.8, n.2, p.61-72, 2017. DOI: <http://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2017.002.0005>

INTRODUÇÃO

O ruído é um fenômeno físico quantificável, sentido, contudo pouco discutido e que necessita ser apurado de forma técnica, procedido de avaliação e análise para posterior tomada de ações coletivas que envolvem também a participação de políticas públicas. É de conhecimento científico que altos níveis de ruídos são prejudiciais à saúde humana, trazendo ao receptor danos permanentes. O mapeamento de ruídos provenientes de tráfego e outras fontes emissoras podem servir como ferramentas conceituais e definitivas para melhorias no estudo da gestão ambiental e planejamento urbano de uma cidade, bem como o aprimoramento de normas da construção civil que objetivem gerar no indivíduo mais conforto acústico como consequente melhoria na qualidade de vida.

O assunto motivou os autores desta pesquisa pela percepção que os mesmos têm a partir de deslocamentos constantes que realizam pela Cidade de São Paulo tendo em vista sua alta densidade urbana, possui em algumas regiões pontos onde o ruído é causador de condições que podem ser até latentes de incômodo. No entanto, esse ruído pode gerar em seu entorno condições contrárias de habitabilidade em seus domicílios, comércio, escolas ou hospitais se constituindo num problema de saúde pública.

Diante de tal fato, o objetivo dessa pesquisa foi o de mapear os níveis de ruído urbano no entorno da estação de Metrô Guilhermina Esperança localizado na cidade de São Paulo, avaliar se os níveis de ruídos medidos atendem as normas técnicas e legislações vigentes, bem como os impactos ambientais e medidas a serem tomadas para mitigar esses impactos.

REVISÃO TEÓRICA

No Brasil, estudos têm destacado a relevância do monitoramento e mapeamento do ruído das cidades brasileiras e seus aglomerados urbanos, como meio de antecipação e detecção de riscos ambientais, sendo posteriormente, utilizado como ferramenta de gestão pública ambiental, planejamento urbano e suporte para aplicação de novas tecnologias (NAGEM, 2004; SOUSA, 2004; SAPATA, 2010).

Segundo Grandjean (1998), o ruído urbano causa impactos na saúde da população, tornam-se perturbadores e às vezes incômodos, levando o indivíduo muitas vezes a estresses, depressão, perda da audição etc. Verifica-se que há uma potencialização de efeitos, gerando como subsequência, aumento dos gastos públicos indenizatórios e despesas nos centros de saúde, impactando economicamente uma sociedade ou estado (FREITAS, 2006). Na medida em que, o som se torna desagradável à uma determinada população, conseqüentemente, torna-se claro o objetivo de afastar-se deste. Tal afastamento gera desvalorização econômica de residências localizadas em áreas ruidosas (FILHO, 2012).

O nível de pressão sonora (SPL, em inglês Sound Pressure Level) é uma medida para determinar o grau de potência de uma onda sonora. É determinada pela amplitude da onda sonora por duas razões: pela sensibilidade do ouvido às variações de pressão, e por ser uma quantidade simples de ser medida. A unidade internacional do nível de pressão sonora é o decibel (dB) (CARVALHO, 2010).

O ouvido humano reage de forma logarítmica à intensidade do som, assim, se a intensidade sonora for duplicada não ouviremos o som o dobro da intensidade sonora, mas somente um décimo mais alto (LAZZARINI, 1998). Dessa forma, o nível de pressão sonora é calculado segundo a Equação 1:

$$dB_{SPL} = 20 \log(P_{ef}/P_o)$$

P_{ef} = valor eficaz da pressão sonora

$$P_o = 2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2 \quad (1)$$

Segundo a NBR 10.151 (ABNT, 2000), o nível de pressão sonora equivalente é definido como o nível médio da pressão quadrática sonora referente ao intervalo de medição, conforme a Equação 2 a seguir:

$$Leq = \left\{ (1/T) \cdot \left[\int_{T_1}^{T_2} \left(\frac{P(t)}{P_o} \right)^2 dt \right] \right\}$$

(2)

Onde,

Leq = Nível de pressão sonora equivalente (dB);

T = T₂ – T₁ = Intervalo de tempo (s);

P(t) = Pressão sonora instantânea (N/m²);

P₀ = Pressão sonora de referência (2 x 10⁻⁵ N/m²).

As medições dos níveis de pressão sonora deverão ser realizadas de acordo com o estabelecido pela NBR-10.151, da ABNT, de acordo com referida resolução. Esta norma estabelece critérios técnicos para avaliação, bem como estipula valores de limite de tolerância para ambientes, de acordo com o Nível de Critério de Avaliação – NCA para ambientes externos. A Tabela 1 apresenta valores de NCA para ambientes externos.

Tabela 1: Nível de critério de avaliação – NCA para ambientes externos.

TIPO DE ÁREA	DIURNO	NOTURNO
Sítios e fazendas	30	45
Estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Mista, predominantemente residencial	55	50
Mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Mista com vocação recreacional	65	55
Predominantemente industrial	70	60

Fonte: NBR 10151 (ABNT, 2000).

A NBR 10152 (ABNT, 1987), também mencionada na Resolução nº1 (CONAMA, 1990), fixa níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes internos. O ruído ferroviário se divide em três grandes grupos: ruído de propulsão, ruído aerodinâmico e ruído mecânico/estrutural da interação das rodas sobre os trilhos, como pode-se verificar na Figura 1 (HANSON, ROSS AND TOWERS, 2012).

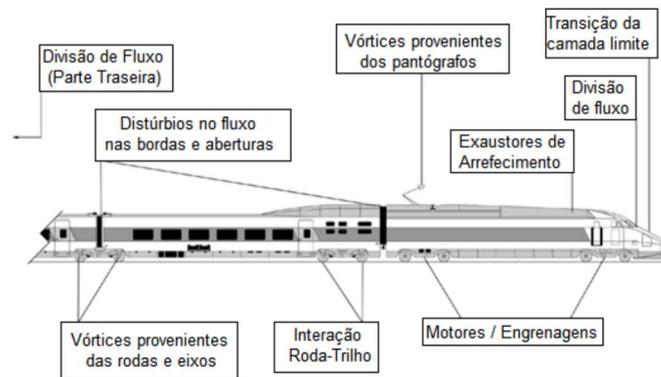


Figura 1 - Fontes de ruído ferroviário. Fonte: HANSON, ROSS AND TOWERS (2012).

Embora a malha ferroviária nacional seja limitada, há demonstração de possível ocorrência de ampliação deste sistema de transporte que, inerente aos seus mecanismos de funcionamento, possui fontes geradoras de ruído (SOUSA, 2004). A Figura 2 mostra os níveis de pressão sonora em função da velocidade do trem.

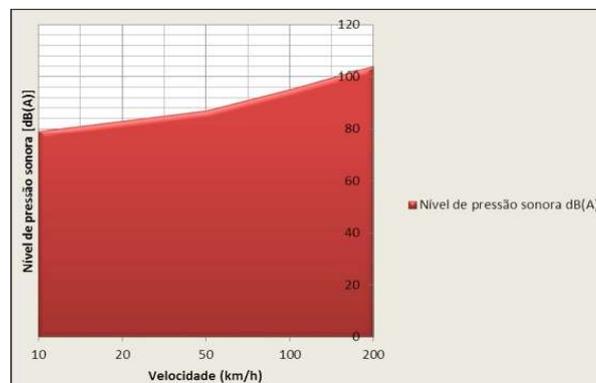


Figura 2 - Variação do nível de pressão sonora em função da velocidade do trem. Fonte: SOUSA, 2004.

A extensão dos efeitos do ruído ambiental é grande e segundo a OMS, na União Europeia 40% da população está exposta ao ruído originado pelo tráfego rodoviário com um nível de pressão sonora que pode ultrapassar 55 dBA durante o dia. Desses 40%, metade estaria exposta a níveis mais elevados, em torno de 65 dBA (Lambert & Vallet, 1994). Considerando-se todos os ruídos provenientes dos sistemas de transporte europeu (rodoviário, ferroviário e aéreo), mais da metade da população vive em áreas que não asseguram conforto acústico aos residentes.

Os efeitos do ruído ambiental gerados pelo transporte são ainda mais sentidos no período da noite, dado que um ambiente com baixos níveis de ruído é essencial para um bom sono e, conseqüentemente, uma boa qualidade de vida. Segundo a OMS, 30% da população europeia está exposta a níveis superiores a 55 dBA, níveis esses que são prejudiciais ao sono.

Murgel (2007) aponta também as indústrias, centros comerciais (supermercados, *shopping centers*, lojas de varejo) e construção civil como geradores influentes da sonoridade urbana. No entanto, a maioria das pesquisas que abordam o aspecto da poluição sonora ao meio ambiente, ainda consideram o ruído proveniente do tráfego de veículos o som mais presente na parcela sonora que causa incômodo à população

e, é o som emitido, decorrente das atividades humanas, mais frequentemente encontrado nos perímetros urbanos (NARDI, 2008).

METODOLOGIA

Foi realizada a coleta de dados para comparação com níveis encontrados na literatura técnica, utilizando-se a aplicação de níveis estatísticos – Nível Equivalente de Ruído (Leq), já difundido e recomendado pela normatização federal na NBR 10.152 (ABNT, 2000) e os níveis L90 e L10. Estes últimos não referidos em nossa legislação federal, mas amplamente utilizado para caracterização do ruído ambiental (BISTAFA, 2006).

Para demonstração prática e melhor ilustração da pesquisa, foram realizadas em campo o mapeamento e levantamento de ruídos em uma região pré-determinada na cidade de São Paulo, com um equipamento de medição de pressão sonora - Decibélímetro configurado para nível de ponderação na escala A para aferição de ruído ambiente e também na Escala A para ruído do emissor (Trem). Para aferição de dados, a norma técnica ABNT-NBR 10151 determina que o equipamento deve estar calibrado, procedimento este que foi realizado em um laboratório especializado atendendo também as normas internacionais IEC 60651 e IEC 60840.

Para determinar a posição geográfica UTM de cada ponto de medição foi adotado um dispositivo de telefonia móvel de última geração que possui sistema GPS integrado, equipado com um software para fins de geolocalização chamado Mobile Topographer, com desvio padrão em torno de 1,5 metros de distância em relação a cada ponto de medição e desvio de 2 metros em relação às cotas altimétricas.

A área escolhida para essa pesquisa situa-se no município de São Paulo onde o emissor de ruídos neste caso é um dos principais sistemas de transporte urbano da cidade, mais especificamente em um trecho da linha da CPTM (Companhia de trens metropolitanos) da linha Coral/ Expresso Leste, paralelo a estação de Metro Guilhermina-Esperança, onde os pontos mais latentes de ruídos estão nas coordenadas ponto R1 em 23°31'43,14" S - 46°31'05,80" O, ponto R2 em 23°31'45.03"S – 46°31'00.27"O e ponto R3 em 23°31'43,14" S – 46°30'56,52" O, situados na zona leste da cidade, ilustradas nas Figuras 4 e 5.

De acordo com o Plano diretor estratégico da Cidade de São Paulo de 2003 o zoneamento desta região é o ZM2 - Zona mista de média densidade (Mista, predominantemente residencial) tendo como índices toleráveis de emissão de ruídos adotados os mesmos instituídos pela NBR 10.151 de 60 dB – Diurno e 55 dB Noturno. A norma CETESB define para este tipo de zoneamento 55 dB das 07:00 as 19:00 horas, de 55 dB das 19:00 as 22:00 horas e 50 dB das 22:00 as 07:00 horas. A região de estudo foi delimitada em aproximadamente 3 (três) Hectares de áreas lindeiras ou onde há a maior contribuição, conforme ilustrado na Figura 6.

Não foram definidos ou apontados no entorno quais são os receptores potencialmente mais críticos a receber (receptor) este ruído, contudo todos receptores estão fora dos limites das linhas férreas (área não edificante) e atendem o Item 3 do Procedimento para avaliação de níveis de ruído em sistemas lineares de transporte, Decisão de diretoria nº100/2009P de 2009 CETESB, que regula medições para este tipo de caso.

As medições foram realizadas no período de janeiro a março de 2015 seguindo orientações técnicas do Engenheiro da Companhia do Metroviário - METRÔ responsável pelas questões que envolvem ruídos no entorno das linhas, onde houve a orientação de que deveria seguir como modelo as instruções da já citada normativa Decisão de Diretoria nº100/2009P de 2009 CETESB.



Figura 4: Posição dos pontos de medição P1, P2, P3, P4, P5, P6 e do Emissor de ruídos (R1, R2, R3) Guilhermeina-Esperança. Fonte: Google Earth, 2014.



Figura 5: Ponto de Incidência de ruído Visão de Satélite do entorno lindeiro. Fonte: Google Earth 2014 - Coordenada 23°31'45.03"S – 46°31'00.27"O.

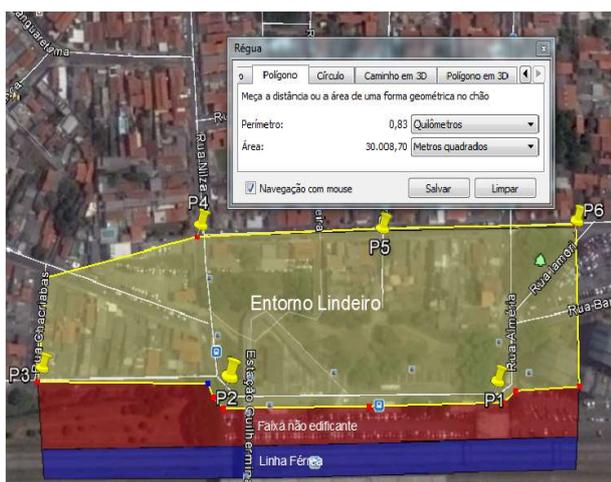


Figura 6: Demarcação do Entorno lindeiro (área das medições), Faixa não edificante e linha férrea. Fonte: Google Earth Pro.



Figura 7: Passagem do trem no sentido paralelo a Estação Guilhermeina Esperança.

A Figura 7 demonstra o local da passagem dos trens onde inicialmente foram percebidos os ruídos acima do normal quando comparado a outras localidades, tornando-se objeto de estudo dessa pesquisa. Os locais onde foram realizadas as medições que são consideradas como receptores de ruídos foram determinados nos pontos P1, P2, P3, P4, P5 e P6, conforme ilustra as Figuras 4 e 6. O decibelímetro foi instalado na posição de medição dos pontos P1, P2, P3, P4, P5 e P6 conforme ilustra a Figura 4.

Em todos os pontos P1, P2, P3, P4, P5 e P6 o equipamento foi instalado na sua posição de medição com o medidor apontado para o emissor de ruído (esquerda) e a vista da parte do entorno local do ponto de medição (direita) conforme ilustra a Figura 8.



Figura 8: Posição de medição dos pontos P1, P2, P3, P4, P5 e P6 com medidor apontado para o emissor de ruído (esquerda) e vista da parte do entorno local do ponto de medição (direita).

Procedimentos Experimentais

Para realização das aferições foi levado em consideração o procedimento que estabelece as condições exigíveis para avaliação dos níveis de ruído em comunidades lindeiras aos sistemas lineares de transportes que constam na já citada Decisão Diretória nº100/2009/P da CETESB, onde algumas normativas desta Decisão Diretória são adaptadas da NBR 10151.

As referências normativas IEC - 60651:1979 - Sound Level Meters, e suas revisões; IEC - 60804:1985 - Integrated Averaging Sound Level Meters, e suas revisões; e IEC - 60942:1988 - Sound Calibrators, e suas revisões, são as que norteiam quanto a questão do tipo de equipamento que serviu de ferramenta para a presente pesquisa. O equipamento foi calibrado e utilizado dentro dos padrões que estabelecem as normas para as medições com resultados práticos equivalentes.

Algumas definições foram levadas em conta para o procedimento: Não foram tomadas aferições em área contíguas a faixa de domínio do emissor, com larguras de 15 metros em que se proíbem edificações; As medições foram realizadas sem interferências transitórias, ou seja, emissões sonoras de curta duração ou eventuais, como chuvas, trovões ou rajadas de ventos (adaptado da NBR 10151); Os locais das medições apresentam em 100% ocupações regulares, onde aparentemente as edificações residenciais ou de outras atividades estão em conformidade com a legislação de uso e ocupação do solo e outras regulamentações vigentes; Ainda sobre os locais de medições, por estarem próximos a uma estação do metrô, possui um terminal de ônibus onde faz a emissão sonora ambiente (sem a passagem de trens) ser maior do que em locais onde não existe esta condição tornando o ruído ambiente até 10% maior que o normal, com isso esta referência que pode ser caracterizada como transitória não foi descartada; O medidor de pressão sonora (decibelímetro) é provido de protetor contra vento (para-vento) conforme também NBR 10151; Todas as medições foram levantadas em ambiente externo; Em cada aferição o medidor de pressão sonora foi posicionado a 1,2 metros do piso com auxílio de um tripé, pelo menos a 2 metros de quaisquer outras

superfícies refletoras, como muros, paredes e etc., (adaptado da NBR 10151); As avaliações de nível de ruído foram realizadas nos períodos em que atividades estavam nas condições normais do sistema; O tempo de medição dos níveis de ruído adotados foram de 10 (dez) minutos para cada ponto de medição, onde do 5º ao 10º a variação do L_{Aeq} , acumulado foi igual ou menor do que 0,5 dB(A); Em cada ponto de medição foi realizado o levantamento de ruído na passagem de pelo menos uma composição característica do sistema em avaliação (Trem). A medição foi iniciada no instante em que o ruído da composição se tornou claramente audível, sendo encerrada após a passagem da mesma, quando o ruído emitido pela mesma não fosse mais audível.

As medições foram realizadas no período de janeiro a março de 2015, onde foi escolhido o dia de sexta feira baseado em estimativas de mais ruidoso. Três horários foram escolhidos para medição do nível de pressão sonora: aproximadamente 08:00h, 14:00h e 21:00h, representando manhã, tarde e noite.

Devido à distância entre os pontos, o intervalo entre uma tomada de dados e outra foi de aproximadamente 15 minutos. Assim iniciou-se a tomada de dados às 08:00 h pelo ponto 1 (P1), e no segundo dia iniciou-se a tomada de dados às 08:00h pelo ponto (P6), para compensar pelo intervalo de cerca de 90 minutos entre começo e fim de leituras. Pela manhã, as leituras começaram às 08:00h e terminaram por volta das 09:30h no último ponto medido. À tarde, começaram às 14:00h e terminaram às 15:30h. À noite, começaram às 21:00h e terminaram às 22:30h.

Nos dias de medições foram tomadas e cronometradas a frequência de passagem dos trens onde durante o período de medição constatou-se que houve em média a passagem de 20 trens em cada sentido, totalizando 40 composições durante 90 minutos enquanto duraram as medições, com ruídos percebidos em média pelo período de 20 segundos em cada ponto de medição.

O Nível sonoro se fosse contínuo, equivaleria o ruído de fato medido, que sofre grandes oscilações, e em seu cálculo considera-se não só o nível sonoro, mas também o tempo de exposição que na verdade é o melhor parâmetro de indicação do grau de danos causados por determinada fonte sonora.

L10 é o nível sonoro que foi ultrapassado em 10% do tempo de medição, e pode ser considerado como o ruído máximo no período, excluídos os picos sonoros que ocorrem somente em 10% do tempo (MURGEL, 2007).

L90 é o nível sonoro que foi ultrapassado em 90% do tempo de medição, correspondendo, por definição, ao ruído de fundo, sendo assim chamado, pois ao cessarem as principais fontes sonoras, resta um único nível sonoro o “de fundo” vindo de fontes dispersas e distintas (MURGEL, 2007).

Do momento em que se tornava audível até não ser mais, o trem levava de 18 a 27 segundos de passagem e as tomadas de ruído eram computadas a cada 5 segundos com o decibelímetro ligado, sendo que o mesmo dentro deste período chega a dar mais de 100 aferições na função Fast (1). O mesmo parâmetro foi adotado para os momentos em que não havia passagem de trem determinando assim o ruído ambiente. Foram tomadas ao longo das sextas feiras 5 valores e estes foram aplicados em uma fórmula da Equação 3 para se chegar a um “valor médio” de ruído seja ambiente, ou da passagem do trem.

Após as medições do Nível de Pressão Sonora em campo foram convertidos em LAeq e calculados os L10 e L90, por meio da Equação 3, onde a seguir apresentam-se os resultados da presente pesquisa.

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}$$

(3)

Onde:

L_{Aeq} – Nível de pressão sonora equivalente de ruído contínuo em dB(A);

L_i – Nível de pressão sonora em dB(A), lido em Fast (1) a cada 5 segundos, durante o tempo de medição do ruído;

n – Número total de leituras

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 9, 10 e 11 apresentam os resultados LAeq dos níveis de pressão sonora equivalente de ruído contínuo em dB(A) para o ambiente, passagem dos trens no levantamento dos pontos P1, P2, P3, P4, P5 e P6 nos períodos (manhã, tarde e noite) comparados ao limite da norma.

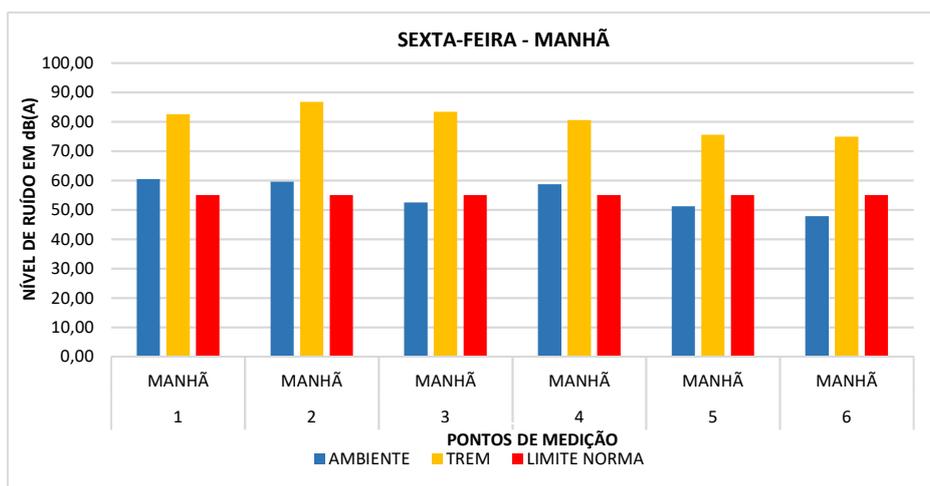


Figura 9: Medições de Níveis de Ruídos dB(A) no período da manhã.

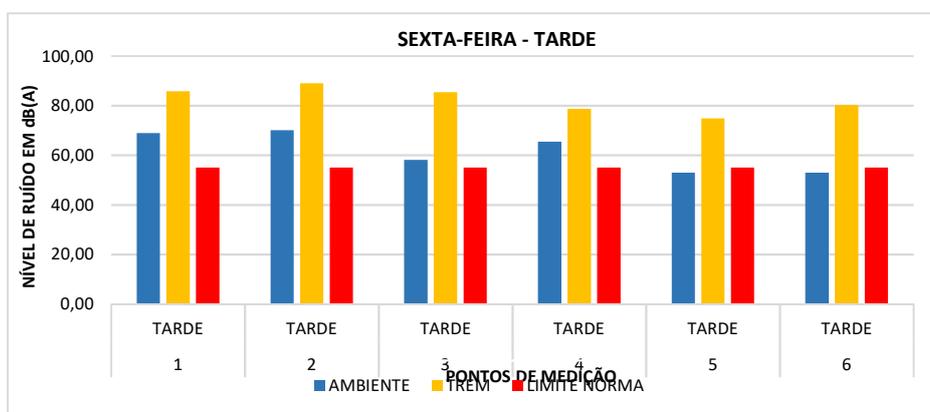


Figura 10: Medições de Níveis de Ruídos dB(A) no período da tarde.

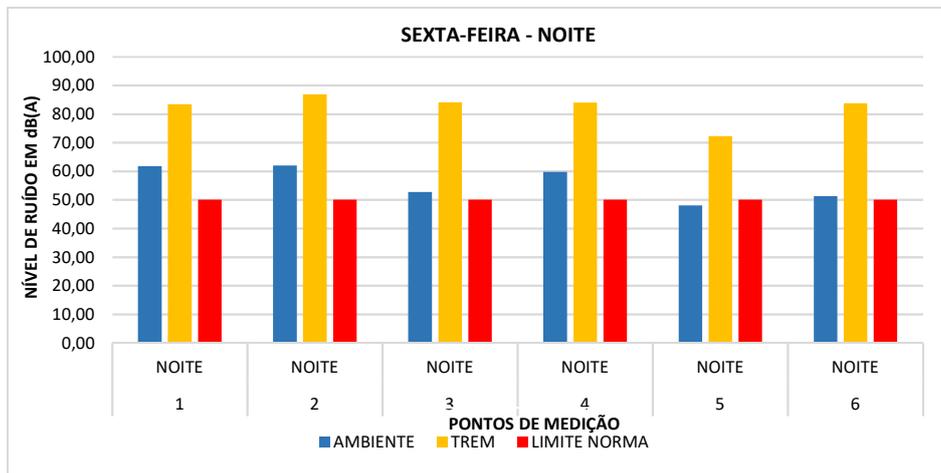


Figura 11: Medições de Níveis de Ruídos dB(A) no período da noite.

As Figuras 9, 10 e 11 apresentam ruídos provocados pela passagem dos trens em todos os pontos (P1, P2, P3, P4, P5 e P6) e em todos os períodos (manhã, tarde e noite) que superam o limite de todas as normas que legislam sobre o assunto.

Os maiores picos de ruídos provocados pela passagem dos trens foram verificados no pontos P1, P2 e P3, onde isso se justifica pelo fato desses pontos estarem localizados próximos da linha férrea, onde a mesma está localizada numa pequena curva no sentido bairro centro (Figura 4).

Já nos pontos P4, P5 e P6 os ruídos provocados pela passagem dos trens foram de menor intensidade, que pode ser justificado pelo fato de estarem um pouco mais distante da linha férrea ou em relação a fonte emissora (Figura 4). Os ruídos nesses pontos também superaram os limites estabelecidos pela norma.

As Figuras 9, 10 e 11 mostram os pontos que apresentam os maiores níveis de ruídos Ambientes foram os pontos P1, P2 e P4. Estes pontos estão situados não apenas mais próximos da linha férrea da CPTM (Figura 4), mas também do Metrô e também do lado oposto da Avenida Radial Leste que neste trecho fica confinada numa espécie de “Cânion” e que possui durante todo dia grande tráfego de veículos, e, que este é não tão direto quanto os trens um emissor de ruídos na região. O ponto P4 é também receptor de ruído proveniente do terminal de ônibus da estação, por isso foi citado entre estes.

Os pontos que apresentam os menores níveis de ruídos Ambientes conforme as Figuras 9, 10 e 11 são os pontos P3, P5 e P6. Estes pontos estão situados em quadras onde o entorno é residencial (Figura 4), com considerável movimentação apenas em horários de pico que representam aproximadamente 25% do tempo de um dia, são receptores de ruídos provenientes do Metrô e da Avenida Radial Leste, contudo essas emissões por conta da distância são praticamente desprezíveis e também são pontos onde podem ser percebidos inclusive mais claramente ruídos emitidos pela fauna existente na localidade, abafados em outros pontos de medição.

A passagem do trem de acordo com todas as medições que foram realizadas, ultrapassam os limites de todas as normas estabelecidas para esta localidade, tendo ainda resultados em determinados horários mais latentes com médias próximas a 90dB (A). Estando assim superior em até 60% do limite da maior tolerância (período da tarde 55dB (A)).

CONCLUSÕES

Por meio da presente pesquisa conclui-se que a geração de ruído pode ser considerada um impacto para a saúde do ambiente e neste caso, relaciona-se diretamente ao processo de urbanização, e com consequências mais agravantes em casos de falta de controle e gerenciamento do poder público que não tem atuação mais efetiva no controle da urbanização. Tal processo traz consigo uma série de componentes, entre eles, a acústica característica da motorização dos meios de transportes.

Os limites de ruído estipulados pelas legislações vigentes não estão sendo respeitados pelas condições urbanas atuais na área de estudo em questão. A amplitude detectada entre os níveis L10 e L90 indicam presença de incômodo sonoro, mesmo quando a medição foi apenas para coleta de dados de ruído ambiente. A coleta prática de dados e posterior avaliação e análise quantitativa dos valores calculados apresentou excedência dos limites contidos na NBR 10.151 (ABNT, 2000).

O mapeamento sonoro da região apresentou-se como ferramenta de gestão ambiental extremamente útil, mediante as várias possibilidades de uso, seja para monitoramento em tempo real, estudos de áreas para o planejamento urbano e estimativas de geração de ruído de acordo com modelos estabelecidos previamente.

Verificou-se ainda, que para a região em estudo, realizando a implantação de barreiras acústicas, o nível de ruídos emitidos pela passagem dos trens seria mitigado, possibilitando ao entorno lindeiro condições de habitabilidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10151:** Avaliação de ruído em áreas Habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10152:** Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

BISTAFA, S. R.. **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído.** São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

CARVALHO, P. R.. **Acústica Arquitetônica:** Definição de som, Barreiras acústicas, Atenuadores de ruído. 2 ed. Brasília: Arch Tec, 2010.

FREITAS, A. P. M.. **Estudo do impacto ambiental causado pelo aumento da poluição sonora em áreas próximas aos centros de lazer noturno na cidade de Santa Maria – RS.** TCC (Especialização em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

GRANDJEAN, E.. **Manual de Ergonomia:** Adaptando o trabalho ao homem. 4 ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul. 1998.

HANSON, R.; TOWERS. **High-Speed Ground Transportation Noise and Vibration Impact Assessment.** Washington DC, 2012.

LAMBERT, J.; VALLET M. **Study Relate [d to the Preparation of a Communication on a Future EC Noise Policy.** Bron Cedex: INRETS, LEN Report No 9420, 1994.

LAZZARINI, V. E. P.. **O som:** Elementos de acústica. Londrina: 1998.

MURGEL, E.. **Fundamentos da acústica ambiental.** São Paulo: Senac São Paulo, 2007.

NAGEN, M. P.. **Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia.** TCC (Especialização em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

NARDI, A. S. L. V.. **Mapeamento sonoro de ambiente urbano. Estudo de caso: área central de Florianópolis.**

TCC (Especialização em Arquitetura E Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

SAPATA, A. M. A.. **Monitoramento, modelagem e simulação dos impactos e efeitos do ruído de tráfego em trecho de cânion urbano da Avenida Horácio Racanello da cidade de Maringá – PR.** TCC (Especialização em Engenharia Urbana) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

SOUZA FILHO, J. J.. **Avaliação do ruído urbano na cidade de Campo Grande/MS.** TCC (Especialização em Tecnologias Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2012.

SOUSA, D. S.. **Instrumentos de gestão de poluição sonora para sustentabilidade das cidades brasileiras.** TCC (Especialização em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.