

## AVALIAÇÃO DO RUÍDO AMBIENTAL NO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO

Beatriz Cristine da Silva Reis, be.crs15@gmail.com<sup>1</sup>

Gabrielle Kaminski Schittini, gabrielle.schittini@gmail.com<sup>1</sup>

Paulo Justiniano Ribeiro Junior, paulojus@ufpr.br<sup>2</sup>

Paulo Henrique Trombetta Zannin, paulo.zannin@gmail.com<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Mecânica, Curitiba, Paraná.

<sup>2</sup>Universidade Federal do Paraná, Laboratório de Estatística Aplicada, Curitiba, Paraná.

<sup>3</sup>Universidade Federal do Paraná, Laboratório de Acústica Ambiental, Curitiba, Paraná.

**Resumo.** Hoje em dia a poluição sonora influencia negativamente na qualidade de vida da população. A avaliação do ruído ambiental é uma forma de identificar e monitorar o problema. Este trabalho tem como objetivo a medição dos níveis de ruído, simulação de mapa acústico do Campus III da Universidade Federal do Paraná (Centro Politécnico) e entrevistas sobre percepção sonora. Para avaliação da condição sonora da área, foram feitas medições de 15 minutos dos seguintes descritores: nível de pressão sonora equivalente,  $LA_{eq}$ , e níveis de pressão sonora máximo e mínimo,  $LA_{máx}$  e  $LA_{mín}$ . O trabalho baseou-se na utilização dos sonômetros B&K 2238 e B&K 2250 para as medições dos níveis de ruído. Os desenhos do campus foram feitos com o auxílio de ortofotocartas e a simulação dos mapas sonoros através do software Predictor 8.3. Para padronização do procedimento de medição, foram seguidas a diretrizes das normas NBR 10151 e ISO 1996. De acordo com o mapa acústico simulado o campus encontra-se poluído sonoramente em sua maior parte. Dos 60 pontos medidos, 29 pontos estão dentro do limite de 60 dB(A) estipulado pela Lei para Zonas Educacionais (ZE). Dos 400 usuários entrevistados, 250 relataram se sentir incomodados pelo ruído do campus.

**Palavras chave:** ruído ambiental, medição acústica, mapa de ruído, percepção sonora.

**Abstract.** Nowadays, noise pollution has a negative influence on the quality of life of the population. Environmental noise assessment is a way to identify and monitor the problem. This study aims to measure noise levels and simulate an acoustic map of Campus III of the Federal University of Paraná (Centro Politécnico) and interviews about noise perception. For the assessment of sound condition of the area, the 15-minute measurements of the following descriptors were made: equivalent sound pressure level,  $LA_{eq}$ , and maximum and minimum sound pressure levels,  $LA_{max}$  and  $LA_{min}$ . The research was based on the use of the B&K 2238 and B&K 2250 sonometers for noise levels measurements. The drawings of the campus were made with the aid of orthophotocards and the simulation of sound maps using the software Predictor 8.3. In order to standardize the measurement procedure, the guidelines of the NBR 10151 and ISO 1996 standards were followed. According to the simulated acoustic map, the campus is mostly polluted by noise. Of the 60 measured points, 29 points are within the limit of 60 dB (A) stipulated by the Law for Educational Zones (ZE). Of the 400 respondent, 250 reported feeling annoyed by the noise campus.

**Keywords:** environmental noise, acoustic measurement, noise map, noise perception.

### 1. INTRODUÇÃO

Conforme o desenvolvimento da sociedade, o crescimento populacional e o aumento no número de veículos circulantes resultaram no aumento dos níveis de ruídos urbanos (Mohammadi, 2009; De Souza Filho et al., 2015). Desse modo, esse aspecto passou a estar presente no cotidiano das pessoas, na maioria das vezes causando aborrecimento e irritação.

Atualmente, a poluição sonora é considerada um importante problema de saúde pública (European Environmental Agency, 2014). O ruído de tráfego, avaliado em seis países europeus, ficou em segundo lugar entre os estressores ambientais que mais afetam a saúde das pessoas, atrás apenas da poluição do ar por partículas ultrafinas. O agravante em relação a exposição a ruídos é que ela tende a aumentar, enquanto outros estressores, como a emissão de poluentes, estão diminuindo (WHO, 2011).

Um grande número de estudos tem reportado associações da exposição ao ruído com problemas de saúde, como doenças cardiovasculares (Begou et al., 2020; Selander et al., 2009; Sørensen et al., 2012); doenças respiratórias (Eze et al., 2018; Niemann et al., 2006) e diabetes tipo 2 (Sørensen et al., 2013). A exposição prolongada ao ruído diário de tráfego implica em efeitos adversos no sistema respiratório causando morbidade e mortalidade atribuíveis ao ruído (Begou et al., 2020). Quando analisado em ambientes educacionais, pode-se constatar que altos níveis sonoros em não afetam apenas a qualidade da comunicação, como também prejudicam a compreensão e atenção dos alunos tornando o ensino cansativo (Zannin et al., 2013). Portanto, é mais do que necessário que esses ambientes, onde o bom desempenho de alunos e professores é fundamental para um aprendizado eficiente, sejam avaliados acusticamente.

O estudo foi desenvolvido no Campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, o qual é contornado por duas vias de grande tráfego de veículos, BR 277 e Linha Verde. A intensa circulação de veículos no entorno do campus se destaca como principal fonte de emissão de ruído, no entanto, circulação de carros e pessoas em vias internas, bem como reformas e construções, também compõem a paisagem sonora. Desse modo, o trabalho tem o intuito de constatar, através de medições do nível de pressão sonora equivalente ( $L_{eq}$ ), análise em software e comparação com os valores recomendados pela legislação, se o Campus se encontra poluído sonoramente, bem como avaliar a percepção dos frequentadores quanto ao incômodo pelo ruído ambiental gerado no local.

## 2. METODOLOGIA

Os equipamentos utilizados nas medições foram os sonômetros B&K 2238 e B&K 2250, calibrados pelo B&K 4321, configurados com as especificações adequadas a medição de ruído ambiental. Para isto, utilizou-se o circuito de compensação em A, com ponderação do tempo de resposta rápida (*fast*), e faixa dinâmica para o intervalo de 30,0 dB a 110,0 dB. Para coleta de dados os medidores eram acoplados a tripés, posicionados a uma altura de 1,2 m do solo e a uma distância de 2 m de superfícies refletoras do som.

As medições foram realizadas de agosto até novembro, em dias úteis, das 9h00 às 11h00 no período da manhã, e das 14h00 às 17h00 no período da tarde. Além disso, foram feitas em dias sem precipitação, vento, temperatura ou umidade relativa do ar fora da faixa de operação do aparelho estabelecida pelo fabricante. Em relação ao intervalo de medição a norma brasileira NBR 10151 não estabelece um tempo exato, apenas determina que o tempo de medição deverá ser suficiente para caracterização sonora do objeto, capturando suas variações sonoras durante a operação no ambiente avaliado. Baseando-se nas recomendações de Romeu et al. (2011), ficou definido o tempo de 15 minutos para cada medição.

Depois de efetuadas as medições, os dados foram transferidos para um computador por meio dos softwares *Noise Explorer* Tipo 7815 e *BZ-5503 Measurement Partner Suite*. Para confecção do mapa acústico do local, foi utilizado o software *Predictor 8.13*.

No que tange à análise subjetiva dessa pesquisa, foi executado um estudo sobre a percepção sonora através de 400 questionários aplicados aos usuários da área de estudo, dentre os quais estão contemplados alunos, professores e servidores da instituição. O questionário contém perguntas de múltipla escolha e de mensuração em escala e a aplicação se deu entre os meses de setembro e novembro de 2019, com o intuito de manter consistência entre as medições e as entrevistas. Os dados coletados com a aplicação do questionário foram tabulados no software SPSS Statistics v. 17.0, o qual possibilita o cálculo de dados estatísticos resultantes.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 mostra os níveis de pressão sonora medidos. Cada ponto apresenta o nível de pressão sonora equivalente, e os níveis máximo e mínimo obtidos durante os 15 minutos de medição.

Ponto de medição	$L_{eq}$ [dB(A)]	$L_{m\acute{a}x}$ [dB(A)]	$L_{m\acute{i}n}$ [dB(A)]
P01	69,3	83,3	61
P02	71,2	90,4	59,1
P03	58,1	74,9	44,1
P04	51,6	72,2	41
P05	58,2	76,2	42,4
P06	54,8	66,3	46,1
P07	75,2	92,9	65,5
P08	71,9	88,1	55,7
P09	70,6	86,5	51

P10	66,4	83,5	47,5
P11	59,8	73,8	50,7
P12	62,3	49,5	52,3
P13	60,3	88,5	47
P14	63,6	84,7	54,1
P15	54,4	69,6	48,9
P16	58,1	75	51,3
P17	58,4	77,6	53,8
P18	62,3	77,1	52,8
P19	62,7	84	53,8
P20	54,9	69,8	45,1
P21	63,5	81,6	44,6
P22	67,9	93,2	44,4
P23	60,2	93,2	44,4
P24	71,8	87,3	57,4
P25	77,5	102	58
P26	66,6	93,6	45,3
P27	64,9	88,8	45,3
P28	61,7	85	79,8
P29	62,9	86,3	43,2
P30	65,7	85,4	49,7
P31	58,6	75,4	43,2
P32	58,1	78,1	45,2
P33	56,9	76,6	45,6
P34	61,2	82,9	46,8
P35	60,9	79,2	47,1
P36	53,2	72,8	45,5
P37	56,7	74,3	43,3
P38	74,9	89,1	66,7
P39	74,8	87,6	59,6
P40	78	105,1	60,5
P41	80,9	101,4	64,2
P42	55,7	75,1	47,8
P43	56,6	78,6	51,4
P44	55,4	71	44
P45	57,1	75,1	46,6
P46	64,9	78,6	48
P47	59,9	74,4	47,8
P48	53,3	68,1	42
P49	55	77,4	39
P50	58,7	71,9	50,9
P51	60,5	82,3	47,7
P52	56,8	70,3	53,4
P53	62,8	84,3	46,9
P54	58,9	74,3	44,9
P55	57,7	69,5	51,6
P56	65	85,2	50,6
P57	59,5	75,1	52,3

P58	59,9	71,9	51,3
P59	57,7	79	45,3
P60	55,6	82,7	42,5

Tabela 1. Níveis de pressão sonora medidos (Os autores, 2020)

Na figura 1, observa-se que somente 29 dos 60 pontos medidos estão dentro do limite de 60 dB (A) para Zonas Educacionais (ZE) estabelecido pela Lei Municipal de Curitiba nº 10.625 de 2002, indicado pela linha azul que corta o gráfico. Quando comparados ao valor de pressão sonora máximo permitido nas chamadas “Zonas de Silêncio”, o número de pontos de acordo com a lei é ainda menor. Apenas 7 pontos obedecem ao limite de 55 dB(A), indicado pela linha verde. Ao confrontar os valores obtidos em medição com o limite de 50 dB (A) determinado pela norma NBR 10151/2019 para região estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas, percebe-se que todos os pontos são superiores a esse valor.

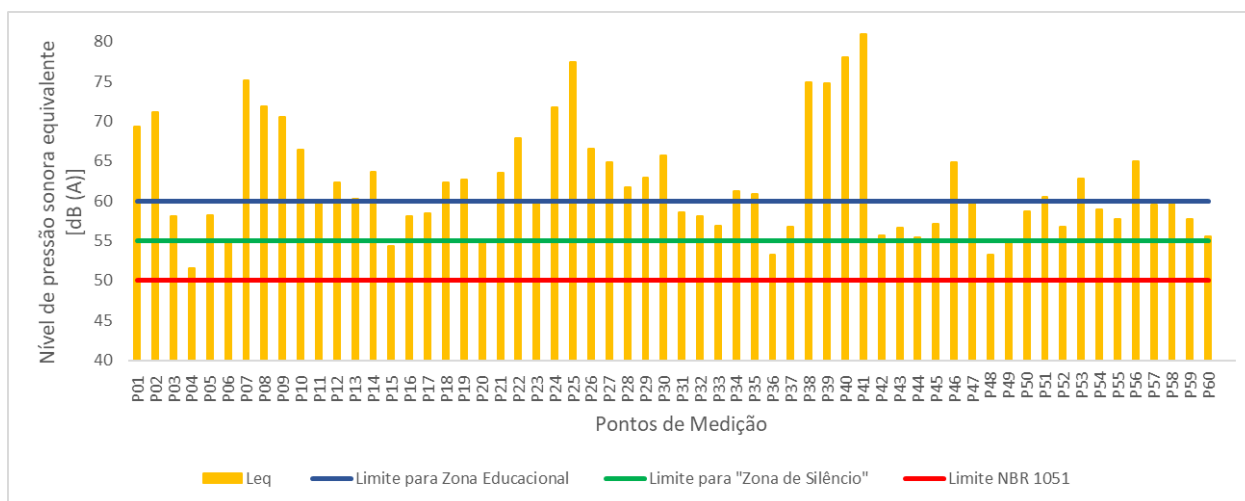


Figura 1. Medições comparadas aos limites estabelecidos pela legislação e NBR 1051 (Os autores, 2020)

A Figura 2 mostra o mapa acústico da situação sonora atual do campus Centro Politécnico no período diurno. De acordo com a análise do mapa, pode-se notar que os maiores níveis de pressão sonora são observados em locais de intenso fluxo de veículos, como as rodovias que contornam o campus e as principais vias internas de circulação, assim como nas áreas mais próximas a elas. Mesmo que uma grande área esteja dentro do limite de nível de pressão sonora para Zonas Educacionais (ZE) estipulado pela Lei 10625/02 de Curitiba, a maior parte apresenta valores acima de 60 dB(A).

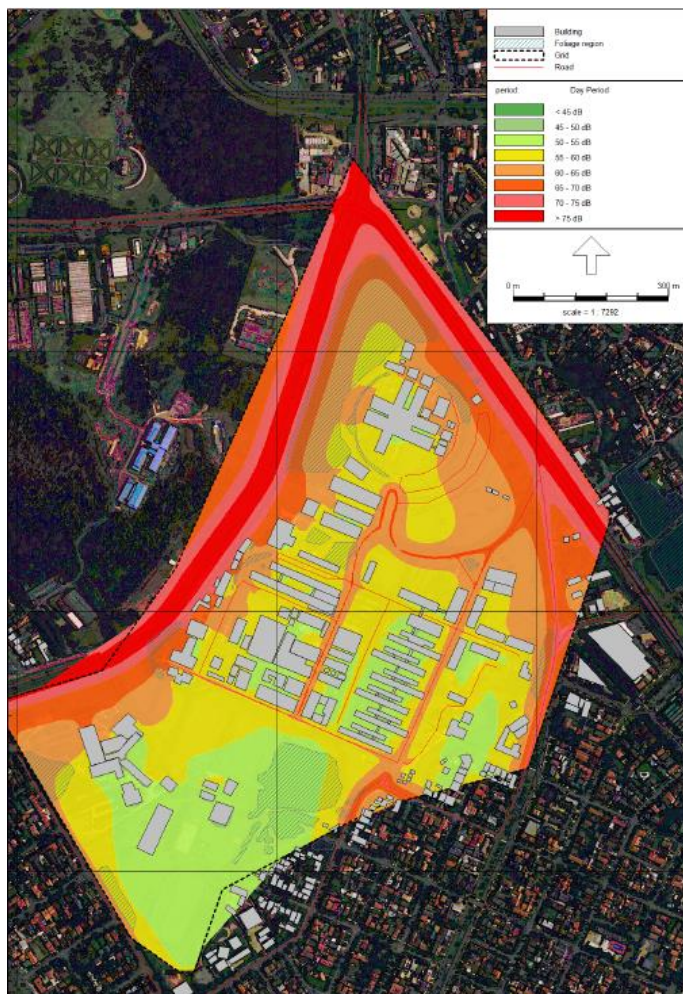


Figura 2. Mapa acústico Campus Centro Politécnico (Os autores, 2020)

Os usuários foram questionados sobre se sentir incomodados pelo ruído do campus. O objetivo foi a comparação das respostas com um estudo realizado anteriormente, o qual teve essa questão como ponto de análise. A Figura 3 mostra que 62,5% dos entrevistados responderam que o ruído do campus os incomoda, valor consideravelmente maior ao encontrado pelo estudo Zannin et al (2013), o qual apontou que 47% das pessoas se sentiram incomodadas pelo ruído produzido no campus.

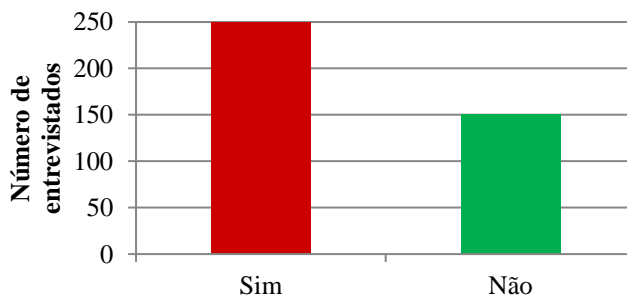


Figura 3. Resposta à pergunta “Você se sente incomodado pelo ruído do campus?” (Os autores, 2020)

Quando avaliada a relação entre o sexo dos entrevistados e a resposta a essa pergunta, apresentada na Tabela 3 percebe-se um maior incômodo relatado pelas mulheres. Dentro desse grupo, quase 70% respondeu se sentir incomodada, já os participantes do sexo masculino demonstraram um equilíbrio relativo entre as respostas: os homens que responderam “sim” representam cerca de 55% do grupo.

Sexo	RESPOSTA “SIM”	RESPOSTA “NÃO”	TOTAL
Feminino	142	65	207
Masculino	108	85	193
Total	250	150	400

Tabela 3 – Relação entre o sexo e a resposta à pergunta “Você se sente incomodado pelo ruído do campus?” (Os autores, 2020)

Essa conclusão corrobora com a pesquisa realizada por Ismail e Ahmed (2018) a qual revela que jovens do sexo feminino são mais sensíveis à poluição sonora em comparação com os do sexo masculino em uma universidade de Delhi, na Índia. Dentro do grupo feminino, 90,3% das entrevistadas têm consciência e se incomodam com a poluição sonora.

No que tange a relação entre os setores e as respostas para a pergunta geral sobre o incômodo do ruído, o de Tecnologia foi o que apresentou o maior equilíbrio entre as respostas “sim” e “não”. Os entrevistados pertencentes a esse setor que responderam se sentir incomodados pelo ruído do campus representaram 56,6% do grupo. Nos setores de Biológicas e Exatas, houve uma diferença percentual de cerca de 30% entre as respostas positivas e negativas. O setor de Ciências da Terra apresentou a maior discrepância entre as respostas, 73,2% dos usuários desse grupo responderam se sentir incomodados pelo ruído. A Tabela 2 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta os números absolutos dessa relação.

Sexo	RESPOSTA “SIM”	RESPOSTA “NÃO”	TOTAL
Tecnologia	94	72	166
Exatas	58	31	89
Biológicas	57	32	89
Ciências da Terra	41	15	56
Total	250	150	400

Tabela 2 – Relação entre o setor e a resposta à pergunta “Você se sente incomodado pelo ruído do campus?” (Os autores, 2020)

Dentro de uma questão com cinco alternativas de escala, os usuários atribuíram grau para a intensidade do ruído percebida no campus, como pode ser observado na Figura 4. A opção que se destacou foi a de nível médio, quase 40% dos entrevistados avaliaram o ruído do campus como razoável. Identificou-se ainda predominância nos níveis mais baixos: cada uma das opções “perceptível” e “pouco intenso” correspondeu a aproximadamente 23% do total. Já os níveis maiores de incômodo somaram pouco mais de 15%, com apenas 2% de respostas para o grau “muito intenso”.

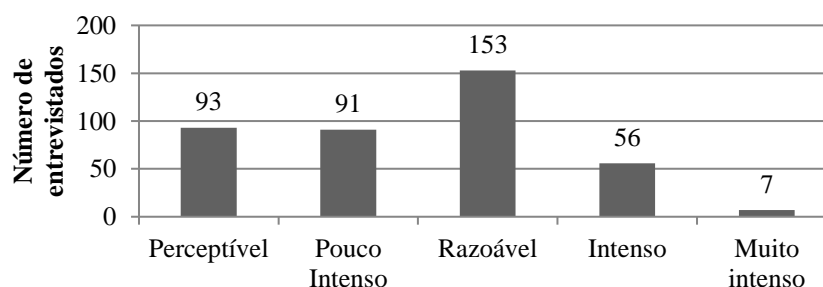


Figura 4. Classificação do nível de ruído do campus de acordo com os entrevistados (Os autores, 2020)

Além da questão do incômodo do ruído, outra pergunta realizada com opções de “sim” ou “não” foi sobre a opinião dos entrevistados no que diz respeito à relação do ruído do campus e a saúde dos usuários. As respostas ilustradas na Figura 5 demonstram que a grande maioria das pessoas, pouco mais de 80%, não acredita no potencial de o ruído percebido no campus prejudicar sua saúde. Durante o momento das entrevistas, muitos comentários sobre essa questão foram de que os usuários não perceberam nenhum problema de saúde advindo pelo ruído e que o ruído gerado na área não era substantivamente alto a ponto de causar danos à saúde.

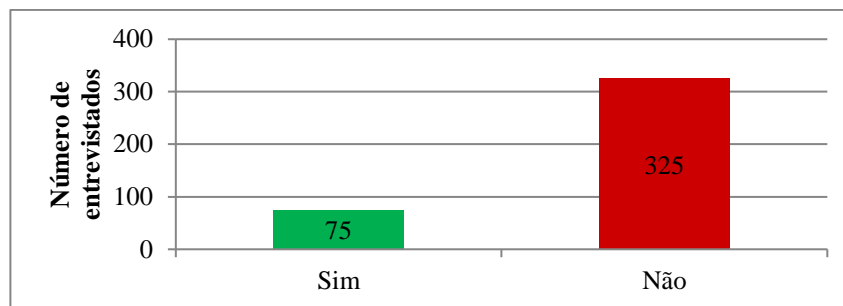


Figura 5 – Resposta à pergunta “Você acha que o ruído do campus prejudica a saúde?” (Os autores, 2020)

#### 4. CONCLUSÕES

Com uma simples observação do mapa de ruído, constata-se um cenário de poluição sonora no campus, e que a maior fonte geradora de ruído é o tráfego intenso de veículos em rodovias externas e vias internas do campus. A maior problemática é o fato de ser um ambiente escolar, onde a atenção e concentração são fundamentais para uma completa compreensão do que está sendo ensinado. Em relação à percepção, mesmo que a mais da metade dos entrevistados relataram se sentir incomodadas pelo ruído ambiental do campus, apenas 15 % dos usuários apontaram o nível de incômodo maior do que “razoável” e menos de 20% declararam que o ruído do campus pode prejudicar a saúde. Como destaca Lacerda et al. (2005), o ruído mesmo que não percebido causa danos à saúde. Portanto, mesmo que a população da universidade não perceba os sons de maneira incômoda a poluição sonora não deixa de ser um problema ambiental, e a exposição prolongada a esse tipo de poluição pode acarretar sérios problemas de saúde.

#### 5. REFERÊNCIAS

- BEGOU, P.; KASSOMENOS, P.; KELESSIS, A. Effects of road traffic noise on the prevalence of cardiovascular diseases: The case of Thessaloniki, Greece. *Science of the Total Environment*, 2020.
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY. *Noise in Europe 2014*. 2014.
- EZE, I. C.; FORASTER, M.; SCHAFFNER, E.; et al. Transportation noise exposure, noise annoyance and respiratory health in adults: A repeated-measures study. *Environment International*, 2018.
- DE SOUZA FILHO, J. J.; STEFFEN, J. L.; ANDREASI, W. A.; ZANNIN, P. H. T. Urban noise assessment based on noise mapping and measurements. *Canadian Acoustics - Acoustique Canadienne*, v. 43, n. 1, p. 3–10, 2015.
- ISMAIL, S., AHMED, S. Noise Pollution, Its Sources and Effects: A Case Study of University Students in Delhi. *EPRA International Journal of Economic and Business Review*, v. 6, n. 2, p. B15-B23, 2018.
- LACERDA, A. B. M. DE; MAGNI, C.; MORATA, T. C.; MARQUES, J. M.; ZANNIN, P. H. T. Ambiente urbano e percepção da poluição sonora. *Ambiente & Sociedade*, v. 8, n. 2, p. 85–98, 2005.
- MOHAMMADI, G. An investigation of community response to Urban traffic noise. *Global Perspective for Competitive Enterprise, Economy and Ecology - Proceedings of the 16th ISPE International Conference on Concurrent Engineering*, v. 6, n. 2, p. 673–680, 2009.
- NIEMANN, H.; BONNEFOY, X.; BRAUBACH, M.; et al. Noise-induced annoyance and morbidity results from the pan-European LARES study. *Noise and Health*, 2006.
- SELANDER, J.; NILSSON, M. E.; BLUHM, G.; et al. Long-term exposure to road traffic noise and myocardial infarction. *Epidemiology*, v. 20, n. 2, p. 272–279, 2009.
- SØRENSEN, M.; ANDERSEN, Z. J.; NORDSBORG, R. B.; et al. Road traffic noise and incident myocardial infarction: A prospective cohort study. *PLoS ONE*, 2012.
- SØRENSEN, M.; ANDERSEN, Z. J.; NORDSBORG, R. B.; et al. Long-term exposure to road traffic noise and incident diabetes: A cohort study. *Environmental Health Perspectives*, 2013.
- WHO. *Burden of disease from Burden of disease from*. , p. 126, 2011.
- ZANNIN, P. H. T.; ENGEL, M. S.; FIEDLER, P. E. K.; BUNN, F. Characterization of environmental noise based on noise measurements, noise mapping and interviews: A case study at a university campus in Brazil. *Cities*, v. 31, p. 317–327, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2012.09.008>>.