XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Influência de dispositivos de controle viário na variação do nível de pressão sonora em rotatórias urbanas remodeladas

Influencia de dispositivos de control vial en la variación del nivel de presión sonora en rotondas urbanas remodeladas

Influence of traffic control devices on sound pressure level variation in remodeled urban roundabouts

Acústica arquitetônica e urbana / A*cústica arquitectónica y urbanística / Architectural and Urban Acoustics*

Knaut, Beatriz Falco
Doutoranda, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, beatrizknaut@usp.br

Michalski, Ranny Loureiro Xavier Nascimento

Doutora, Professora do Departamento de Tecnologia, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, rannym@usp.br

Resumo

Alterações no planejamento urbano frequentemente desconsideram impactos sonoros, elevando níveis de ruído. Acelerações e desacelerações em rotatórias semaforizadas podem intensificar a emissão sonora. No entanto, a análise do ruído em rotatórias enfrenta desafios devido à complexidade do fluxo. Neste contexto, o presente trabalho busca avaliar o efeito da semaforização em três rotatórias urbanas de São Paulo. Monitoramentos sonoros simultâneos à contagem manual de veículos foram realizados em pontos de entrada e saída, com medições de 5 a 10 minutos por ponto. Os resultados demonstram que a semaforização contribui com o aumento de ruído no entorno das rotatórias, mesmo quando o fluxo veicular é menor para o ponto semaforizado. Além disso, as vias de saída são mais ruidosas do que as de entrada, em uma mesma avenida convergente à rotatória. Este trabalho contribui para a reflexão sobre como mudanças de planejamento urbano, especificamente sobre engenharia de tráfego, podem influenciar no cenário sonoro das cidades.

Palavras-Chave: Ruído de tráfego rodoviário. Rotatórias urbanas. Semaforização. Monitoramento sonoro.

Resumen

Las modificaciones en la planificación urbana frecuentemente desconsideran impactos sonoros, aumentando los niveles de ruido. Aceleraciones y desaceleraciones en glorietas semaforizadas pueden intensificar la emisión sonora. Sin embargo, el análisis del ruido en glorietas enfrenta desafíos debido a la complejidad del flujo. En este contexto, esta investigación evaluó el efecto de la semaforización en tres rotondas urbanas de São Paulo. Se realizaron monitoreos sonoros simultáneos a la contabilización manual de vehículos en puntos de entrada y salida, con mediciones de 5 a 10 minutos por punto. Los resultados demuestran que la semaforización contribuye al aumento del ruido alrededor de las rotondas, incluso cuando el flujo vehicular es menor en el punto semaforizado. Además, las vías de salida son más ruidosas que las de entrada en una misma avenida convergente a la rotonda. Este trabajo aporta a la reflexión sobre cómo las modificaciones en la planificación urbana, específicamente en ingeniería de tráfico, pueden influir en el escenario sonoro de las ciudades.

Palabras clave: Ruido del tráfico vehicular. Rotondas urbanas. Semaforización. Monitoreo sonoro.

Abstract

Urban planning changes often overlook noise impacts, increasing overall noise levels. Accelerations and decelerations at signalized roundabouts can intensify noise emissions. However, analyzing noise in roundabouts is challenging due to traffic flow complexity. In this context, the present study evaluated the effect of signalization at three urban roundabouts in São Paulo. Simultaneous noise monitoring and manual vehicle counts were conducted at entry and exit points, measuring 5 to 10 minutes per location. The results show that signalization contributes to elevated noise levels around the roundabouts, even when traffic flow is lower at the signalized point. Furthermore, exit lanes are noisier than entry lanes on the same avenue converging to the roundabout. This work highlights how changes in urban planning, specifically in traffic engineering, can influence the acoustic environment of cities.

Keywords: Road traffic noise. Urban roundabouts. Traffic light. Noise measurement.

Introdução

A poluição sonora, reconhecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um problema ambiental crescente, é a segunda maior causa de impactos negativos à saúde (Kim, 2007; WHO, 2011). A exposição excessiva ao ruído nas sociedades modernas compromete a saúde física, mental, social e emocional (Magioli e Torres, 2018). Por ser um poluente invisível e de efeitos graduais, sua conscientização ainda é um desafio (Alsina-Pagès *et al.*, 2019).

O tráfego veicular representa entre 60% e 80% do ruído predominante nas cidades (Khan *et al.*, 2018). A dinâmica de tráfego é complicada em áreas urbanas, uma vez que o fluxo de veículos é ininterrupto. Esse ruído resulta da sobreposição de diversas fontes, como automóveis, caminhões e ônibus, sendo influenciado por fatores como volume de tráfego, velocidade e tipo de interseções (Kang, 2007; Covaciu *et al*., 2015).

O planejamento urbano, quando sensível à questão da poluição sonora, pode reduzir o ruído de tráfego, especialmente com dispositivos de controle viário, como semáforos e rotatórias. A redução da velocidade dos veículos contribui para a diminuição do ruído, mas a desaceleração seguida de aceleração em cruzamentos semaforizados pode elevá-lo (Makarewicz e Kokoeski, 2007). Rotatórias, ao melhorar a fluidez e reduzir pontos de conflito, são consideradas benéficas para o transporte sustentável (Abdur-Rouf e Shaaban, 2022; Ahac *et al.*, 2021). No entanto, a inclusão de semáforos pode aumentar temporariamente os níveis sonoros, devido às constantes acelerações e desacelerações dos veículos (Distefano e Leonardi, 2019). Motylewicz e Gardziejczyk (2020), ao compararem rotatórias semaforizadas e não semaforizadas, observaram que os níveis sonoros nos trechos com controle semafórico foram entre 2,5 dB e 10,8 dB superiores ao registrados nas rotatórias sem sinalização.

Diante do contexto apresentado, o presente trabalho busca avaliar como a presença de dispositivos de controle viário, do tipo semáforos, altera o nível sonoro no entorno de rotatórias urbanas. O estudo da variação do nível sonoro em rotatórias urbanas com geometria similar, além de caracterizar a poluição sonora da área, permite identificar se as alterações urbanas referentes ao tráfego contribuem para a intensificação do ruído no local.

Monitoramento sonoro em campo

O monitoramento sonoro em campo mede diretamente os níveis de pressão sonora sem controle rigoroso das variáveis, exigindo condições adequadas de medição para garantir

representatividade acústica (Ricciardi *et al.*, 2015). A distribuição dos pontos depende da configuração espacial e do detalhamento desejado, recomendando-se um ponto para cada parte homogênea do ambiente. Estudos apontam que medições de 15 minutos representam 1 hora com tolerância de 2 dB e 95% de precisão, enquanto medições de 5 minutos podem ser igualmente eficazes, dependendo das características da área de estudo (Giraldo e Fernández, 2011; Mendonça *et al.*, 2012).

A composição do tráfego influencia os níveis sonoros, tornando essencial a contagem de veículos por categoria em cada ponto de medição (Alsina-Pagès *et al.*, 2019). Para caracterizar períodos de maior intensidade, as medições devem ocorrer nos horários de pico (Mendonça *et al.*, 2012; Magioli e Torres, 2018).

Embora rotatórias promovam fluxo contínuo, seu tráfego varia conforme os movimentos internos (Distefano e Leonardi, 2019). Para análise eficiente, recomenda-se subdividir rotatórias em segmentos, diferenciando fluxos de entrada e internos (Gardziejczyk e Motylewicz, 2016). Estudos indicam que o ruído nas vias de saída tende a ser mais intenso devido à aceleração dos veículos, tornando essa diferenciação essencial na avaliação acústica do tráfego (Khajehvand *et al*., 2021).

Metodologia

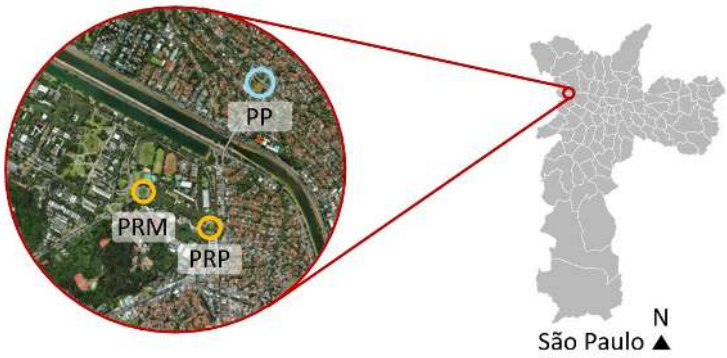
A metodologia adotada neste estudo envolveu monitoramento sonoro e contagem do fluxo veicular em três áreas para analisar os níveis de ruído em rotatórias urbanas com e sem semaforização. As áreas foram selecionadas pela proximidade, minimizando variações no fluxo e ruído residual. A escolha de rotatórias com geometria semelhante buscou evitar interferências nos resultados, permitindo uma comparação mais precisa. Além disso, as contagens veiculares consideraram a tipologia dos veículos para uma análise detalhada da dinâmica local.

O monitoramento ocorreu nos horários de pico, período de maior nível de pressão sonora. Os horários variaram entre as áreas para comparar os efeitos do fluxo saturado e contínuo. A análise incluiu a diferença de níveis sonoros entre rotatórias semaforizadas e não semaforizadas, além da variação do ruído em avenidas com e sem semáforo. Para a rotatória semaforizada, também foi comparado o ruído entre vias de entrada e saída, considerando a presença ou ausência de semáforo.

Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada na cidade de São Paulo, capital do estado. Para analisar o impacto sonoro da semaforização em rotatórias urbanas, foram selecionadas duas rotatórias não semaforizadas, localizadas na Cidade Universitária da USP, bairro Butantã; são elas as rotatórias da Praça Prof. Rubião Meira (PRM) e Praça Prof. Reynaldo Porchat (PRP); e uma rotatória semaforizada, Praça Panamericana (PP), no bairro Alto de Pinheiros, próxima às demais (Figura 1).

Figura 1: Localização da área de estudo em São Paulo (SP).



Fonte: Adaptado de *Google Earth* (2025).

A escolha dessa área de estudo se deu por serem rotatórias de geometria similar, localizadas em um raio de menos de 1 km entre elas, mantendo assim um fluxo e ruído do entorno similares. A Praça Professor Rubião Meira, é uma rotatória sem semáforo, com quatro avenidas convergentes, praça interna e diâmetro de aproximadamente 100 m. A Praça Professor Reynaldo Porchat, tem características semelhantes, mas com três avenidas e uma rua convergentes. A Praça Panamericana, semaforizada, tem cinco avenidas, três ruas convergentes, diâmetro de 150 m e semáforos em três entradas, mas mantém características semelhantes às demais, como o gabarito baixo e vegetação.

Monitoramento sonoro

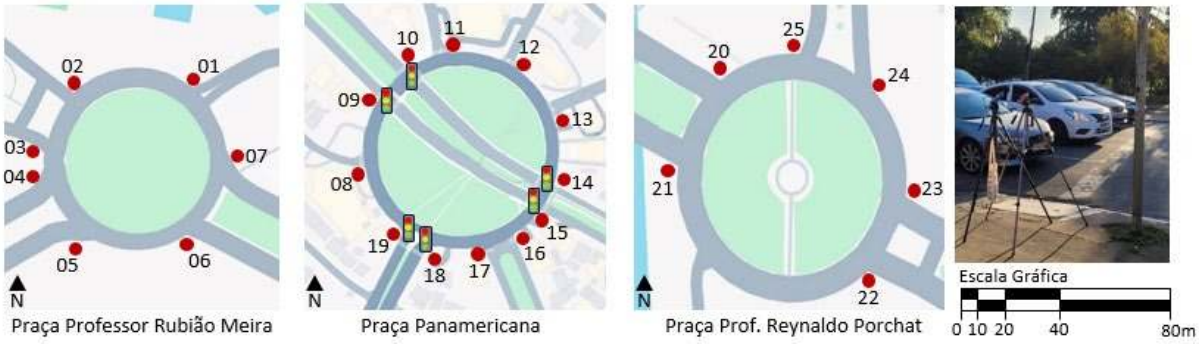
A avaliação do ruído ambiental baseia-se no monitoramento do nível de pressão sonora e na contagem de veículos nas áreas selecionadas, seguindo os critérios da ABNT NBR 10151:2020. Foram medidos os níveis de pressão sonora contínuos equivalentes (L_{Aeq}) globais e em bandas

de oitava, níveis mínimos e máximos (L_{Amin}, $L_{Amáx}$) e níveis excedidos em 10%, 50% e 90% do tempo (L_{10}, L_{50}, L_{90}). Para análise, os dados usados abrangem a faixa de 63 Hz a 8.000 Hz.

Seguindo as indicações da norma ABNT NBR 10151:2020, o sonômetro foi posicionado a mais de 2,0 m de superfícies refletoras e a 1,5 m do piso. Os equipamentos utilizados foram o sonômetro Classe 1 Larson Davis, modelo 831-RI, o calibrador acústico Classe 1 Larson Davis, CAL200, e o termo-higrômetro Minipa HT-260.

Segundo Gardziejczyk e Motylewicz (2016), cada subseção de uma rotatória semaforizada possui fluxo próprio, permitindo análise independente. Assim, optou-se por medir um ponto em cada entrada e saída das rotatórias para avenidas com canteiro central e um ponto por rua nas vias sem canteiro, possibilitando a identificação de variações sonoras (Figura 2).

Figura 2: Pontos de coleta de dados nas áreas de estudo.



Fonte: Adaptado de *Google Maps* (2025).

A contagem manual de veículos (leves, pesados e motos) foi realizada simultaneamente ao monitoramento sonoro por uma equipe de quatro pessoas (as autoras, uma voluntária e o técnico do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética, LABAUT, da FAU-USP). Os equipamentos ficaram nas esquinas dos pontos de medição, a 1,5 m de altura, inclinados 45° em direção ao centro da rotatória e equipados com protetores de vento. A equipe posicionou-se próxima, porém a uma distância suficiente para que o som do clique dos contadores não interferisse nas medições.

Monitoramentos foram realizados em dias úteis (terça e quinta-feira), nos horários de maior fluxo definidos pela dinâmica local, para captar tráfego intenso antes da saturação. Na PRM (no dia 21/05/2024, das 16h30 às 18h00) foram medidos 10 minutos por ponto; já nas rotatórias PP (dia 23/05/2024, das 16h30 às 17h40, fluxo contínuo) e PRP (dia 23/05/2024,

das 17h50 às 18h30, fluxo saturado), o tempo foi de 5 minutos por ponto. O sentido de circulação em todas as rotatórias é anti-horário. Embora parte dos veículos possa ter sido registrada em mais de um ponto, optou-se por contagem em todos os pontos diante da ausência de protocolo específico.

Resultados

Os resultados consideram os parâmetros de ruído e fluxo veicular, com base nos dados coletados nas três áreas de estudo. A temperatura do ar variou entre 22 °C e 29 °C, e a umidade relativa do ar entre 23% e 80%, dentro da faixa recomendada pelas normativas. Apesar da ampla variação da umidade, não foram registrados episódios de chuva durante a semana dos monitoramentos. São Paulo enfrentou uma onda de calor em maio de 2024, com os registros mais extremos concentrados na primeira quinzena do mês; no restante do período, as temperaturas permaneceram elevadas.

As contagens brutas foram convertidas para veículos por hora. No caso da PRM, quanto ao fluxo veicular, foram observados volumes semelhantes nas vias de entrada e saída de uma mesma avenida, mas diferenças significativas entre as vias convergentes (Tabela 1). A maior variação ocorreu nos veículos leves, enquanto os pesados mantiveram valores relativamente estáveis.

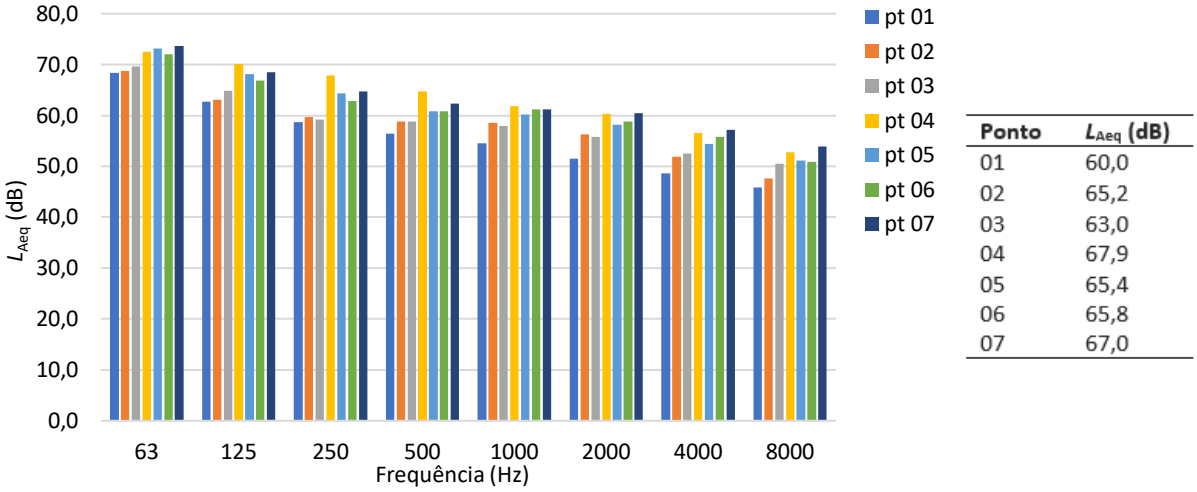
Tabela 1: Fluxo veicular da Praça Professor Rubião Meira (PRM).

Ponto	Fluxo veicular (veículos / hora)		
	Veículos leves	Veículos pesados	Motos
01	324	48	60
02	618	36	108
03	666	18	48
04	744	48	114
05	720	48	72
06	1014	60	96
07	1146	48	90

Fonte: Autoras (2025).

A variação do nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) entre os pontos foi de 7,9 dB, com o menor valor no ponto 1, de menor fluxo, e os maiores nos pontos 4 e 7, de maior fluxo. Além disso, o ponto 7 registrou o maior volume de veículos leves. O L_{Aeq} mostrou-se diretamente relacionado ao fluxo veicular, sendo mais elevado nos pontos com maior tráfego de veículos leves e pesados (Figura 3).

Figura 3: Níveis de pressão sonora monitorados na rotatória da Praça Professor Rubião Meira (PRM).



Ponto	L_{Aeq} (dB)
01	60,0
02	65,2
03	63,0
04	67,9
05	65,4
06	65,8
07	67,0

Fonte: Autoras (2025).

Durante o monitoramento da rotatória da PRP, o fluxo veicular se manteve próximo, para a maioria dos pontos, com o maior número de veículos no ponto 24. Além disso, o ponto 24 captava o fluxo de veículos entrando na universidade, que durante o monitoramento, em horário de pico, estava menos congestionado do que o fluxo de veículos saindo da universidade (Tabela 2).

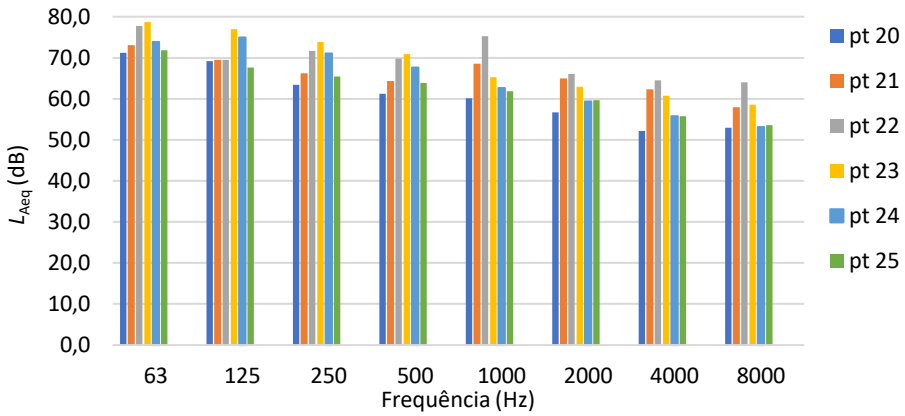
Tabela 2: Fluxo veicular da Praça Professor Reynaldo Porchat (PRP).

Ponto	Fluxo veicular (veículos / hora)		
	Veículos leves	Veículos pesados	Motos
20	852	36	132
21	1152	60	144
22	1128	96	144
23	1080	96	144
24	1548	96	276
25	1008	36	72

Fonte: Autoras (2025).

Além do fluxo veicular, o L_{Aeq} está relacionado ao comportamento dos motoristas. Os níveis mais intensos foram registrados nos pontos 22 e 23, onde o fluxo veicular foi similar e a quantidade de veículos pesados foi idêntica. Curiosamente, o ponto 24, apesar de apresentar o maior fluxo veicular, não registrou os maiores valores de L_{Aeq}. Isso se deve ao fato de os pontos 22 e 23 serem entradas e saídas da universidade, onde o fluxo estava saturado durante o monitoramento. Já o ponto 24 é uma via de saída com fluxo contínuo (Figura 4).

Figura 4: Níveis de pressão sonora monitorados na rotatória da Praça Professor Reynaldo Porchat (PRP).



Ponto	L_{Aeq} (dB)
20	65,0
21	65,8
22	67,4
23	70,5
24	68,5
25	65,1

Fonte: Autoras (2025).

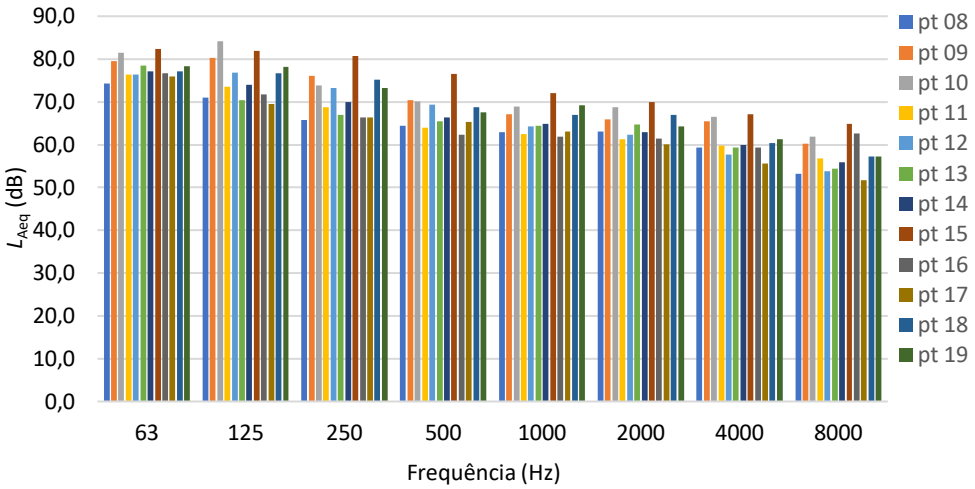
A coleta de dados na Praça Panamericana (PP) ocorreu no mesmo dia da Praça Professor Reynaldo Porchat (PRP). O fluxo de veículos leves foi mais intenso nas esquinas das avenidas e menor nas ruas, com o número de motos variando, atingindo pico no início do monitoramento e diminuindo após as 17h (Tabela 3). Em relação ao L_{Aeq}, os menores valores foram registrados nos pontos 08, 11, 16 e 17. Já os maiores ocorreram nos pontos 10 e 15, em vias de saída com semáforos, seguidos pelos pontos 09, 18 e 19, também semaforizados. Os pontos 16 e 17 apresentaram baixos fluxos veiculares, o que contribuiu para a redução do L_{Aeq} no entanto, o ponto 18, apesar de ter fluxo ainda menor, registrou nível sonoro mais elevado (Figura 05).

Tabela 3: Fluxo veicular da Praça Panamericana (PP).

Ponto	Semáforo	Fluxo veicular (veículos / hora)		
		Veículos leves	Veículos pesados	Motos
08	Não	2640	168	504
09	Sim	2760	104	552
10	Sim	2472	156	576
11	Não	2868	96	876
12	Não	3180	120	576
13	Não	2544	96	384
14	Sim	2532	102	384
15	Sim	2580	408	288
16	Não	1740	72	264
17	Não	1548	72	288
18	Sim	1224	77	72
19	Sim	2652	288	804

Fonte: Autoras (2025).

Figura 5: Níveis de pressão sonora monitorados na rotatória da Praça Panamericana (PP).



Ponto	L_{Aeq} (dB)
08	69,1
09	73,5
10	75,8
11	68,9
12	71,2
13	70,2
14	70,5
15	78,9
16	69,9
17	68,0
18	73,5
19	73,2

Fonte: Autoras (2025).

Ao comparar vias semaforizadas e não semaforizadas, observou-se que os pontos próximos a semáforos apresentaram um L_{Aeq} mais intenso, apesar da variação no volume de tráfego. Exemplo disso é a comparação entre os pontos 16 e 18, ambos em vias de entrada, sendo que apenas o ponto 18 está próximo a um semáforo, resultando em diferença de até 6 dB no L_{Aeq} em certas frequências. Essa diferença ocorre, embora o fluxo veicular no ponto 18 seja menor, com número similar de veículos pesados em ambos os pontos, indicando que a presença do semáforo e a variação de aceleração e desaceleração impactam os níveis sonoros.

Quando há uma variação no fluxo veicular, essa diferença no L_{Aeq} se torna ainda mais significativa. O ponto 19, por exemplo, está localizado próximo a um semáforo e apresenta um fluxo maior para todos os tipos de veículos em comparação com o ponto 18. Nesse caso, a diferença de L_{Aeq} chega a ser em torno de 10 dB nas frequências médias. Esse aumento ocorre tanto devido ao fluxo mais intenso de veículos quanto pela presença do semáforo, que intensifica o processo de aceleração e desaceleração, gerando níveis sonoros mais elevados.

Exemplos comparativos reforçam o efeito da semaforização independentemente do fluxo: na comparação entre os pontos 9 e 11, com volumes quase iguais (ponto 11 com 9% a mais), o L_{Aeq} em 9 (sinalizado) foi até 8 dB maior nas bandas baixas e médias e 4 dB maior nas altas. De modo análogo, entre 13 e 14, o nível sonoro em 14 excedeu em até 4 dB nas médias, embora o tráfego fosse praticamente idêntico. Esses achados evidenciam que as desacelerações e acelerações impostas pelos semáforos amplificam o ruído em frequências específicas.

Ao comparar rotatórias, a de fluxo saturado (PRP) apresentou média de L_{Aeq} 7 dB acima da contínua (PRM), mesmo com fluxos semelhantes, como nos pontos 7 e 25. A presença de veículos pesados também acentua o ruído: o ponto 7, com 50% menos pesados, registrou níveis 5 a 7 dB abaixo dos demais pontos (21 a 23). Por fim, a comparação entre o ponto 18 (sinalizado) e os pontos 21 e 22 evidencia o impacto da semaforização. Apesar de o ponto 22 apresentar fluxo saturado, com mais veículos pesados e motos, o L_{Aeq} no ponto 18 foi 6,1 dB mais elevado. Já em relação ao ponto 21, que possui fluxo semelhante ao 22, exceto por uma redução de 35% nos veículos pesados, a diferença de L_{Aeq} em relação ao ponto 18 aumentou para 7,7 dB, reforçando que a semaforização pode ter efeito sonoro ainda mais significativo do que a presença de veículos pesados. A diferença, em relação ao tipo de fluxo, também pode ser analisada a partir da Tabela 4.

Tabela 4: $L_{Amáx}$ e L_{Amin} medidos nas rotatórias.

Rotatória	$L_{Amáx}$ (dB)	L_{Amin} (dB)
Praça Professor Rubião Meira (PRM)	90,4	46,2
Praça Professor Reynaldo Porchat (PRP)	93,6	51,1
Praça Panamericana (PP)	98,6	57,7

Fonte: Autoras (2025).

A rotatória da PRM, em regime de fluxo contínuo, oscilou entre 46,2 e 90,4 dB; já a da PRP, em fluxo saturado, variou de 51,1 a 93,6 dB. A PP, cuja média geral atingiu 75,1 dB nas vias semaforizadas, apresentou extremos de 57,7 a 98,6 dB. Esses dados indicam que a saturação do tráfego eleva não apenas a média de ruído, mas também amplia a faixa de variação, e que a semaforização intensifica ainda mais o ruído máximo observado.

Comparando as médias logarítmicas dos níveis de pressão sonora ($NPS_{médio}$), a rotatória com fluxo saturado (PRP, $NPS_{médio}$: 67,5 dB) apresentou 2 dB a mais que a de fluxo contínuo (PRM, $NPS_{médio}$: 65,5 dB). A rotatória semaforizada (PP, $NPS_{médio}$: 73,2 dB) foi 7,7 dB mais ruidosa que a contínua e 5,7 dB acima da saturada. Esses resultados indicam que, além do volume, a condição de fluxo e a semaforização exercem influência significativa e cumulativa sobre o ruído urbano.

Conclusões

As rotatórias são concebidas para manter o fluxo contínuo de veículos, o que lhes confere uma vantagem acústica em relação a interseções semaforizadas. No entanto, quando a semaforização se torna necessária, esse princípio é comprometido, resultando em aumento

nos níveis de pressão sonora devido às frenagens e retomadas de velocidade. A análise comparativa mostrou que a presença de semáforos eleva o ruído ambiental, mesmo quando o fluxo veicular não é maior, sobretudo por causa das acelerações bruscas.

Nas rotatórias não semaforizadas, os níveis de pressão sonora foram mais influenciados pela composição do tráfego, especialmente pela quantidade de veículos pesados. Observou-se também que, nas três rotatórias estudadas, as vias de saída apresentaram níveis sonoros mais altos que as de entrada, em razão da aceleração dos veículos ao deixarem o sistema viário circular. Esses padrões reforçam a importância de considerar os impactos acústicos ao implementar alterações viárias.

Embora a instalação de semáforos em rotatórias seja muitas vezes necessária para ordenar o tráfego, ela pode intensificar a poluição sonora e afetar negativamente a qualidade de vida urbana. Assim, é recomendada uma abordagem integrada que avalie criticamente essas intervenções e proponha soluções para mitigar seus efeitos sonoros. Este estudo representa a etapa inicial de uma pesquisa mais ampla e revela que a semaforização pode elevar os níveis de ruído em média 3 dB, valor compatível com o encontrado na literatura especializada.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES – bolsa n◦ 88887.886989/2023-00), pelo apoio financeiro parcial a esta pesquisa.

Referências

Abdur-Rouf, K.; Shaaban, K. Development of prediction models of transportation noise for roundabouts and signalized intersections. **Transportation Research Part D**, vol. 103, pp. 1–13, 2022.

Ahac, S. *et al*. Modeling the Influence of Roundabout Deflection on Its Efficiency as a Noise Abatement Measure. **Sustainability**, vol. 13, n. 10, pp. 1–14, 2021.

Alsina-Pagès, R. M. *et al*. Noise Events Monitoring for Urban and Mobility Planning in Andorra la Vella and Escaldes-Engordany. **Environments**, vol. 6, n. 37, pp. 1–14, 2019.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **ABNT NBR 10151: 2019. Versão Corrigida 2020**. Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro, 2020.

Covaciu, D. *et al*. Estimation of the noise level produced by road traffic in roundabouts. **Applied Acoustics**, vol. 98, pp. 43–51, 2015.

Distefano, N.; Leonardi, S. Experimental investigation of the effect of roundabouts on noise emission level from motor vehicles. **Noise Control Engineering Journal**, vol. 67, n. 4, pp. 282–294. 2019.

Gardziejczyk, W.; Motylewicz, M. Noise level in the vicinity of signalized roundabouts. **Transportation Research Part D**, vol. 46, pp. 128–144, 2016.

Giraldo, W.; Fernández, A. Intervalo unitario de tiempo de medición para ruido ambiental. **Revista Ingenierías Universidad de Medellín**, vol. 10, n. 18, pp. 61–68, 2011.

Kang, J. **Urban sound environment**. 1. ed. New York: Taylor and Francis, 2007.

Khajehvand, M. *et al*. Modeling traffic noise level near at-grade junctions: Roundabouts, T and cross intersections. **Transportation Research Part D**, vol. 93, 102752, 2021.

Khan, J. *et al*. Road traffic air and noise pollution exposure assessment – A review of tools and techniques. **Science of the Total Environment**, vol. 634, pp. 661–676, 2018.

Kim, R. Burden of disease from environmental noise. **In:** WHO *International Workshop on Combined Environmental Exposure: Noise, Air Pollutants and Chemicals*, Ispra: World Health Organization, 2007.

Magioli, F. B.; Torres, J. C. B. Influência das transformações urbanas no conforto acústico: estudo-piloto da cidade universitária da UFRJ. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, vol. 10, n. 2, pp. 400–413, 2018.

Makarewicz, R.; Kokoeski, P. Prediction of noise changes due to traffic speed control. **The Journal of the Acoustical Society of America**, vol. 122, n. 4, pp. 2074–2081, 2007.

Mendonça, A. *et al*. Medições acústicas: variação da geometria da via urbana e tempo de amostragem. **In:** SIMPÓSIO NACIONAL DE ENGENHARIA URBANA, Maringá, 2012.

Motylewicz, M.; Gardziejczyk, W. Statistical model for traffic noise prediction in signalised roundabouts. **Bulletin of the Polish Academy of Sciences**, vol. 68, n. 4, 2020.

Ricciardi, P. *et al*. Sound quality indicators for urban places in Paris cross-validated by Milan data. **Journal of the Acoustical Society of America**, vol. 138, n. 4, pp. 2337–2348, 2015.

World Health Organization. *Burden of Disease from Environmental Noise: Quantification of Healthy Life Years Lost in Europe*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2011.