RUÍDO DE TRÁFEGO: MAPEAMENTO DO BAIRRO TAMBAÚ, JOÃO PESSOA/PB

Renato Régis Araújo (1); Tamáris Brasileiro Meneses (2); Juliana Costa Morais (3)
(1) Arquiteto e urbanista, mestrando no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, regis.pinheiro@ufpe.br, UFPE, Universidade Federal de Pernambuco, Campus Recife, Cidade Universitária, Recife/PE, CEP 50670-901, (84) 99196-5465
(2) Doutora, arquiteta e urbanista, tamarisbrasileiro@gmail.com, IFPB, Instituto Federal da Paraíba, Campus Guarabira, Guarabira/PB, CEP 58200-000, (83) 99600-2340
(3) Doutora, arquiteta e urbanista, juliana.costa@academico.ufpb.br, UFPB, Universidade Federal da Paraíba, Campus I, Conj. Pres. Castelo Branco III, João Pessoa/PB, CEP 58033-455, (83) 99961-3334

RESUMO
A cidade de João Pessoa, assim como outras capitais em expansão, tem visto um aumento da frota de veículos sem políticas urbanas para controlar a poluição sonora. Cartas acústicas ou mapas de ruído podem ser usados para representar o ruído do tráfego veicular nos espaços urbanos, tornando possível o diagnóstico desse problema e, consequentemente, a tomada de decisão da gestão municipal para atualizar a legislação urbana, principalmente no que tange à poluição ambiental, e desenvolver estratégias de mitigação do ruído urbano. Nesse sentido, este estudo de caso tem como objetivo mapear o ruído de tráfego do bairro Tambaú, importante área turística de João Pessoa, capital do estado da Paraíba. Foram coletadas informações referentes aos parâmetros morfológicos, acústicos e de tráfego para a elaboração dos mapas de ruído dos turnos matutinos e vespertinos, por meio do *software SoundPLAN*. Todos os pontos de medição da pesquisa apresentaram desconformidade com a NBR 10151 e a OMS (Organização Mundial da Saúde), tendo 62,5% ultrapassado mais de 10 dB do valor de referência estabelecido para o período diurno, demonstrando que parte da população da região está sendo potencialmente exposta ao desconforto acústico devido ao ruído de tráfego.

Palavras-chave: acústica urbana, mapa de ruído, ruído de tráfego.

ABSTRACT
The city of João Pessoa, as well as other expanding capitals, has seen an increase in the vehicle fleet without urban policies to control noise pollution. Acoustic maps or noise maps can be used to represent vehicle traffic noise in urban spaces, making it possible to diagnose this problem and consequently make decisions for municipal management to update urban legislation, particularly regarding environmental pollution, and develop strategies to mitigate urban noise. In this sense, this research aims to map the traffic noise in the Tambaú neighborhood, an important tourist area of João Pessoa, the capital of the state of Paraíba. Information on morphological, acoustic, and traffic parameters was collected to develop noise maps for morning and afternoon shifts using the SoundPLAN software. All measurement points in the study were noncompliant with NBR 10151 and the World Health Organization (WHO), with 62.5% exceeding more than 10 dB of the reference value established for the daytime period, demonstrating that part of the population in the region is potentially exposed to acoustic discomfort due to traffic noise.

Keywords: urban acoustics, noise map, traffic noise.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao crescente processo de industrialização e urbanização das últimas décadas, o ruído de tráfego tornou-se o agente mais prejudicial para a poluição sonora em áreas urbanas (SOUSA, 2004). De acordo com Bistafa (2018), o ruído é um som indesejado, normalmente associado a uma conotação negativa. Na Europa, a insustentabilidade da exposição à poluição sonora elevada promoveu a criação de leis específicas para tratar do problema, como a Diretiva Europeia 2002/49/CE, que instituiu os mapas acústicos como um importante instrumento de gestão ambiental (PINTO, 2013). Em geral, o mapeamento acústico consiste em representar espacialmente o ruído ambiental, sobrepondo todas as fontes sonoras de um determinado cenário acústico. É "representado por meio de curvas isofônicas com zonas que possuem o mesmo nível de pressão sonora" (PINTO, 2013, p.28).

A OMS – Organização Mundial da Saúde – considera a poluição sonora como a segunda maior causa de poluição no mundo, perdendo apenas para a poluição atmosférica (WHO, 2017). É importante destacar que "pesquisas científicas alertam que o homem parece estar cada dia mais habituado com o ruído" (LACERDA et al., 2005, p.2). Independentemente da percepção do usuário, a exposição contínua a emissões sonoras superiores a 55 dB (decibels) pode desencadear problemas de saúde, como aumento da pressão arterial e aceleração da respiração. Acima de 80 dB, podem causar lesões irreparáveis no aparelho auditivo humano (*ibid.,* 2005).

Com o avanço tecnológico acompanhado nas últimas décadas, desenvolveram-se softwares capazes de calcular, predizer e representar com mais rapidez e precisão diferentes cenários acústicos, fazendo do mapeamento acústico um dos principais métodos empregados para representação espacial do ruído, podendo ser elaborados por simuladores computacionais, tais como *SoundPLAN*, *Predictor* e *CadnaA*. Essas cartografias podem servir "como base para a tomada de decisões quanto às estratégias de intervenção e/ou políticas legislativas para redução da poluição sonora" (BRASILEIRO, 2017, p.56).

No Brasil, a exposição sonora em áreas habitadas é regulamentada pela Norma ABNT NBR 10151 "Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral", revisada em 2019. Essa norma estabelece limites de níveis de pressão sonora (NPS) de acordo com os diferentes tipos de áreas habitadas e fornece suporte a legislações em esferas federal, estadual e municipal. O incentivo para estudos nessa área veio de diferentes iniciativas (ex.: pública, privada e academia), incluindo a carta acústica desenvolvida para Belém/PA e Fortaleza/CE em 2002, além da expansão da temática no meio acadêmico nos anos seguintes. Em João Pessoa, o grupo de pesquisas SOMar, vinculado ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, tem investigado o ruído de veículos na zona leste da cidade, dando continuidade ao trabalho desenvolvido por Brasileiro (2017), que elaborou o mapa de ruído veicular para o bairro Castelo Branco, em 2016.

2. OBJETIVO

O objetivo geral desta pesquisa é realizar o mapeamento do ruído de tráfego de veículos do bairro Tambaú na cidade de João Pessoa/PB, utilizando como ferramenta o *SoundPLAN*.

3. MÉTODO

Em linhas gerais a pesquisa contou com as seguintes etapas: (i) caracterização do bairro; (ii) levantamento dos parâmetros morfológicos, acústicos e tráfego, apoiados por pesquisas de campo; e, por fim, (iii) elaboração dos mapas de ruído no *SoundPLAN*, bem como sua validação, análise e discussão dos resultados.

3.1. Bairro Tambaú, breve histórico

O bairro de Tambaú está localizado na Zona Leste da cidade de João Pessoa – PB. Possui uma extensão de 0,85 km², aproximadamente, e está limitado ao norte com os bairros Manaíra e São José, a oeste com Miramar, ao sul com Cabo Branco e a leste com o Oceano Atlântico (Figura 1). Historicamente, a área consolida-se no contexto do processo de expansão urbana da cidade em direção à orla marítima, iniciado ainda na década de 1920 com a abertura da Avenida Presidente Epitácio Pessoa. Segundo Coutinho (2003), a ocupação da região é intensificada pela construção do Hotel Tambaú (1966-1970), marcando o início das operações turísticas na Paraíba e, consequentemente, atraindo novos empreendimentos turismo e lazer para o bairro.

As décadas seguintes foram decisivas para a ocupação permanente dos bairros Tambaú, Manaíra e Cabo Branco. Através dos dados do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, nota-se que o bairro apresentou crescimento demográfico de 44,5% entre 2000 e 2010: passando de 6.749 habitantes em 2000, para

9.752 em 2010. Devido à valorização imobiliária do bairro, esse crescimento é acompanhado por um intenso processo de verticalização e adensamento populacional. Se comparado o número de domicílios entre os últimos dois levantamentos, esse valor quase que dobrou (85,1%), passando de 1.873 para 3.457 habitações, sendo 84,7% unidades habitacionais do tipo apartamento. Na perspectiva deste trabalho, os dados demográficos são importantes por apontarem uma tendência de aumento das populações potencialmente expostas aos níveis de ruído urbano gerado pelo tráfego de automóveis na região.



Figura 1 - Mapa de localização do objeto de estudo.
Legenda: (a) Brasil; (b) Paraíba; (c) João Pessoa e ampliação do bairro Tambaú e seus vizinhos.
Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2. Parâmetros morfológicos

A influência da forma urbana na propagação sonora ao ar livre, como apresentada por Guedes (2005), é percebida se forem observados os elementos morfológicos do espaço urbano (via, rua e quadra) e o conceito de espaços acústicos (aberto e fechado). Esta etapa subsidia a construção do modelo tridimensional do bairro e consiste na reunião de informações morfológicas da área, o que inclui: topografia, áreas de vegetação densa, uso e ocupação do solo, massa construída e gabarito, hierarquia viária e recobrimento das vias. Por não apresentar massas vegetadas densas e grande variação topográfica, esses fatores não foram considerados na construção do mapa acústico deste bairro.

Assim, foram levantadas informações cartográficas do bairro Tambaú utilizando ferramenta SIG – Sistema de Informações Geográficas, sendo escolhido para essa finalidade o Quantum GIS (QGIS) por ser um programa de código aberto e, também, por permitir a exportação de arquivos em diferentes formatos. Foram gerados os mapas: uso e ocupação do solo; massa construída; gabarito das edificações; hierarquia viária; e, recobrimento das vias. As Figuras 2 e 3 ilustram parte dos mapas elaborados pela pesquisa.



Figura 2 - Mapa de uso e ocupação do solo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

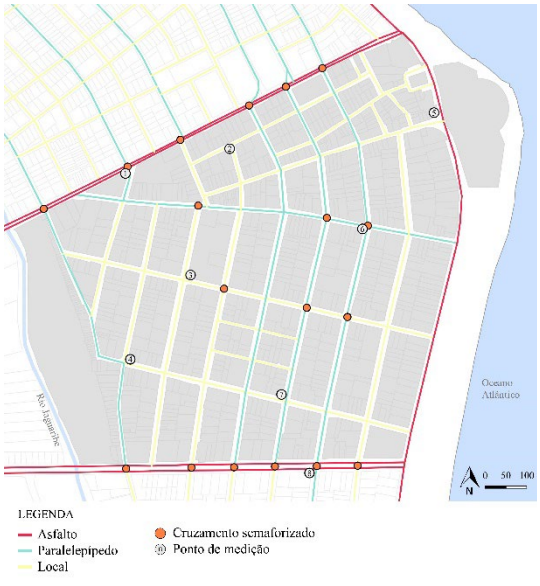


Figura 3 - Mapa de hierarquia viária.

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2. Parâmetros acústicos e tráfego

Após levantadas informações sobre a morfologia do bairro estudado, iniciou-se o planejamento da pesquisa de campo. Primeiramente, foram definidos os pontos de medição onde seriam aferidos os parâmetros acústicos e

de tráfego simultaneamente. Ao todo foram estabelecidos oito pontos medição (Figura 4), buscando atender aos diferentes níveis de hierarquia de via (arterial, coletora e local) e seu respectivo recobrimento do solo (asfalto e paralelepípedo). Por estarem localizados nas esquinas das quadras, também permitiu observar a interação entre esses diferentes níveis (ex.: arterial-coletora, coletora-coletora, coletora-local).



Figura 4 - Mapa de pontos de medição, Tambaú.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Os pontos de medição foram divididos entre duas equipes de três voluntários por turno, sendo coletados os parâmetros acústicos e de tráfego durante 5 minutos em cada ponto, seguindo método apresentado por Brasileiro (2017). As medições aconteceram nos horários considerados de pico, ou seja, quando o tráfego de veículos é intenso na região, de 6h 30min às 7h 30min (matutino) e de 17h 30min às 18h 30min (vespertino). E, em dias considerados típicos da semana, terça à quinta-feira, evitando o restante dos dias da semana, feriados e datas comemorativas. Assim, realizou-se as medições nos dias 04, 05, 10 e 12 de dezembro de 2019[1]. Com isso, buscou-se caracterizar um cenário típico da poluição sonora nesses horários proveniente do fluxo de automóveis, principal fonte sonora considerada nesta pesquisa. Destacamos, também, que o período noturno não é considerado nos cenários devido à menor presença de tráfego intenso.

Como mencionado anteriormente, os parâmetros acústicos consistem na aferição do Nível de Pressão Sonora (NPS) nos pontos de medição determinados. Na acústica ambiental, destaca Nagem (2004), o circuito de compensação ou ponderação em A é comumente utilizado por se aproximar da maneira como o ouvido humano percebe os sons, sendo mais sensíveis às frequências de 2 kHz a 5 kHz. O circuito pode ser indicado tanto no nome do descritor de ruído, como na unidade utilizada, por exemplo LAeq. Para aferição do NPS, foram utilizados o Medidor Multifuncional ITMP-600 e o sonômetro da marca 01dB, modelo SOLO SLM (tipo 2), disponibilizados pelos Laboratórios de Conforto Ambiental da UFPB e UFRN, respectivamente. Os equipamentos (Figura 5) estavam devidamente calibrados e foram posicionados em uma das esquinas de cada cruzamento escolhido, com o tripé a 1,2 metros de altura do solo e distante 2 metros de qualquer superfície refletora, como muros e paredes, de acordo com os parâmetros recomendados pela NBR 10151. Os parâmetros acústicos medidos podem ser observados na Figura 6.

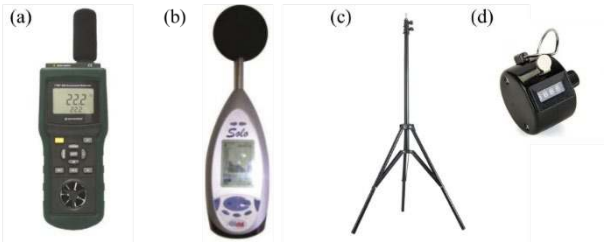


Figura 5 - Ferramentas e equipamentos utilizados para medição
Legenda: (a) ITMP-600; (b) SOLO SLM (Pinto, 2013); (c) Tripé; (d) Contador manual

[1] Os resultados deste trabalho foram obtidos antes do surgimento da emergência sanitária no Brasil em março de 2020, e, portanto, não foram apresentados em outros eventos relacionados à área de acústica ambiental.

NÍVEIS SONOROS EQUIVALENTES - LAeq						
Pontos	Dia 1		Dia 2		Dia 3	
	Matutino	Vespertino	Matutino	Vespertino	Matutino	Vespertino
1	69,0	65,3	71,0	66,1	68,0	63,8
2	58,0	52,9	61,0	54,3	61,0	51,1
3	66,0	64,2	65,0	63,6	66,0	67,1
4	60,0	65,8	63,0	64,3	63,0	62,9
5	60,1	60,7	59,9	62,1	62,4	61,3
6	65,1	64,9	65,3	64,2	64,7	63,8
7	61,6	61,3	65,2	62,5	64,8	63,1
8	73,3	71,9	76,1	73,2	75,2	75,8

Figura 6 - Níveis sonoros equivalentes medidos in loco.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim, foram registrados o fluxo veículos nos locais de medição, dividido em duas categorias: veículos leves (VL), carros e motos; e veículos pesados (VP), caminhões, vans, ônibus etc. Os dados foram levantados utilizando contadores manuais e, devido ao ruído produzido, a contagem respeitou uma distância mínima de 1 metro entre o voluntário e o equipamento de medição. Essas informações alimentam o modelo gerado, sendo ainda necessário corrigir o valor total para um período de 60 minutos. Assim, soma-se os três valores obtidos (15 minutos) para cada ponto e multiplica-se por 4 (Figura 7), sendo o produto (veh/h) associado à sua respectiva via (A ou B) no *SoundPLAN*.

CONTAGEM DE VEÍCULOS (LEVES E PESADOS)																
Pontos		Dia 1				Dia 2				Dia 3				(veh/h)			
		Matutino		Vespertino		Matutino		Vespertino		Matutino		Vespertino		Matutino		Vespertino	
		VL	VP	VL	VP	VL	VP	VL	VP	VL	VP	VL	VP	VL	VP	VL	VP
1	A	159	4	190	4	120	7	98	1	48	1	137	4	1.308	48	1.700	36
	B	248	9	127	2	223	10	197	7	91	2	152	4	2.248	84	1.904	52
2	A	16	0	14	0	16	0	14	0	9	1	14	0	164	4	168	0
	B	8	0	1	0	3	0	6	0	4	0	5	0	60	0	48	0
3	A	63	0	48	1	72	2	48	1	46	0	42	0	724	8	552	8
	B	113	1	66	3	136	2	65	1	55	0	57	1	1.216	12	752	20
4	A	120	0	22	0	114	3	24	0	49	1	87	0	1.132	16	532	0
	B	30	1	89	2	30	2	94	0	25	0	18	0	340	12	804	8
5	A	36	2	37	0	17	0	46	0	13	1	58	1	264	12	564	4
	B	17	2	6	0	8	0	12	0	6	1	11	1	124	12	116	4
6	A	119	2	131	7	50	1	98	0	54	1	111	1	892	16	1.360	32
	B	32	0	44	1	12	0	76	0	11	3	67	1	220	12	748	8
7	A	186	8	147	1	64	1	136	0	82	1	133	2	1.328	40	1.664	12
	B	15	0	16	0	19	0	14	0	6	0	16	1	160	0	184	4
8	A	208	12	183	7	97	1	187	6	93	2	208	3	1.592	60	2.312	64
	B	392	12	172	4	171	4	166	5	145	2	174	2	2.832	72	2.048	44

Figura 7 – Fluxo veicular coletado in loco
Fonte: Elaborado pelos autores.

4. RESULTADOS

De acordo com Bistafa (2018), os estudos relacionados à propagação sonora ao ar livre observam três componentes: fonte, trajetória e receptor. A fonte possui "uma certa potência sonora, gerando um nível sonoro que pode ser medido nas imediações da fonte" (BISTAFA, 2018, p.202) e devido a propagação, o nível sonoro passa ser atenuado ou, até mesmo, amplificado à medida que aumenta a distância entre a fonte e o receptor. Quando tratamos do ruído de tráfego, a forma urbana e a disposição dos elementos que compõe o tecido urbano serão determinantes para o entendimento da propagação sonora ao ar livre (GUEDES, 2005). Assim, através da análise dos mapas de ruído gerados para os turnos matutino e vespertino, podemos observar como a co''nformação do tecido urbano pode contribuir ou não para o conforto acústico no bairro estudado.

4.1. Validação do modelo

Comparando os valores obtidos nas medições com os que foram calculados pelo *SoundPLAN*, identificamos que sete dos oito pontos estão totalmente calibrados (Figura 8), tendo alguns valores bem próximos, como no ponto 8 durante o período matutino onde o desvio chegou a 0,1 dB. Apenas o ponto 6 apresentou desvio superior ao considerado por Licitra e Memoli (2008), ±4,6 dB, chegando a uma diferença de 12,2 dB entre o valor calculado e o medido para o turno vespertino, ultrapassando 7,6 dB.

NÍVEIS SONOROS EQUIVALENTES - Média						
Pontos	Matutino			Vespertino		
	Medido	Calculado	Desvio	Medido	Calculado	Desvio
1	69,3	70,2	0,9	65,1	69,6	4,5
2	60,0	56,6	-3,4	52,8	55,9	3,1
3	65,7	68,7	3,0	65,0	67,6	2,6
4	62,0	64,1	2,1	64,3	62,8	-1,5
5	60,8	62,0	1,2	61,4	62,9	1,5
6	65,0	66,6	1,6	64,3	76,5	12,2
7	63,9	66,5	2,6	62,3	66,6	4,3
8	74,9	75,0	0,1	73,6	75,7	2,1

Figura 8 – Comparativo entre os LAeq medido e calculado.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Apesar disso, Pinto (2013) destaca alguns fatores que podem ocasionar em erros nas medições:

1) Modelo de cálculo: não existe modelo de cálculo definido para as características locais de João Pessoa – PB. Apesar de ser um dos modelos mais populares, a RLS-90 trata-se de uma norma para atender as características da Alemanha, podendo gerar alguns erros experimentais;
2) Simplificação da modelagem: apesar de não servirem como "barreira efetiva de grande impacto por serem elementos isolados" (PINTO, 2013, p.99), alguns elementos desconsiderados, como muros, podem influenciar pontualmente o valor obtido in loco. Além disso, temos a simplificação na representação das edificações, entendida pelo software apenas como um bloco, onde as aberturas e varanda, por exemplo, são desconsideradas;
3) Número de reflexões: não existe um número de reflexões exato para a cidade, tendo sido realizadas simulações usando apenas uma reflexão. O número ideal de reflexões irá depender "da morfologia do local, no qual cada vez mais edificações verticais na lindeira da via, maior será o número de reflexões. Assim, ao inserir outros dados de entrada no número de reflexões poderão existir erros" (PINTO, 2013, p.99).

4.2. Mapas de ruído

Inicialmente será apresentada análise geral dos mapas acústicos matutino e vespertino no bairro de Tambaú. Como se pode perceber, grande parte do bairro convive com a exposição diária à níveis acima de 50 dB nos cenários matutinos e vespertino (Figuras 9 e 10), níveis já considerados nocivos à saúde humana pela OMS. As avenidas Ruy Carneiro e Epitácio Pessoa (ver posição na Figura 4) são grandes arteriais responsáveis pela distribuição dos fluxos da região, com tráfego intenso de veículos nos horários de pico. Consequentemente, nelas o LAeq se mantém constante nos cenários matutino e vespertino, variando entre 65 e 75 dB. E, a partir dessas vias o tráfego é distribuído por uma rede de vias coletoras que apresentam níveis de ruído semelhantes.

O destaque para as vias coletoras se dá por elas serem elementos marcantes no tecido urbano do bairro, visto que cruzam a área no sentido norte-sul e, consequentemente, acabam expondo as maiores faces das quadras ao ruído, ou seja, maior número de edificações, diferentemente das vias principais mencionadas, que agem no perímetro. Esses aspectos demonstram-se preocupantes em três sentidos: 1) por indicar a dependência do deslocamento pendular dos bairros por esse nível hierárquico de via; 2) por já apresentaram pontos recorrentes de congestionamento, ou seja, indícios de sobrecarga do sistema viário da região; e, por fim, 3) pelo bairro apresentar constante processo de transformação e adensamento populacional, demonstrado nos últimos dois censos demográficos. Vale ainda destacar que em janeiro de 2019, a frota de João Pessoa chegava aos 406 mil veículos, de acordo com dados do DETRAN – PB, demonstrando uma tendência de crescimento médio de 4,9% ao ano nos últimos cinco anos.

Dentre os dois cenários apresentados, o mapa de ruído para o turno vespertino apresenta resultados ainda mais preocupantes, novamente influenciado pela rede de vias coletoras. Na rua Nossa Senhora dos Navegantes (representada com uma cor mais intensa na Figura 10), por exemplo, o LAeq se aproxima dos 80 dB, bem próximo ao considerado limite do som lesivo (WHO, 2017). Outra importante avenida que apresentou níveis sonoros muito altos foi a Helena Meira Lima, que praticamente é o eixo horizontal central do bairro. No período vespertino, outra avenida paralela a esta ganha muito destaque, trata-se da Nego. Nesse horário vale a pena ressaltar que toda a quadra compreendida entre as coletoras Nossa Senhora dos Navegantes e Maria Sales atinge níveis sonoros muito altos, acendendo alerta para todos os edifícios que ali estão compreendidos.



Figura 9 - Mapa de ruído de tráfego (turno matutino), Tambaú.

Fonte: Elaborado no *SoundPLAN*.



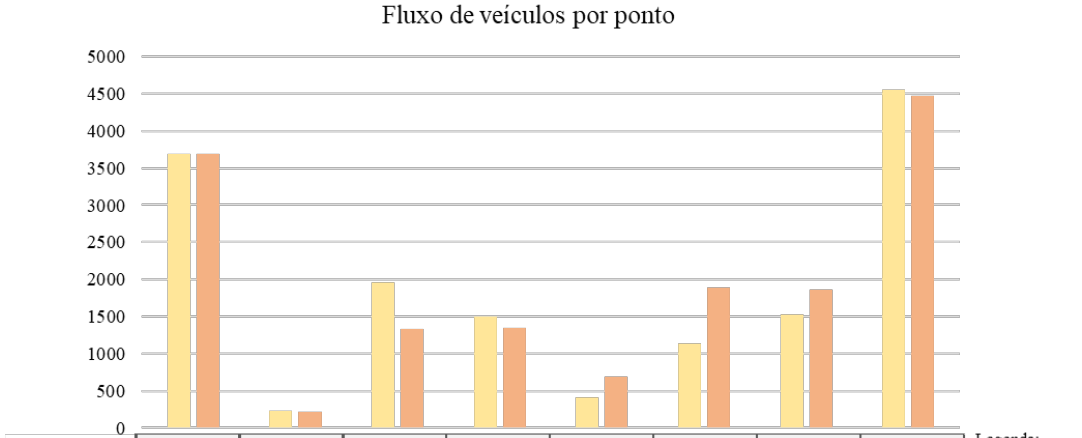
Figura 10 - Mapa de ruído de tráfego (turno vespertino), Tambaú.

Fonte: Elaborado no *SoundPLAN*.

4.3. Comparativo entre os pontos de medição

Se considerarmos apenas os valores calculados pelo *SoundPLAN*, a distribuição dos oito receptores pontuais (SPS) pelo bairro apontou duas diferentes realidades acústicas no bairro Tambaú atreladas às dinâmicas do

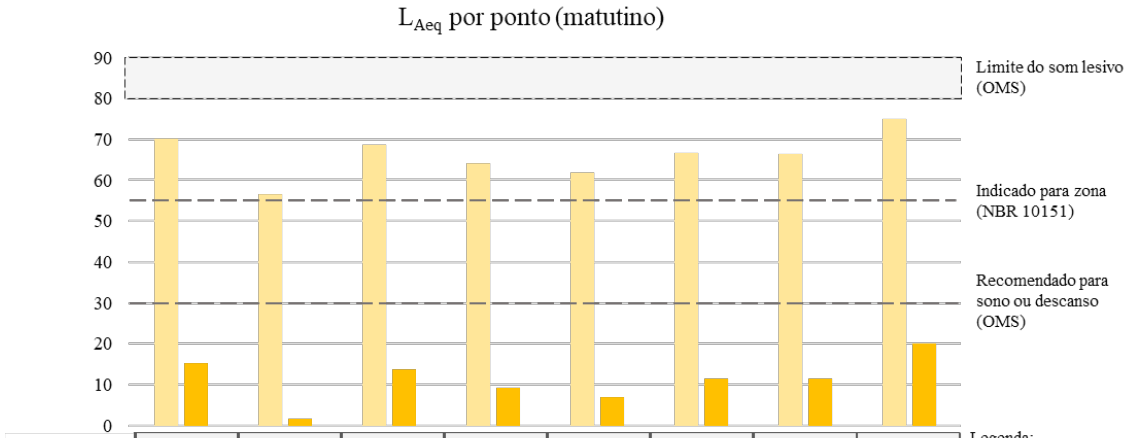
fluxo de veículos ao longo do dia naqueles locais (Figura 11). A primeira engloba os pontos 1 ao 4, onde o cenário mais crítico é percebido durante o turno matutino. Enquanto que a segunda, mais a leste e com os pontos 5 ao 8, o cenário vespertino apresenta-se mais intenso e LAeq próximo ao limite do som lesivo, intervalo definido pela OMS entre 80 e 90 dB. Nas Figuras 12 e 13, que correspondem aso valores calculados para o turno matutino e vespertino, podemos observar que todos os valores calculados estão acima do limite indicado para áreas mistas predominantemente residenciais pela NBR 10151, em alguns pontos o excedente chega a ser superior a 20 dB, revelando uma desconformidade preocupante.



	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Matutino	3688	228	1960	1500	412	1140	1528	4556
Vespertino	3692	216	1332	1344	688	1888	1864	4468

Figura 11 - Fluxo de veículos por ponto de medição.

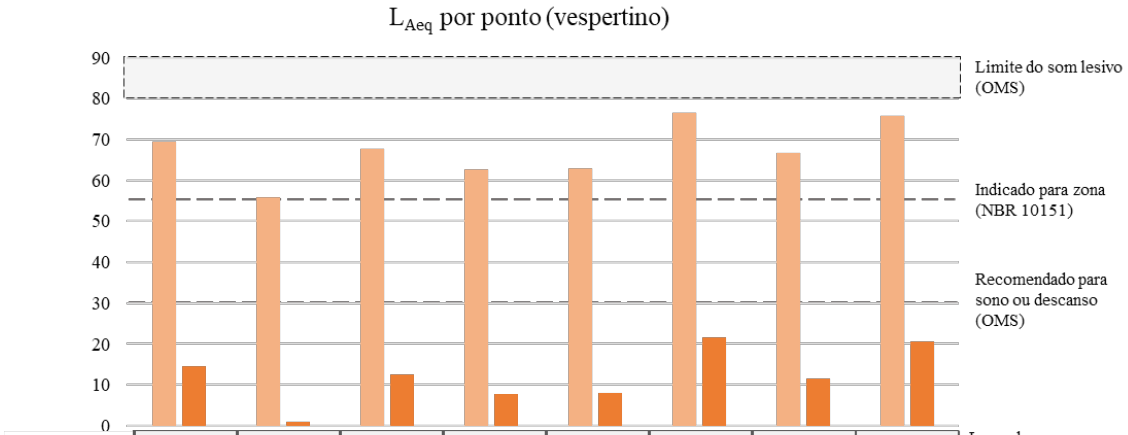
Fonte: Elaborado pelos autores.



	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Matutino	70,2	56,6	68,7	64,1	62,0	66,6	66,5	75,0
Excedente	15,2	1,6	13,7	9,1	7,0	11,6	11,5	20,0

Figura 12 - Comparativo entre os valores calculados (matutino) e limite indicado pela NBR 10151.

Fonte: Elaborado pelos autores.



	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Vespertino	69,6	55,9	67,6	62,8	62,9	76,5	66,6	75,7
Excedente	14,6	0,9	12,6	7,8	7,9	21,5	11,6	20,7

Figura 13 - Comparativo entre os valores calculados (matutino) e limite indicado pela NBR 10151.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Dentre todos os pontos, P2 é o que apresenta os valores mais próximos ao estabelecido pela norma para o período diurno, ou seja, 55 dB. Isso pode ser justificado por estar localizado em um cruzamento de vias locais com recobrimento de paralelepípedo, que acabam atraindo menor fluxo de veículos e servem principalmente o fluxo dos residentes da área. Fazendo contraponto a esse cenário, observamos os níveis sonoros de P1 e P3 que apresentaram valores entre 65 e 70 dB. Nesse caso, a forma urbana e os espaços acústicos resultantes podem ser um elemento determinante para explicar tais valores, pois em P3 o tráfego de automóveis correspondeu apenas 53% e 36%, respectivamente manhã e tarde, daquele registrado na avenida Senador Ruy Carneiro (P1) durante os dois turnos de medições. Ou seja, apesar do tráfego ter se demonstrado menor no ponto 3, os níveis de pressão sonora nesses dois pontos são semelhantes, o que é preocupante. Em relação ao ponto 4, apesar da pequena diferença de 1,1 dB entre os valores calculados para P4 nos dois turnos, o fluxo de veículos foi 32% menor durante a tarde.

Como mencionado, os pontos 5 ao 8 apresentaram piores níveis sonoros durante o turno vespertino, sendo as situações mais dramáticas identificadas em P6 e P8, onde o LAeq aproxima-se de 80 dB. P5 e P7 apresentam pouca variação entre os valores calculados para os dois turnos, mas também excedem o indicado pela NBR 10151. Observa-se como a forma do edifício Hotel Tambaú (circular), conversa no sentido de difundir a onda sonora e, em contrapartida, favorece a criação de uma área silenciosa no pátio interno do hotel, o que é vantajoso para os quartos que ali estão posicionados. Em aspectos gerais, observa-se que o fluxo de veículos nessa região intensifica-se no turno vespertino, contribuindo para esse cenário. No caso de P6, parte dos veículos que cruzam a rua Nossa Senhora dos Navegantes é proveniente da avenida Epitácio Pessoa, seguindo a direção norte até a avenida Ruy Carneiro e o bairro Manaíra. Somado a isso, o tráfego na avenida Nego, que corta esse eixo norte-sul perpendicularmente, foi 70% maior em relação ao turno matutino. Apesar de P6 ter apresentado menos da metade do tráfego observado no ponto 8, os níveis sonoros são semelhantes.

5. CONCLUSÕES

A pesquisa realizada sobre o mapeamento do ruído de tráfego no bairro Tambaú, utilizando o *software SoundPLAN*, forneceu informações importantes sobre a poluição sonora na cidade de João Pessoa. Os resultados mostraram que todos os pontos estudados apresentaram desconformidade com a NBR 10151, tendo 62,5% deles ultrapassado mais de 10 dB do valor de referência estabelecido para o período diurno. Vale destacar que 7 dos 8 pontos estão totalmente calibrados, seguindo os valores para desvio padrão apontados pela literatura, garantindo 95% de confiabilidade daqueles cenários. A partir dos mapas desenvolvidos, observa-se ruído em excesso nas vias coletoras que cortam o bairro, o que contribui, potencialmente, para uma maior exposição de áreas e pessoas a situações desconfortáveis e prejudiciais à saúde. A pesquisa sugere, como trabalhos futuros, a inclusão de fontes pontuais, o desenvolvimento de zoneamento acústico e a elaboração de mapas de conflitos.

Por fim, para promover o conforto acústico urbano, é necessário levar em consideração o planejamento urbano, o controle de fontes sonoras, o isolamento acústico de edifícios e a educação da população sobre os efeitos prejudiciais do ruído na saúde e no bem-estar. A pesquisa realizada oferece uma base sólida para a

tomada de decisões e a implementação de medidas eficazes para mitigar os efeitos negativos da poluição sonora na cidade de João Pessoa e em outras cidades do mundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151**: Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro, 2019.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. 3ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2018.

BRASILEIRO, Tamáris da Costa. **Mapeamento sonoro:** Estudo do ruído urbano no bairro Castelo Branco, em João Pessoa/PB. 2017. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

COUTINHO, Marco Antônio Farias. **Evolução urbana e qualidade de vida:** O caso da Avenida Epitácio Pessoa. 2004. Dissertação – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2004.

GUEDES, Italo César Montalvão. **Influência da forma urbana em ambiente sonoro: um estudo no bairro Jardins em Aracaju (SE)**. 2005. 126p. Dissertação – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

LACERDA, Adriana Bender Moreira de et al. Ambiente urbano e percepção da sonora. **Ambiente. soc.**, Campinas, v.8, n.2, p.85-98, dezembro de 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2005000200005&lng=en&nrm=iso>. acesso em: out. 2019.

NAGEM, M. P. **Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia**. 2004. 119p. Dissertação – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

LICITRA, G; MEMOLI, G. **Limits and advantages of Good Practice Guide to Noise Mapping**. Paris: Euronoise, 2008. Disponível em <http://webistem.com/acoustics2008/acoustics2008/cd1/data/articles/002677.pdf>. acesso em: out. 2019.

PINTO, Débora Nogueira. **Mapeamento Acústico como ferramenta para Predição de Ruído Urbano na área de influência do estádio Arena das Dunas, Natal/ RN**. 2013. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

SOUSA, D. da S. I**nstrumentos de gestão de poluição sonora para a sustentabilidade das cidades brasileiras.** 616 f. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for community noise**. 2017. Disponível em: <http://www.who.int/docstore/peh/noise/gu>.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica concedida para a realização da pesquisa, bem como aos voluntários do grupo de pesquisa SOMar da Universidade Federal da Paraíba pela disponibilidade para as idas a campo.