XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

INFLUÊNCIA DAS CONDICIONANTES FÍSICO-AMBIENTAIS NA PROPAGAÇÃO DO RUÍDO DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS RODOVIAS BR 163 E BR 230

Ana Carolina de Souza (1), Tamáris Brasileiro (2), Erika Borges (3), Bianca Araújo (4), Virgínia Araújo (5)
(1) Graduanda em engenharia civil, carolsouzza14@hotmail.com, UNEMAT
(2) Doutoranda em arquitetura e urbanismo, tamarisbrasileiro@gmail.com, UFRN
(3) Profª Doutora em engenharia civil, erika.borges.acustica@gmail.com, UNEMAT
(4) Profª Doutora em arquitetura e urbanismo, dantasbianca@gmail.com, UFRN
(5) Profª Doutora em arquitetura e urbanismo, virginiamdaraujo@gmail.com, UFRN
Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto Ambiental, Cx Postal 1524, Natal-RN, CEP 59078-970, Tel (84) 3215 3721

RESUMO
As fontes sonoras propagadas no espaço urbano, em especial o ruído de tráfego rodoviário, têm elevado os índices de poluição sonora nas grandes cidades. Para avaliação e monitoramento dessa poluição sonora, surgem os mapas de ruído, que permitem representar, por meio das curvas isofônicas, os níveis de pressão sonora atuantes no espaço urbano. Nesse contexto, o presente estudo objetiva avaliar a influência das condicionantes físico-ambientais na propagação do ruído de tráfego rodoviário, por meio da comparação entre duas rodovias brasileiras, a BR 163 (Sinop/MT) e a BR 230 (João Pessoa/PB). Como resultado, observou-se que apesar da BR 230 possuir um volume de tráfego bem mais elevado do que a BR 163, porém a BR 230 em João Pessoa apresentou um cenário menos crítico quanto ao ruído de tráfego rodoviário. Esse resultado foi decorrente da influência direta que a topografia acidentada e a vegetação densa, presentes nas margens da BR 230, exerceram na propagação da onda sonora. Em virtude da grande quantidade de vazios urbanos em Sinop, as ondas sonoras alcançam maiores distâncias, aumentando assim, a área de atuação da poluição sonora na malha urbana. Além dos vazios urbanos, a malha viária de Sinop é menos concentrada quando comparada à de João Pessoa. Ambas as cidades apresentam níveis critério de avaliação, em dB(A), em desconformidade com os parâmetros estabelecidos com a NBR 10.151. A pesquisa demonstrou que o mapeamento é uma importante ferramenta para visualização do ruído ambiental, podendo ser utilizados como parâmetros para o estabelecimento de medidas de combate à poluição sonora.
Palavras-chave: poluição sonora, ruído rodoviário, mapa de ruído.

ABSTRACT
The sound sources propagated in urban space, especially road traffic noise, have raised noise pollution rates in large cities. For the evaluation and monitoring of this noise pollution, the noise maps appear, which allow to represent, through the isofonic curves, the sound pressure levels acting in the urban space. In this context, the current study allows to evaluate the influence of physical and environmental factors on the propagation of road traffic noise, by comparing two Brazilian highways, BR 163 (Sinop / MT) and BR 230 (João Pessoa / PB). As a result, it was observed that although BR 230 has a much higher traffic volume than BR 163, but the BR 230 in João Pessoa presented a less critical scenario regarding road traffic noise. This result was due to the direct influence that the rough topography and the dense vegetation, present in the margins of the BR 230, applied in the propagation of the sound wave. Due to the large number of urban voids in Sinop, sound waves reach greater distances, consequently increasing noise pollution in the urban mesh. In addition to the urban voids, the Sinop road network is less concentrated when compared to João Pessoa. Both cities present areas of evaluation criteria, in dB(A), in disagreement with the parameters established with NBR 10.151. The research demonstrated that the mapping is an important tool for visualizing environmental noise, and can be used as parameters for the establishment of measures to combat noise pollution.
Keywords: noise pollution, road noise, noise map.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado das cidades resulta no surgimento de fontes de ruído propagadas no espaço urbano. Essas fontes, quando em excesso, resultam no aparecimento da chamada Poluição Sonora (GUEDES, 2005; BRASILEIRO, 2017). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a poluição sonora está em segundo lugar no ranking das poluições que causam maior impacto à população, perdendo apenas para a poluição do ar (WHO, 2016). Entretanto, em relação aos demais tipos de poluição, ela é a que apresenta o maior risco, em virtude da sua dificuldade de percepção e aceitação imediata de seus efeitos, podendo, dessa forma, interferir na saúde humana (SILVA, 2011).

A exposição ao ruído é responsável por diversos fatores de risco à saúde física e mental do ser humano, como, perda temporária ou permanente da audição, prejuízo ao sono, estresse, irritabilidade, problemas cardiovasculares e respiratórios (GUEDES, 2005).

Com o desenvolvimento da sociedade e, consequentemente, da urbanização e industrialização, houve uma extensão na malha de transporte, o que contribuiu para o agravamento da poluição sonora (GUEDES, 2005). Niemeyer (2007) aponta que isso está atrelado ao fato de os automóveis, embora individualmente menos ruidosos que os veículos de grande porte, são, em conjunto, a maior fonte de ruído urbano. Além dos automóveis, as características do tecido urbano influenciam diretamente nos resultados sonoros de determinada área, isto é, os níveis de pressão sonora resultantes de uma mesma fonte podem ser bastante diferentes, dependendo das características do entorno (NIEMEYER, 2007).

O tecido urbano apresenta cenários sonoros complexos e seus estudos precisam levar em consideração as diversas fontes sonoras atuantes. Nesse contexto, surgem os modelos computacionais voltados à realização de cálculos, análises e relatórios rápidos e com certa precisão (VENTURA *et al*., 2008). Esses modelos permitem a elaboração de mapas sonoros, que são essenciais para a avaliação do impacto ambiental causado pelo ruído de tráfego.

Apesar do conhecimento sobre os impactos negativos que a poluição sonora gera na saúde das pessoas, no Brasil, ainda é reduzido o número de municípios que apresentam estudos relacionados ao ruído de tráfego, dificultando a introdução da variável ruído nas legislações do país (BRASILEIRO *et al*, 2018).

Diferente do que acontece no Brasil, a situação no cenário exterior é bem melhor, visto que com a promulgação da Diretiva Europeia em 2002 (DIRECTIVA, 2002) foram instituídas regulamentações a serem seguidas nos países europeus, como a elaboração de mapas de ruído para municípios com população acima de 200 mil habitantes e o estabelecimento de planos de ações de combate à poluição sonora.

Como consequência da Diretiva Europeia foram desenvolvidos diversos modelos computacionais capazes de representar as fontes sonoras que se propagam no espaço urbano, em especial o ruído de tráfego rodoviário, ferroviário e aeronáutico (HINTZCHE, *et al* 2016). De acordo com Santos e Valado (2004), os mapas desenvolvidos a partir de *softwares* facilitam a identificação das áreas expostas aos altos níveis de pressão sonora e, consequentemente, a adoção de medidas para a mitigação do ruído em excesso.

Em 1972 e 1976, em meio à expansão urbana do Brasil, foram inauguradas as Rodovias BR 230, conhecida como Transamazônica, e a BR 163. Ambas se encaixam no ranking das maiores e mais conhecidas rodovias do país. A rodovia Transamazônica possui 4.223 km de extensão e percorre, no sentido Leste-Oeste, sete estados brasileiros (Cabedelo/PB à Lábrea/ AM) (OLIVEIRA NETO, 2013). A rodovia BR 163 possui 4.057 km de extensão e percorre, no sentido Norte-Sul, seis estados brasileiros (Santarém/PA à Tenente Portela/ RS).

Dentre os municípios expostos ao ruído das referidas rodovias, destacam-se Sinop/ MT e João Pessoa/PB. Enquanto que a BR 163 margeia o município de Sinop, a BR 230 corta a malha urbana de João Pessoa.

2. OBJETIVO

O objetivo geral da pesquisa é avaliar a influência das condicionantes físico-ambientais na propagação do ruído de tráfego rodoviário, tendo como estudo de caso a comparação entre as áreas de influência das rodovias BR 230 e BR 163 nas cidades de João Pessoa/PB e Sinop/MT, respectivamente.

3. MÉTODO

São disponíveis, atualmente, diversos programas computacionais voltados à área de acústica, a exemplo do SoundPLAN®. O SoundPLAN® é um *software* comercial desenvolvido pela empresa alemã Braunstein + Berndt GmbH que atua no mercado desde 1986. Destina-se à elaboração de mapas de ruído, comparações entre cenários ambientais e análise dos poluentes atmosféricos (SOUNDPLAN, 2008).

Para que o *software* elabore os mapas sonoros é necessário que seja informada uma série de dados referentes à área objeto de estudo, em especial os de natureza físico-ambientais, de tráfego e acústica. Com o levantamento da área é possível organizar uma base de dados para construção e calibração do modelo.

A primeira etapa para a elaboração do mapa de ruído é a definição da área de cálculo. No caso dessa pesquisa, delimitou-se como área de influência do ruído das rodovias, o valor de 400 metros (200 metros para cada lado do eixo da rodovia). A extensão estudada de cada rodovia foi definida por meio de observações em loco, levando em consideração a exposição de edificações com usos sensíveis às áreas de ruído elevado.

Como forma de avaliar a influência das condicionantes físico-ambientais, foi proposta a construção de dois cenários sonoros. O primeiro corresponde a representação do ruído de tráfego atual nos municípios. O segundo, por sua vez, corresponde ao cenário hipotético, onde o volume de tráfego da BR 230 foi inserido no mapeamento de Sinop e o volume de tráfego da BR 163 foi introduzido em João Pessoa. Isso permitiu a análise comparativa entre o ruído de tráfego e as condicionantes físico-ambientais, já que os dois retratariam a mesma condição de tráfego.

Para atingir o objetivo geral da pesquisa, foi necessário seguir as seguintes etapas: levantamento dos dados; elaboração da base de dados no software QGis®; elaboração de mapas de ruído no programa SoundPLAN; e análise dos resultados. O *software* utilizado para a elaboração dos mapas foi o SoundPLAN®, versão 8.0, disponibilizado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

3.1 Levantamento de dados

Os dados necessários para o levantamento da área objeto de estudo são divididos em quatro parâmetros: condicionantes físico-ambientais, voltados ao mapeamento físico/ morfológico da área; meteorológico, pontuando as características ambientais; tráfego, quantificação e caracterização do volume de tráfego; acústico, caracterização e quantificação dos níveis sonoros existentes no bairro. A seguir, são elencados esses quatro parâmetros.

3.1.1 Parâmetros físico-ambientais

Coletar dados que caracterizam a área de estudo é fundamental, pois características como gabarito das edificações, uso e ocupação do solo, largura e hierarquia das vias, altimetria, recobrimento do solo, áreas verdes densas, obstáculos e superfícies reflexivas influenciam diretamente na propagação de ondas sonoras, bem como na diminuição ou no aumento de nível de pressão sonora.

A Tabela 1 contém os condicionantes físico-ambientais das áreas de influência da BR 163 (Sinop/MT) e da BR 230 (João Pessoa/PB). Esses dados foram coletados em campo e nos arquivos digitais disponibilizados pela Prefeitura de cada município. Com base nesses dados, foram elaborados os mapas de uso e ocupação do solo (Figuras 1 e 2).

Tabela 1 – Características morfológicas entre as rodovias BR-163 e BR-230

Características	Sinop – BR 163	JP – BR 230
Topografia	Plana	Acidentada
Vegetação	Sem vegetação	Vegetação densa
Velocidade diretriz	80 km/h	80 km/h
Localização da rodovia em relação à cidade	Margeia a cidade	Corta a cidade
Uso e ocupação do solo	Uso comercial, serviço e industrial	Residencial e institucional
Número de faixas	4 faixas	4 faixas
População da cidade	140 mil habitantes	721 mil habitantes
Gabarito das edificações	Térreo e 2 pavimentos	Térreo e 2 pavimentos
Posição das edificações em relação à rodovia	Edificações afastadas da BR	Edificações “coladas” na BR
Tipo de recobrimento do solo	Asfalto	Asfalto

Fonte: Elaborada pelas autoras.



Figura 01 – Mapa de usos do solo da área de influência da BR 163 em Sinop com marcação dos pontos de medição. Fonte: Elaborado pelas autoras.

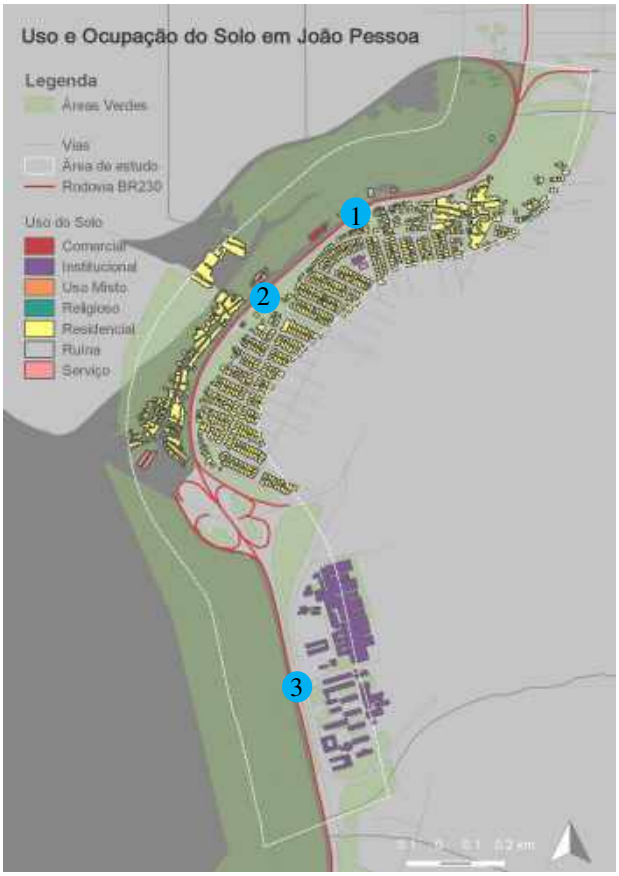

Figura 02 – Mapa de usos do solo da área de influência da BR 230 em João Pessoa com marcação dos pontos de medição. Fonte: Elaborado pelas autoras.

3.1.2 Parâmetros meteorológicos

Sabendo que as condições meteorológicas podem influenciar nos níveis sonoros medidos, as medições acústicas foram realizadas em dias favoráveis meteorologicamente.

3.1.3 Parâmetros acústicos

A norma ISO 1996/1 coloca o nível de pressão sonora equivalente contínuo ponderado com a curva A como o melhor relator do ruído ambiental. Logo, as medidas de ruído coletadas, foram expressas em termos desta grandeza, L_{Aeq}.

Para a definição dos pontos de medição, considerou as características físico-ambientais, de tráfego e acústicas da área objeto de estudo. Dessa forma, foram locados três pontos de medição em cada município. (Figuras 1 e 2).

Visto que o volume do tráfego é o principal agente causador da poluição sonora, escolheu-se para realizar a coleta dos dados de tráfego e acústicos os dias e horários de pico. Por esta razão, as medições foram realizadas em dias típicos da semana (de terça à quinta-feira) (Tabela 2).

Para João Pessoa, foram realizadas medições entre 06:45h e 07:45h (período matutino) e das 18:15h ás 19:15 horas (período vespertino). As medições tiveram duração de 10 minutos e três repetições.

Em Sinop, das 07:00h às 08:00h (período matutino) e das 17:00 às 18:00 horas (período vespertino) visto que a grande maioria do setor comercial, escola e igreja iniciam suas atividades dentre esse período. As medições tiveram duração de 5 minutos e três repetições.

Tabela 2 - Níveis sonoros em dB (A) resultantes nos períodos matutino e vespertino

	SINOP		JP	
PONTOS	MAT	VESP	MAT	VESP
p01	71.6	72.5	83	81
p02	73	66.3	80	78
p03	77.6	72	78	79

Fonte: Elaborado pelas autoras.

3.1.4 Parâmetros de tráfego

Para a definição das características do tráfego local, fez-se um levantamento específico nos pontos de coleta de dados durante as medições acústicas, realizando a contagem do volume de tráfego e classificando os automóveis em duas categorias: veículos leves (carros e motocicletas) e veículos pesados. As contagens foram realizadas utilizando de contadores manuais.

A Tabela 3 apresenta os dados de tráfego obtidos nos três pontos de medição em cada município. As medições em João Pessoa foram realizadas em 10 minutos e em Sinop em 5 minutos. Porém, para a elaboração dos mapas de ruído, os dados foram estatisticamente corrigidos e extrapolados para uma hora.

Tabela 3 - Dados do volume de tráfego nos períodos matutino e vespertino nas cidades de Sinop e João Pessoa. Os valores contidos na tabela correspondem ao valor extrapolado (1h)

	SINOP						JOÃO PESSOA	
	Matutino						Matutino	
	P1		BR		P2		BR	
PONTOS	Leve	Pesado	Leve	Pesado	Leve	Pesado	Leve	Pesado
p01	572	136	920	500	296	72	8166	312
p02	668	224	760	476	352	96	8108	316
p03	724	148	824	448	440	152	8300	314
	Vespertino						Vespertino	
	P1		BR		P2		BR	
PONTOS	Leve	Pesado	Leve	Pesado	Leve	Pesado	Leve	Pesado
p01	552	176	1304	552	372	76	5966	144
p02	916	96	928	400	392	52	5900	162
p03	1004	92	840	424	404	68	6086	178

Fonte: Elaborada pelas autoras.

3.2 Metodologia para elaboração dos mapas

Após realizada toda a coleta de dados, iniciou-se a etapa de elaboração dos mapas de ruído por meio da modelagem geométrica da região. Com os mapas das áreas objeto de estudo disponibilizados tanto pela Prefeitura de Sinop quanto a de João Pessoa, foi possível exportá-los para o *software* QGIS® que além de ser gratuito, dispõe de uma interface simples e, permitiu a utilização de ferramentas para visualizar, editar e gerenciar. Por fim, o arquivo foi salvo em formato (*.dxf) e exportado para o *software* SoundPLAN®, que obteve um acréscimo de informações quanto aos dados topográficos das áreas.

Com a inserção de todos os dados no *software*, à exemplo das condicionantes físico-ambientais e dos dados acústicos e de tráfego, e da realização dos cálculos pelo programa, fez-se a aferição do modelo, comparando os dados obtidos em campo com os resultantes pelo programa. Logo após, foram gerados os mapas de ruído.

4. RESULTADOS

São apresentados e analisados, a seguir, os resultados encontrados nos dois cenários sonoros (atual e hipotético).

4.1 Situação atual

Após a inserção dos dados no programa SoundPLAN®, realizou-se o cálculo para a calibração do modelo, isto é, comparou os resultados obtidos em campo com os valores resultantes do programa. Com isso, afirma-se que os mapas elaborados estão calibrados.

Observou-se que os valores medidos em campo foram maiores do que os valores calculados pelo programa. Isso aconteceu porque na modelagem de João Pessoa foi considerado apenas o ruído proveniente da BR 230 e em Sinop o ruído proveniente da rodovia e duas perimetrais, desconsiderando outras fontes sonoras existentes na área.

Após a calibração do modelo foram gerados os mapas de ruído no plano horizontal utilizando o modelo de cálculo RLS-90, uma reflexão, raio máximo de 1.000 e malha de 40x40 metros, representado os períodos matutino e vespertino (Figuras 3 e 4).

Ao analisar os mapas da cidade de Sinop e comparar os resultados com os parâmetros estabelecidos pela NBR 10.151 (Área mista, com vocação comercial e administrativa até 60 dB(A) para o período diurno) observou-se que a maior parte da área de influência da BR 163 apresenta valores em desconformidade com a norma, em ambos períodos estudados (matutino e vespertino). Destaca-se que a área predominantemente residencial encontra-se em desconformidade com os 55 dB estabelecidos pela norma, apesar de estar

posicionada mais distante da rodovia. Os níveis sonoros atingidos na área predominantemente residencial são de aproximadamente 65 dB(A). Os níveis de pressão sonora resultante nos dois períodos foram bastante semelhantes apresentando apenas uma pequena atenuação (de até 5 dB(A)) no período vespertino.

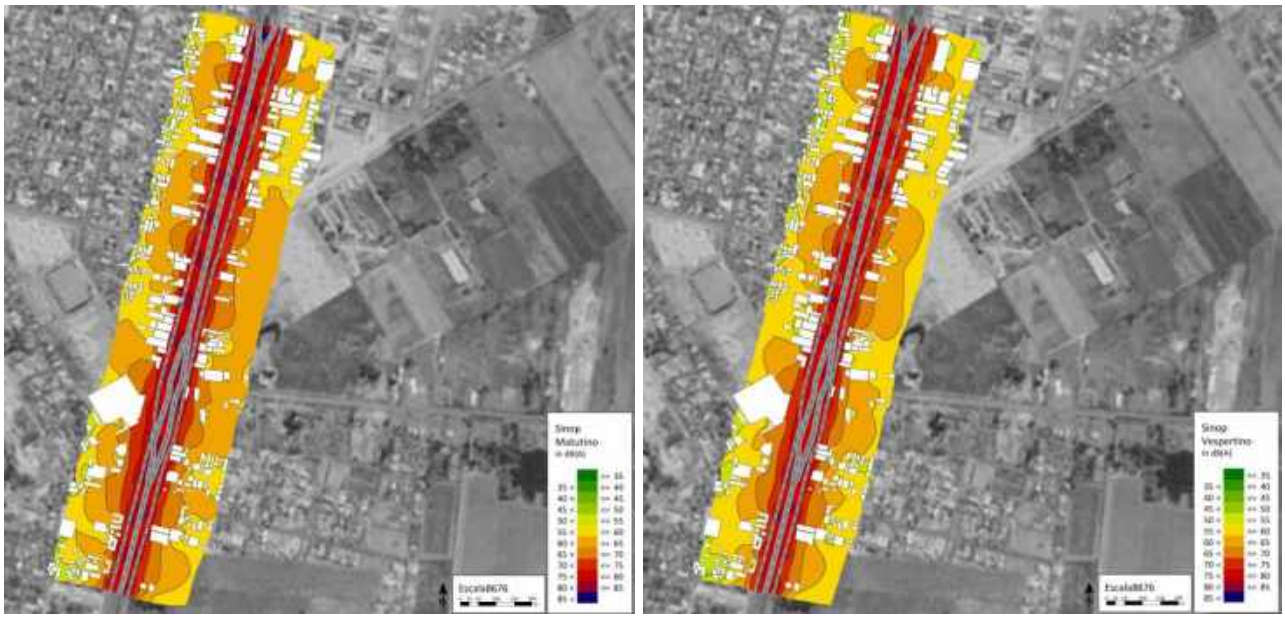

Figura 03 – Mapas de ruído da área de influência da BR 163 na cidade de Sinop, nos períodos matutino e vespertino, situação atual (fluxo real: matutino (834 veículos leves e 474 veículos pesados), vespertino (1.024 veículos leves e 458 veículos pesados)).
Fonte: Elaborado pelas autoras no *software* SoundPLAN®.

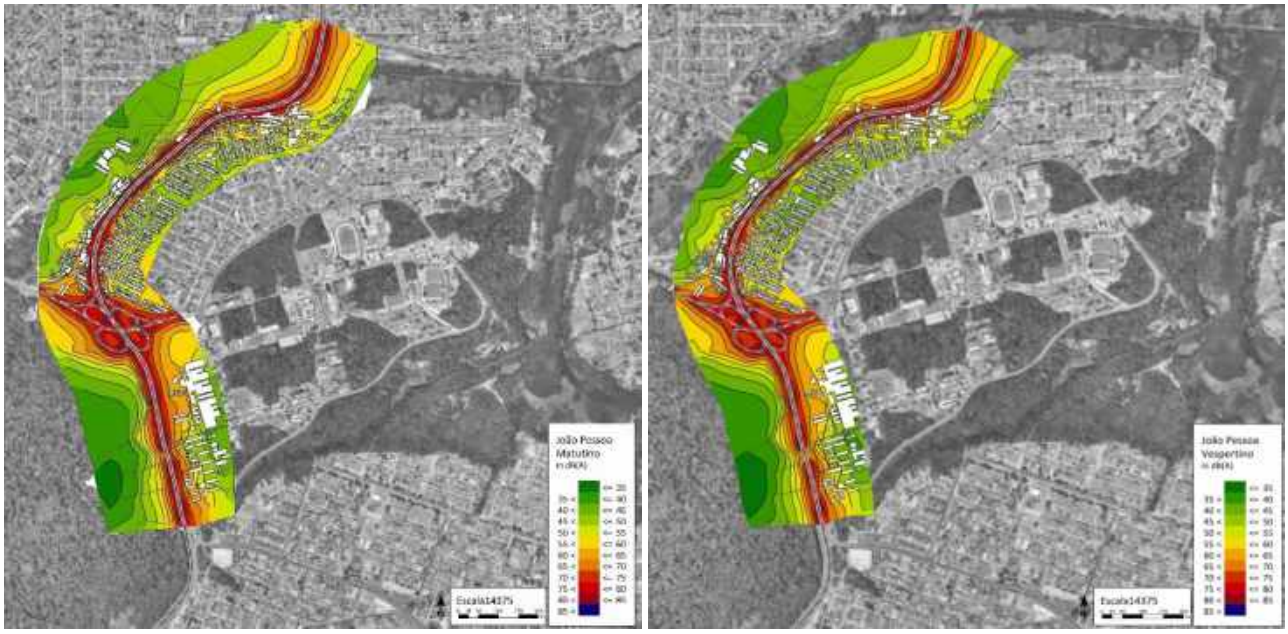

Figura 04 – Mapas de ruído da área de influência da BR 230 na cidade de João Pessoa, nos períodos matutino e vespertino, situação atual (fluxo real: matutino (8.191 veículos leves e 314 veículos pesados), vespertino (5.984 veículos leves e 161 veículos pesados)).
Fonte: Elaborado pelas autoras no *software* SoundPLAN®.

Ao analisar os mapas de João Pessoa e comparar os resultados com os parâmetros da norma NBR 10.151 (Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas até 50 dB(A) para o período diurno) observou-se que a maior parte se encontra em conformidade com a norma, exceto nas edificações expostas diretamente à rodovia. Os resultados obtidos nos períodos matutino e vespertino foram semelhantes, mas, assim como Sinop, houve uma pequena redução no período vespertino.

Ao compararmos as duas cidades, observou-se que apesar de João Pessoa possuir um volume de tráfego bem mais elevado em relação à Sinop, o mesmo apresentou um cenário menos crítico quanto ao ruído de tráfego. Esse resultado foi decorrente da influência direta que a topografia acidentada (9,5m) e a vegetação densa exerceram na propagação do som. Por conta da grande quantidade de vazios urbanos em Sinop, as ondas sonoras alcançam maiores distâncias, aumentando, assim, a área de atuação da poluição

sonora. Além dos vazios urbanos, a malha viária de Sinop é menos concentrada quando comparada à de João Pessoa, ou seja, as vias em Sinop são mais largas e espaças entre quadras com dimensões maiores, o que favorece a propagação sonora em áreas mais distantes em relação a fonte.

As duas cidades apresentam na área de influência da rodovia usos sensíveis ao ruído, à exemplo de escolas e universidades. Sendo assim, medidas de mitigação sonora devem ser tomadas nas áreas objeto de estudo de forma imediata, em especial, nos pontos mais críticos.

4.2 Situação Hipotética

Como forma de identificar a influência exercida pelas condicionantes físico-ambientais, em especial a topografia acidentada e a vegetação densa, foram elaborados os mapas de duas situações hipotéticas: Mapeamento de Sinop com volume de tráfego correspondente ao de João Pessoa (fluxo: matutino (8.191 veículos leves e 314 veículos pesados), vespertino (5.984 veículos leves e 161 veículos pesados)) e o mapeamento de João Pessoa com o volume de tráfego de Sinop (fluxo: matutino (834 veículos leves e 474 veículos pesados), vespertino (1.024 veículos leves e 458 veículos pesados)) (Figuras 5 e 6). Esses valores correspondem a média do resultado obtido na coleta dos dados de tráfego de cada cidade.

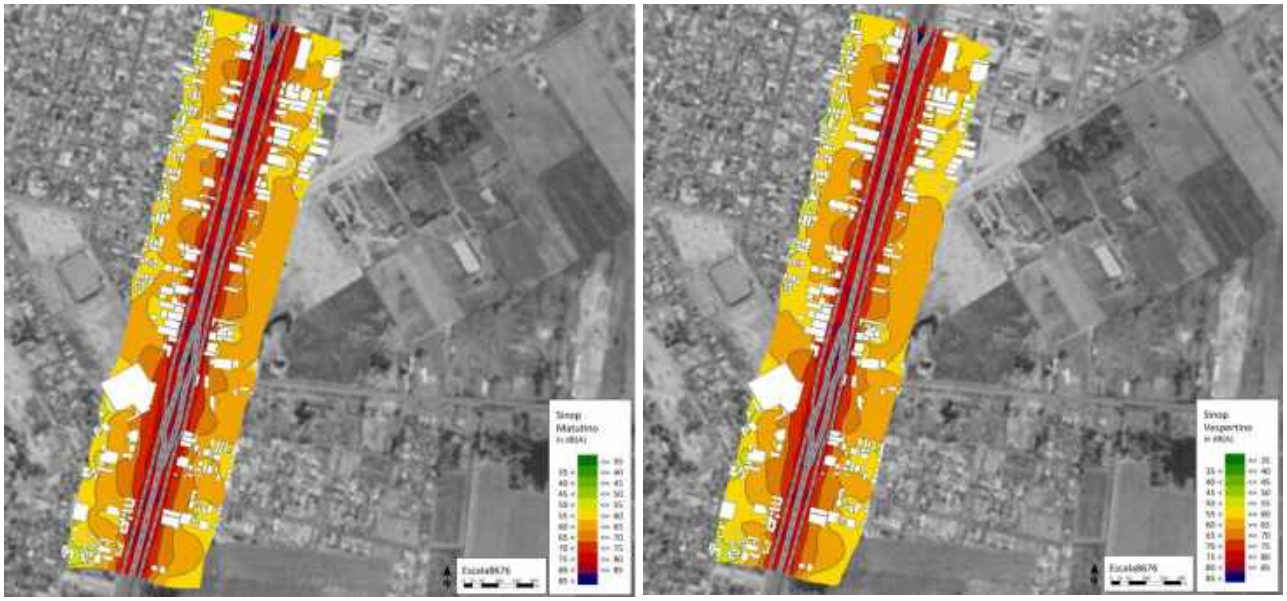

Figura 05 – Mapas de ruído da área de influência da BR 163 na cidade de Sinop, nos períodos matutino e vespertino, situação hipotética (fluxo: matutino (8.191 veículos leves e 314 veículos pesados), vespertino (5.984 veículos leves e 161 veículos pesados)).
Fonte: Elaborado pelas autoras no *software* SoundPLAN®.

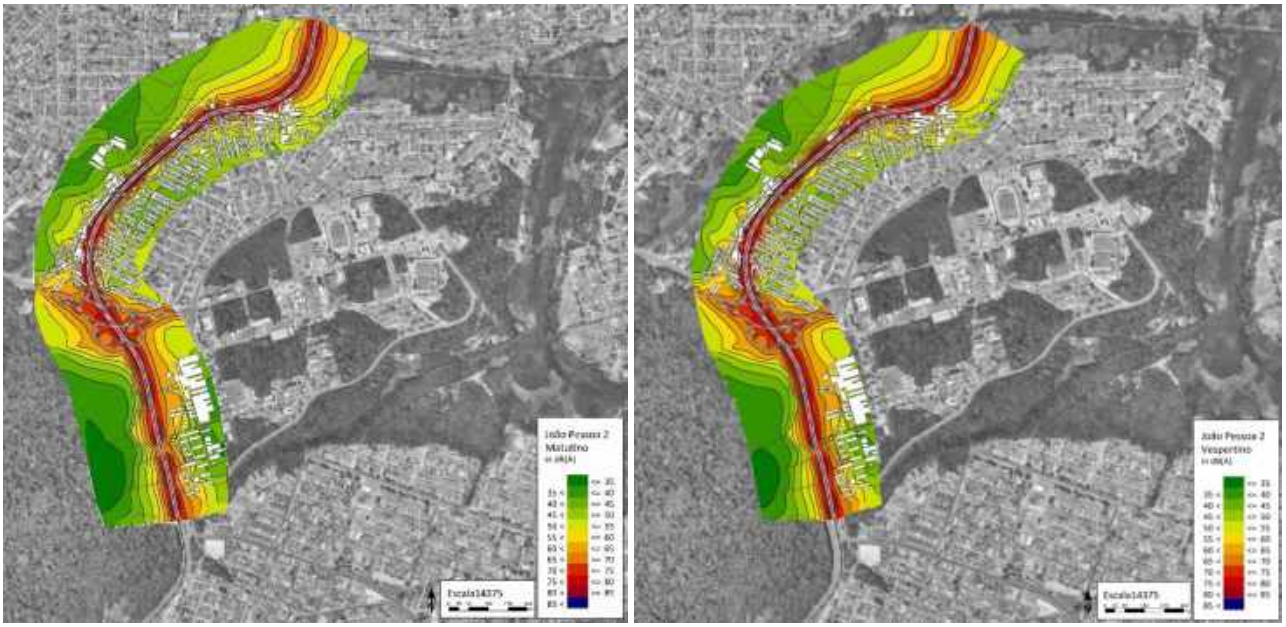

Figura 07 – Mapas de ruído da área de influência da BR 230 na cidade de João Pessoa, nos períodos matutino e vespertino, situação hipotética (fluxo: matutino (834 veículos leves e 474 veículos pesados), vespertino (1.024 veículos leves e 458 veículos pesados)).
Fonte: Elaborado pelas autoras no *software* SoundPLAN®.

Ao analisar os mapas observou-se que em Sinop, o aumento do fluxo de veículos agravou ainda mais a poluição sonora da cidade, em contrapartida, o menor volume de tráfego na cidade de João Pessoa pouco interferiu na propagação da onda sonora, comprovando que a topografia acidentada, que chega a 9,5 metros em relação ao nível da BR 230, e a vegetação densa da área exercem função de barreira acústica protegendo as edificações.

Para analisar quantitativamente o acréscimo e a diminuição do nível de pressão sonora, em relação ao cenário atual e hipotético, selecionou-se três receptores pontuais em cada cidade. Visto a pequena diferença entre os períodos estudados, optou-se pela análise do período matutino, por ser o período mais crítico em ambas cidades (Figuras 7 e 8 e Tabela 4).

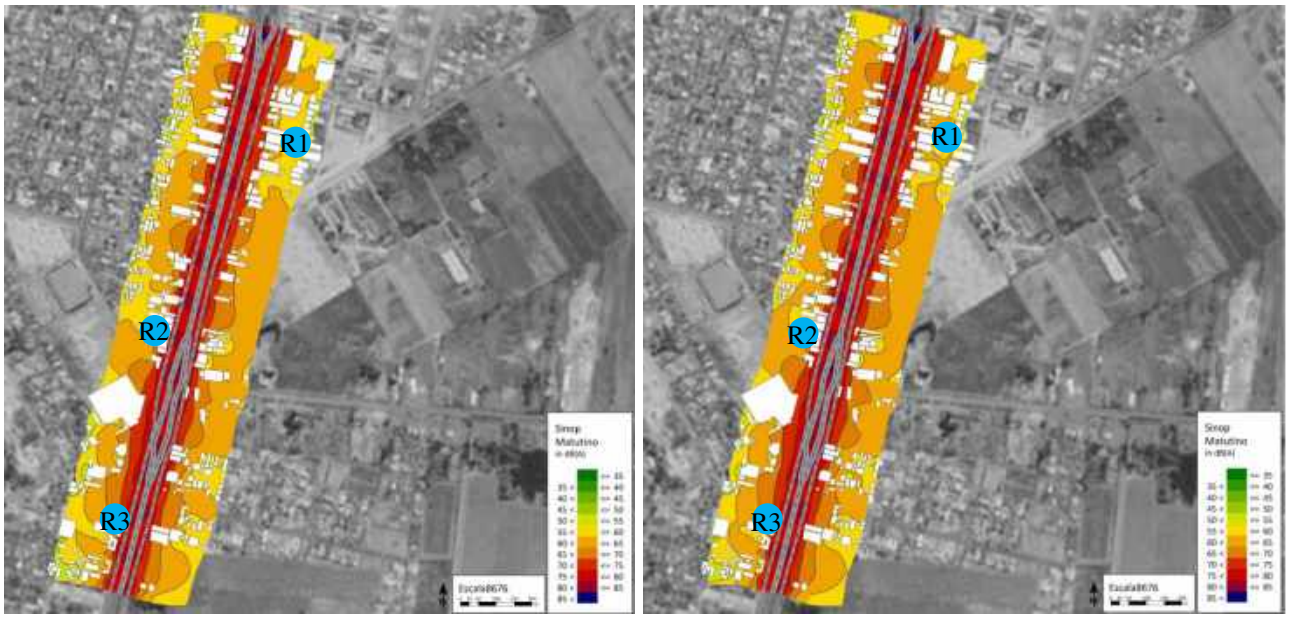

Figura 08 – Mapas de ruído da área de influência da BR 163 na cidade de Sinop, no período matutino, situação real (834 veículos leves e 474 veículos pesados) e situação hipotética (8.191 veículos leves e 314 veículos pesados). Marcação dos receptores pontuais. Fonte: Elaborado pelas autoras no *software* SoundPLAN®.

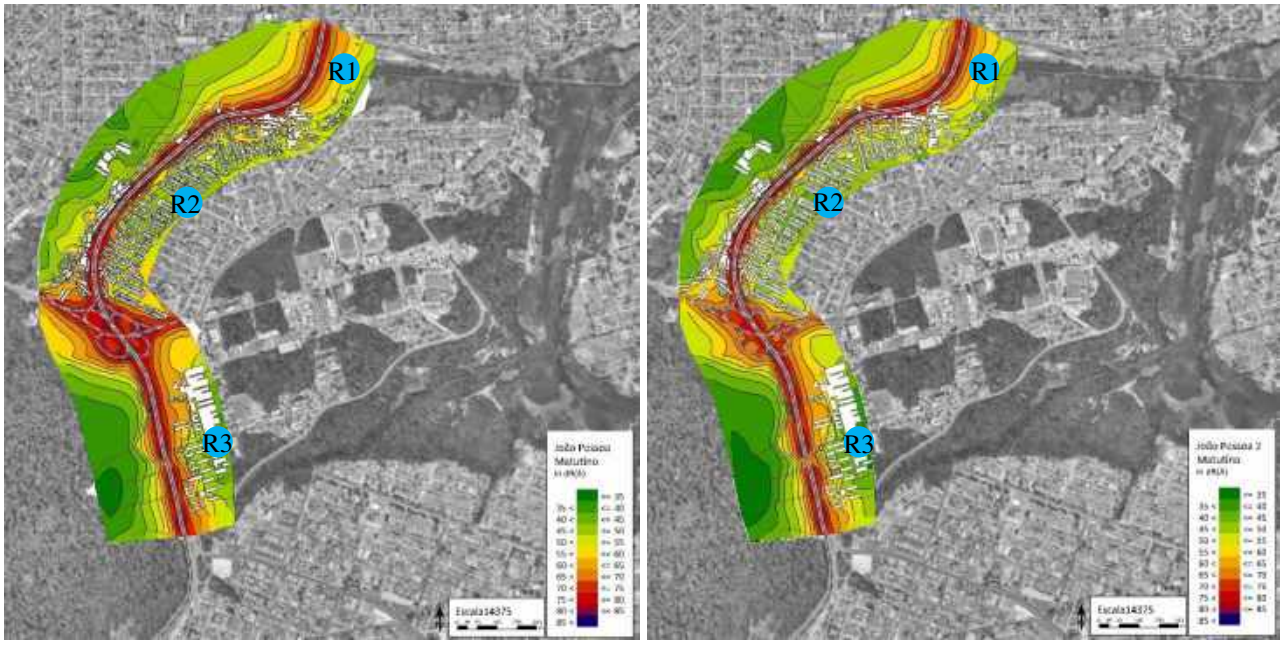

Figura 09 – Mapas de ruído da área de influência da BR 230 na cidade de João Pessoa, no período matutino, situação real (8.191 veículos leves e 314 veículos pesados) e situação hipotética (834 veículos leves e 474 veículos pesados). Marcação dos receptores pontuais. Fonte: Elaborado pelas autoras no *software* SoundPLAN®.

Tabela 4 – Níveis sonoros em dB(A) resultantes nos cenários atual e hipotético no período matutino

NPS dB(A)	Sinop – BR 163			JP – BR 230		
Receptor	Atual	Hipotético	Aumento	Atual	Hipotético	Diminuição
01	58	63	05	58	57	01
02	63	67	04	44	43	01
03	67	72	05	45	47	02

Fonte: Elaborada pelas autoras.

Analisando os mapas (Figuras 7 e 8) e a Tabela 4, afirma-se que na cidade de Sinop houve acréscimo médio de 5 dB(A) no cenário hipotético, quando comparado com o cenário atual. Porém, em João Pessoa a situação foi bem diferente. Com a diminuição do volume do tráfego, houve a diminuição média de apenas 1dB(A). Esse resultado comprova que o desnível de 9,5 metros e a vegetação densa existentes nas margens da BR 230, são importantes barreiras para a proteção do ruído da rodovia.

5. CONCLUSÕES

Constatou que João Pessoa apresenta cenário sonoro menos crítico que a cidade de Sinop, apesar de apresentar volume de tráfego 40% maior.

Os vazios urbanos presentes em Sinop impediram que as edificações que margeiam a BR 163 exercessem o papel de barreiras acústicas e protegessem a área predominantemente residencial.

Ambas as cidades apresentam áreas em desconformidade com os parâmetros estabelecidos com a NBR 10.151 (ABNT, 2000).

A pesquisa demonstrou que o mapeamento do ruído é uma importante ferramenta para visualização do ruído ambiental e, com base na análise dos mapas é possível estabelecer medidas de combate à poluição sonora. Duas importantes diretrizes para melhoria da qualidade sonora no meio urbano: presença de vegetação densa e desníveis naturais do solo, posicionados próximo as vias de grande fluxo de veículos, comprovados nos resultados dessa pesquisa.

Como sugestão para pesquisas futuras, destacam-se: quantificar a importância da vegetação densa na atenuação do ruído de tráfego veicular; quantificar a atenuação sonora em uma malha mais distante do eixo da via.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151: Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro, 2000.

BRASILEIRO, T.; ALVES, L.; FLORENCIO, D.; ARAÚJO, V.; ARAÚJO, B.. **Estado da arte dos mapas sonoros no Brasil.** In XXVIII Encontro da Sociedade Brasileira de acústica, 2018, Anais... Porto Alegre.

BRASILEIRO, Tamáris da Costa. **Mapeamento sonoro**: Estudo do ruído urbano no bairro Castelo Branco, em João Pessoa/PB. 2017. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

GUEDES, I. **Influência da Forma Urbana em Ambiente Sonoro**: Um estudo no bairro de Jardins em Aracajú (SE). 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

DIRECTIVA 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de junho de 2002 relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias.** 2002. Disponível em: < http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:189:0012:0025:PT:PDF> Acesso em: abril de 2019.

HINTZSCHE, M.s; HEINRICHS, Eckhart. **Noise action planning inGermany.** 2016. In: ICA, 2016, Anais... Buenos Aires.

NAGEM, M. P. **Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia. 2004.** Dissertação (mestrado em engenharia civil) – Programa de Pós-graduação em engenharia civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

NIEMEYER, Maria Lygia Alves de. **Conforto Acústico e Térmico, em situação de verão, em Ambiente Urbano:** uma proposta metodológica. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

OLIVEIRA NETO, Thiago. **Rodovia Transamazônica**: Falência de um grande Projeto Geopolítico. 3 ed. rev., Geonorte. Amazonas: Revista Geonorte, 2013.

SANTOS, Luís Conde; VALADO, Fátima. **O Mapa de Ruído Municipal como Ferramenta de Planeamento.** Acústica 2004. Guimarães, Portugal, 2004. Disponível em: < http://www.sea-acustica.es/Guimaraes04/ID162.pdf> Acesso em: abril de 2019.

SILVA, Prof. Pérides. **Acústica Arquitetônica & Condicionamento de AR.** 6ª ed. Belo Horizonte: Empresa Termo Acústica LTDA, 2011.

VENTURA, A. N.; VIVEIROS, E; COELHO, J. L. B; NEVES, M. m. (2008). **Uma contribuição para o aprimoramento do Estudo de Impacto de Vizinhanças:** a gestão do ruído ambiental por mapeamento sonoro. In: SOBRAC, 2008, Anais... Belo Horizonte.

AGRADECIMENTOS

A Mayara Marques Bezerra, graduanda em arquitetura e urbanismo na Universidade Federal da Paraíba, pela valiosa contribuição. A Universidade Estadual do Mato Grosso, campus Sinop. Ao Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPGAU-UFRN). À CAPES pela concessão de bolsa a uma das pesquisadoras.