



## **Avaliação da poluição sonora e zoneamento de ruído em área piloto no município de Manaus/AM**

### **Sound pollution evaluation and noise zoning in a pilot area in the city of Manaus-AM**

Júlio César de Alencar Bessa<sup>1</sup>

Aline Maria Meiguins de Lima<sup>2</sup>

João de Athaydes Silva Júnior<sup>3</sup>

**Resumo:** O mapeamento acústico tem sido utilizado como ferramenta para a avaliação do ruído ambiental. Um grande número de fatores contribuem para o aumento dos níveis de ruído, tais como: crescimento populacional, principalmente nas áreas onde ocorre o aumento da urbanização, com a consolidação do processo de ocupação urbana; atividades associadas à vida urbana; e o aumento do fluxo de transporte rodoviário, ferroviário e aéreo. O presente estudo testou uma proposta de avaliação da poluição sonora decorrente do tráfego de veículos em uma área central do município de Manaus/AM, por meio de medições de ruído e mapeamento sonoro. A coleta de dados foi realizada em 133 pontos, em dois períodos (tarde e noite) e coletadas grandezas acústicas, meteorológicas, de tráfego e geométricas para caracterizar os locais de medição. Como resultado, constatou-se que os níveis de pressão sonora presentes em todos os pontos estavam acima dos estabelecidos pelas normas de conforto e não apresentam diferença significativa entre os períodos avaliados, além de um alto grau de dispersão. Os mapas de ruído permitiram identificar as regiões mais críticas, as fontes e respectivas áreas de influência, além de verificar onde são ultrapassados os limites normativos de pressão sonora.

**Palavras-chave:** Medição de ruído, impacto ambiental, área urbana.

<sup>1</sup> IFAM – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas

<sup>2</sup> UFPA – Universidade Federal do Pará

<sup>3</sup> UFPA – Universidade Federal do Pará

**Abstract:** The acoustic mapping is used as a tool for evaluation of the environmental noise. A number of factors contribute to problems of high noise levels, such as, increasing population, particularly where it leads to increasing urbanization and urban consolidation; activities associated with urban living; and increasing volumes of road, rail and air traffic. This work tested a proposal for evaluation of noise pollution resulting from vehicle traffic occurring in a central area in the city of Manaus/AM, using noise measurements and sound mapping. Data acquisition was carried in 133 locations, in two moments (evening and night). In each location were described the condition of sound, meteorological and traffic. As result, the sound pressure levels in all points were above of the values established by comfort standards. They are not significantly different between the periods evaluated and have a high degree of dispersion. The noise maps permitted to identify the most critical regions, the sources and their influence areas, and verify where the normative limit for sound pressure were exceeded.

**Keywords:** noise measurement, environmental impact, urban area.

---

## 1. Introdução

O ruído urbano, apesar de ser considerado em certas situações como poluição, decorre de ações típicas decorrentes do processo natural de urbanização (Lacerda *et al.*, 2005). É, de fato, um impacto ambiental adverso resultado de processos típicos da vida de uma cidade: tráfego de veículos, atividades próprias do aglomerado humano (entretenimento, serviços religiosos e outras ações semelhantes) (Zannin *et al.*, 2002).

Os efeitos são associados ao desconforto da população habitante na região onde os níveis são excessivos, incluindo-se não somente o homem como também animais. O ruído em níveis acima do aceitável pode levar a um stress, irritabilidade, etc. afetando até, eventualmente, a saúde e qualidade de vida da população (Almeida *et al.*, 2000; Suter, 2002; Paz *et al.*, 2005).

O mapeamento do ruído urbano identifica as áreas com níveis acima do aceitável e possibilita nortear a gestão de soluções nestas regiões, definindo o uso futuro dos espaços de forma a mitigar o impacto ambiental decorrente da urbanização (Oliveira *et al.*, 2000; Giraldo & Fernández, 2011; Scariot *et al.*, 2012; Souza Filho *et al.*, 2015). Manaus, uma cidade de mais de dois milhões habitantes, que experimenta um processo rápido de urbanização, é afetada por tal problemática, necessitando de uma ferramenta que diagnostique e subsidie a tomada de decisões.

Considerando-se a definição de impacto ambiental, segundo Sánchez (2008) como a mudança em um parâmetro ambiental, em um determinado período e área, que resulta de uma atividade, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido iniciada. O ruído urbano é um impacto ambiental resultante das ações de ocupação e usos de espaços em uma cidade (Dani & Garavelli, 2001). A referência ambiental é a Resolução CONAMA n.º 001 de 18 de março de 1990, que define as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) como parâmetros quanto aos níveis aceitáveis em atividades realizadas no meio urbano, ruídos produzidos por veículos automotores e metodologia de medição.

Conforme tal resolução, as NBR 10.151 e 10.152 estão alçadas a diploma legal. A primeira define como serão realizadas as medições e a segunda os níveis considerados aceitáveis. Quando da instalação, construção ou adaptação de qualquer espaço na cidade, a situação base seria os níveis de ruído medidos preliminarmente ao uso ou ao definido como aceitável na Resolução CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), prevalecendo o menor valor. A partir daí, poderia se inferir, por simulação, utilizando outras medições em situações assemelhadas e com os ajustes devidos, qual o cenário após a alteração do uso do espaço em questão (Giraldo & Fernández, 2011). Todo o processo decisório na ocupação e ordenamento de espaços obedeceria a essas condicionantes, recuperando áreas com níveis elevados. Uma forma de melhor organizar os esforços é a elaboração de mapas de ruído (Mardones, 2009).

A Agência Portuguesa do Ambiente (2011) define mapa de ruído como áreas às quais correspondem determinadas classes de valores expressos em decibéis (dB), reportando-se a uma situação existente ou prevista. Um mapa de ruído constitui, essencialmente, uma ferramenta de

apoio à decisão sobre planejamento e ordenamento do território que permite visualizar condicionantes dos espaços por requisitos de qualidade do ambiente acústico devendo, portanto, ser adotado na preparação dos instrumentos de ordenamento do território e na sua aplicação.

Essencialmente tal definição está de acordo com as poucas iniciativas realizadas no Brasil. As normas ABNT demarcam os níveis aceitáveis e o como medir, porém, não definem de que forma tais medições poderiam ser representadas em uma carta cartográfica ou uma planta cadastral da cidade. A metodologia de mapeamento urbano dos níveis de ruído no Brasil ainda não é normatizado por entidades normalizadoras e tampouco definido em diplomas legais. Algumas poucas cidades realizaram mapeamentos parciais de seus espaços utilizando metodologias próprias ou emprestadas de órgãos reguladores de fora do Brasil.

Fortaleza adotou uma Carta Acústica produzida por Brito & Coelho (2013) que utilizaram um software para gerar plantas cadastrais com um sistema de cores. A construção da Carta foi realizada com medições e simulações dos resultados destas, observando como variáveis: topografia, volumetria das construções, tráfego de veículos e uso do solo. A Carta Acústica definiu valores indicando todo o universo da planta cadastral da cidade.

Cantieri *et al.* (2010) desenvolveram um mapa da região central de Curitiba, utilizando um sistema de cores que contemplava somente as vias públicas, sem definir valores para o interior das quadras. Todo o mapa foi gerado a partir de medições.

No Rio de Janeiro, para o bairro de Copacabana, Mardones (2009) elaborou um mapa dos níveis de ruído do bairro Copacabana, Rio de Janeiro, através de simulação computacional, utilizando um software para definir valores a partir de pontos de medição conhecidos.

Na cidade de Belém, Moraes *et al.* (2009) apresentam a proposição de um mapa acústico a partir da avaliação e previsão da poluição sonora oriunda de diferentes fontes de ruído; e Lima (2011) descreve um mapa acústico elaborado a partir de medições feitas em pontos fixos, considerando-se as vias e entroncamentos de maior tráfego. O mapa adotou um sistema de cores. De um modo geral, tais iniciativas definem pontos de medição como marcos iniciais, e em seguida realizam inferências para indicar valores que se afastam de pontos onde ocorreram medições, seja por software, interpolação ou critérios de distância e uso do solo.

Um modo de coletar dados com simplicidade é emprestar o já realizado por empresas certificadas pelas Normas Série ISO 14.000, que realizam medições segundo a Resolução CONAMA nos limites dos espaços que ocupam. Realizar medições em todo o perímetro urbano, entretanto, poderia significar um trabalho demorado e que exigiria além de um período de tempo razoável, a possibilidade de obsolescência dos dados devido à dinâmica de crescimento de algumas cidades. Uma alternativa seria a utilização de softwares específicos que poderiam reproduzir os níveis a partir de algumas medições associadas a outros parâmetros como volume de tráfego e população habitante.

Vieira Júnior (2011) propõe uma alternativa que reduziria a quantidade de medições quando da elaboração de um mapa de ruído, consiste na elaboração de mapas de ruído em um Sistema de Informações Geográficas com base na Norma ISO 9613-2, que padroniza os cálculos para estudo de propagação a atenuação sonora em ambientes externos. Tal cálculo considera a dispersão sonora devido à atenuação por barreiras, efeitos do solo, reflexões, etc.

O uso da planta cadastral, com definição de isolinhas, a partir de medições com valores equivalentes e com a definição de sutis curvas de nível, poderia também ser adotado, não garantindo um grau de precisão perfeitamente satisfatório segundo o uso proposto; as curvas poderiam ser definidas a partir de medições em intervalos até superior a cem metros e definindo uma isolinha não de valor cheio, e sim segundo uma variação de cinco decibéis (Nascimento *et al.*, 2007; Scariot *et al.*, 2012). Como alternativa, com a validação das isolinhas, poderia também ser utilizado um sistema de cores que indicaria intervalos com a mesma variação (Saliba, 2004).

Este trabalho propõe-se em avaliar testar procedimentos metodológicos de avaliação da poluição sonora em uma área central na cidade de Manaus-AM a partir de mapas de ruído do real em dois períodos, vespertino e noturno, adotando uma proposta que possa ser empregada em outras regiões, segundo as atividades permitidas e a classificação quanto aos níveis máximos de ruído.

## **2. Materiais e métodos**

### **2.1. Área de estudo**

Foi escolhida uma região da cidade de Manaus, com uma área de cerca de 789.331 m<sup>2</sup>, que apresenta situações típicas de um grande centro urbano (Figura 1).

Nesta região, em um ponto central tem-se uma praça cercada por vias locais e um templo religioso ao fundo. Três vias arteriais próximas, sendo uma delas concentradora de três grandes shopping centers, estando um deles na região em questão. Um campus da Universidade Estadual que abriga cursos de Engenharia com significativo fluxo de estudantes. Vários prédios residenciais com a verticalização limite hoje permitida pela legislação municipal. Um conjunto de casas residenciais unifamiliares de até dois pavimentos que se comunicam com a praça.

A região está inserida no bairro Parque Dez de Novembro e apresenta as características a seguir: praça; shopping center; universidade; várias unidades verticais multifamiliares; tráfego intenso devido a função de ligação das vias; densidade populacional acima da média da cidade; e muitos veículos na região (classe média residente nas unidades uni e multifamiliares).

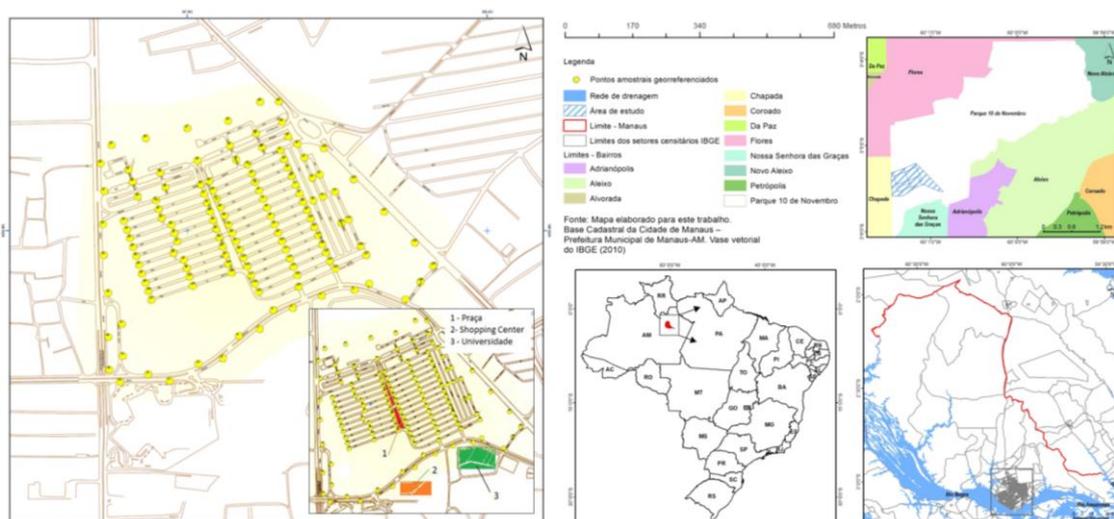
No total foram realizadas 266 medições em um dia da semana considerado “típico” para a área escolhida: comportamento normal dos estabelecimentos comerciais (vespertinos e noturnos), fluxo contínuo de pessoas e deslocamento escolar. Tais escolhas possibilitaram o teste de uma metodologia de monitoramento a ser aplicada para o planejamento urbano, na organização entre o espaço residencial e comercial, considerando os efeitos do trânsito veicular e da poluição sonora.

As principais características do ambiente de trânsito mapeado são (Figura 2): quatro vias mais movimentadas circundam o entorno da praça; há tráfego intenso nas Avenidas Djalma Batista, Darcy Vargas, Mário Ypiranga e Rio Negro; a Av. Djalma Batista é paralela à Av. Mário Ypiranga confluindo ao norte para Rodovia Torquato Tapajés e liga a zona Sul com a Norte, passando pela Zona Centro-Sul; a Av. Darcy Vargas liga a Zona Centro Oeste às Zonas Leste e Zona Sul; e a Av. Rio Negro liga a Av. Djalma Batista à Av. Mário Ypiranga.

## 2.2. Materiais empregados

As medições pontuais foram realizadas adotando-se a curva “A” e utilizando-se o medidor de nível de pressão sonora, sonômetro, também denominado decibelímetro (Figura 3). Quando das medições, o equipamento (Dosímetro Digital, Fabricante - Instrutherm, Identificação 120902197, Modelo DOS-500, N. Série 120902197) estava devidamente calibrado e aferido com o respectivo certificado que demonstra tal condição.

As medições de ruído seguiram os procedimentos estabelecidos na NBR 10.151. O medidor integrador de nível sonoro e seu calibrador possuem certificados de calibração da Rede Brasileira de Calibração (RBC), acreditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Ao mesmo tempo em que eram avaliados os níveis de pressão sonora, foram descritos os sons percebidos e suas respectivas fontes.

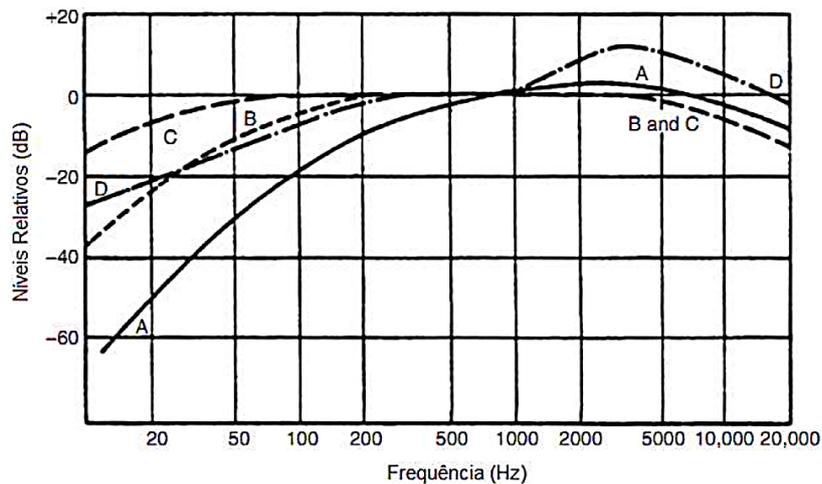


**Figura 1:** Localização da área onde foram realizados os levantamentos.



Fonte: Base Cadastral da Cidade de Manaus – Prefeitura Municipal de Manaus-AM  
Imagem GeoEye

**Figura 2:** Identificação das vias de acesso da área onde foram realizados os levantamentos.



Fonte: Crocker (2007).

**Figura 3:** Padrões de referência para as curvas de compensação: níveis relativos (dB) x frequência (Hz).

### 2.3. Procedimento Medições

Como forma de quantificar o ruído optou-se por uma escala em decibel (dB) (escala logarítmica que reduz a faixa de valores que quantificam tal grandeza) a partir de pressupostos de pressão de referência. Considerando-se ainda a variação da sensação de audição em função da frequência, optou-se por trabalhar com uma curva de compensação (curva “A”), amplamente utilizada em higiene ocupacional e de acordo com os critérios utilizados pela Resolução CONAMA 001/90. A NBR 10.151 e 10.152 mensuram o ruído em níveis de pressão sonora conforme definições a seguir:

(a) Nível de Pressão Sonora em decibel ( $L_p$ ):

$$L_p = 10 \log_{10} (P/P_0)^2 [dB] \quad \text{eq. 01}$$

(b) Nível de pressão sonora ponderado  $L_{PA}$ , em *decibels* (dB)

$$L_{PA} = 10 \log_{10} (P_A/P_0)^2 [dB(A)] \quad \text{eq.02}$$

(c) Nível de pressão sonora equivalente ( $L_{Aeq}$ )

$$L_{Aeq} = 10 \text{ Log } \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \quad \text{eq. 03}$$

Onde,  $P$  = valor eficaz da pressão, em *pascals*;  $P_0$  = pressão sonora de referência ( $20\mu\text{Pa}$ );  $P_A$  = valor da pressão ponderado, em *pascals*;  $L_i$  é o nível de pressão sonora, em dB(A), lido em resposta rápida (*fast*) a cada 5 segundos, durante o tempo de medição do ruído;  $n$  é o número total de leituras.

O  $L_{Aeq}$ , representa o nível equivalente do período de medição, sendo mais preciso do que uma medição instantânea. Indica, portanto, o valor médio quadrático da pressão sonora do intervalo de medição adotando a curva de compensação “A”. Para a criação de mapas de ruído, optou-se inicialmente pela definição de isolinhas, geradas após medição em pontos específicos. Uma vez definido a região objeto de elaboração do mapa, preliminarmente fez-se necessário, o estudo da planta cadastral da cidade.

Conforme prescrição da NBR 10.151, todas as medições foram realizadas com o medidor ajustado a uma altura fixa de 1,20 metros e devidamente afastados em no mínimo 2,00 metros do limite de quaisquer propriedades e de outras superfícies refletoras, como muros, paredes, etc., não se realizando quando da existência de interferências audíveis advindas de fenômenos da natureza (chuvas, trovões, etc.). Adotou-se como valor a ser considerado, o nível de pressão sonora equivalente ( $L_{Aeq}$ ), em decibéis ponderados em “A” [dB(A)], medidos em um intervalo de 5 minutos.

As medições ocorreram em dois períodos: 17:00 as 19:00 horas (Temperatura -  $30^\circ$  Celsius; tempo estável; Umidade Relativa - 82 %; 133 medições); e 22:00 as 24:00 horas (Temperatura -  $26^\circ$  C; tempo estável; Umidade Relativa - 85 %; 133 medições). Os resultados obtidos foram tratados para avaliação do grau de correlação e indicação de seu comportamento geral, por meio da avaliação de sua distribuição estatística.

## 2.4. Construção dos mapas

Na construção da cartografia final foi realizado o lançamento dos valores sobre a planta cadastral e posterior interpolação empregando o Inverso quadrático da distância (IDW - *Inverse Distance Weighted*), ambos em ambiente ArcGIS.

O Inverso quadrático da distância avalia os pesos dos dados durante o processo de interpolação, tal que a influência de cada ponto é inversamente proporcional à distância do nó da malha; sendo que quanto maior o valor escolhido, menor será a influência dos pontos mais distantes do nó e inversamente, quanto menor for o peso, maior o efeito de pontos distantes sobre toda a malha (Alves & Vecchia, 2011).

A escolha do interpolador justifica-se pelos valores das áreas adjacentes obedecerem uma tendência e se alterarem gradualmente para o valor de outra medição mais próxima. As medições com valores mais próximos determinarão a tendência da área contígua. Tal método se adequa a hipótese de propagação do som, seus valores são maiores nas fontes e vão se dissipando até encontrarem outras ondas geradas por fontes próximas. Segundo Robinson & Metternicht (2006):

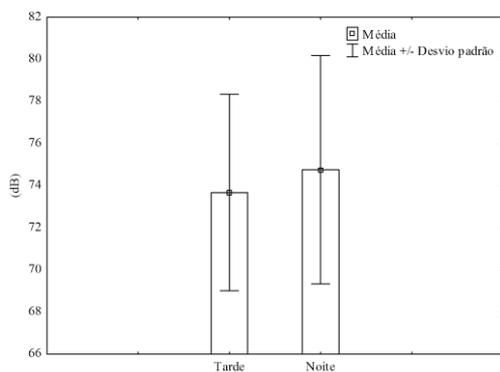
$$\hat{z}(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^n z(x_i) d_{ij}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{ij}^{-r}} \quad \text{eq. 04}$$

Onde,  $\hat{z}(x_0)$  é o valor estimado da variável;  $z(x_i)$  é o valor da variável em um ponto conhecido;  $r$  representa o peso;  $d_{ij}$  é a distância entre os pontos de medição. O valor de  $r$  será tanto maior quanto mais próximas forem as estações que também apresentaram pesos maiores.

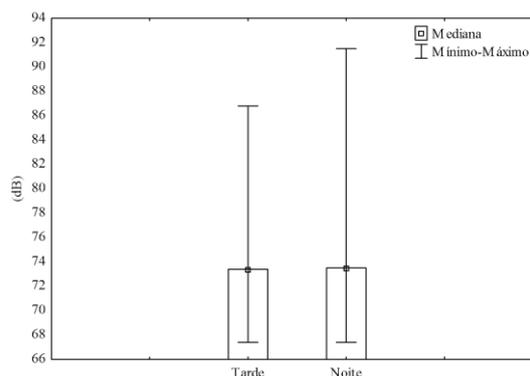
### 3. Resultados e discussão

A Figura 4 resume as principais características observadas nos dois períodos. Observa-se que os valores médios, mediana, quartis, máximos e mínimos não diferiram muito quando comparados os dois horários. Porém, o grau de correlação entre estes foi baixo ( $R^2 = 0,32$ ), motivado pelo comportamento na região central (Área Residencial) que apresenta menor relação entre os horários de verificação ( $R^2 = 0,0697$ ) e da via de acesso a sul (Av. Darcy Vargas) ( $R^2 = 0,3679$ ). Sendo o maior grau de dispersão das medições registrado no período da noite ( $R^2 = 0,0069$ ) (Figura 5).

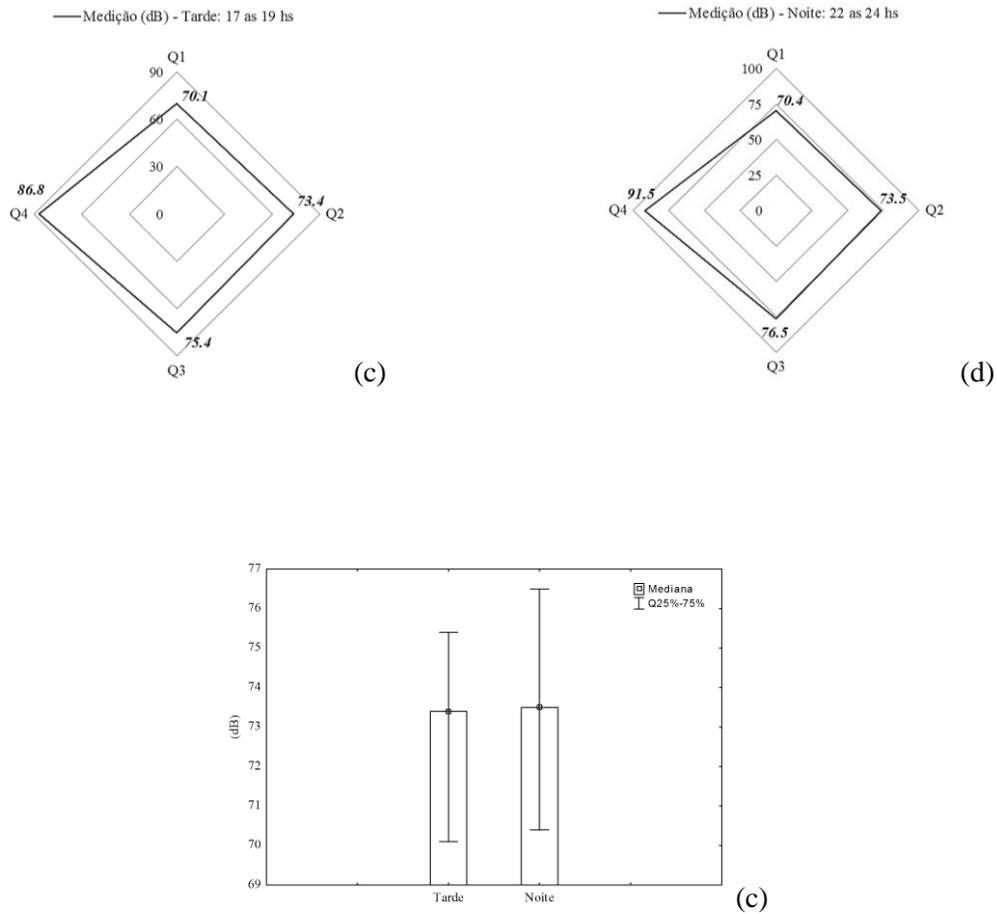
As Figuras 6 e 7 ilustram a distribuição obtida a partir da interpolação dos valores tomados.



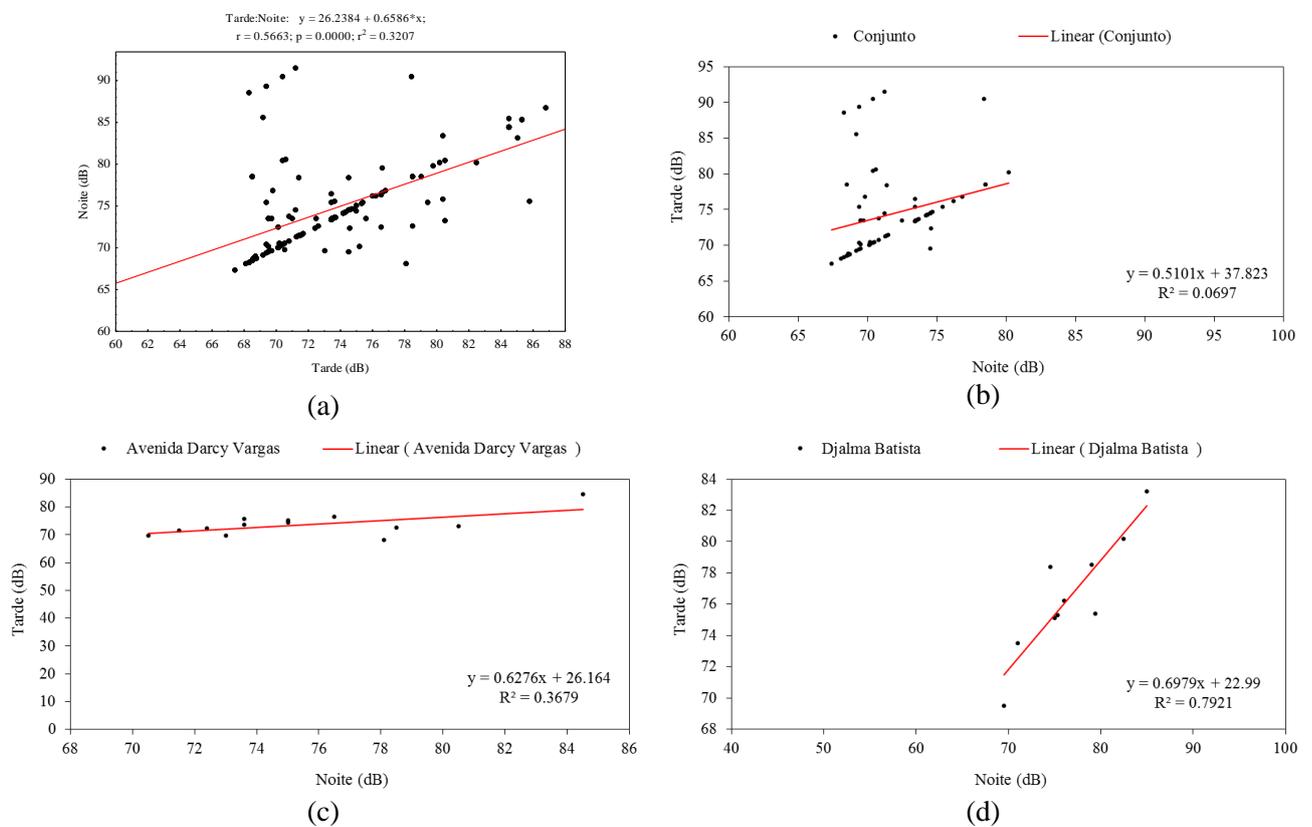
(a)

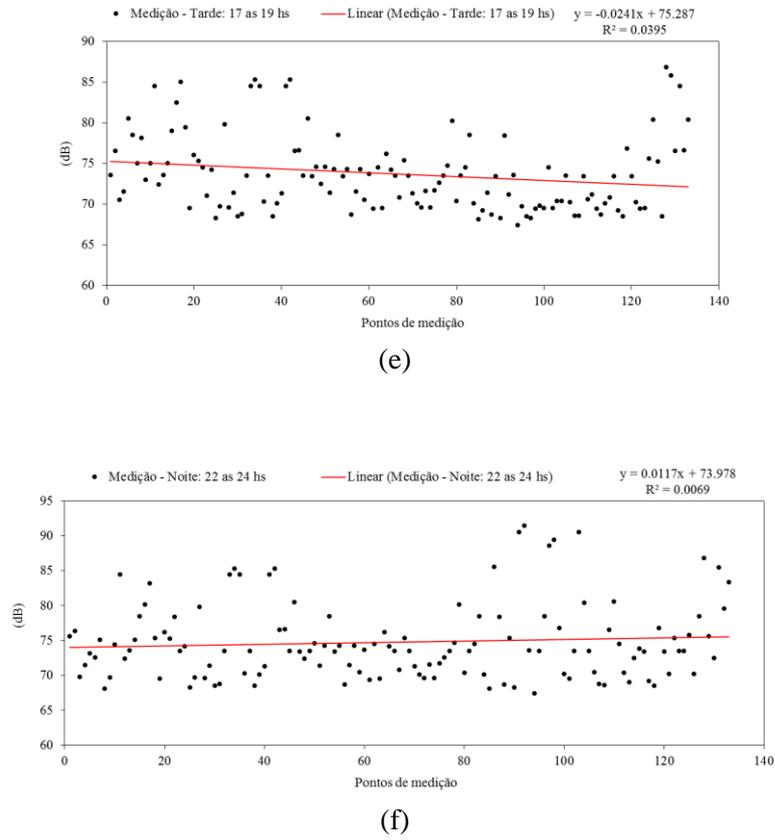


(b)

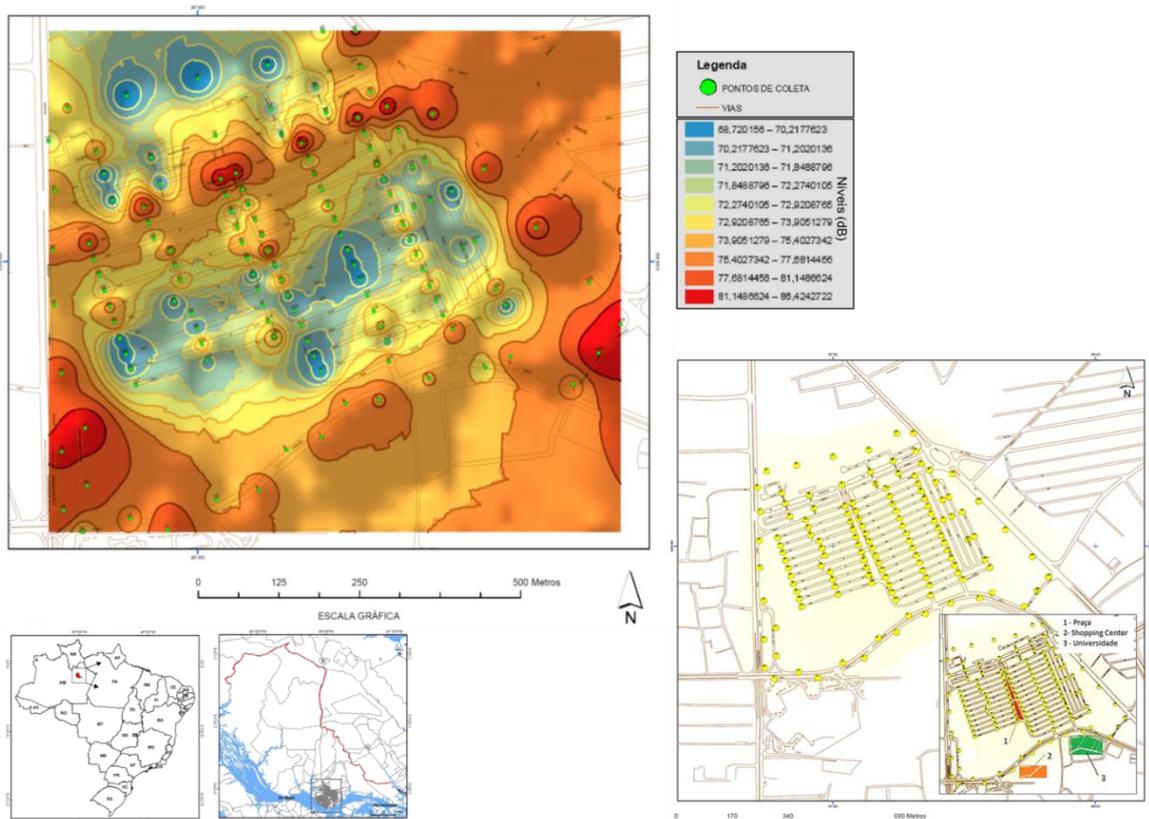


**Figura 4:** Distribuição estatística das medições (a), (b), (e); Medições (dB) x Quartis (%) (c), (d).

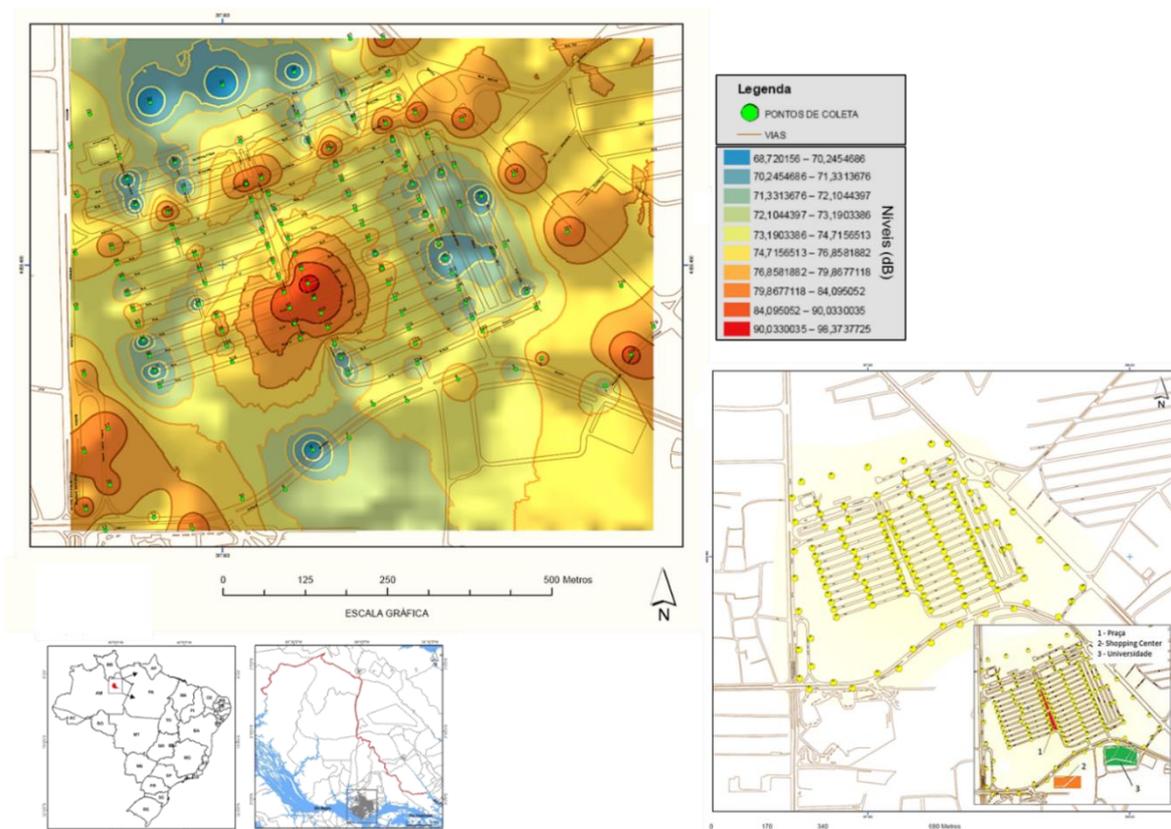




**Figura 5:** Grau de correlação: (a) entre os períodos de medição; (b), (c) e (d) em vias de trânsito veicular; (e) e (f) entre o total de pontos e os períodos de medição.



**Figura 6:** Mapa de ruído real: 17:00 as 19:00 horas.



**Figura 7:** Mapa de ruído real: 22:00 as 24:00 horas.

Os maiores valores concentram-se ao longo das principais vias de acesso local (a leste e a norte) na faixa de 86 dB, nos dois períodos avaliados. Tais resultados já eram esperados considerando-se o fluxo de veículos nestas vias. A área central (onde há uma praça) poderia ser o local de refúgio nos horários mais intensos de trânsito e nos outros horários um local de conforto sonoro. Entretanto, estabeleceram-se nas suas bordas (em função de pontos gastronômicos que agregam na parte da noite, principalmente em finais de semana) grande contingente de pessoas e uso de música amplificada para entretenimento (devido ao produto mais servido, essa área é conhecida como Praça do Caranguejo).

No meio da praça, o som amplificado dos restaurantes, a movimentação de veículos e o aglomerado de pessoas eleva os níveis para valores muito altos, alcançando em alguns pontos até 90 dB. A vegetação normalmente funciona como barreira, dificultando a propagação do som (Posada *et al.*, 2009). Porém, a área tem uma cobertura vegetal esparsa, concentrada de forma local, o que dificulta sua atuação como barreira local.

Nunes & Sattler (2004) destacam possíveis reações comunitárias em função do nível de ruído observado: valores menores que 45 dB podem interferir ocasionalmente com as atividades dos residentes; de 45 dB a 55 dB alguns residentes na comunidade podem vir a reclamar; e maiores que 55 dB podem gerar reações negativas por parte dos residentes locais.

Pelo período da noite, com a redução do tráfego, as vias locais próximas apresentaram valores na faixa de até 70 dB. Mesmo nas vias à norte a redução do tráfego influencia os valores, que situam-se na faixa de até 80 dB, uma redução pequena em relação ao período da tarde. Observando-se o conjunto entre as Figuras 5, 6 e 7 verifica-se que a distribuição das ocorrências de ruído variam bastante na área (baixa correlação), com pontos de picos e outros próximos a normalidade. Porém, a avaliação integrada final tende a um padrão fora do admitido como zona de conforto.

Segundo a NBR 10.151 o Nível de Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos entre 22:00 e 07:00 horas (período noturno), considerando área mista, predominantemente residencial é de 50 dB(A); para área mista, com vocação recreacional é de 55 dB(A). No diurno (após as 07:00 horas até as 22 horas), os mesmos valores são 55 dB(A) e 65 dB(A), respectivamente. Comparando-se com os valores máximos indicados, em nenhum ponto houve atendimento ao diploma legal. Trata-se, portanto, de poluição sonora na área residencial, praça e recreação.

Para Szeremeta & Zannin (2013) as áreas verdes são ambientes que podem trazer qualidade de vida para a população, com diferentes benefícios psicológicos, sociais e físicos a saúde dos indivíduos; logo, a conservação de parques públicos representa uma estratégia de política efetiva do projeto urbano e da saúde pública. Barros & Musis (2013) atentam que dentre os aspectos físicos, de morfologia e microclima urbanos, que se adequam aos desejos da população das cidades, são fortalecidos aqueles associados aos atributos de “bom investimento” e “boa localização”, ficando em segundo plano as melhores condições ambientais do lugar de moradia.

Paz *et al.* (2005) considera que o esclarecimento acerca da poluição sonora é necessário para adoção de medidas de controle, destacando que a exposição a ruídos de alta frequência é um parâmetro precursor para a perda auditiva a sons nessa frequência. O ruído oriundo do tráfego de veículos (nas vias de acesso) atua como o tipo de ruído que deve causar maior incômodo.

Esta forma de ruído, segundo Bezerra (2000), é influenciada por diversos aspectos, onde destacam-se:

- (a) distância entre fachadas, onde uma maior proximidade entre os dois lados da rua implica acentuação das reverberações e diminuição da dispersão das ondas sonoras para a atmosfera; fenômeno este observado no período noturno na área central (conjunto residencial e entorno da praça); e
- (b) vias em nível topográfico menor que o das edificações, atenuam o ruído pelo efeito de barreira proporcionado pelas laterais da via; como o que ocorre na porção sul da área, que é topograficamente mais elevada.

Segundo Mendonça *et al.* (2013) a avaliação da sonora a partir de medições pontuais permite a identificação dos níveis em locais específicos, existindo uma lacuna entre a escala pontual propiciada pelo mapeamento sonoro e a escala das diretrizes determinadas pelos municípios para cada zona de ocupação. Ragazzo & Silva Lima (2013) destacam que o planejamento urbano pode se transformar em estratégia de redução do intenso fluxo veicular. Para Ojima *et al.* (2013) a análise da estrutura de organização do ambiente urbano deve observar as diferentes formas de produção deste espaço, que reproduzem as situações de desigualdades socioespaciais, vinculadas a motivações econômicas.

A Figura 8 ilustra uma avaliação em função do zoneamento de atividades no município de Manaus (Manaus, 2006), o previsto na legislação (NBR 10.151) e da definição de áreas Sensíveis e Mistas (Agência Portuguesa do Ambiente, 2011), onde:

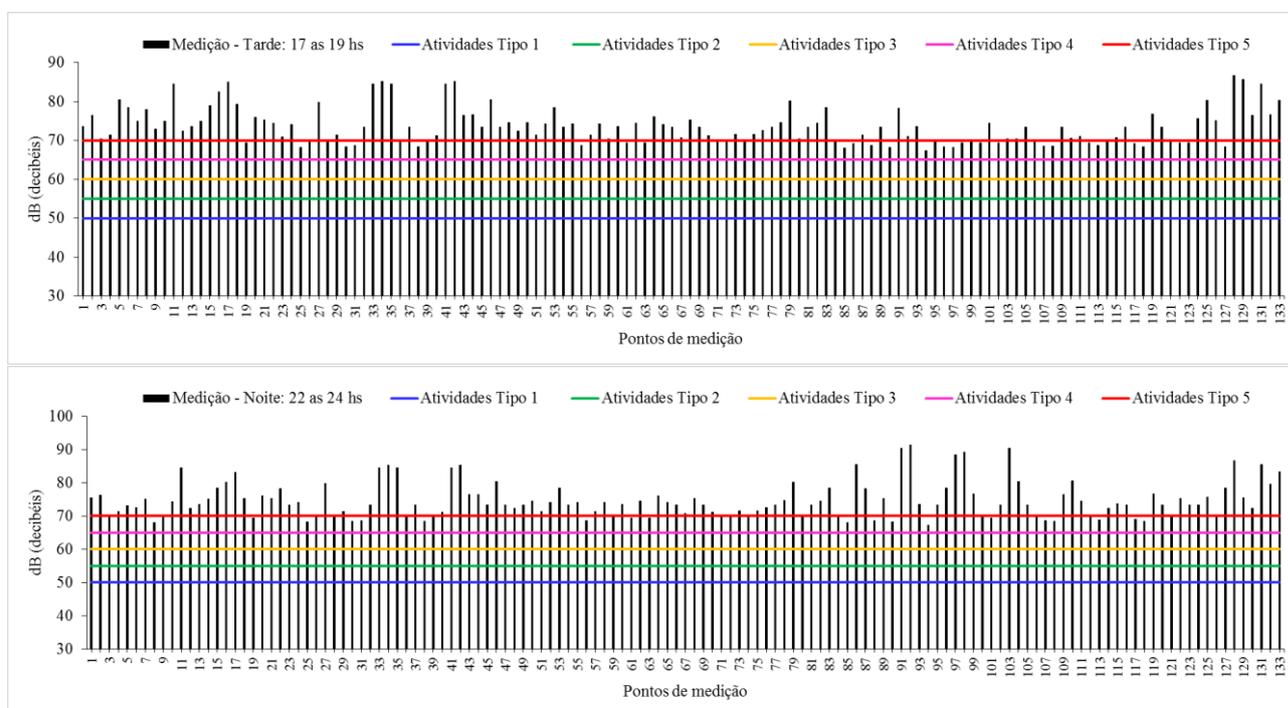
- (a) Atividades Tipo 1 (Não oferecem risco a segurança nem incômodo a vizinhança e não provocam impactos significativos ao ambiente, a estrutura e a infraestrutura) - Zonas sensíveis - 50 dB(A);
- (b) Atividades Tipo 2 (Podem oferecer incômodo eventual ou moderado a vizinhança, tais como ruídos, movimentação moderada de veículos ou riscos de acidentes) - Zonas sensíveis - 55 dB(A);
- (c) Atividades Tipo 3 (Podem oferecer incômodo eventual ou moderado a vizinhança, tais como ruídos, movimentação moderada de veículos ou riscos de acidentes) - Zonas mistas - 60 dB(A);
- (d) Atividades Tipo 4 (Podem oferecer riscos a segurança ou incômodo a vizinhança e impacto ao ambiente, à estrutura e a e infraestrutura urbana) - Zonas mistas - 65 dB(A); e
- (e) Atividades Tipo 5 (De difícil compatibilização com uso residencial, oferecendo impacto significativo ao ambiente) - Zonas mistas - 70 dB(A).

O resultado obtido demonstra que todas as faixas observadas na região encontram-se acima dos limites propostos até as Atividades Tipo 4, equivalendo a 65 dB. Essa complexidade de ruídos ainda tem comportamento diferenciado. Carvalho Júnior *et al.* (2012) destacam que um tráfego rodoviário fluido é considerado como gerador de ruído do tipo contínuo, o que difere daqueles considerados como ruído intermitente, ou seja, o nível do ruído cresce e decresce rapidamente. Esta forma de ruído com o passar do tempo, geralmente perturba mais do que um som contínuo.

Dal Pozzo (2013) recomenda que as propostas de Zoneamento de Ruído utilizem o modelado de curvas de nível de ruído (como os desenvolvidos nas Figuras 6 e 7) para a ocupação do solo, de acordo com o nível de incômodo e atividades compatíveis, criando assim o Plano de Zoneamento de Ruído. Outra alternativa, que pode ser aplicada a área de estudo, é a criação de uma Zona de Proteção que representa um conjunto de áreas que restringem o uso do solo.

A proposta de monitoramento e zoneamento do ruído urbano adotada demonstra que a dinâmica do crescimento de uma área urbana tende a não considerar as restrições legais,

principalmente quando não são cumpridos os planos de ocupação do solo. Assim, espaços que poderiam ser destinados a um padrão de conforto ambiental, acabam se tornando espaços degradados por diversas formas de poluição. E com o agravamento do quadro, a situação pode se tornar mais complexa e por consequência resultar em maiores consequências para as pessoas envolvidas.



**Figura 8:** Avaliação de conformidade legal.

#### 4. Conclusões

A construção de mapas de ruído mostrou-se uma ferramenta útil ao planejamento urbano, uma vez que estes permitem calcular os valores entre os pontos amostrados e proporcionam melhor visualização e entendimento da intensidade, distribuição e propagação do ruído em uma dada área.

A escolha do interpolador depende da dimensão da área e da quantidade de pontos tomados. Para uma área de cerca de 0,79 km<sup>2</sup> foram admitidos 133 pontos, onde priorizou-se as vias de acesso e a proximidades com pontos geradores, os produtos gerados possibilitaram visualizar estas relações e sua associação com o ambiente de entorno. Os resultados obtidos demonstraram que a região está em não conformidade com a legislação, sendo necessária a análise para a busca de soluções de mudanças nos fatores preponderantes.

Diversas ações podem ser realizadas para minimizar o impacto na região, tais como, a proibição de tráfego de veículos pesados e alteração de usos. As soluções não podem ser pontuais e sim deliberadas analisando o todo, com o intuito de evitar possíveis transferências de problemas para outras regiões da cidade. Após a adoção das medidas corretivas, o correto seria contemplar a

distribuição das atividades no município de Manaus (Lei Municipal 1838/2014) e o considerado na legislação, admitindo zonas de diferentes categorias e limites de ruído.

## 5. Referências

- ABNT. 2000. NBR 10. 151 - Acústica: Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT. 1987. NBR 10. 152 - Níveis de ruído para conforto acústico - Procedimento. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. 2011. Directrizes para elaboração de mapas de ruído. Lisboa-Portugal: Agência Portuguesa do Ambiente.
- Almeida, S. I. C., Albernaz, P. L. M., Zaia, P. A., Xavier, O. G. & Karazawa, E. H. I. 2000. História natural da perda auditiva ocupacional provocada por ruído. *Rev. Assoc. Med. Bras.*, 46(2), 143-158.
- Alves, E. D. L. & Vecchia, F. A. S. 2011. Análise de diferentes métodos de interpolação para a precipitação pluvial no Estado de Goiás. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, 33(2), 193-197.
- Barros, M. P. & Musis, C. R. 2013. Análise implicativa para avaliar os aspectos que determinam a preferência por um bairro: o caso de Cuiabá, MT. Ver. *Ra'e Ga*, 28, 198-225.
- Brito, F. A. & Coelho, J. L. B. 2013. *Carta Acústica de Fortaleza*. Fortaleza-CE: Prefeitura de Fortaleza.
- Cantieri, E., Catai, R. E., Agnoletto, R. A., Zanqueta, H. F. B., Cordeiro, A. D. & Romano, C. A. 2010. *Elaboração de um mapa de ruído para a região central da cidade de Curitiba - PR*. *Produção*, 10(1), 71-95.
- Carvalho Júnior, E. B., Garavelli, S. L. & Maroja, A. M. 2012. Análise dos efeitos do ruído aeronáutico em zonas residenciais circunvizinhas ao Aeroporto Internacional de Brasília. *Journal of Transport Literature*, 6(4), 59-81.
- Crocker, M. J. 2007. *Handbook of noise and vibration control*. Hoboken-New Jersey: John Wiley & Sons.
- Dal Pozzo, J. J. 2013. Ruído aeronáutico: o problema da poluição sonora sob análise legal em Porto Alegre. *Aviation in Focus*, 4(2), 67-82.
- Dani, A. & Garavelli, S. L. 2001. Principais efeitos da poluição sonora em seres humanos. *Rev. Uníversa*, 9(14), 659-678.
- Giraldo, W. A. & Fernández, A. E. G. 2011. Intervalo unitario de tiempo de medición para ruido ambiental. *Rev. Ingenierías Universidad de Medellín*, 10(18), 61-68.
- Lacerda, A. B. M., Magni, C., Morata, T. C., Marques, J. M. & Zannin, P. H. T. 2005. Ambiente urbano e percepção da poluição sonora. *Ambiente & Sociedade*, 8(2), 85-98.
- Lima, S. N. D. P. 2011. *Análise de danos subjetivos do ruído urbano na população de Belém-PA*. Dissertação de Mestrado, Universidade da Amazônia, Belém-PA.
- Manaus. 2006. *Plano Diretor Urbano e Ambiental de Manaus*. Manaus-AM: Câmara Municipal de Manaus.
- Mardones, M. D. M. 2009. *Mapeamento dos níveis de ruído em Copacabana, Rio de Janeiro, através de simulação computacional*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ.
- Mendonça, A. B. D., Suriano, M. T., Souza, L. C. L. & Viviani, E. 2013. Classes de quadras urbanas determinadas pelos níveis de ruídos. *Rev. Brasileira de Gestão Urbana*, 5(2), 63-77.
- Moraes, E. M. L., Simon, F. & Guimarães, L. H. R. 2009. Mapa Acústico de Belém actualizado por programa matemático de predicción. *Traços*, 11(24), 9-18.
- Nascimento, R. G., Godoy, R. M. B., Souto Junior, C. A. & Uehara G. T. 2007. Avaliação da Poluição Sonora na UNICAMP. *Rev. Ciências do Ambiente*, 3(1), 59-65.
- Nunes, M. F. O. & Sattler, M. A. 2004. Percepção do ruído aeronáutico em escolas da Zona I do PEZR do Aeroporto Internacional Salgado Filho. *ENGEVISTA*, 6(3), 5-24.

- Ojima, R., Monteiro, F. F. & Nascimento, T. C. L. 2015. Urbanização dispersa e mobilidade no contexto metropolitano de Natal: a dinâmica da população e a ampliação do espaço de vida. *Rev. Brasileira de Gestão Urbana*, 7(1), 09-20.
- Oliveira, M. P. G., Medeiros, E. B. & Davis Jr., C. A. 2000. Planejando o meio ambiente acústico urbano: uma abordagem baseada em SIG. *Revista IP*, 2(1), 81-96.
- Paz, E. C., Ferreira, A. M. C. & Zannin, P. H. T. 2005. Estudo comparativo da percepção do ruído urbano. *Rev. Saúde Pública*, 39(3), 467-472.
- Ragazzo, C. E. J. & Silva Lima, J. M. C. 2013. Planejamento urbano e redução de trânsito: o caso da estação de metrô da Nossa Senhora da Paz, em Ipanema. *Rev. Brasileira de Gestão Urbana*, 5(2), 97-113.
- Robinson, T. P. & Metternicht, G. 2006. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. *Computers and Electronics in Agriculture*, 50, 97-108.
- Saliba, T. M. 2004. *Manual prático de avaliação e controle de ruído*. São Paulo-SP: LTR Editora.
- Sánchez, L. E. 2008. *Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Scariot, E. M., Paranhos Filho, A. C., Torres, T. G., Victorio, A. C. B. 2012. O uso de geotecnologias na elaboração de mapas de ruído. *Eng. Sanit. Ambient.*, 17(1), 51-60.
- Souza Filho, J. J. , Andreasi, W. A. , Steffen, J. L. & Zannin, P. H. T. 2015. *Urban noise assessment based on noise mapping and measurements*. *Canadian Acoustics*, 43, 3-10.
- Suter, A. H. 2002. Construction noise: exposure, effects, and the potential for remediation: a review and analysis. *AIHA Journal*, 63, 768-789.
- Szeremeta, B. & Zannin, P. H. T. 2013. A Importância dos parques urbanos e áreas verdes na promoção da qualidade de vida em cidades. *Rev. Ra'e Ga*, 29, 177-193.
- Vieira Júnior, C. S. 2011. *Proposta metodológica para elaboração de mapas de ruído em ambiente SIG, segundo a norma ISO 9613-2*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí-SC.
- Zannin, P. H. T., Calixto, A., Diniz, F. B., Ferreira, J. A. & Schuhli, R. B. 2002. Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba, PR. *Rev. Saúde Pública*, 36(4), 521-524.