

Lucas Saliba Santos

**Mapeamento da Paisagem Sonora Urbana:
Ferramenta Para Gestão da Qualidade de
Vida**

**Curso de Especialização em
Geoprocessamento 2017**



UFMG

Instituto de Geociências

Departamento de Cartografia

Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha

Belo Horizonte

LUCAS SALIBA SANTOS

Mapeamento da Paisagem Sonora Urbana:
Ferramenta Para Gestão da Qualidade de Vida

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Cartografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de especialista em Geoprocessamento.

Orientador: Maria Márcia Magela Machado

Belo Horizonte

2017

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	3
LISTA DE MAPAS	4
LISTA DE EQUAÇÕES.....	5
LISTA DE TABELAS	5
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. Objetivos.....	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1. Definição de som e suas unidades de medida	9
3.2. Métodos para medição sonora.....	10
3.2.1. Aparelhos de medição.....	10
3.2.2. Nível de pressão sonora equivalente (L_{eq})	11
3.3. Efeitos sobre o ser humano	12
3.4. Mapas Sonoros ou Cartas de Ruído	14
3.4.1. Elaboração de Mapas Sonoros	15
4. Materiais e Métodos	19
4.1 Delimitação da Área de Estudo.....	19
4.2 Escolha dos pontos de medição.....	20
4.2 Equipamento Utilizado.....	21
4.3 Interpolação dos Dados	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
5.1. Níveis encontrados por período.....	24
5.2. Classificação conforme a NBR 10.151	26
5.3. Classificação conforme as recomendações da OMS.....	28

6. CONCLUSÃO.....	30
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curvas de Ponderação Acústica. Fonte: Bistafa, 2006	11
Figura 2 - Espectro Sonoro Humanamente Audível. Fonte: Bistafa, 2006	13
Figura 3- Mapa de Ruído de Madrid 2006 e 20011, Fonte: MER,2011	15
Figura 4 - Organograma para elaboração de mapas sonoros. Fonte: kluijver & Stoter, 2003	16
Figura 5- Modelo de smartphone Zenfone 3 Max. Fonte: ASUS, 2016	22

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Delimitação da Área de Estudo.....	20
Mapa 2 - Locação dos pontos de coleta de dados.....	21
Mapa 3 - Níveis Sonoros para período da manhã.....	24
Mapa 4 - Níveis sonoros para período da tarde.....	25
Mapa 5 - Comparativos dos períodos da manhã e tarde.....	26
Mapa 6 - Níveis Conforme a NBR 10.151	27
Mapa 7 - Níveis conforme a recomendação da OMS.....	28
Mapa 8 - População estimada exposta ao ruído	29

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Nível de Pressão Sonora.....	9
Equação 2 - Nível de Intensidade Sonora.....	10
Equação 3 - Nível de Potência Sonora	10
Equação 4 - Cálculo do L_{eq}	11

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Nível de Critério de Avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A). Fonte: NBR 10.151.....	27
--	----

1. INTRODUÇÃO

Diferenciar som e ruído depende da percepção subjetiva das pessoas, porque ambos constituem o mesmo fenômeno físico. O organismo humano reconhece as vibrações sonoras que entram pelo ouvido e dão ao ser humano uma sensação que caracteriza a percepção daquele som ou ruído, que pode ser variável, envolvendo o fator psicológico de tolerância de cada indivíduo. Entretanto, uma distinção didática desses conceitos foi apresentada por Fiorillo (2003) quando afirmou que som é qualquer variação de pressão que o ouvido humano possa captar, enquanto ruído é o som ou o conjunto de sons indesejáveis, desagradáveis, perturbadores.

Os sons presentes em um determinado ambiente formam o que tem se tornado conhecido pela expressão “*Soundscape*” (Paisagem Sonora) e é assim definida pelo seu autor em tradução livre:

“Uma paisagem sonora é combinação de sons que emergem de um ambiente imersivo. A paisagem Sonora é o objeto de estudo da ecologia ou paisagem acústica. A ideia de paisagem sonora refere-se tanto ao ambiente acústico natural, composto de sons naturais, incluindo a vocalização dos animais e a expressão do habitat coletivo, que a partir de agora serão chamados de biofonia; os sons atmosféricos e outros elementos naturais por exemplo serão agora denominados geofonia. Os sons ambientais produzidos pelos humanos serão referidos como antropofonia, incluindo um subconjunto de sons controlados como composições musicais, composições sonoras, linguagem, trabalho e sons de origem mecânica resultantes do uso da tecnologia industrial. Fundamentalmente o termo paisagem Sonora também inclui a percepção dos sons do ambiente por parte do ouvinte: ‘Como o ambiente é compreendido por aqueles que estão convivendo com ele’ e como lidam com ele. A perturbação desse ambiente acústico resulta em poluição sonora.”

Shaffer, M.R.(1977)

A poluição sonora ocorre quando, em um determinado ambiente, o som altera a condição normal de audição. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) a poluição sonora, hoje, é considerada como o terceiro problema ambiental que afeta o maior número de pessoas no mundo, atrás apenas da poluição do ar e da água (Freitas, 2002).

A qualidade de vida de uma cidade passa irremediavelmente pela análise e monitoramento de sua paisagem sonora, pois o ser humano possui a capacidade de se adaptar com relativa facilidade à maioria dos ambientes sonoros. Isto significa que o aumento dos sons incômodos ocasionados pelo crescimento e adensamento gradual do tecido urbano, sobretudo o ruído gerado pelo tráfego de veículos, permeando o dia a dia de uma comunidade, é pouco provável que esta se incomode e se mobilize para evitá-los. Esta capacidade de adaptação não impede, porém, que o organismo seja afetado por exposições prolongadas a níveis sonoros elevados, tanto durante o período de descanso como durante as atividades laborais. Quando a elevação dos níveis sonoros ocorre de forma gradual, a população tende a não se dar conta desse acréscimo e, por consequência, ignora os problemas gerados por ela. Diferente de ruídos pontuais e/ou ocasionais gerados por shows, bares e eventos que resultam em modificações abruptas na rotina de uma vizinhança.

A criação de legislação específica e a implementação de fiscalização são formas de coibir a poluição sonora, entretanto uma excelente maneira de evitá-la é por meio da educação, ou seja, o desenvolvimento da consciência dos envolvidos – população, governo, políticos, juristas, trabalhadores – na solução do problema. Talvez a maior barreira esteja no fato da própria população afetada ter dificuldade na avaliação desse problema, seja por desconhecimento ou por sua passividade frente ao problema, dizendo-se “acostumada ao barulho”

2. Objetivos

Este trabalho se propõe a mapear a paisagem sonora de uma área de cerca de 18 ha no Bairro Barro Preto, em Belo Horizonte, nas imediações do Fórum Lafayette do Tribunal de Justiça de Minas Gerais. A área tem caráter de uma zona urbana heterogênea, comportando grandes equipamentos públicos, equipamentos de lazer, além de edifícios residenciais. Além disso, há a facilidade da base cartográfica necessária estar disponível, o que deve ser considerado no caso de uma pesquisa de curta duração como esta.

Assim o objetivo deste trabalho é fazer um mapeamento acústico do ambiente urbano, utilizando tecnologias alternativas como aplicativos de celular de código livre a fim de analisar a utilização de metodologia de baixo custo na elaboração de cartas acústicas. A expectativa é poder contribuir para difundir metodologias com ferramentas acessíveis para subsidiar o controle e gestão da paisagem sonora, tanto para o poder público como para grupos civis que se organizem em torno do tema.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Definição de som e suas unidades de medida

O som é uma onda mecânica, ou uma frente de compressão mecânica, portanto necessita de um meio ou suporte físico para se propagar, seja sólida, líquida ou gasosa – em outras palavras o som não se propaga na ausência de matéria.

Por ser uma onda mecânica, o som pode ser mensurado através das unidades de pressão P (Pascal), o que dá origem ao termo “pressão sonora”. No entanto, por ser uma onda, o som também é tem frequência H (hertz) e potência W (watt).

A pressão, a potência e a intensidade dos sons captados pelo ouvido humano cobrem uma ampla faixa de variação. Por exemplo, um murmúrio irradia uma potência de 0,000 000 001 Watt (10⁻⁹ W), uma orquestra sinfônica chega a produzir 10 Watts, enquanto que um avião a jato emite 100.000 Watts de potência ao decolar. Assim, Alexander Graham Bell, fundador da Bell Labs, empresa de telefonia do século XIX, propôs uma escala logarítmica para expressar as grandezas físicas sonoras denominada Bell. Como esta é uma medida muito grande para se utilizar no dia-dia, convencionou-se utilizar um décimo do Bell como medida padrão, unidade denominada no Sistema Internacional como decibel (dB) que consiste nas escalas logarítmicas, conforme o BIPM (2007):

- Nível de Pressão Sonora:

$$dB_{SPL} = 20 \log \frac{P_{ef}}{P_0}$$

Onde: P₀ = 2 x 10⁻⁵ N/m²

Equação 1 - Nível de Pressão Sonora

- Nível de Intensidade Sonora

$$dB_{IL} = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

onde $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

Equação 2 - Nível de Intensidade Sonora

- Nível de Potência Sonora

$$dB_{PWL} = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

Onde: $W_0 = 10^{-12} \text{ W}$

Equação 3 - Nível de Potência Sonora

3.2. Métodos para medição sonora

A avaliação do perigo ou a perturbação causada por uma fonte sonora se faz, mais apropriadamente, através da grandeza de pressão, podendo ser medida por meio de um medidor de nível de pressão sonora (Fernandes, 2013).

3.2.1. Aparelhos de medição

Segundo Bistafa (2006), a grandeza acústica determinante para averiguar a sensação subjetiva de intensidade dos sons é o nível de pressão sonora. Dessa forma, o instrumento mais adequado para as medidas acústicas é o sensor de pressão sonora. Este instrumento é denominado sonômetro, que tem o nome popular de *decibelímetro*.

Os decibelímetros são dotados de filtros ponderadores, que são utilizados para modificar o espectro sonoro mensurado de acordo com a resposta do sistema auditivo as diferentes frequências do som. As curvas de ponderação são demonstradas pelo gráfico apresentado a seguir na Figura 1.

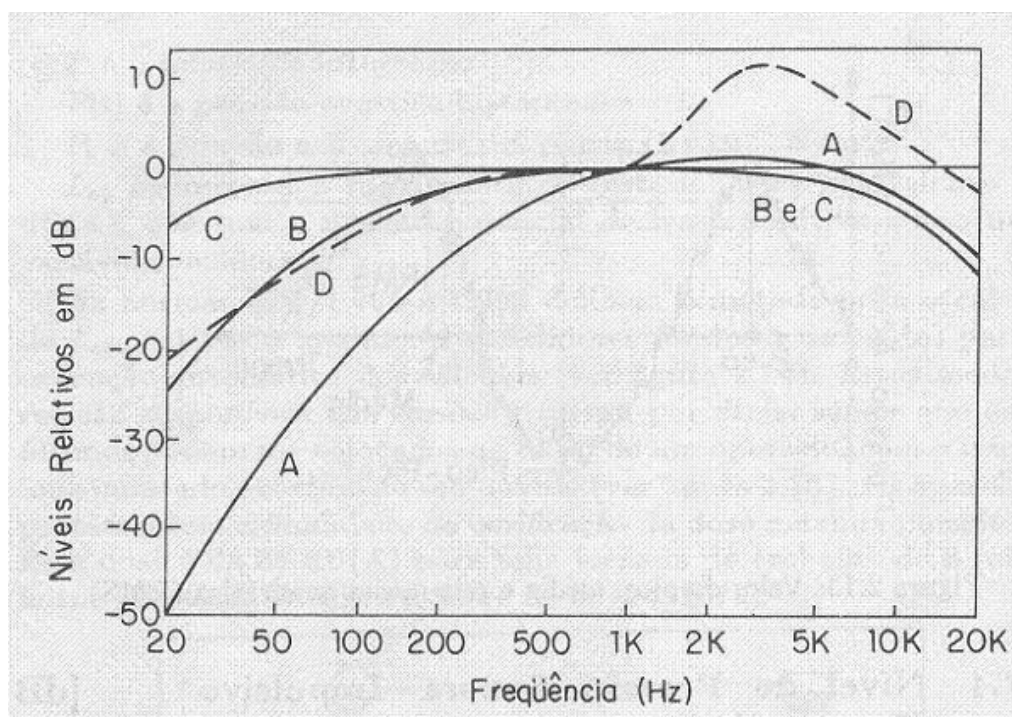


Figura 1 - Curvas de Ponderação Acústica. Fonte: Bistafa, 2006

3.2.2. Nível de pressão sonora equivalente (L_{eq})

O valor da pressão sonora apresenta inúmeras variações dentro de praticamente todas as escalas temporais. A fim de encontrar um valor adequado para representar o valor da pressão sonora em um determinado ambiente é calculado o nível de pressão sonora equivalente - L_{eq} (*Level of equivalence*). O L_{eq} pode ser obtido de várias formas, uma das mais utilizadas é o valor médio quadrático da pressão sonora, referente a todo o intervalo de medição em decibéis, expressado pela Equação 4:

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2}{p_0^2} dt \right]$$

Equação 4 - Cálculo do L_{eq}

Onde:

- ✓ L_{eq} = Nível de pressão sonora equivalente em dB
- ✓ P_0 = Nível de pressão de referência
- ✓ P_A = Nível de pressão de instantânea
- ✓ t_1 = Tempo inicial da medição
- ✓ t_2 = Tempo final da medição

O L_{eq} é considerado por alguns especialistas uma medida questionável para avaliação da pressão sonora. A argumentação se baseia no fato da energia contida nos impulsos “diluir-se” nas partes silenciosas de um do registro quando se calcula a média temporal (Bistafa, 2006). Entretanto, o L_{eq} é o utilizado pela maioria dos países como métrica em manuais e normas que regulam a exposição sonora pois, este descritor de ruído, é um parâmetro muito útil quando há grandes variações de energia sonora durante um intervalo de tempo. Assim, a ausência de constante de tempo e sua excelente correlação com os efeitos danosos do ruído à audição e à saúde humana tornam o L_{eq} essencial no monitoramento do ruído ambiental.

3.3. Efeitos sobre o ser humano

O ouvido humano é capaz de perceber variações de pressão em uma faixa muito ampla, que vai desde o limiar da audição, correspondente à pressão de $20\mu\text{Pa}$ ($0,00002\text{ Pa}$), até ao limiar da dor com 60Pa (Fernandes, 2013). As variações de pressão e suas sensações no ouvido humano são ilustradas pela Figura 2 apresentada a seguir.

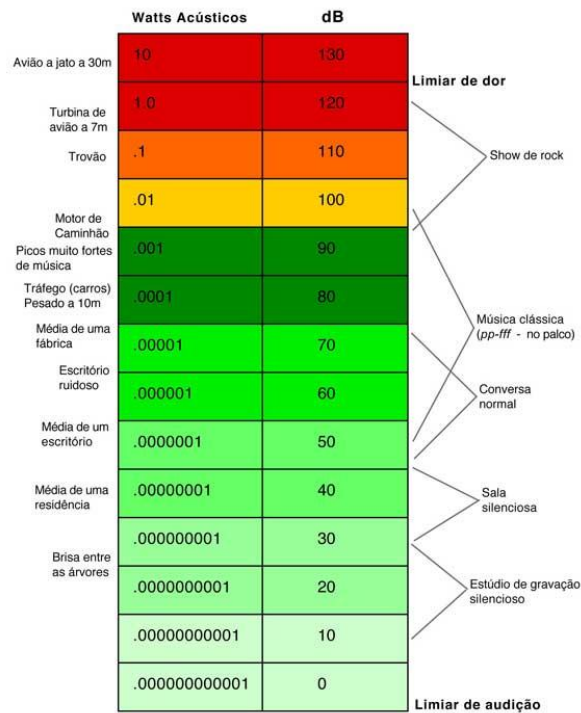


Figura 2 - Espectro Sonoro Humanamente Audível. Fonte: Bistafa, 2006

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 1999), os níveis de pressão sonora não devem ultrapassar os 55dB(A) e a exposição por mais de 8h a níveis acima de 80dB(A) por dia pode provocar reações fisiológicas. Estas podem se dividir em diretas como dificuldade na comunicação com outras pessoas, restrições auditivas, dores de ouvido, etc.; e indiretas como problemas neurológicos, elevação do nível de estresse, cansaço e ainda problemas cardiovasculares e distúrbios psíquicos (Seligman, 1993).

Segundo Belojevic et al. & Maschke apud Zanin & Szeremetta (2003), o nível de pressão sonora excessivo é um fato comum nos grandes centros urbanos e é gerado, principalmente, pelos meios de transporte. Seus estudos mostram que o ruído de tráfego de 66 dB(A) deve ser considerado como o limiar do dano à saúde. Consequentemente, foi estabelecido no âmbito da medicina preventiva 65dB(A) como o nível máximo a que um cidadão pode se expor no meio urbano, sem riscos.

3.4. Mapas Sonoros ou Cartas de Ruído

Segundo Klaeboe et al. apud Vieira Júnior (2011), os mapas sonoros são instrumentos novos, mas de alta eficiência no que diz respeito à visualização da localização de sons indesejados e capazes de causar impacto ambiental. Conseqüentemente, subsidiam à identificação das causas e o planejamento de ações de monitoramento dos mesmos. Este instrumento pode ser uma ferramenta de sucesso, principalmente se utilizada por gestores públicos em grandes cidades, como meio de conscientizar a população, bem como encorajá-la a apoiar medidas de controle acústico.

Um exemplo de como essas a proposta de elaboração de mapa de ruído tem se mostrado efetiva na melhoria da paisagem sonora de algumas cidades é o caso de Madrid. Após a elaboração do mapa de ruído de 2006 foram adotadas várias medidas para mitigação dos problemas detectados. Em 2011 um novo mapa de ruído foi feito e possibilitou a constatação de que as políticas públicas adotadas como a criação de ruas exclusivas para pedestres e estabelecimento de restrições à circulação de veículos, ajudaram a reduzir significativamente o ruído em áreas tradicionais e consolidadas da cidade, reduzindo entre 15 e 20% o número de pessoas expostas a níveis sonoros acima do ideal, especialmente a noite (MER 2011). Esta transformação no nível de ruído pode ser visualizada na Figura 3, onde são apresentadas os mapas de ruído nas redondezas da *Puerta Del Sol*, respectivamente em 2006 e 2011.

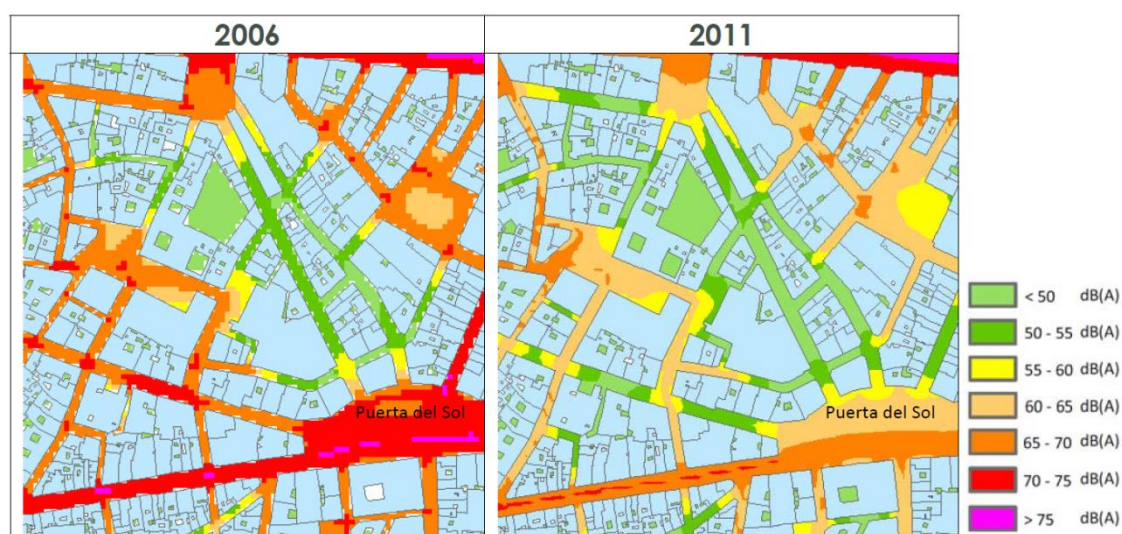


Figura 3- Mapa de Ruído de Madrid 2006 e 2011, Fonte: MER,2011

3.4.1. Elaboração de Mapas Sonoros

Elaborar uma carta de ruído envolve um conjunto de procedimentos. Segundo Kluijver e Stoter (2003), até o ano de 2001, já haviam sido propostas várias metodologias para elaboração das mesmas. Entretanto, devido ao fato da Comissão Europeia (EC), em 2002, ter agrupado várias regulamentações nacionais sobre níveis sonoros por meio da Diretiva da União Europeia 2002-49-EC¹ e ter incluído a carta de ruído como instrumento necessário para a avaliação de qualidade de vida nas cidades com mais de 250.000 habitantes, consequentemente encarregando o poder público de mensurar os níveis sonoros dessas cidades e espacializá-los, uma padronização da metodologia se tornou essencial. Assim, foi criada, em 2002, uma diretriz na EC que dá orientações para a construção de uma carta de ruído, sendo o autor citado um dos integrantes da comissão nomeada para elaboração de parâmetros. Nesse sentido, o emprego de Sistemas de Informação Geográfica - SIG na elaboração de cartas de ruído é unanimidade. Esta ferramenta possui um extenso conjunto de recursos para manipulação e análise de dados geoespaciais, com destaque à criação de mapas temáticos. O trabalho de Kluijver e Stoter

¹ European parliament and council, directive 2002/49/EC of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise, Official Journal of the European Communities L189 (2002) 12–26.

(2003), explicita os critérios adotados para a padronização e precisão na elaboração de cartas de ruído, propondo etapas de utilização do SIG conforme pode ser visto na Figura 4.

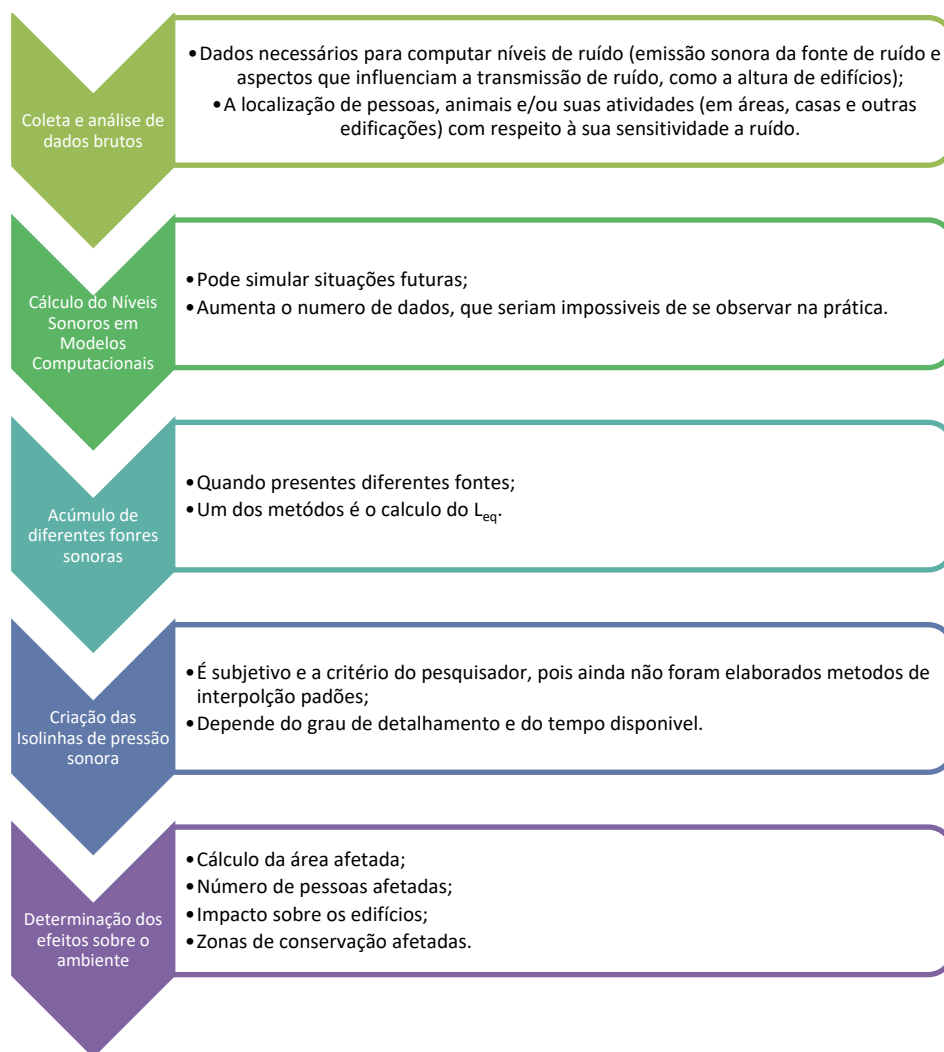


Figura 4 - Organograma para elaboração de mapas sonoros. Fonte: kluijver & Stoter, 2003

O mapeamento da paisagem sonora, como visto, é um processo que envolve várias etapas e, inclusive, a primeira delas no que tange à coleta de dados envolver um dispendioso trabalho de campo o tendo em vista a quantidade de pontos de medição necessária para criar um mapa do espaço urbano minimamente acurado. O custo elevado faz com que o a realização deste mapeamento dependa de iniciativas políticas e da inserção desde serviço dentro das diretrizes de monitoramento da qualidade de vida de uma cidade ou município.

A fim de reduzir os custos da elaboração de uma carta de ruído e tornar a metodologia mais acessível, servindo inclusive para dar mais poder a população frente ao governo, algumas universidades, institutos de pesquisa e, até mesmo, *startups* têm desenvolvido aplicativos para *smartphones* para que estes funcionem como um decibelímetro. Alguns exemplos são o *OpeNoise* da *Università di Torino* na Itália, *NoiseCapture* do *Centre National de La Recherche Scientifique* na França e o *NoiseTube* desenvolvido pelo *Sony Computer Science Lab* em Paris - França em parceria com a *Vrije Universiteit Brussel* da Bélgica.

Esses aplicativos auxiliam na coleta dos dados em campo, pois além de medirem o valor da pressão sonora em um ponto associam a ele a uma coordenada geográfica, facilitando assim a inserção destes dados em um ambiente SIG.

Os dados coletados pelos aplicativos entram como uma malha de pontos para dentro dos softwares SIG, estes pontos devem ser interpolados para criação das isolinhas acústicas que, assim como em uma carta topográfica, traçam os linhas onde os níveis acústicos têm o mesmo valor.

Para este trabalho foi selecionado para utilização o Aplicativo *NoiseTube*, por contar com uma documentação mais extensa disponível para estudo e pela forma como armazena os dados coletados e os disponibiliza posteriormente. O projeto *NoiseTube* foi iniciado em 2008 na capital francesa tendo como principal objetivo criar um aplicativo para *smartphones* capaz de facilitar o controle e a gestão da poluição sonora de forma participativa (Poslončec-Petrić, V. et al., 2016).

Para utilizar o aplicativo o usuário deve se registrar inicialmente na página do projeto – www.noisetube.net - para em seguida instalar o aplicativo em seu *smartphone* por meio do acesso à loja de aplicativos de seu aparelho (NoiseTube, 2017).

Por se tratar de uma plataforma colaborativa o aplicativo tem uma *interface* extremamente simples que permite que qualquer um operá-lo. Ao acionar o comando de medição o aplicativo mede a pressão sonora e atrela o valor medido ao posicionamento indicado pelo sistema de geolocalização do aparelho, em seguida o envia para o banco de dados online do projeto e dentro de aproximadamente 24 horas os dados são disponibilizados para os usuários nos formatos *json* e *kml*.

Os dados medidos em campo são disponibilizados no formato de amostras pontuais. Faz-se assim necessário utilizar métodos de interpolação a fim de verificar a distribuição espacial dos níveis acústicos em uma determinada área. Ainda não há um consenso na literatura sobre quais os melhores métodos para a interpolação de dados acústicos. Todavia segundo Taghizadeh-Mehrjardi R. et al. (2013) o método da Krigagem é o que reproduz mais fielmente a predição dentro dos ambientes SIG.

4. Materiais e Métodos

4.1 Delimitação da Área de Estudo

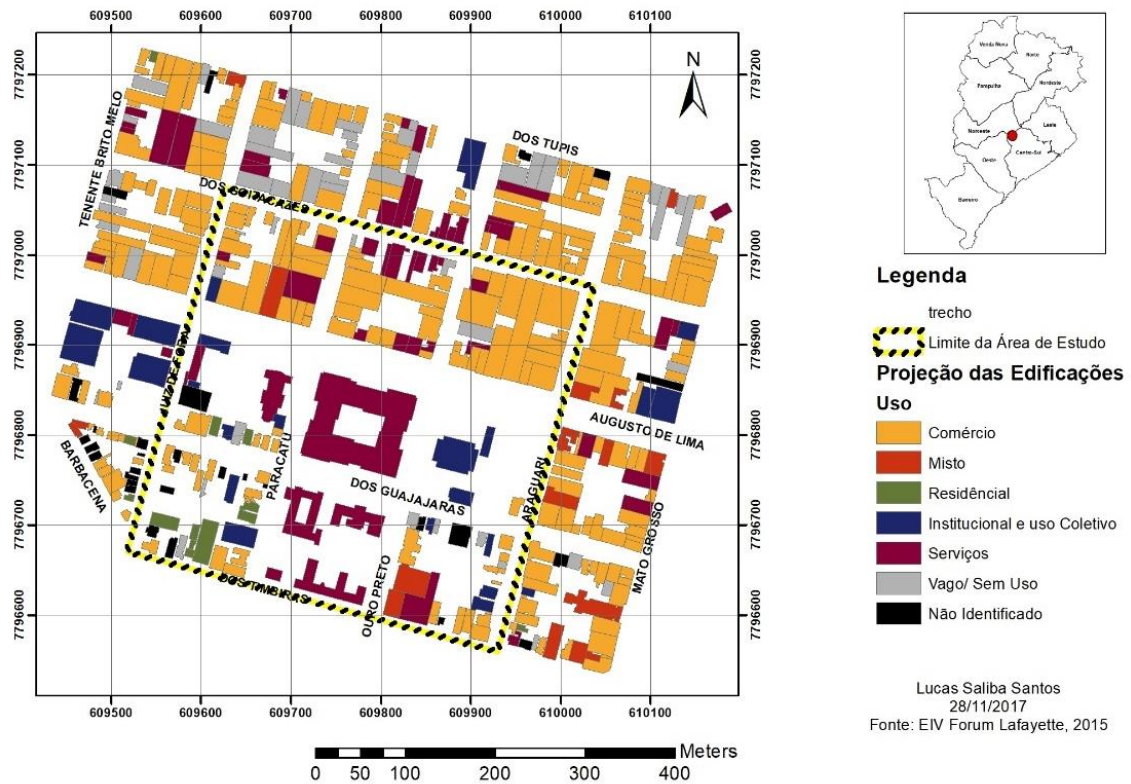
Como se trata de um trabalho de curta duração, se tornaria inviável contar com a participação popular em tempo hábil para elaboração desta carta. Assim, o pesquisador delimitou a área de estudo de forma que as medições pudessem ser realizadas por uma pessoa a pé, respeitando os horários estabelecidos pela literatura:

- de 07h as 12h período da manhã;
- de 12h as 17h período da tarde;
- de 17h as 22h período vespertino;
- de 22h as 07h período noturno.

É preciso, também ressaltar, que por escassez de tempo e elevado índice de criminalidade da área, as medições nos períodos vespertino e noturno não foram realizadas. A falta de dados para estes períodos não compromete o estudo, pois este não se propõe a realizar um levantamento completo, apenas a testar a metodologia e averiguar se é possível replica-la em maior escala.

A área delimitada compreende a parte central do bairro Barro Preto, em Belo Horizonte. Neste local estão localizados importantes equipamentos como o Fórum Lafayette, unidade mais movimentada do Tribunal de Minas Gerais (TJMG); a unidade Barro Preto do Clube do Cruzeiro, ambiente de lazer para os associados e centro de treinamento de vôlei do clube; uma Unidade de Atendimento Integrada (UAI) que presta serviços como a emissão de documentos de identificação; a região é também denominada Polo da Moda, pois abriga inúmeros estabelecimentos relacionados a produção de roupas e acessórios; este conjunto de serviços e comércio faz da área em questão umas das mais movimentadas da cidade devido a diversidade de serviços. Não obstante, a área abriga também várias unidades residenciais nos pavimentos superiores dos edifícios de uso

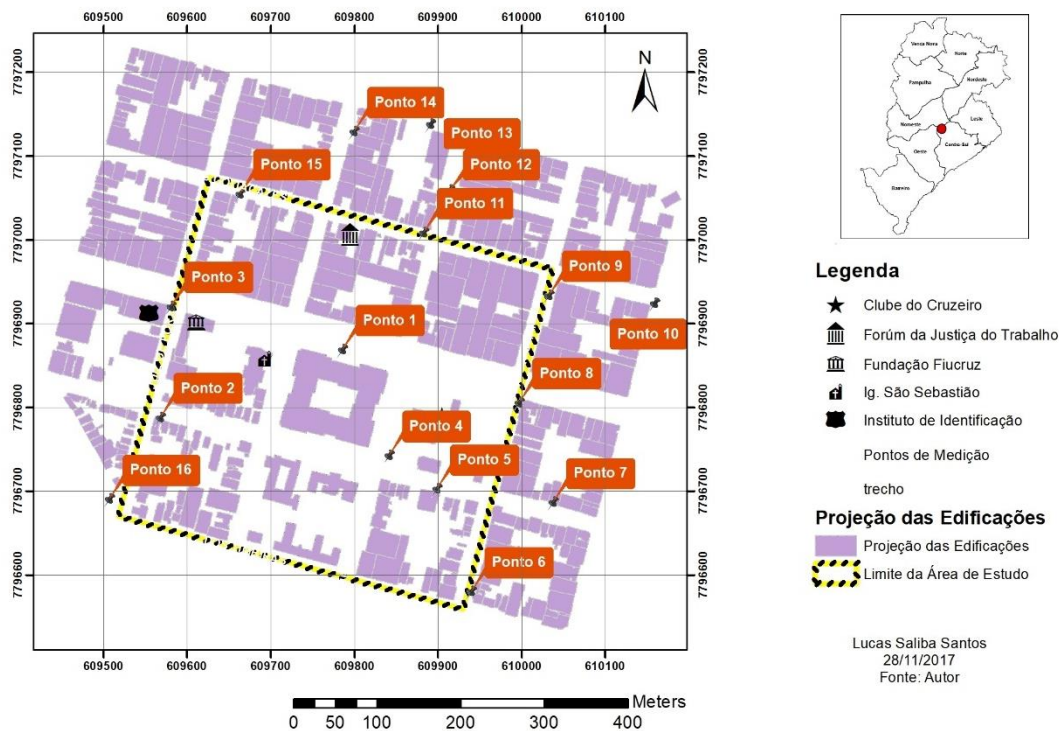
misto. Esta realidade encontra-se bem representada no Mapa 1, onde vemos a delimitação da Área de Estudo e a classificação das edificações conforme o uso.



Mapa 1 - Delimitação da Área de Estudo

4.2 Escolha dos pontos de medição

Os pontos foram distribuídos de forma aleatório no espaço, mas de forma que cobrissem toda a área de estudo para permitir a sua interpolação. Os pontos escolhidos estão representados no Mapa 2, que contém o limite da Área de Estudo e a projeção das edificações.



Mapa 2 - Locação dos pontos de coleta de dados

4.2 Equipamento Utilizado

Para coleta de dados em campo utilizou-se um Smartphone da ASUS, modelo Zenfone 3 Max, modelo representado na Figura 5. Este aparelho ainda não havia sido calibrado pela empresa que produz a aplicação *NoiseTube*, por isso o padrão “genérico” disponível para correção das medições do aplicativo foi utilizado. Como não havia um decibelímetro calibrado disponível para este estudo, não se pode criar um modelo comparativo para saber o grau de precisão do equipamento.



Figura 5- Modelo de smartphone Zenfone 3 Max. Fonte: ASUS, 2016

4.3 Interpolação dos Dados

Conforme verificado na revisão bibliográfica utilizou-se então o método da krigagem para interpolar os pontos e obter o gradiente que indica a variação do L_{eq} , tanto para o período da manhã, como para a tarde.

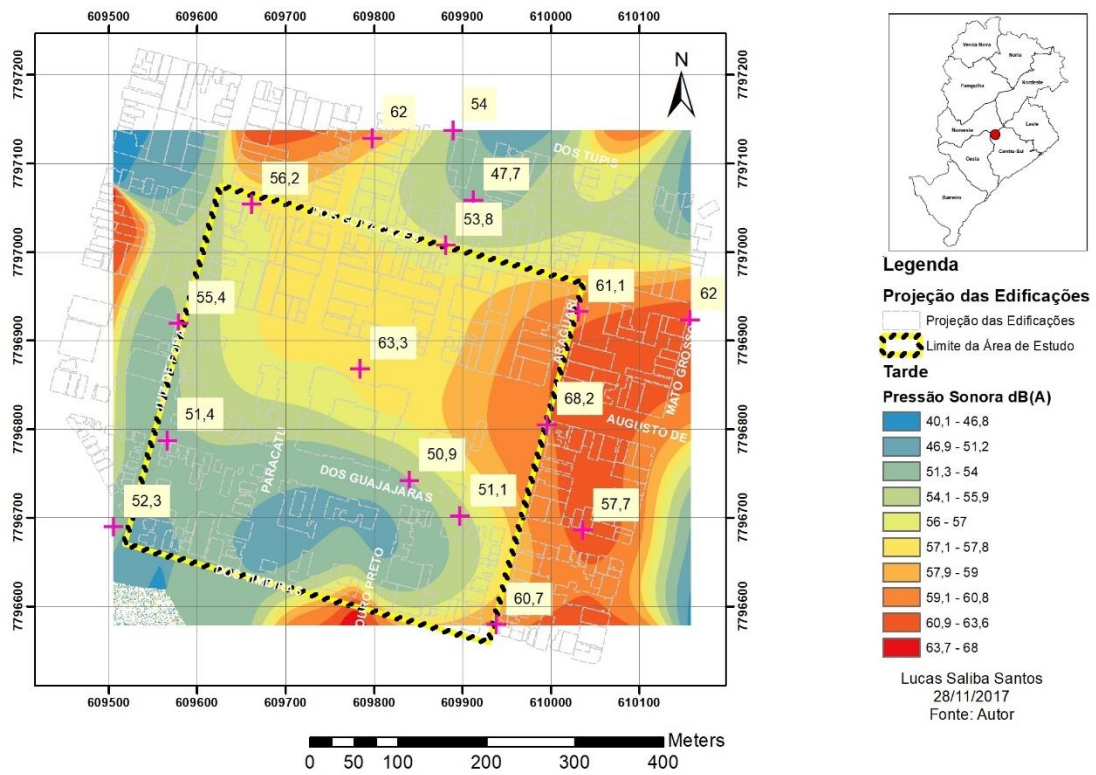
5. RESULTADOS E DISCUÇÕES

Após a obtenção dos dados de campo e sua recuperação no servidor do aplicativo *NoiseTube* em formato *.json*, estes foram convertidos para *shapefile* e interpolados. As matrizes resultantes foram classificadas utilizando-se o intervalo geométrico. Gerando os mapas 3 e 4, que contém os valores de pressão sonora interpolados a partir das medidas de campo, o limite da Área de Estudo e a projeção das edificações.

Para comparação efeito de comparação gerou-se o mapa 5, onde se equalizaram os dos níveis aferidos nos dois períodos.

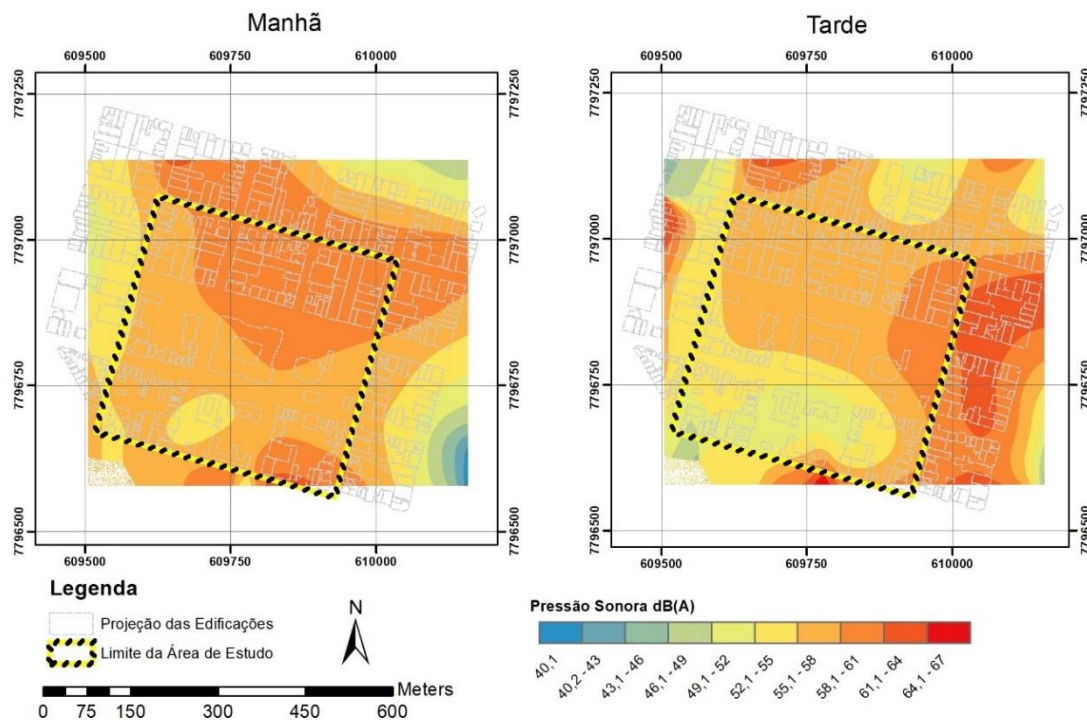
Os valores foram filtrados conforme as recomendações da NBR 10.151 e da OMS, gerando os mapas 6 e 7, os quais mostram as áreas em conformidade ou não com as recomendações das organizações.

Por fim o mapa 8 mostrando o número de indivíduos afetados pelo valor do ruído da área conforme as recomendações da OMS.



Mapa 4 - Níveis sonoros para período da tarde

A fim de facilitar a comparação entre os mapas da parte da manhã e da parte da tarde, as duas matrizes foram classificadas utilizando-se a mesma distribuição de valores conforme o Mapa E.



Mapa 5 - Comparativos dos períodos da manhã e tarde

Os resultados corresponderam ao esperado, uma vez que o pesquisador já estava familiarizado com a região era fácil prever que os níveis mais altos de pressão sonora se dariam no entorno da Rua Araguari, pois é neste local onde trafegam a maior parte das linhas de ônibus metropolitanas provenientes dos municípios de Betim e Contagem. O cruzamento da Av. Augusto de Lima com Rua Araguari é provavelmente o mais movimentado do bairro.

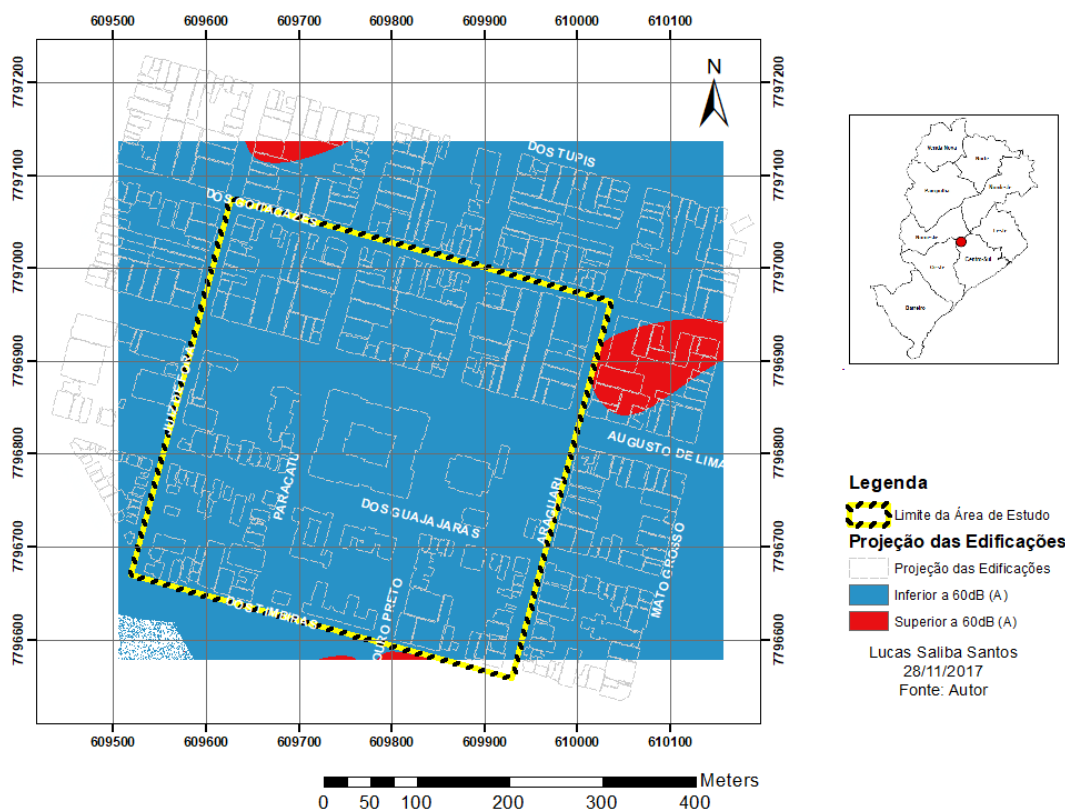
5.2. Classificação conforme a NBR 10.151

Se compararmos os resultados obtidos com os Níveis de Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos da NBR 10.151 toda a área estará respeitando a norma porque esta região pode ser classificada como Área Mista, com Vocação comercial e administrativa, conforme Tabela 1 retirada na norma.

Tabela 1 - Nível de Critério de Avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A). Fonte: NBR 10.151

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

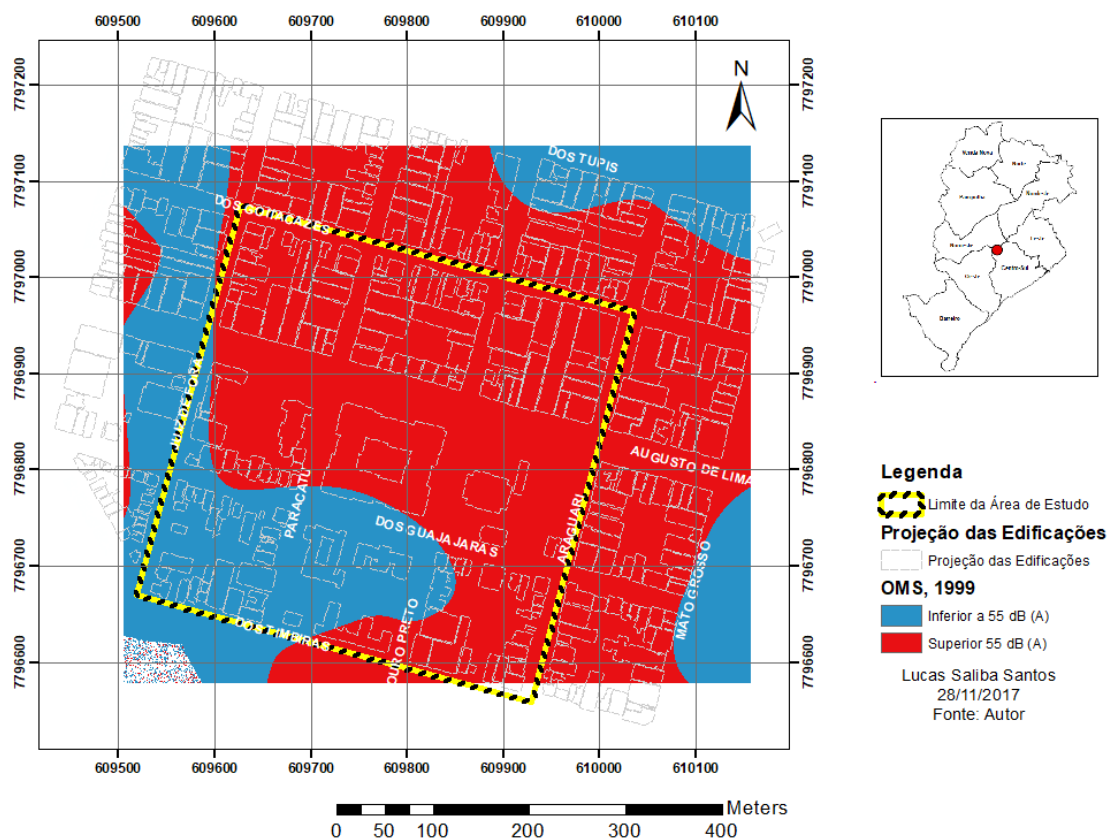
No mapa 6, verificamos que nenhuma área dentro do perímetro da área de estudo supera o valor de 60dB (A).



Mapa 6 - Níveis Conforme a NBR 10.151

5.3. Classificação conforme as recomendações da OMS

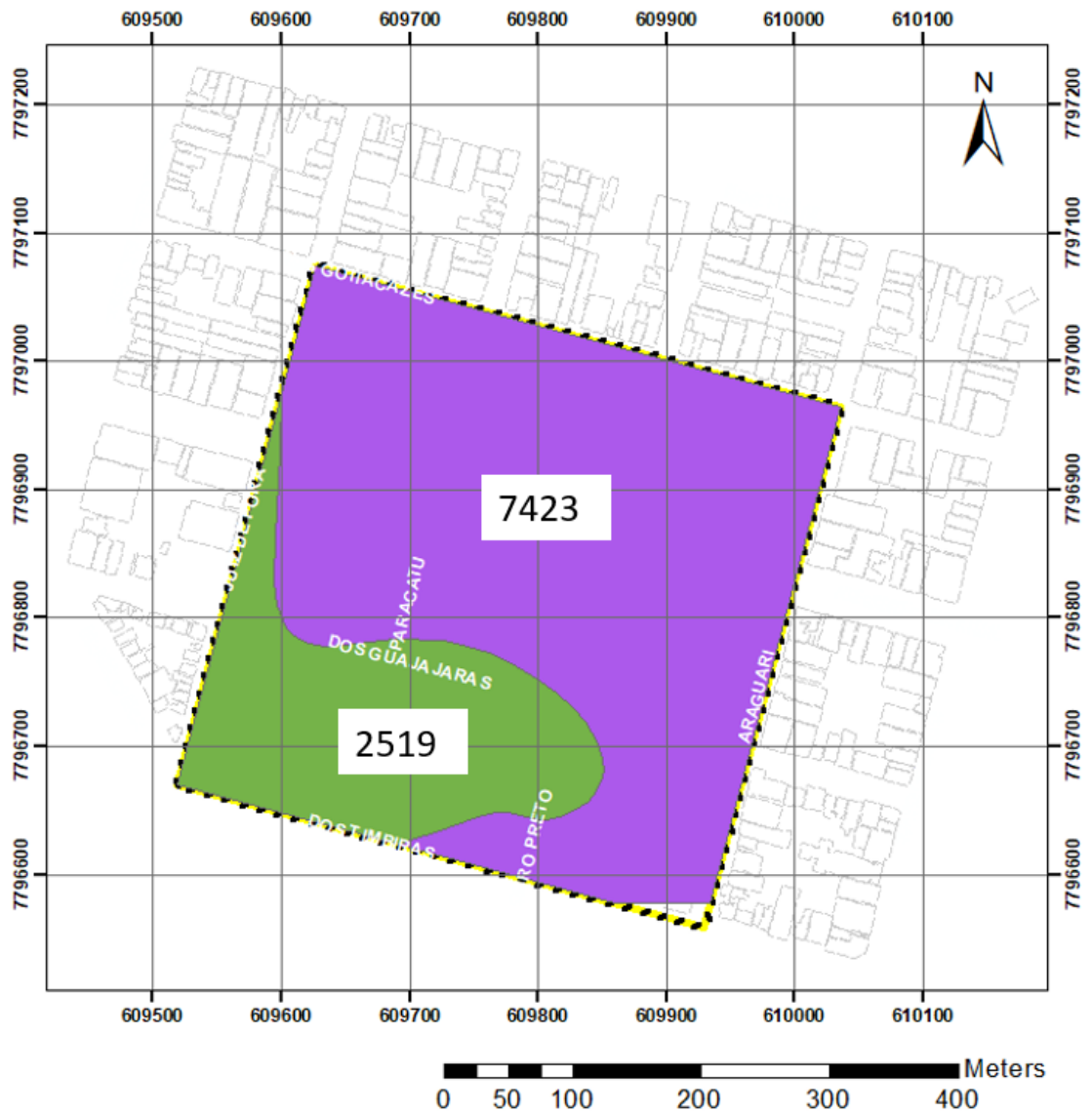
Para a área de estudo, conforme demonstrado no mapa 7, os níveis de pressão sonora, ultrapassam em sua maior parte os 55 dB(A) previstos como limite saudável para o ser humano pela OMS.



Mapa 7 - Níveis conforme a recomendação da OMS

Para verificar a o número de pessoas dentro da área em não conformidade com as recomendações da OMS, a área do mapa 7 foi cruzada com os valores de densidade populacional do CENSO IBGE 2010, o que permitiu que se chegar aos seguintes valores:

- 7423 pessoas expostas a mais de 55dB (A)
- 2519 pessoas expostas a menos de 55dB(A)



Mapa 8 - População estimada exposta ao ruído

Essa análise, ainda que de baixa precisão, mostrou que mais de 50% da população da área de estudo está exposta a níveis de ruído fora dos padrões recomendados pela OMS. Caberia então um estudo sobre os níveis de estresse da população que mora e frequenta a região, para saber o quão impactante são os níveis de ruído sobre ela.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho cumpriu seu objetivo, de gerar um mapa sonoro utilizando um aplicativo de celular. Entretanto há ainda um longo caminho a ser percorrido a fim de calibrar as ferramentas de medição e realizar um trabalho de divulgação em massa sobre a importância desse tipo de mapeamento, dessa forma seria possível contar com a obtenção de dados através de milhares de usuários. Isto resultaria em uma distribuição temporal e uma granulação espacial muito maior, permitindo análises mais complexas e resultados mais concretos.

Verificou-se também que uma população de considerável é exposta a níveis que podem gerar níveis impactantes de estresse, é preciso analisar como esses indivíduos tem percebido a presença do ruído no seu cotidiano a fim de averiguar se a norma brasileira, NBR 10.151 não merece algum tipo de revisão.

Para os próximos trabalhos recomenda-se um período maior para as análises, e a tentativa de incentivar a participação popular, a fim de conscientizar o cidadão comum do seu direito a qualidade de vida nas cidades.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BISTAFA, S. R. **Acústica Aplicada ao Controle de Ruído**. 1ª edição. São Paulo, SP, Brasil: Editora Edgard Blücher. 2006

Fernandes, W.C. **Análise do Ruído na Área Central de Luanda**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: universidade Federal do Rio, Escola Politécnica. 2013

FIORILLO, C. A. P. **Curso de direito ambiental brasileiro**. 4. Ed. São Paulo: Saraiva, 2003. p. 116.

FREITAS, G. P. de. **Poluição Sonora – Aspectos Legais**. Ed. UNISANTA: Universidade Santa Cecília, 2002.

IBGE. **Censo 2010**. Materiais. Guia do Censo. Operação Censitária. 2010. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/materiais/guia-do-censo/operacao-censitaria.html>>. Acesso em: outubro de 2017.

NoiseTube. **NoiseTube Project**. Sony Computer Science Laboratory Paris & Software Languages Lab. Acesso em outubro de 2017, disponível em <<http://www.noisetube.net>>.

Poslončec-Petrić, V. **Voluntary Noise Mapping for Smart City**. **ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 1st International Conference on Smart Data and Smart Cities, 30th UDMS. IV**, pp. 131-137. Split: Croácia. doi:10.5194/isprs-annals-IV-4-W1-131-2016

Taghizadeh-Mehrjardi R. **Mapping of noise pollution by different interpolation methods in recovery section of Ghandi telecommunication Cables Company**. *Journal of Occupational Health and Epidemiology*, 2. doi:10.18869/acadpub.johe.2.1.2.1

Viera Júnior, C. D. **Proposta Metodológica para Elaboração de Mapas de Ruído em Ambiente SIG, segundo Norma ISO 9613-2**. Dissertação de Mestrado. Itajaí, SC, Brasil: Universidade do Vale do Itajaí. 2011.

ZANNIN, P. H., & SZEREMETTA, B. **Avaliação da Poluição Sonora no Parque Jardim Botânico de Curitiba, Paraná, Brasil.** Caderno Saúde Pública, 19, 683-686. 2003.