



# **ANÁLISE DE POLUIÇÃO SONORA POR APLICAÇÃO MOBILE SENSING**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**Engenharia da Computação**

**Emanuel Cícero Apolinário Bezerra**  
**Orientador: Prof. Sérgio Murilo Maciel Fernandes**



UNIVERSIDADE  
DE PERNAMBUCO

**Universidade de Pernambuco  
Escola Politécnica de Pernambuco  
Graduação em Engenharia de Computação**

**EMANUEL CÍCERO APOLINÁRIO  
BEZERRA**

**ANÁLISE DE POLUIÇÃO SONORA POR  
APLICAÇÃO MOBILE SENSING**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia de Computação pela Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco.

**Recife, Junho de 2017.**

## MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

### Avaliação Final (para o presidente da banca)\*

No dia 10 de Julho de 2017, às 9:00 horas, reuniu-se para deliberar a defesa da monografia de conclusão de curso do discente **EMANUEL CICERO APOLINARIO BEZERRA**, orientado pelo professor **Sérgio Murilo Maciel Fernandes**, sob título **Análise de Poluição Sonora por Aplicação Mobile Sensing**, a banca composta pelos professores:

**Edison de Queiroz Albuquerque**  
**Sérgio Murilo Maciel Fernandes**

Após a apresentação da monografia e discussão entre os membros da Banca, a mesma foi considerada:

Aprovada       Aprovada com Restrições\*       Reprovada

e foi-lhe atribuída nota: 9,0 ( NOVE )

\*(Obrigatório o preenchimento do campo abaixo com comentários para o autor)

O discente terá 05 dias para entrega da versão final da monografia a contar da data deste documento.

EDISON DE QUEIROZ ALBUQUERQUE

SÉRGIO MURILO MACIEL FERNANDES

\* Este documento deverá ser encadernado juntamente com a monografia em versão final.

*Dedico este trabalho a minha família, especialmente minha mãe Glória e meu pai Cícero.*

# Agradecimentos

Agradeço a Deus por te me dado a oportunidade de viver nesse mundo e por iluminar o meu caminho.

Agradeço a minha família, minha mãe Glória por seu amor incondicional, Marina por seu apoio constante, ao meu pai Cícero pelos valores que me ensinou e que carregarei até o fim, sinto que o senhor olha por mim. A minha prima Hortência que batalhou muito para seguir seus estudos mesmo diante de vários problemas de saúde, ela continuou em frente até o fim, sendo um exemplo a ser seguido.

Agradeço ao meu orientador, o professor Sérgio Murilo pela enorme paciência para tirar minhas dúvidas tanto acadêmicas e principalmente as dúvidas sobre escolhas nessa vida. Obrigado por ser um ombro e ouvido amigo e por acreditar em mim em momentos que nem eu acreditava.

# Resumo

O aumento da poluição sonora nos grandes centros urbanos tem causado cada vez mais problemas de saúde naqueles que são expostos, desde distúrbios do sono, estresse, pressão alta a perda auditiva. O aumento do número de sensores em *smartphones* tem fomentado a área de *Mobile Sensing* para aquisição de dados. Este trabalho utiliza uma aplicação *Mobile Sensing* participativa, NoiseTube, que permite utilizar um *smartphone* como ferramenta para aquisição dos níveis de poluição sonora no ambiente cotidiano do usuário, permitindo a este ter acesso a um mapa de ruído e aos dados coletados. Utilizou-se a ferramenta Spreadsheet Mapper do Google para transformar os dados coletados em mapas de ruído dos cenários estabelecidos. Utilizando essas ferramentas, alguns locais da cidade do Recife foram analisados e o estudo desses dados constatou que os níveis de ruído estão acima dos estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde e pelas leis brasileiras. Cabe ao cidadão exigir a fiscalização e punição daqueles que infringem as leis. Promover o uso dessa aplicação para o público, aumentará a base de dados da ferramenta permitindo que mais pessoas e empresas tenham acesso a essas informações, para que propostas inteligentes possam ser utilizadas para combater esse problema de poluição sonora.

# Abstract

The increase in noise pollution in large urban centers has caused more and more health problems in those who are exposed, from sleep disturbances, stress, high blood pressure to hearing loss. The increase in the number of sensors in smartphones has encouraged the area of Mobile Sensing for data acquisition. This work uses a participatory Mobile Sensing application, NoiseTube, which allows the use of a smartphone as a tool to acquire levels of noise pollution in the user's daily environment, allowing the user to have access to a noise map and the data collected. The Google Spreadsheet Mapper tool was used to transform collected data into noise maps of established scenarios. Using these tools, some sites in the city of Recife were analyzed and the study of these data found that the noise levels are above those established by the World Health Organization and Brazilian laws. It is up to the citizen to demand the supervision and punishment of those who violate the laws. Promoting the use of this application to the public will increase the tool's database by allowing more people and companies to have access to this information so that smart proposals can be used to combat this noise pollution problem.

# Sumário

<b>Capítulo 1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo Geral	2
1.2 Tecnologia	3
1.3 Estrutura	4
<b>Capítulo 2 - Som e Poluição Sonora</b>	<b>6</b>
2.1 Som	6
2.2 Poluição Sonora	7
2.2.1 Sono afetado pelo barulho	7
2.2.2 Danos a comunicação oral	7
2.2.3 Distúrbios físicos e desequilíbrio hormonal	8
2.2.4 Níveis toleráveis de poluição sonora	9
<b>Capítulo 3 - Internet das Coisas e Ramificações</b>	<b>14</b>
3.1 Computação Ubíqua e Internet das Coisas	14
3.2 Mobile Sensing	16
3.2.1 Mobile Sensing System (MSS)	16
3.2.2 Mobile Crowdsensing (MCS)	17
<b>Capítulo 4 - Infraestrutura e Tecnologias</b>	<b>19</b>
4.1 Sensores	19
4.2 Sensores em <i>smartphones</i>	21
4.2.1 Microfone	21



4.2.2	Sensor de GPS (Sistema de Posicionamento Global)	23
4.2.3	Sensor de Proximidade	23
4.2.4	Sensor de movimentos	23
4.2.5	Sensor Acelerômetro	24
4.2.6	Giroscópio	24
4.2.7	Sensor de Luz Ambiente ou RGB	24
4.2.8	Barômetro (Pressão Atmosférica)	24
4.2.9	Sensor geomagnético (magnetômetro)	24
4.2.10	Umidade e temperatura	25
4.3	Classificação de sensores na plataforma Android	25
<b>Capítulo 5 - Aplicações Mobile Sensing</b>		<b>26</b>
5.1	Aplicações analisadas	26
5.1.1	Ear-Phone: A Context-Aware Noise Mapping using Smart Phones	26
5.1.2	Sensor Insider Pro	26
5.1.3	NoiseMap	27
5.1.4	Widenoise	27
5.2	Aplicação NoiseTube	28
<b>Capítulo 6 - Mapas de Ruído</b>		<b>34</b>
6.1	Tratamento dos dados	34
6.2	Google Spreadsheet Mapper	35
<b>Capítulo 7 - Cenários</b>		<b>40</b>

7.1	Hospitais	40
7.1.1	Hospital Real Português	40
7.1.2	Hospital da Restauração	42
7.1.3	Hospital Geral do Recife	43
7.2	Áreas comerciais	46
7.2.1	Avenida Conde da Boa Vista	46
7.2.2	Mercado São José	49
7.2.3	Rua Imperatriz	51
<b>Capítulo 8 Conclusão e Trabalhos Futuros</b>		<b>53</b>
<b>Bibliografia</b>		<b>55</b>

# Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b>	Fórmula matemática Intensidade Sonora.....	6
<b>Figura 2.</b>	Funcionamento de um transdutor Ubíquo.....	19
<b>Figura 3.</b>	Sensor analógico linear e um não linear.....	20
<b>Figura 4.</b>	Crescimento de sensores em <i>smartphones</i> .....	21
<b>Figura 5.</b>	Tipos de microfones usados em <i>smartphones</i> .....	22
<b>Figura 6.</b>	Fases de Medição do NoiseTube.....	30
<b>Figura 7.</b>	Página Elog contendo as medições.....	31
<b>Figura 8.</b>	Exemplo de mapa com medição de ruídos.....	33
<b>Figura 9.</b>	Entrada de dados do autor e descrição do mapa de ruído no Spreadsheets.....	36
<b>Figura 10.</b>	Campos de Templates do Spreadsheets.....	36
<b>Figura 11.</b>	Colunas de entrada de dados na aba PlacemarkData.....	37
<b>Figura 12.</b>	Níveis de decibels disponíveis no mapa.....	37
<b>Figura 13.</b>	Janela de informações de uma medição de ruído.....	38
<b>Figura 14.</b>	Local de download do mapa de ruído gerado.....	39
<b>Figura 15.</b>	Mapa de ruído no Hospital Real Português.....	41
<b>Figura 16.</b>	Histograma porcentagem x dB(A) do Hospital Real Português....	41
<b>Figura 17.</b>	Mapa de ruído do Hospital da Restauração.....	42
<b>Figura 18.</b>	Histograma porcentagem x dB(A) do Hospital da Restauração....	43
<b>Figura 19.</b>	Mapa de ruído do Hospital Geral do Recife.....	44
<b>Figura 20.</b>	Foco nos níveis acima de 70dB(A) e os abaixo de 60dB(A).....	44
<b>Figura 21.</b>	Histograma porcentagem x dB(A) do Hospital Geral.....	45
<b>Figura 22.</b>	Relação porcentagem de dB(A) do Hospital Geral ao longo dos dias.....	46

<b>Figura 23.</b>	Mapa de ruído da Avenida Conde da Boa Vista.....	47
<b>Figura 24.</b>	Histograma porcentagem x dB(A) da Av. Conde da Boa Vista....	48
<b>Figura 25.</b>	Porcentagem x dB(A) da Av. Conde da Boa Vista ao longo dos dias.....	49
<b>Figura 26.</b>	Mapa de ruído do Mercado São José.....	50
<b>Figura 27.</b>	Histograma porcentagem x dB(A) do Mercado São José.....	50
<b>Figura 28.</b>	Mapa de ruído da Rua Imperatriz.....	51
<b>Figura 29.</b>	Histograma porcentagem x dB(A) da Rua Imperatriz.....	52

# Índice de Tabelas

<b>Tabela 1.</b> Impacto de Ruídos na Saúde. Fonte: OMS [1].....	9
<b>Tabela 2.</b> Diretrizes sobre níveis de ruído de acordo com a OMS. ....	10
<b>Tabela 3.</b> Níveis de ruído toleráveis para ambientes externos, em dB(A) de acordo com NBR 10151 [29] .....	11
<b>Tabela 4.</b> Valores de ruído toleráveis em ambiente internos, segundo a NBR 10152. 11	11
<b>Tabela 5.</b> Limites de ruído segundo a lei estadual n.º 12.789/05 [27] .....	13
<b>Tabela 6.</b> Limites de ruído segunda a lei municipal n.º16.243/96 [28] .....	13
<b>Tabela 7.</b> Relação entre características da Computação Pervasiva, Móvel e Ubíqua. Fonte: Computação Ubíqua: definição, princípios e Tecnologias [5] .....	15

# Tabela de Símbolos e Siglas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

API - *Application Programming Interface*

CMOS - *Complementary metal-oxide-semiconductor*

dB – Decibel

GPS - *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global)

Hz - Hertz

IOT - *Internet of Things* (Internet das Coisas)

MCS - *Mobile Crowd System*

MEMS - *Microelectromechanical systems*

MSS - *Mobile Sensing System*

NBR - Abreviação adota pela ABNT

OMS - Organização Mundial de Saúde

Pa - Pascal

PCB - *Printed Circuit Board* (Placa de Circuito Impresso)

RSSF - Rede de Sensores Sem Fio

Wi-Fi - *Wireless Fidelity* (Rede sem fio)

# Capítulo 1

## Introdução

A intensidade sonora em grau elevado, muitas vezes conceituado de barulho, tem sido um problema ambiental recorrente para o ser humano. Veículos como motos, carros e caminhões com problemas mecânicos, podem produzir um alto nível de ruído, pelo sistema de exaustão (escapamento) e pelas pastilhas de freio, diariamente pelas ruas e rodovias das cidades. Altos níveis de ruído podem ser encontrados em diversas outras atividades tais como nas indústrias, por meio de motores e outras máquinas, e também em centros de lazer, tais como clubes, boates, concertos, jogos, etc. Aeronaves também contribuem para o aumento do nível de ruído no cenário ambiental [1]. Nas grandes cidades ao redor do mundo as populações têm sido expostas cada vez mais a crescentes níveis de ruídos, das mais variadas fontes, que têm causado problemas de saúde pública às populações que vivem no entorno desse ambiente urbano. Esses efeitos nocivos têm que ser considerados quando se estabelecem normas para os níveis de ruídos permitidos em um ambiente: interferência com comunicação; perda de audição devido a alta exposição a ruídos; efeitos de distúrbio do sono; efeitos cardiovasculares e psicológicos; redução de performance; irritações; efeitos no comportamento social. Segundo a OMS (Organização Mundial de Saúde) [1] o nível de exposição sonora recomendado é de até 50 dB para uma boa saúde auditiva, sendo que valores em decibéis acima desse valor podem causar distúrbios e levar as pessoas a ter sérios problemas de saúde, tais como: estresse, pressão alta, agressividade, insônia, dificuldade de concentração e perda auditiva.

As grandes cidades brasileiras têm apresentado sérios problemas com relação a poluição sonora em função do seu crescimento. Recife, uma dessas grandes cidades brasileiras, tem apresentado aumento da poluição sonora especialmente em ambientes comerciais representado pelos mercados públicos e pelas vias comerciais, tais como a Avenida Conde da Boa Vista, a Rua Imperatriz e o mercado de São José. Uma outra fonte potencial de poluição sonora é representada pelo uso excessivo de carros (ou bicicletas) de som fazendo

propaganda de estabelecimentos comerciais, de chamadas para festas ou mesmo de propaganda política. Segundo matéria do Jornal do Comércio no período das eleições de 2016 dentre as denúncias de propagandas irregulares que foram registradas, a principal foi o alto volume dos carros de som [3]. Diante dessa epidemia sonora, cabe aos cidadãos relatar o problema ao ministério público para que o mesmo possa tomar as providências legais. Todavia, o que se percebe é a pouca fiscalização dessas infrações, seja por falta de iniciativa da população ou simplesmente descaso das autoridades. Os cidadãos parecem aceitar o barulho como algo “normal” e que “faz parte” de viver no ambiente urbano. Este trabalho tem como intenção relatar os níveis sonoros em alguns cenários específicos do dia a dia na cidade do Recife, utilizando para isso os conceitos de *Mobile Sensing*, a fim de analisar os aspectos envolvidos na poluição sonora e as conclusões que possam ser estabelecidas sobre o que está errado nesse cenário urbano e que o se pode fazer para tentar melhorá-lo.

## 1.1 Objetivo Geral

Investigar e mostrar as causas de poluição sonora na cidade do Recife, estimulando a população e os órgãos públicos responsáveis a tomarem atitudes que possam vir a minimizar tais problemas.

### **Objetivos específicos:**

- 1- estudar as possíveis causas de poluição sonora na cidade do Recife;
- 2- investigar e definir aplicativos tecnológicos que possam registrar o nível de ruído por meio de smartphone;
- 3- estudar leis e normas municipais, estaduais, federais e de organizações internacionais com relação aos níveis aceitáveis de ruído nas cidades;
- 4- definir cenários específicos para o estudo de caso;
- 5- realizar a coleta e o tratamento dos dados de poluição sonora, associados aos cenários estabelecidos no item anterior;
- 6- Analisar os resultados obtidos e definir as conclusões.



Com o uso de um *smartphone* bem calibrado, cada pessoa pode medir o nível sonoro de um determinado local ou trajeto e assim disponibilizar um mapa de ruído do ambiente analisado. Visto que a maioria da população possui *smartphones*, só é necessário a instalação de um aplicativo e a definição da configuração do mesmo, para que as medições possam ser realizadas.

## 1.2 Tecnologia

Os *smartphones*, basicamente computadores de bolso que também realizam ligações telefônicas, representam o que há de mais atual no avanço da tecnologia. Vários modelos de *smartphones* possuem os mais diversos tipos de sensores, tais como giroscópio, sensor de proximidade, acelerômetro, pedômetro, dentre outros. Porém, em todos os *smatphones* é possível encontrar microfone e GPS (*Global Positioning System* - Sistema de Posicionamento Global). Com o uso de um aplicativo é possível coletar o nível de ruído de um ambiente através do microfone e a coordenada geográfica através do GPS e com isso determinar os níveis de ruído em locais específicos, tais como ruas, avenidas, residências, cruzamentos, boates, clubes, estádios. Ao analisar os dados coletados pode-se formular teorias e conclusões a respeito do nível de ruído nesses locais e propor alternativas para amenizar os efeitos maléficos da exposição prolongada.

Com o avanço da tecnologia de comunicação sem fio, várias oportunidades para solução de problemas utilizando estas tecnologias começaram a ser desenvolvidas. A Internet das Coisas (*Internet of Things* – IOT), uma dessas tecnologias de comunicação sem fio, estende os meios de comunicação (redes *Ad hoc*, internet, etc) para troca de dados entre objetos com ou sem interferência do usuário. A demanda por coleta de dados para análise de problemas e possíveis soluções, tem crescido bastante. Uma das principais alternativas para essa coleta é a utilização de rede de sensores móveis. O *Mobile Sensing* é um dos ramos da IOT, que teve um rápido crescimento através do uso de sensores em *smartphones*. Existem vários tipos de *mobile sensing*: individual, participativo, oportunístico, multidão, social, etc. O objeto do sensoriamento pode ser focado no indivíduo ou no ambiente. O local do sensoriamento pode ser caseiro, urbano, veicular... Atualmente existem barreiras que limitam a aceitação social de sistemas de *mobile sensing*. Exemplos dessas barreiras são: preocupação com privacidade, leis restritivas em

alguns países, ausência de incentivos econômicos que possam encorajar pessoas a participarem de uma campanha de sensoriamento [3]. O ponto chave na utilização de *mobile sensing* está no fato de já termos milhões de dispositivos móveis (celulares, smartphones, iPods) em circulação ao redor do mundo capazes de se comunicar com a internet e enviar sua localização. Basicamente um sistema utilizando *mobile sensing* funciona através de uma aplicação instalada num dispositivo móvel, a qual utiliza sensores tais como como, GPS, Wi-Fi, Microfone, sensor de poluição, dentre outros, para coletar dados e enviar esses dados para um servidor na internet, onde os dados serão avaliados em conjunto com dados enviados por outros dispositivos. Com os dados coletados, estudam-se as soluções para resolver o problema proposto de acordo com o cenário.

## 1.3 Estrutura

Este texto tenta sintetizar o conceito de *Mobile Sensing* bem como suas divisões e origem, além de sua utilização no desenvolvimento de aplicações para resolver problemas diários. Nesse trabalho o foco é direcionado para o uso dessa tecnologia na coleta de dados sobre poluição sonora em grandes centros urbanos, mais especificamente na cidade do Recife. Para melhor compreender essa tecnologia serão abordados os seguintes aspectos:

- Conceitos relativos a *Mobile Sensing*;
- A infraestrutura necessária para o funcionamento desta tecnologia;
- Exemplo de aplicação;

Espera-se que esse texto possa promover a tecnologia de *Mobile Sensing* contribuindo para que se torne mais conhecida, adotada e, por consequência, bem-sucedida, além de alertar a população sobre o crescente problema e consequências da exposição constante a poluição sonora.

O trabalho está dividido da seguinte forma: na Seção 2 é apresentada a fundamentação sobre som, ruído e poluição sonora, suas consequências para o ser humano e como realizar a sua medição; na Seção 3 é descrita visão da IOT e *Mobile Sensing* bem como seus respectivos conceitos e a taxonomia adotada; na Seção 4 é

explicado os tipos de sensores, com ênfase nos utilizados em *smartphones* enquanto na Seção 5 são apresentados os aplicativos que realizam medição de ruído e trabalhos relacionados, além de uma introdução sobre o aplicativo utilizado para coleta dos dados nos exemplos estudados; na Seção 6 é detalhada a metodologia utilizada para a criação dos mapas de ruído; na Seção 7 são apresentados os cenários avaliados e as medições encontradas; na Seção 8 são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

# Capítulo 2 - Som e Poluição Sonora

## 2.1 Som

Som é a propagação de uma onda mecânica (onda sonora) de forma circuncêntrica, tendo a fonte emissora como seu centro. Ele se propaga apenas nos meios materiais (que possuam massa e elasticidade), sejam eles sólidos, líquidos ou gasosos [17].

A frequência de som é o número de ciclos de uma onda sonora, por segundo. Ela é medida em Hertz(Hz) e aumenta a medida que o número de ciclos por segundo aumenta [18]. O sistema auditivo de um ser humano saudável consegue captar frequências sonoras entre 20Hz e 20.000Hz. Ondas com frequência menor que 20Hz são denominadas de infra-som, e ultra-som são ondas com frequência maior que 20.000Hz.

A pressão sonora ou acústica (Pa) serve de base ao estudo dos sons. O limiar da audição (pressão sonora mínima audível) é  $2 \times 10^{-5}$  Pa e o limiar da dor (pressão máxima audível é 20 Pa. Utilizar essa escala não é muito prático devido a sua grande variação. O decibel (dB), unidade de intensidade física relativa ao som, corresponde a uma escala logarítmica, que se aproxima da percepção do ouvido às flutuações da pressão e da intensidade sonora. A intensidade sonora ("volume") permite distinguir os sons fortes ou fracos e a intensidade física do som decresce com a distância da fonte sonora. A fórmula que define o nível de intensidade sonora ( $L_I$  ou  $NIS$ ) de uma intensidade sonora  $I$  é mostrada na Figura 1:

$$NIS = L_I = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right)$$

Onde:

$I_0 = I_{ref} = 10^{-12} \text{ W/m}^2$  (intensidade sonora de referência, correspondente ao limiar da audição)

$NIS$  ou  $L_I$  expresso em dB

**Figura 1.** Fórmula matemática para medir o nível de intensidade sonora.

Usando a fórmula se descobre que a diferença entre o limiar audível e o limiar da dor é de 120dB. Também percebe-se a cada 3dB o nível de intensidade sonora dobra.

## 2.2 Poluição Sonora

Barulho (ruído) é, por definição, um som indesejável. Ele varia em sua composição em termos de frequência, intensidade e duração. Sons agradáveis para algumas pessoas podem ser desagradáveis para outras. Os sons de um estilo musical (rock, jazz, clássico) são divertidos para alguns, mas outros já os consideram lesivos. Então, para um som ser classificado como "barulho", este deve ser julgado pelo ouvinte [19].

### 2.2.1 Sono afetado pelo barulho

Quando o ser humano dorme, o sistema auditivo torna-se a principal fonte de informações sobre o ambiente. O corpo passa por 4 estágios durante o sono leve e o sono profundo, que são essenciais para garantir a recuperação física, mental e psicológica. Segundo a OMS os níveis de ruído para garantir uma boa noite de sono são em média 30 dB(A) de valor contínuo e máximo de 45 dB(A) de pico [1]. Variações de picos de ruído entre 8 e 19 db(A) sobre o nível de fundo são suficientes para uma pessoa acordar. Esses ruídos afetam os estágios do sono, reduzindo a eficiência do mesmo e levando a problemas de saúde.

### 2.2.2 Danos a comunicação oral

A intensidade de ruído acima do nível 60 dB(A) já ultrapassa 5 dB(A) a fala civilizada, começando a mergulhar a voz educada, no caos sonoro, e o ouvinte, em distúrbios de atenção e de concentração. A inteligibilidade de 100% de palavras fáceis exige excessiva intensidade da voz acima 15 dB(A) do ruído de fundo, que em nossas cidades usualmente passam de 70 dB(A). Esse aumento da voz, estressa as cordas vocais, além de reduzir a concentração no diálogo entre o locutor e o ouvinte.

### 2.2.3 Distúrbios físicos e desequilíbrio hormonal

Pesquisas constataram que aumentando de 55 a 85 dB(A) o nível do ruído branco faz-se elevar a frequência cardíaca, a taxa de excreção de adrenalina, as perdas de desempenho em tarefas de cálculo, o aumento de erros, os retardos nas respostas e nas conclusões, as restrições no campo visual, capacitando-nos apenas para tarefas mais simples [20].

Ao redor do mundo a perda de audição por excesso de ruído é o risco ocupacional que mais prevalece. A perda auditiva típica observada com as pessoas que possuem uma longa história de exposição a ruído é caracterizada por perda de audição na faixa entre 3000 e 6000 Hz [1]. Na fase precoce à exposição, uma perda de audição temporária é observada ao fim de um período, desaparecendo após algumas horas. A exposição contínua ao ruído resultará em perda auditiva permanente que será de natureza progressiva e se tornará notável subjetivamente ao trabalhador no decorrer do tempo de trabalho. Muitos sons em nosso ambiente excedem estes padrões e a exposição contínua a esses sons podem causar até a perda da audição. A diferença em níveis de decibéis é maior do que se poderia esperar: 100 vezes mais energia sonora entra nos ouvidos em um ambiente de 95 dB do que num ambiente de 75 dB(A).

Segundo análises da OMS, a respeito de vários estudos realizados até o ano 1998, uma exposição diária (LAeq,24h) até 70dB(A) não causa risco de perda de audição por exposição ao ruído ambiente, para a maioria da população (mais de 95%) [1]. Essa análise não inclui o ruído ocupacional em setores industrializados com maquinário pesado. Na Tabela 1, pode-se ver os impactos de ruídos à saúde numa exposição de ruídos do dia a dia. Nela não estão expostos os ruídos de pico (ambulâncias, trio elétricos), ruídos que podem chegar a 100 dB(A) e provocar perda auditiva, temporária ou permanente.

**Tabela 1.** Impacto de Ruídos na Saúde. Fonte: OMS [1]

Volume	Estado	Impacto Negativos	Locais
Até 50 dB	Confortável (limite da OMS)	Nenhum	Rua sem tráfego
50 a 65 dB	A pessoa fica em estado de alerta, não relaxa	Diminui a concentração e prejudica a produtividade no trabalho intelectual.	Agências Bancárias
65 a 70 dB	O organismo reage para tentar se adequar ao ambiente, minando as defesas.	Aumenta o nível de cortisona no sangue, diminuindo a resistência imunológica. Induzindo a liberação de endorfina e aumenta a concentração de colesterol no sangue.	Bares ou restaurantes lotados
Acima de 70 dB	O organismo fica sujeito a estresse degenerativo além de abalar a saúde mental	Aumentam os riscos de enfarte, infecções, entre outras doenças sérias	Praças de alimentação, mercados

#### 2.2.4 Níveis toleráveis de poluição sonora

Os níveis aceitáveis de poluição sonora variam de país para país, apesar das recomendações ditadas por órgãos internacionais. Cabem aos órgãos competentes de cada país implementar ou adaptar a sua situação. Nessas horas entram os problemas de políticas públicas e variações de índices toleráveis entre as legislações federais, estaduais e municipais.

Os valores de diretrizes para limite de poluição sonora, segundo a OMS, estão alocados na Tabela 2. Os valores levam em conta os níveis inferiores de ruído que possam causar uma reação adversa a saúde das pessoas expostas [1]. O nível de pressão sonora equivalente ( $LA_{eq}$ ), em decibels ponderados em “A” [dB (A)] é obtido a partir do valor médio quadrático da pressão sonora (com a ponderação A) referente a todo o intervalo de medição [29]. A O tempo base para utilizado para o  $LA_{eq}$  nos turnos diurno e noturno são 16 horas e 8 horas, respectivamente. O  $LA_{max,fast}$  corresponde ao nível de pressão sonora máxima exposta a um pico de ruído num rápido intervalo de tempo. Para um turno diurno de 12 horas os valores deveriam ser 5 a 10 dB menores que os apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Diretrizes sobre níveis de ruído de acordo com a OMS.

<b>Locais específicos</b>	<b>Efeitos a saúde</b>	<b>LAeq (dB)</b>	<b>Horas de exposição</b>	<b>LAm<sub>ax</sub>, fast (dB)</b>
Residências,	Irritação grave, dia e noite	55	16	-
Salas	Irritação moderada, dia e noite	50	16	-
Residências, dentro de quartos	Fala inteligível e irritação moderada, dia e noite	55	16	-
	Distúrbios do sono, noite	50	16	-
Fora de quartos	Distúrbios do sono, janela aberta (valores para área externa)	45	8	60
Salas de aula	Fala inteligível, distúrbio na passagem de conhecimento	35	Durante aula	-
Berçários, pré-escolas	Distúrbios do sono	30	Durante soneca	45
Escolas, playground	Irritação (fonte externa)	55	Durante recreio	-
Hospitais, alas e quartos	Distúrbios do sono, de dia	30	8	40
	Distúrbios do sono, a noite	30	16	-
Comércios, shoppings, tráfego intenso	Perda auditiva	70	24	110
Festivais, shows	Perda auditiva	100	4	110
Discursos	Perda auditiva	85	1	110
Música com fone de ouvido	Perda auditiva	85	1	110

Os valores estabelecidos pela OMS servem de recomendação para que os países os sigam, todavia vários países adaptam os valores para o que consideram aceitável diante das suas necessidades. No Brasil os níveis toleráveis de poluição sonora estão determinados segundo a norma da ABNT (n.º 10.151) [29]. Nela estão



especificados os valores limites de acordo com a zona e o horário. Na Tabela 3 são apresentados esses valores.

**Tabela 3.** Níveis de ruído toleráveis para ambientes externos, em dB(A) de acordo com NBR 10151 [29]

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

A Tabela 4 corresponde aos valores toleráveis de ruído sonoro recomendados para ambientes internos, segundo a norma da ABNT (n.º 10.152) [30]. O valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade.

**Tabela 4.** Valores de ruído toleráveis em ambiente internos, segundo a NBR 10152.

Locais	dB(A)	
Hospitais	Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros Cirúrgicos	35 - 45
	Laboratórios, Áreas para uso do público	40 - 50
	Serviços	45 - 55
Escolas	Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35 - 45
	Salas de aula, Laboratórios	40 - 50

	Circulação	45 - 55
Hotéis	Apartamentos	35 - 45
	Restaurantes, Salas de Estar	40 - 50
	Portaria, Recepção, Circulação	45 - 55
Residências	Dormitórios	35 - 45
	Salas de estar	40 - 50
Auditórios	Salas de concertos, Teatros	30 - 40
	Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35 - 45
Restaurantes		40 - 55
Escritórios	Salas de reunião	30 - 40
	Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35 - 45
	Salas de computadores	45 - 65
Igrejas e Templos	Cultos meditativos	40 - 50
Locais para esporte	Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45 - 60

Há diversas leis tratando do assunto de poluição sonora: federais, estaduais e municipais. As leis federais têm abrangência sobre todo o país. As estaduais abrangem apenas o Estado correspondente. As leis municipais são aplicadas ao Município de sua respectiva competência. Entre as federais, estão a Lei nº 9.605/95 (Crimes Ambientais) [24], a Lei nº 9.503/97 (Código de Trânsito Brasileiro) [25] e a Lei nº 10.406/02 (Código Civil) [26]. No Estado de Pernambuco, destaca-se a Lei estadual nº 12.789/05 [27], cujos limites de ruído estão dispostos na Tabela 5, e a Lei municipal n.º 16.243/96 [28], cujos limites de ruído estão dispostos na Tabela 6.

**Tabela 5.** Limites de ruído segundo a lei estadual n.º 12.789/05 [27]

Área / Turno	Diurno	Vespertino	Noturno
<b>Residencial</b>	65 dB(A)	60 dB(A)	50 dB(A)
<b>Diversificada</b>	75 dB(A)	65 dB(A)	60 dB(A)

**Tabela 6.** Limites de ruído segunda a lei municipal n.º16.243/96 [28]

Área	Diurno	Noturno
Área Residencial	70 dB(A)	60 dB(A)
Área próxima a escolas, hospitais e bibliotecas.	55 dB(A)	45 dB(A)

Observando os valores dispostos nas Tabelas 3, 5 e 6, percebe-se a variação entre os valores definidos como norma e os valores toleráveis para o estado e município. A NBR 10151 estabelece que zonas próximas a hospitais e escolas não deve ter ruído externo superior a 50dB(A) no turno diurno e 45dB(A) no turno noturno, a Lei estadual nº 12.789/05 [27] não especifica se hospitais e escolas estão dentro da área residencial ou da área diversificada. Considerando que os hospitais e escolas estejam na área diversificada o valor diurno máximo tolerado é 75dB(A) e o noturno 60dB(A) já a lei municipal n.º16.243/96 [28] especifica o limite 55dB(A) no turno diurno e 45db(A) no turno noturno, valores que estão mais condizentes com os estabelecidos pela NBR 10151 [29].

# Capítulo 3 - Internet das Coisas e Ramificações

## 3.1 Computação Ubíqua e Internet das Coisas

O termo foi usado pela primeira vez por Mark Weiser em um artigo chamado "The Computer for the 21st Century" (O Computador do Século 21) [2].

A Computação Móvel é a capacidade de um dispositivo computacional e os serviços a ele associados serem móveis, permitindo este ser carregado ou transportado mantendo-se conectado a rede ou a Internet. Verifica-se este conceito hoje na utilização das redes sem fio, no acesso à internet através de dispositivos móveis, tais como *tablets* e *smartphones*.

A Computação Pervasiva define o conceito de que os meios de computação estarão distribuídos no ambiente de trabalho dos usuários de forma imperceptível ao usuário [4]. Nesse conceito os computadores tem a capacidade de obter informações do ambiente ao seu redor e utiliza-las para dinamicamente construir modelos computacionais ou seja, controlar, configurar a aplicação para melhor atender a necessidade dos usuários. O conceito também traz a ideia de esses computadores com programas embarcados também sejam capazes de reconhecer outros dispositivos que venham a fazer parte do ambiente dele e interagir trocando informações, gerando assim uma computação inteligente no ambiente no qual estão inseridos [5].

A Computação Ubíqua, também conhecida como *Ubicomp*, é muitas vezes referenciada como a Pervasiva, pois ambas possuem várias características semelhantes. A *Ubicomp* é uma intersecção entre a Computação Pervasiva e a Computação Móvel, na Tabela 7 vê-se a relação entre essas características.

**Tabela 7.** Relação entre características da Computação Pervasiva, Móvel e Ubíqua.

Fonte: Computação Ubíqua: definição, princípios e Tecnologias [5]

	<b>Computação Móvel</b>	<b>Computação Pervasiva</b>	<b>Computação Ubíqua</b>
<b>Mobilidade</b>	Alta	Baixa	Alta
<b>Grau de embarcado</b>	Baixa	Alta	Alta

A *UbiComp* tem alta mobilidade, é mais próxima do hardware (grau de embarcado) e também tem como principais características [5]:

**Descentralização:** as estações de trabalho dos clientes (na arquitetura cliente-servidor) ficam responsáveis pelo processamento dos dados. Isso favorece a sincronização das informações entre os variados dispositivos, permitindo que a base de dados seja consistente. É muitas vezes referenciada como Pervasiva, pois ambas possuem várias características semelhantes.

**Diversificação:** vários dispositivos diferentes desempenhando uma ou mais tarefas específicas atendendo a uma necessidade do usuário. As diferenças entre arquiteturas de *hardware* e *software* dos dispositivos torna-se um desafio para que as aplicações funcionem perfeitamente.

**Conectividade:** os dispositivos e as aplicações executadas neles transitam através de redes heterogêneas (redes sem fio) movimentando-se com o usuário.

A Internet das Coisas (*Internet of Things – IOT*), corresponde a tecnologia que estende os meios de comunicação (redes *Ad hoc*, internet, etc) para troca de dados entre objetos com ou sem interferência do usuário, utilizando aplicações, dispositivos incorporados (embarcados) e Computação Ubíqua/Pervasiva.

## 3.2 Mobile Sensing

O termo *Mobile Sensing* é utilizado para descrever o uso de sensores embarcados em dispositivos móveis, especialmente *smartphones*, para coletar informações/dados importantes sobre o dispositivo ou o ambiente ao redor deste. para troca de dados entre objetos com ou sem interferência do usuário, utilizando aplicações, dispositivos incorporados (embarcados) e Computação Ubíqua e Pervasiva.

### 3.2.1 Mobile Sensing System (MSS)

Um Sistema de Detecção Móvel (*Mobile Sensing System* - MSS) precisa de um Aplicativo (App) a nível de usuário rodando num *smartphone* para realizar a leitura dos sensores internos do *smartphone*, ou dos sensores externos conectados numa Rede de Sensores Sem Fio (RSSF) [13], e precisa enviar os dados coletados para a *Web*. Para realizar isto, o sistema operacional do *smartphone* precisa utilizar uma *Application Programming Interface* (API) para realizar a leitura e envio dos dados [3].

O MSS poder dividido em algumas categorias, baseadas no tipo de uso e participação do usuário [3].

MSS individual: o App roda exclusivamente em um *smartphone* que não coopera com outros Apps instalados em outros *smartphones*.

MSS participativo [6]: o App é executado em diversos *smartphones* de forma distribuída e os participantes (usuários dos *smartphones*) de forma ativa que escolhem contribuir com a coleta de dados, dirigem-se para diferentes partes de uma área a ser analisada.

MSS oportunístico [6]: o App é executado em diversos *smartphones* de forma a detectar, coletar e compartilhar os dados sem a necessidade de intervenção ou mesmo conhecimento do usuário.

### 3.2.2 Mobile Crowdsensing (MCS)

O MCS utiliza sistemas MSS em larga escala, utilizando um grande grupo de indivíduos com dispositivos móveis (tais como smartphones, tablets) que disponibilizam de forma coletiva os dados e informações extraídas dos sensores dos dispositivos para medir, mapear, analisar, estimar ou prever um cenário comum.

O termo foi usado primeiramente por Raghu Ganti, Fan Ye, e Hui Lei em [7] para se referir a uma ampla gama de paradigmas da comunidade de *sensing*. Os principais paradigmas são [7]:

- **Processamento local:** O sistema operacional dos *smartphones* permitem que os Apps acessem os sensores e coletem o dado bruto. Contudo dependendo do que a aplicação precisa, parte dos dados coletados podem ser processados no próprio dispositivo antes de serem enviados ao servidor. Isso é feito para reduzir o tamanho dos dados e gastar menos energia e largura de banda na hora da transmissão, quando comparados com os dados brutos.
- **Recursos limitados:** o potencial de crescimento do MCS é limitado pelas restrições envolvendo energia, largura de banda e poder de processamento. Utilizar o GPS direto pode consumir mais bateria que utilizar o Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) ou o 4G, para coletar a localização do dispositivo, apesar destes serem menos precisos. Se o App utilizado para coleta de dados não tiver sido bem projetado para utilizar a largura de banda de forma eficiente, podem ocorrer perda de dados na transferência para o servidor Web. A diferença de processamento entre os diversos *smartphones*, em alguns casos restringe a capacidade de aquisição de dados válidos
- **Privacidade:** para algumas pessoas os dados coletados podem ser sensíveis como, por exemplo, os dados de localização mostrando o percurso feito entre sua casa e seu trabalho. Todavia essas coletas de GPS feitas diariamente em grandes comunidades podem ser usadas

para medir congestionamentos. Nesses casos, o usuário precisa definir se quer compartilhar de forma anônima ou se identificar.

- Integridade dos dados: pode ser um problema sério no MCS, situações nas quais algumas pessoas possam inadvertidamente ou maliciosamente contribuir com dados falsos.

Aplicações MCS podem ser classificadas em três categorias distintas [7]:

- Ambiental: nessas aplicações, o fenômeno a ser medido é o meio ambiente. Utilizando o microfone dos *smartphones* é possível coletar os níveis de poluição sonora de uma comunidade. Também existem monitores portáteis capazes de detectar a poluição do ar e se conectar ao *smartphone*, coletar e exibir os dados para o usuário.
- Infraestrutura: coleta em larga escala de fenômenos associados a infraestrutura pública. Usadas principalmente para medição de congestionamentos de trânsito, tais como a aplicação Waze [8].
- Social: aplicações que permitem compartilhamento de dados do usuário, tais como rotina de exercícios, calorias consumidas. Em seguida, os dados são comparados com os demais membros da comunidade, a fim de garantir melhores rotinas de exercício, tais como a aplicação Endomondo [9].



# Capítulo 4 - Infraestrutura e Tecnologias

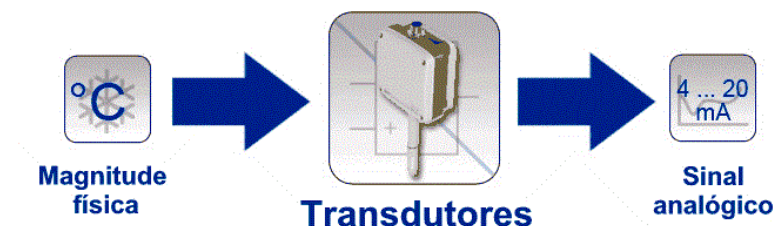
## Tecnologias

Neste capítulo serão abordados as partes envolvendo sensores e seus tipos, com foco naqueles sensores usados em smartphones.

### 4.1 Sensores

A etimologia da palavra sensor aponta para o latim *sensus* (sentir, sentido). O sensor é um dispositivo que reage a alguma forma de energia do ambiente (cinética, luminosa, térmica, etc), e relaciona essas informações coletadas sobre uma grandeza física que possa ser mensurada (velocidade, corrente, temperatura, pressão, volume) [10].

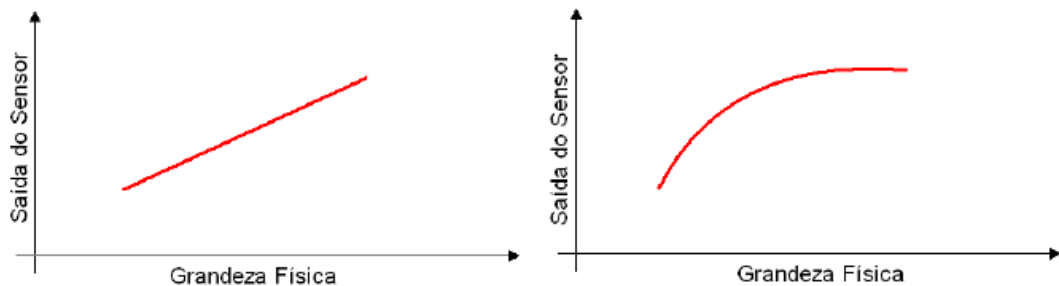
**Transdutor:** é um dispositivo capaz de converter um tipo de energia de entrada em outro de saída. Um sensor pode ser definido como um transdutor que traduz informação não elétrica (velocidade, posição, temperatura, pH) em informação elétrica (corrente, tensão, resistência) [10]. Um tipo curioso e inerente de transdutor é elaborado a partir de cristais denominados cristais "piezoelétricos". Estes convertem energia mecânica em energia elétrica. Transdutores **passivos** são aqueles que precisam ser excitados por uma fonte externa de energia para produzir um sinal de saída. Transdutores **ativos** são aqueles que geram uma corrente ou tensão como resposta a um estímulo. Na Figura 2, vemos uma entrada de uma grandeza física (temperatura) sendo captada pelo transdutor e sendo convertida em energia.



**Figura 2.** Funcionamento de um transdutor Ubíquo. Fonte: PCE Medidores [5].

Pelo tipo de sinal, os sensores podem ser classificados como analógicos ou digitais.

**Sensor Analógico:** pode assumir qualquer sinal de saída ao longo do tempo desde que esteja dentro do seu campo de operação [11]. Seu sinal de saída (tensão, corrente) é proporcional a grandeza que está sendo captada. Na Figura 3 vemos a diferença entre um sensor linear e um não linear.



**Figura 3.** Sensor analógico linear e um não linear. Fonte: Sensores [11]

**Sensor Digital:** esse tipo de sensor pode assumir apenas dois valores no seu sinal saída ao longo do tempo, que podem ser interpretadas como 0 ou 1, ou ainda como ligado ou desligado. São bastante utilizados na área de automação (ex.: sensores de presença).

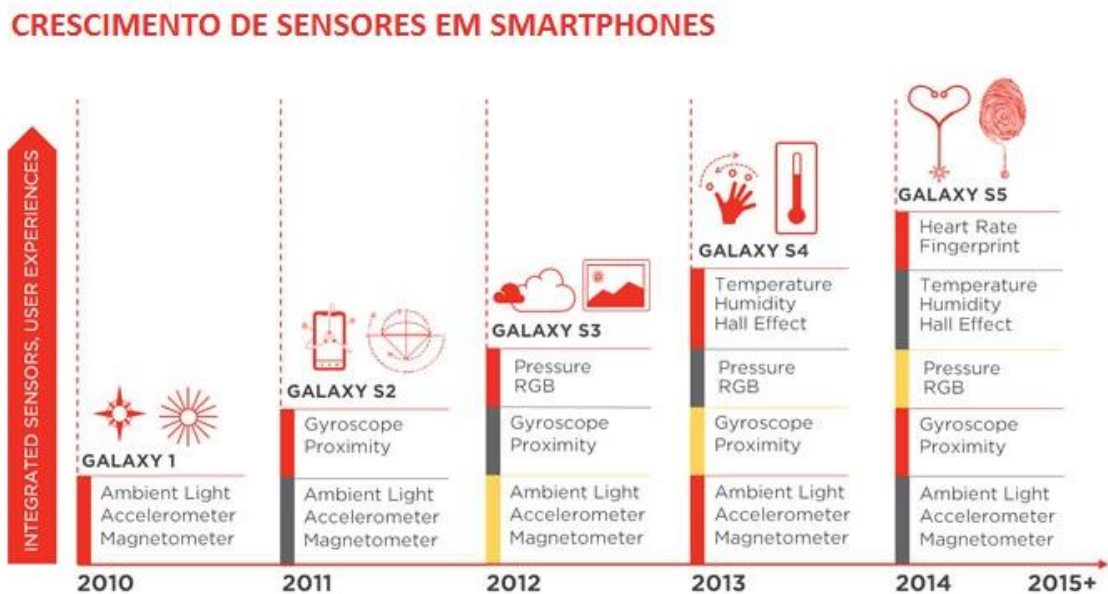
Existem características fundamentais que precisam ser consideradas na hora de escolher um sensor para uma aplicação, são elas [11]:

- Alcance (*Range*): representa a faixa de valores que o sensor aceita.
- Resolução: é o menor acréscimo do estímulo, possível de ser medido, que gera mudança no sinal de saída do sensor
- Sensibilidade: é a relação entre a variação do sinal elétrico entregue na saída e a variação da grandeza física medida.
- Precisão: grau de fidelidade entre o valor medido e o valor real.
- Velocidade de resposta: velocidade com que o sensor fornece o valor da variável. O ideal é que o sensor tenha uma resposta instantânea, pois uma resposta lenta pode prejudicar a eficiência do sistema de controle.

Existem outras forma de categorizar sensores, dependendo do tipo de tecnologia utilizado para captar a informação, detalhes podem ser encontradas em [12].

## 4.2 Sensores em smartphones

Com a passagem do telefone móvel, popularmente conhecido como celular, para o *smartphone* ocorreu uma mudança de paradigma. Ele deixou de simplesmente fazer e receber ligações e passou a ser um computador de bolso cheio de recursos e constantemente conectado, permitindo ao usuário do *smartphone* ter acesso e compartilhar informações o tempo todo. A medida que os *smartphones* foram evoluindo, o número de sensores embarcados neles foi crescendo e se tornando vitais para o funcionamento dos *smartphones*. Na Figura 4 pode-se ver o crescimento de sensores na linha *Galaxy S* da Samsung. O usuário comum utiliza a maioria deles sem pensar ou mesmo apreciar suas funcionalidades. Desenvolvedores, por sua vez, perceberam as oportunidades que esses sensores representam e vem criando diversos aplicativos que fazem uso dos dados coletados para resolver problemas do dia a dia.



**Figura 4.** Crescimento de sensores em smartphones. Fonte: Qualcomm [14].

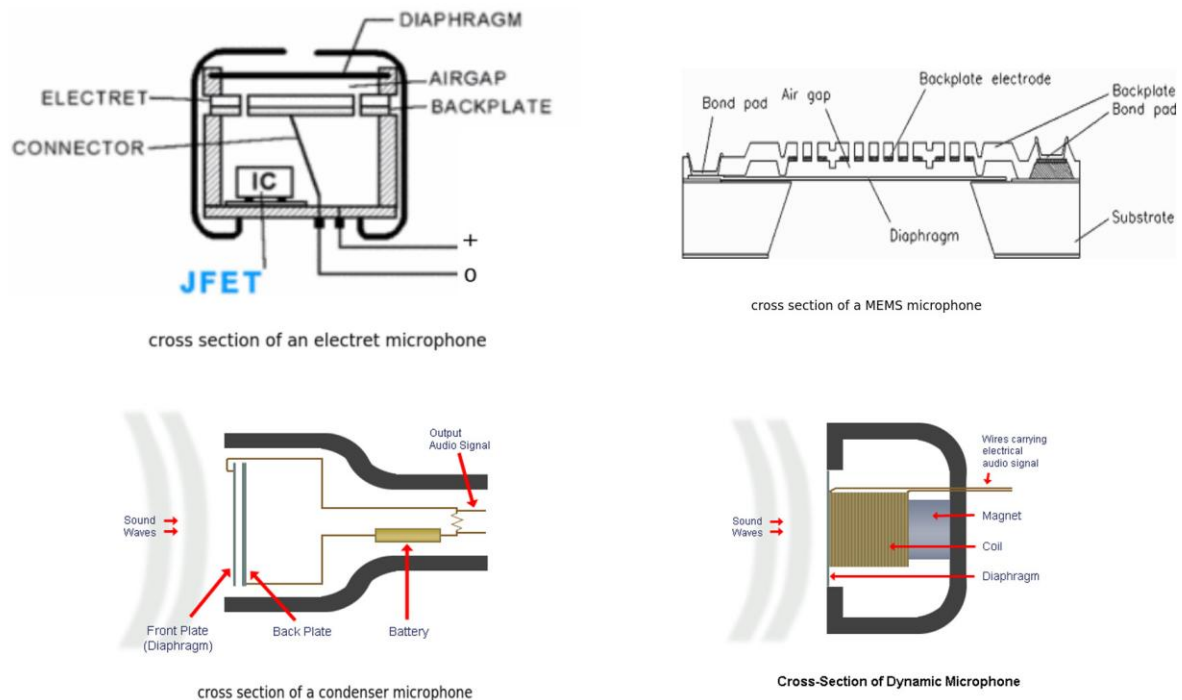
Existem diversos tipos de sensores que são utilizados em *smartphones*. Abaixo será visto uma explicação detalhada sobre alguns deles.

### 4.2.1 Microfone

O Microfone é o sensor mais antigo. A sua criação foi fundamental para o desenvolvimento do sistema telefônico. O microfone converte vibrações mecânicas na gama audível (em frequências de 20Hz a 20kHz - seja no ar, água ou num material sólido) em um sinal elétrico. Na maioria dos microfones em uso as ondas sonoras são convertidas em vibrações mecânicas através de um diafragma fino e flexível e em seguida convertidas em sinal elétrico através de bobina móvel ou por

carga e descarga de um condensador. No caso de microfones de condensador estes necessitam de uma tensão de alimentação contínua, chamada de phantom power, que é de fato uma tensão de polarização [15].

O tipo de microfone mais utilizado em *smartphones* é do tipo microfone eletreto que está sendo rapidamente substituído pelo tipo MEMS (*Microelectromechanical systems* - tecnologia usada em dispositivos microscópicos, especialmente os que possuem partes móveis) pois este possui um perfil mais achatado e pode ser montado na superfície da PCB (*Printed Circuit Board* - Placa de Circuito Impresso). Na Figura 5 pode-se ver os tipos de microfones citados.



**Figura 5.** Tipos de microfones usados.

Um microfone MEMS é um tipo de microfone condensador que compreende uma matriz MEMS e uma matriz CMOS (*Complementary metal-oxide-semiconductor*) semicondutor complementar de metal-óxido, combinada numa caixa acústica. O CMOS costuma incluir tanto um pré-amplificador quando um conversor analógico pra digital.

O eletreto é pequeno, leve, barato e com boa sensibilidade e alcance de frequência,. Considerado primo de primeiro grau do microfone condensador opera formando um capacitor. O som (pressão) muda a distância entre a placa, assim alterando o valor da capacitância (do mesmo jeito no MEMS). Essas mudanças na capacitância alteram a tensão através das placas que seguem as mudanças de pressão sonora. No microfone eletreto, uma das placas é feita de um material isolador polarizado

(eletreto). Isso significa que não é necessário uma alta tensão externa para carregar a placa.

#### 4.2.2 Sensor de GPS (Sistema de Posicionamento Global)

O GPS foi originalmente desenvolvido e implantado para fins militares pelo governo dos EUA, que lançou oficialmente amplas operações na década de 1980. O GPS funciona a partir de uma rede de satélites, próximos a órbita da Terra. O smartphone com GPS envia um sinal buscando um satélite, quando a conexão é estabelecida, ele recebe a localização de mais satélites, precisando de pelo menos 3 para triangular o sinal e determinar a localização em coordenadas geográficas que são exibidas no mapa do *smartphone*. Dependendo da área de cobertura esse processo pode demorar um pouco. Esse sistema é usado para acompanhamento de um alvo ou “navegação”. Todos os *smartphones* vem equipados com sensores GPS, eles utilizam também (A-GPS) para pegar as coordenadas com as antenas de comunicação da operadora de telefonia (que já mantém conexão constante com os satélites), permitindo assim mais velocidade na hora de adquirir as coordenadas. Alguns smartphones também utilizam o sistema de posicionamento global GLONASS (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema), desenvolvido pelos russos com os mesmos recursos do GPS [21].

#### 4.2.3 Sensor de Proximidade

Este sensor calcula a intensidade do sinal, a fonte de interferência e o aumento do sinal ou filtra a fonte de interferência utilizando a tecnologia de fluxo contínuo. Isto é feito através de emissão e reflexão de raios infravermelhos. Com isso ele mede, inclusive, a distância dos objetos, utilizando estes dados para várias aplicações, como jogos. Quando você aproxima o telefone na orelha, o sensor de proximidade irá medir a posição do corpo, bem como o rosto e pausar as tarefas que você realizava no dispositivo, como navegação na web, reproduzidor de música ou vídeo, ao receber e fazer chamadas, a fim de poupar a bateria. Após finalizar o telefonema, o sensor vai continuar as tarefas atuais novamente.

#### 4.2.4 Sensor de movimentos

É ele que reconhece os movimentos da mão do usuário permitindo, assim, que diversas funções sejam executadas sem a necessidade de tocar o dedo na tela, em alguns *smartphones* é possível ignorar uma chamada mostrando a mão aberta para o *smartphone* ou ainda tirar fotos com gestos pré-determinados. Essa identificação é feita através de infravermelho [21].

#### 4.2.5 Sensor Acelerômetro

Ao analisar os movimentos feitos com o aparelho através de um pequeno chip composto de molas de silícios, ele detecta as mudanças na direção/ângulo do *smartphone* e altera o modo de tela (tela do modo retrato ou paisagem), na perspectiva do usuário. Por exemplo, caso você queira aumentar a largura de uma página web de exibição, basta alterar a tela do modo retrato para o modo paisagem. Da mesma forma, o aplicativo da câmera também irá mudar automaticamente a direção dos disparos quando mudamos o ângulo do dispositivo. Também é bastante usado em jogos, especialmente jogos de corrida quando o usuário vira para a esquerda ou direita para realizar curvas na estrada [21].

#### 4.2.6 Giroscópio

A função deste sensor é ajustar a posição e direção baseada nos princípios da aceleração em direções diferentes. É responsável por “ler” a inclinação, posição do aparelho, orientação, direção, movimento angular e rotação do aparelho para as mais diversas funções. Quando usado em conjunto, o sensor acelerômetro giroscópio detecta o movimento em 6 direções (esquerda, direita, para cima, para baixo, frente e verso). Este sensor também detecta movimentos baseados em 3 dimensões, X, Y e Z, usando o sistema do telefone e o pequeno microfone *Ultra Small (MEMS)*, capaz de reconhecer gestos de toque, além de navegação GPS.

#### 4.2.7 Sensor de Luz Ambiente ou RGB

Este sensor tem a tarefa de otimizar o brilho da tela em várias condições de iluminação (a diferença da intensidade da luz). O objetivo mais importante do sensor de luz ambiente é ajustar o brilho da tela, permitindo economizar a bateria e obter mais tempo útil de carga [21].

#### 4.2.8 Barômetro (Pressão Atmosférica)

Este sensor é usado para medir a pressão atmosférica, agindo em conjunto com o acelerômetro, o barômetro informa a altitude com mais precisão. Com a combinação do sensor acelerômetro, barômetro, bússola e GPS, o dispositivo pode determinar a localização, direção e velocidade do usuário com mais agilidade.

#### 4.2.9 Sensor geomagnético (magnetômetro)

Aperfeiçoa os resultados do GPS através da captação do campo magnético. Ele age como uma bússola detectando o polo norte magnético do planeta. Ele é utilizado, por exemplo, toda vez que o usuário abre o Google Maps e clica na setinha para identificar sua posição atual.

#### 4.2.10 Umidade e temperatura

Este sensor detecta a temperatura e à umidade ao seu redor. A medição da umidade e temperatura através do *smartphone* auxilia as pessoas na definição dos ambientes que sejam menos nocivos a sua saúde, especialmente se o usuário possui problemas respiratórios.

### 4.3 Classificação de sensores na plataforma Android

Segundo a documentação oficial para desenvolvedores da plataforma Android, os sensores suportados pelo sistema operacional são divididos em três categorias abrangentes [16]:

1. **Sensores de movimentação** — estes sensores medem as forças de aceleração e as forças rotacionais através de 3 eixos. Esta categoria inclui os acelerômetros, os sensores de gravidade, o giroscópio e os sensores de vetor rotacional
2. **Sensores de ambientação** — estes sensores colhem vários dados do ambiente que cerca o seu aparelho, tais como a temperatura do ar, a pressão atmosférica, iluminação do local e umidade. A categoria inclui barômetros, fotômetros e termômetros.
3. **Sensores de posicionamento** — detectam o posicionamento físico do dispositivo móvel. Esta categoria envolve os sensores de orientação e magnetômetros.

Usando o Framework de Sensores do Android, o desenvolvedor pode acessar os sensores que estiverem disponíveis no dispositivo e coletar seus dados brutos. Também existem vários aplicativos que permitem exibir e coletar os dados dos sensores do dispositivos. Com eles é possível realizar os seguintes testes:

- Determinar quais sensores estão disponíveis no seu dispositivo;
- Determinar as capacidades individuais de cada sensor, tais como sua abrangência máxima de área, seu fabricante, seu consumo de energia, requisições energéticas e sua resolução;
- Capturar os dados crus (ainda não interpretados por um aplicativo) vindos do sensor e definir a taxa mínima de dados que ele deve repassar;
- Registrar ou remover o registro de aplicativos com privilégios de obter dados de um determinado sensor.

# Capítulo 5 - Aplicações Mobile Sensing

Ao realizar a pesquisa para mostrar a capacidade de analisar o problema de poluição sonora usando *smartphones* como uma forma mais acessível e barata. Vários artigos e projetos foram pesquisados sobre a área e alguns aplicativos foram testados antes da escolha final do NoiseTube. Neste Capítulo serão abordados alguns desses aplicativos e trabalhos na área de poluição sonora utilizando *smartphones* e o aplicativo NoiseTube utilizado para a coleta dos níveis de poluição sonora.

## 5.1 Aplicações analisadas

### 5.1.1 Ear-Phone: A Context-Aware Noise Mapping using Smart Phones

Artigo [32] que explica os problemas de poluição sonora e os altos custos para produção de mapas de ruído. Ele aborda o uso de uma nova ferramenta, uma aplicação com o nome Ear-Phone desenvolvida pela equipe de autoria do artigo. O diferencial dessa aplicação é o fato de utilizarem um algoritmo que só realiza a detecção de ruído, quando o *smartphone* está na mão do usuário, pois segundo os autores, só nesse momento a medição é mais precisa. Analisam o impacto do uso de sensoriamento como alternativa para medição de poluição sonora. Ao realizar extensas simulações e experimentos em ambiente reais, verificaram que o Ear-Phone consegue oferecer uma precisão de 3 dB, o que consideraram aceitável comparado como alternativa viável em custo-benefício. Infelizmente o aplicativo não está disponível em nenhum lugar, contato através de e-mail com um dos criadores não teve resposta.

### 5.1.2 Sensor Insider Pro

O Sensor Insider Pro é um aplicativo desenvolvido pela empresa LucanaTech [35], ele fornece informações detalhadas sobre todos os sensores disponíveis no



*smartphone*, também permite fazer a aquisição de sinais específicos, tais como nível de som e a coordenada geográfica. Alguns problemas foram encontrados utilizando o aplicativo, o principal dele foi que os valores exibidos pela aquisição do nível de som aparentavam ser aleatórios e numa escala não condizente com a de decibels dB(A). Outro problema foi no *smartphone* LG K-220 (utilizado nas medições desse trabalho), o aplicativo não mostrava as opções de adicionar mais sinais. Sem poder capturar as coordenadas GPS e o problema com a escala dos níveis de som acabaram com as chances do aplicativo ser usado nesse trabalho.

### 5.1.3 NoiseMap

O aplicativo NoiseMap foi desenvolvido por um grupo de alemães [36], está disponível na loja Play Store para Android. O aplicativo segue a linha de sensoriamento participativo, onde cada usuário realiza medições e os dados são enviados para o servidor [www.da-sense.de](http://www.da-sense.de) onde os dados são processados e plotados no mapa, observando este o usuário percebe os níveis medidos dispostos em pontos hexagonais com cores distintas para cada escala. O problema principal do aplicativo é que ele foi descontinuado e não funciona corretamente. O usuário pode realizar uma medição de ruído, todavia não anexa nenhum dado geográfico e não se conecta com o servidor. Esses problemas tornaram sua utilização impraticável para o trabalho.

### 5.1.4 Widenoise

É um App colaborativo que ajuda o usuário a entender o nível de som ao seu redor. Foi desenvolvido pelo projeto *EveryAware* [37] que é grupo voltado a alertar a população sobre os problemas do meio ambiente, utilizando tecnologias aplicadas numa sociedade conectada. O diferencial do aplicativo é que ele mede o som em amostras individuais, isto é, o usuário ativa a leitura, ele diz o nível sonoro daquele local, então o usuário envia essa leitura pro servidor do aplicativo. Por tirar leituras individuais, a construção de um mapa de ruído por um trajeto de uma avenida é mais complicado, pois o usuário teria que ir tirando várias medições individuais ao longo do percurso. Um ponto interessante do aplicativo é o seu design e o sistema de compartilhamento. Ele pode se associar com o Twitter e o Facebook, permitindo

assim que o usuário compartilhe a medição do local instantaneamente com seus contatos. O App também permite o usuário associar uma tag ao som capturado e também especificar se gostou ou detestou, se é um som da natureza ou feito pelo homem. O usuário também pode especificar quanto ele acha que foi a medida e comparar com a que o software registrou. Não tinha documentação explicando como calibrar o *smartphone*.

## 5.2 Aplicação NoiseTube

Com a poluição sonora sendo um sério problema em várias cidades e os desafios que a análise de ruído enfrenta na Europa, desde as medições feitas por pequenas comunidades, as feitas por entidades oficiais e seus altos custos de produção. Um grupo de pesquisadores [34] resolveu tratar do assunto utilizando os conceitos de *Mobile Sensing* Participativo, que prega o uso de dispositivos móveis para formar uma rede de sensores que permite ao público e a profissionais coletarem, analisarem e compartilharem o nível de ruído do local estudado. Eles desenvolveram uma aplicação grátis que pode ser instalada num *smartphone* e que permite ao usuário medir o nível de ruído em dB(A) e associar esse ruído a uma tag (buzina, moto, carro de som, etc). A aplicação envia esses dados coletados para o website e na página do usuário cadastrado é possível ver a trajetória do som num mapa de ruído no Google Earth, além de poder baixar o arquivo com as medições. NoiseTube foi construído no princípio de participação aberta, o usuário pode escolher tornar suas medições públicas ou mantê-las para si. Os dados acessados através da API são desprovidos de informação do usuário que coletou, a fim de garantir privacidade.

Essa aplicação veio como uma alternativa para criação de mapas de ruído com um custo mais acessível. Um Mapa de Ruído tradicional é feito a cada 5 anos em algumas cidades da Europa, eles utilizam técnicos altamente treinados com decibelímetros profissionais para realizar medições em pontos estratégicos e com esses dados extrapolam mapas utilizando simulações de como o som se propaga na região medida. Apesar de ser uma forma precisa de criação de mapas de ruído, ela é cara de fazer, por isso só é executada a cada 5 anos. Outra alternativa é o uso de

uma rede de sensores fixos [38], a desvantagem está no custo de instalação e manutenção dessa rede. Os pesquisadores provaram que o uso de técnicas de sensoriamento participativo consegue a mesma precisão quanto as técnicas padrão de mapeamento de ruído. Realizaram um experimento de mapeamento de ruído de uma área de 1 km<sup>2</sup> da cidade de Antuérpia (Bélgica) usando o NoiseTube. Realizaram várias calibrações nos equipamentos utilizados, seguindo todas as normas aplicadas. O experimento contou com a ajuda de 13 voluntários que usaram o mesmo modelo de smartphone devidamente calibrado e realizaram medições ao longo da área estabelecida. Usando os dados capturados eles construíram um mapa de ruído da área com margens de erro comparáveis aos mapas de ruído oficiais [3].

O aplicativo é atualmente mantido pelo Laboratório de Linguagens de Software da *Vrije Universiteit Brussel*. O sistema do NoiseTube é composto por três partes, o aplicativo no *smartphone*, o servidor web e o usuário que realiza a coleta. O aplicativo está disponível nas lojas de aplicativo, do sistema Android e do sistema iOS. No site da aplicação tem tutoriais explicando como instalar o aplicativo e como realizar o cadastro no site [22].

Na Figura 6 temos a sequência do processo de medição. O uso do aplicativo é bem simples e direto. Para criar uma tag, se aperta o símbolo de etiqueta na parte superior direita, após isso seleciona o intervalo na medição e escolhe o nome da tag. No arquivo de dados aquela medição terá junto a tag associada. A terceira tela corresponde ao intervalo da amostra associado a uma tag. A quarta tela fornece um resumo das informações da medição que acabou de ser realizada.

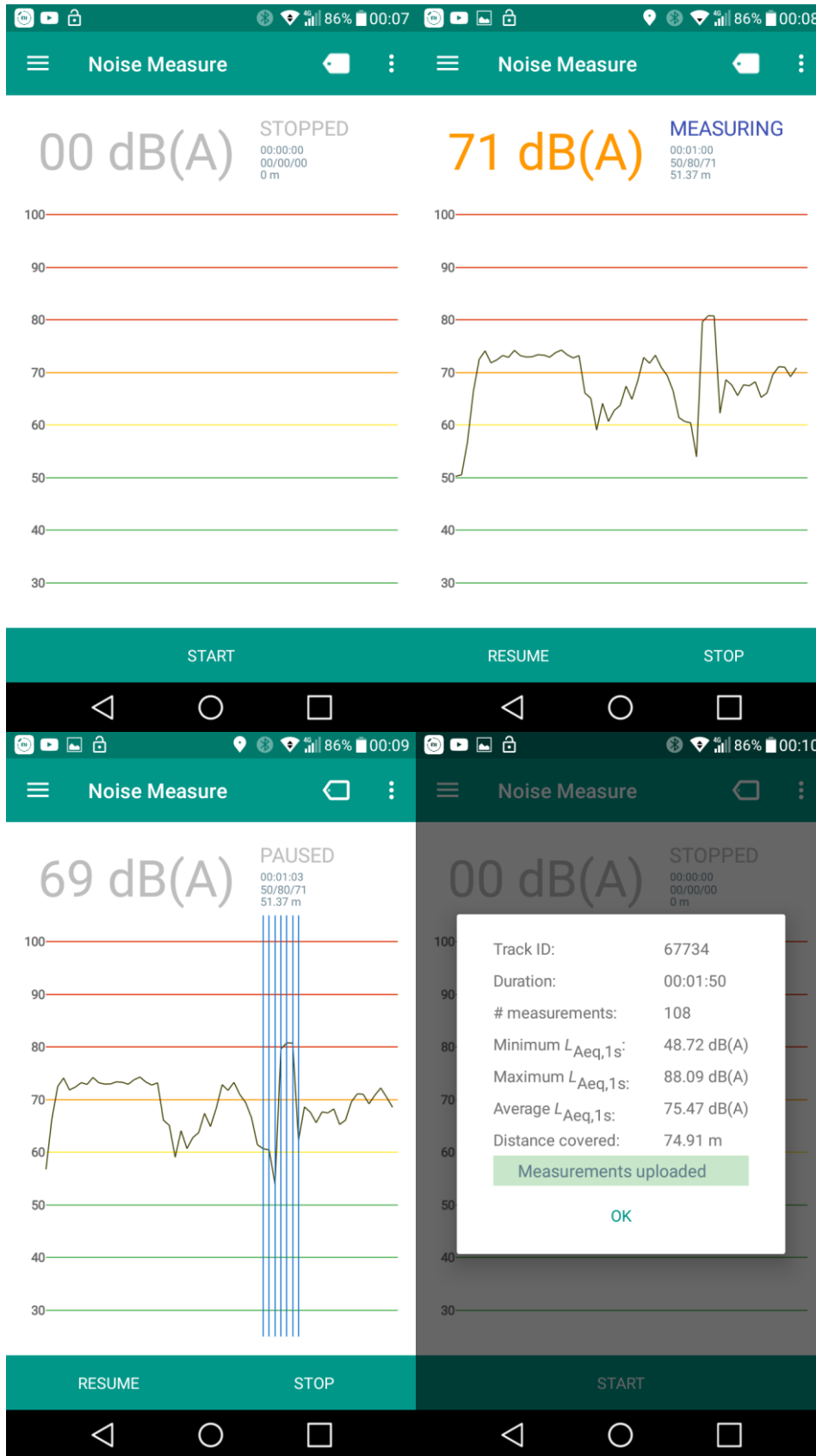


Figura 6. Fases de Medição do NoiseTube

Na opção Elog na página do NoiseTube, o usuário registrado tem acesso a todas as suas medições, podendo inclusive apagá-las, conforme pode ser visto na Figura 7.

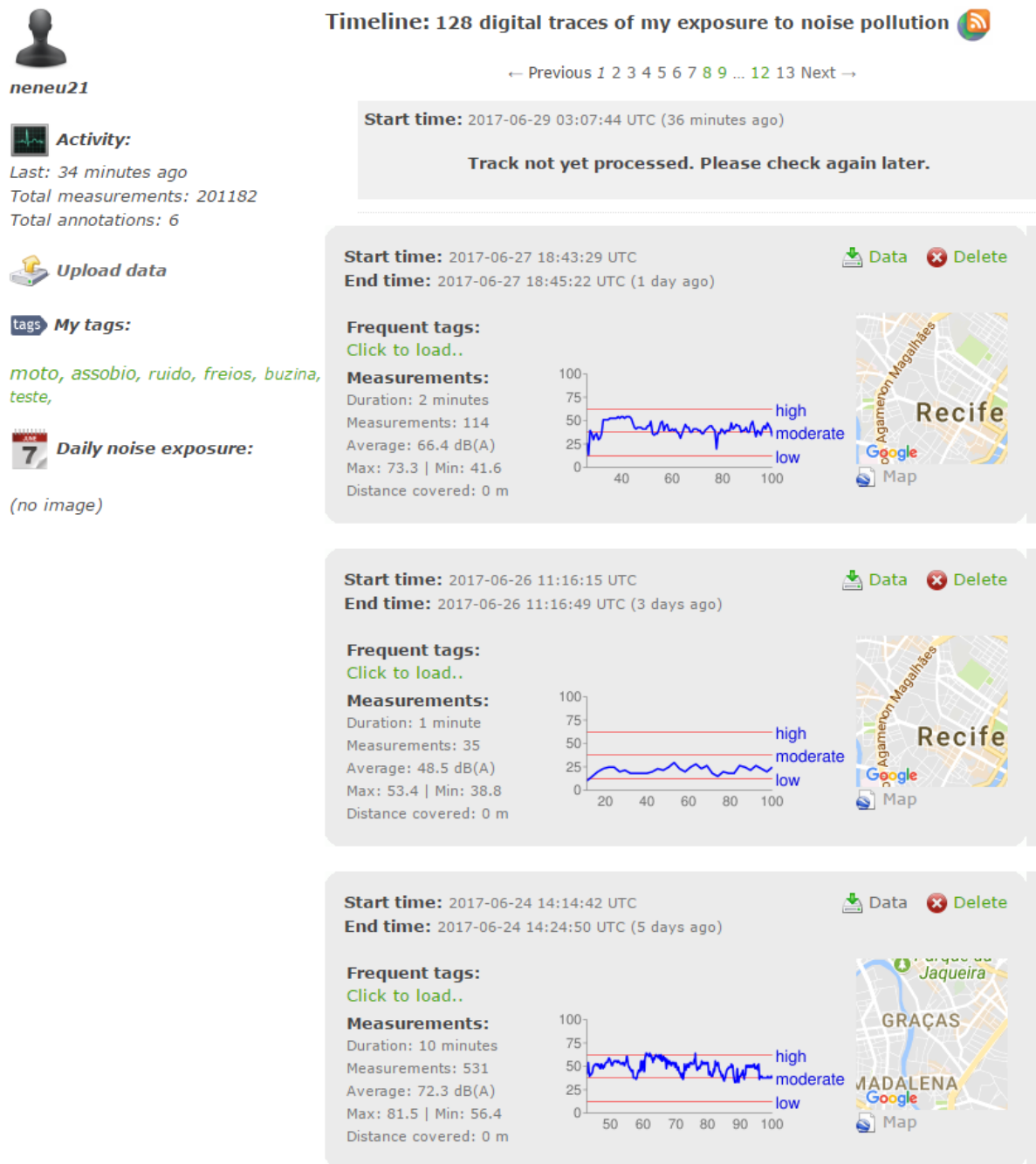


Figura 7. Página Elog contendo as medições realizadas pelo usuário

O aplicativo tem um algoritmo que processa o sinal sonoro em tempo real, ele pega amostras de 1 segundo, utilizando o microfone do *smartphone* ou um conectado a este, aplica um filtro de balanceamento A - a fim de torná-lo próximo a

frequência de resposta da audição humana e computa o nível sonoro equivalente ( $L_{eq}$ )<sup>2</sup> medido em dB(A). O processo é repetido constantemente enquanto a aplicação estiver rodando, resultando numa sequência de medições que são exibidas na tela do aparelho em valores numéricos e num histograma para oferecer o retorno em tempo real. Para facilitar o retorno de informação, cada medição é associada com uma cor, representando o quão irritante o nível sonoro é e quão sua exposição prolongada pode apresentar riscos a saúde: < 60 dB: verde (sem risco); [60,70] dB: laranja (tome cuidado); > 70 dB: vermelho (risco).

Pelo fato de diferente modelos de *smartphones* possuírem microfones distintos, é preciso calibrar o algoritmo para o *smartphone* utilizado. Essa calibração pode ser feita com uso de um decibelímetro ou com o auxílio de um *smartphone* já calibrado. Para avaliar a precisão do NoiseTube, seus criadores realizaram uma série de experimentos junto com o *BruitParif*, o observatório oficial para poluição sonora em Paris. Chegaram a conclusão que o aplicativo oferece uma precisão média de + ou - 2.5 dB quando o *smartphone* é usado como medidor. A calibração pode ser feita alterando os valores no arquivo *calibrations.xml* localizado na pasta "*net.noisetube\data*" em *smartphones* Android, nesse diretório também estão uma cópia das medições realizadas. Abaixo temos uma amostra dos dados já processados pelo servidor da aplicação. Ele fica disponível na página Elog do usuário cadastrado.

```
{"dataset":[{"lat":-8.054598026339086,"lng":-34.890666080895656,"db":"56.809","date":"2017-06-27T18:43:29Z","id":30984642},{"lat":-8.054598026339086,"lng":-34.890666080895656,"db":"63.496","date":"2017-06-27T18:43:30Z","id":30984643},{"lat":-8.054598026339086,"lng":-34.890666080895656,"db":"65.068","date":"2017-06-27T18:43:31Z","id":30984644},{"lat":-8.054598026339086,"lng":-34.890666080895656,"db":"67.956","date":"2017-06-27T18:43:32Z","id":30984645},{"lat":-8.054598026339086,"lng":-34.890666080895656,"db":"63.137","date":"2017-06-27T18:43:33Z","id":30984646},{"lat":-8.054598026339086,"lng":-34.890666080895656,"db":"65.471","date":"2017-06-27T18:43:34Z","id":30984647},{"lat":-8.054598026339086,"lng":-34.890666080895656,"db":"62.669","date":"2017-06-27T18:43:35Z","id":30984648}], "tags":[]}
```

Para análise estatística de um local já conhecido, o arquivo data foi tratado removendo a latitude e longitude, além da variável id e alterando a hora pro horário de Recife, ficando assim:

```
db,data,hora
56.809,27/06/2017,15:43:29
63.496,27/06/2017,15:43:30
65.068,27/06/2017,15:43:31
67.956,27/06/2017,15:43:32
63.137,27/06/2017,15:43:34
62.669,27/06/2017,15:43:35
```

Com os dados tratados dessa forma, estes foram analisados usando o Sistema Estatístico R [39], através da função de histograma pode-se avaliar a proporção de ruído numa determinada área, quantos por cento da amostra passou de um determinado valor. Qual foi o menor valor medido e qual foi o maior. O mapa gerado pelo aplicativo NoiseTube fica disponível para download na página Elog do usuário. Ele é aberto no Google Earth e mostra pontos marcando cada medição, ao clicar em cima do ponto abre-se uma mini janela dizendo o valor dele, conforme pode ser visto na Figura 8.



Figura 8. Exemplo de mapa com medição de ruído

# Capítulo 6 - Mapas de Ruído

Apesar do aplicativo NoiseTube criar mapas com as medições realizadas, tais mapas ficam limitados, pois não permitem edição, visto que são criados inteiramente pelo servidor do aplicativo. É gerado um mapa completo para a medição realizada. Se o usuário só quiser o mapa de um trecho de uma avenida ao invés dela toda, ter que voltar para realizar outra medição só do trecho específico fica inviável quando você já possui os dados daquela área. Diante desse problema foi pesquisado uma alternativa que permitisse criar os mapas de forma customizada sem precisar esperar pelo aplicativo NoiseTube. Nesse capítulo será detalhado a metodologia utilizada para a criação dos mapas de ruído.

## 6.1 Tratamento dos dados

Para criar os mapas de ruído, primeiro os dados coletados pelo aplicativo NoiseTube tiveram que ser tratados. O NoiseTube gera um arquivo `data.xml` que fica no *smartphone* e um arquivo `data.json` que fica na página Elog do usuário. O tratamento do arquivo `data` disponibilizado na página Elog foi feita da seguinte forma:

O arquivo `data.json` foi aberto para edição, utilizando o editor de textos Notepad++, no editor foi iniciado a gravação de uma função macro, para capturar a sequência de comandos de substituição de caracteres de forma a reduzir o arquivo deixando devidamente formatado no padrão abaixo.

- -8.054598026339086,-34.890666080895656,,Verde,56.809,Data:  
27/06/2017 Hora: 15:43:29,id:30984642
- -8.054598026339086,-34.890666080895656,,Amarelo,63.496,Data:  
27/06/2017 Hora: 15:43:30,id:30984643
- -8.054598026339086,-34.890666080895656,,Amarelo,65.068,Data:  
27/06/2017 Hora: 15:43:31,id:30984644



- -8.054598026339086,-34.890666080895656,,Amarelo,67.956,Data: 27/06/2017 Hora: 15:43:32,id:30984645
- -8.054598026339086,-34.890666080895656,,Amarelo,63.137,Data: 27/06/2017 Hora: 15:43:33,id:30984646
- -8.054598026339086,-34.890666080895656,,Amarelo,65.471,Data: 27/06/2017 Hora: 15:43:34,id:30984647
- -8.054598026339086,-34.890666080895656,,Vermelho,71.669,Data: 27/06/2017 Hora: 15:43:35,id:30984648

Com a macro gravada o processo de tratamento das demais medições foi agilizado, pois só era necessário abrir o arquivo para edição e executar a macro que a formatação estava pronta. A principal diferença foi a inclusão de um novo campo nos dados das medições, foi o campo cor que foi associado a cada linha de medição. O campo Verde corresponde a linhas que possuem nível sonoro inferior a 60 db(A), Amarelo para linhas com medições no valor entre 60 e 70 dB(A), por último Vermelho para níveis superiores a 70 dB(A). A criação desse campo cor serviu para agilizar a importação dos dados tratados para a planilha customizada do Google Spreadsheet.

## 6.2 Google Spreadsheet Mapper

O Spreadsheet Mapper 3 faz parte da lista de ferramentas disponibilizadas pela iniciativa do Google Earth Solidário. Ele permite utilizar uma planilha customizada no aplicativo Planilhas do Google para a criação de um mapa que pode ser visualizado no Google Earth. O procedimento é o seguinte:

Foi acessado o endereço em [40], ao clicar no campo "*Spreadsheet Mapper v3 - get a new copy*" foi gerado uma cópia da planilha padrão do aplicativo no Google Drive do usuário. Com a planilha aberta, na aba "start here" conforme Figura 9, edita-se os campos em branco que corresponde as células da planilha onde o usuário pode acrescentar os dados. No caso em questão são as informações sobre o mapa que será criado.

Basic Information		
<b>Author's Information:</b> <small>This information is embedded into your KML file and helps search engines better index your KML</small>		
Name/Organization	Mapas Emanuel	<small>Your organization</small>
Website URL:	<a href="http://earth.google.com/outreach">http://earth.google.com/outreach</a>	<small>URL/Link to your c</small>
<b>About your KML Document:</b>		
Name:	hospital_portugues - 2	<small>Name of the top-le</small>
Snippet: (optional)		<small>Short blurb under</small>
Description:	Created with Spreadsheet Mapper 3	<small>Short description c</small>
Visible by default?	Yes	<small>(Yes / No): Should</small>
Open by default?	Yes	<small>(Yes / No): Should</small>
<b>Advanced / Optional Settings:</b>		
<a href="#">&lt;&lt; To access advanced/optional settings, unhide rows 39 - 64.</a>		

**Figura 9.** Entrada de dados do autor e descrição do mapa de ruído no Spreadsheets

A planilha possui seis tipos de Templates, cada um com um tipo de marcador, desde o mais simples só com o marcador e nome do local a outros que disponibilizam também a exibição de imagens disponível na Internet. Para o propósito dos mapas utilizados nesse trabalho o template usado foi o Template1, por ser o mais direto. Foram criadas 3 cópias do Template1, com os nomes Verde, Amarelo e Vermelho. Cada uma dessas cópias foi customizada mudando o símbolo padrão de marcação para um símbolo de ponto que é observado nos mapas desse trabalho, com as respectivas cores. A inclusão desses campos no processo de tratamento dos dados descrito no tópico anterior foi para deixar cada linha da planilha com seu devido Template de cor específica, conforme pode ser visto na Figura 10.

start here ▾	PlacemarkData ▾	Template1 ▾	Verde ▾	Amarelo ▾	Vermelho ▾	Template2 ▾	Template3 ▾

**Figura 10.** Campos de Templates do Spreadsheets

No aba *PlacemarkData* é onde o usuário pode colocar os dados tratados, nesse campo que o processamento dos dados acontece, ele é a principal parte da planilha, pois nele o usuário pode especificar o que quer que o mapa exiba. Na Figura 11 temos as colunas disponíveis na aba *PlacemarkData*.

Placemark Data		Only edit WHITE cells!							
		KML Processing Status: Your KML is ready 36 KB file size							
		Note: Rows without a valid Placemark Name or Template Sheet Name (* columns) will be ignored. Rows with invalid location data may be shown in the wrong location (or not at all) on your map.							
Error Check Results	Folder Name (optional) <i>(use sort to keep like folders together)</i>	Placemark Name * <i>(for label &amp; Places list)</i>	Coordinates and/or Address			Template * Sheet Name	Template1 Title	<<== Enter "Template Sheet Name" to view Subtitle Paragraph1 Text	
			latitude	longitude	address				
	Verde		57	-8.054598026	-34.89066608	Verde	56.809	Data: 27/06/2017	Hori id: 30984642
	Amarelo		64	-8.054598026	-34.89066608	Amarelo	63.496	Data: 27/06/2017	Hori id: 30984643
	Amarelo		65	-8.054598026	-34.89066608	Amarelo	65.068	Data: 27/06/2017	Hori id: 30984644
	Amarelo		68	-8.054598026	-34.89066608	Amarelo	67.956	Data: 27/06/2017	Hori id: 30984645
	Amarelo		63	-8.054598026	-34.89066608	Amarelo	63.137	Data: 27/06/2017	Hori id: 30984646
	Amarelo		66	-8.054598026	-34.89066608	Amarelo	65.471	Data: 27/06/2017	Hori id: 30984647
	Vermelho		72	-8.054598026	-34.89066608	Vermelho	71.669	Data: 27/06/2017	Hori id: 30984648

Figura 11. Colunas de entrada de dados na aba PlacemarkData

A coluna "Folder Name" é opcional e serve para agrupar os dados quando o arquivo é aberto no Google Earth. No caso dos mapas aqui receberam o mesmo nome das cores dos pontos, de forma agrupar pontos de uma mesma cor e coordenada juntos no campo Lugares do Google Earth.

A coluna "Placemark Name" é obrigatória e foi o diferencial em relação aos mapas gerados pelo NoiseTube, pois essa coluna permitiu que os pontos visualizados nos mapas de ruído já tivessem uma legenda com o nível arredondado de decibels, dessa forma o usuário consegue já saber o valor de decibels de um cluster sem precisar clicar em cima do ponto, conforme pode ser visto na Figura 12.



Figura 12. Níveis de decibels disponíveis no mapa

As colunas de coordenadas receberam as latitudes e longitudes dos dados tratados. A coluna *Template* usa o nome da planilha modelo usada para aquela linha, no caso Verde, Amarelo ou Vermelho, dependendo de como foi tratado no arquivo de dados. A coluna *Title* recebeu os valores de nível sonoro em dB(A). A coluna *Subtitle* recebeu as informações de data e hora em que a medição foi feita. Por fim a coluna *Paragraph1* recebeu o valor id que corresponde ao número de identificação daquela medição (valor gerado automaticamente pelo NoiseTube). Da coluna Title em diante é que estão os campos que aparecem na janela popup que abre ao selecionar um ponto no mapa, conforme pode ser visto na Figura 13.



**Figura 13.** Janela de informações de uma medição de ruído

Se a planilha *PlaceMarkData* não tiver nenhum erro, aparece uma mensagem no topo dizendo que o arquivo de mapa kml está pronto. Com o arquivo pronto, o usuário segue para a primeira aba "*start here*" e nela vai para a área mostrada na Figura 14. Aqui é feito o download do arquivo do mapa, uma vez no computador do usuário, o arquivo precisa ser renomeado com a extensão \*.kml que corresponde a utilizada pelo Google Earth. O mapa está pronto para ser visualizado no Google Earth.

**Publish and View**

**Publish spreadsheet:**

- 1 From the menu bar, select: File > Publish to the Web...
- 2 In the dialog box, Un-check the box for "Automatically republish when changes are made".
- 3 Click the "Start Publishing" button (or "Republish now").

**Note:** The Links below will not work if you have not published your spreadsheet!

**View Placemarks in Google Earth:**

- 4 Copy this Network Link KML: `<NetworkLink><atom:author><atom:name>Emanuel</atom:name></atom:author><atom:link href="https://docs.google.com/spreadsheets/d/1...mat=tsv&gid=0" data-bbox="328 215 775 241"/>` single click to select the cell, then copy (don't double click to edit the cell's formula)
- 5 In Google Earth, Select "My Places" in the "Places" panel and paste the Network Link KML (above). The Sample placemarks (or your data) will load from this spreadsheet under the folder "My Sample Placemarks".

**View Placemarks in Google Maps:**

- 6 Link to Google Maps The Google Maps site no longer supports KML display. NOTE: KML still works with the Google Maps API.

**Download the KML**

The Network Link KML above contain your data, but rather links to the data KML published by this spreadsheet. To get a KML file that contains your data, click the link below. Note that this file will not auto-update like the Network Link.

- 1 Download this file: [Click this link to download your current data KML](#)
- 2 Rename the downloaded file to change the file's extension from ".tsv" to ".kml"

**Figura 14.** Local de download do mapa de ruído gerado

Uma recomendação do material de apoio do Spreadsheet Mapper é não usar mais do que 1000 linhas na tabela que gera o mapa, pois o processamento tende a ser demorado e pode ocorrer erros. Em casos de tabelas maiores recomenda-se o uso do aplicativo experimental Google FusionTables [41]. Para os mapas gerados nesse trabalho preferiu-se utilizar o Spreadsheet Mapper, criando mapas menores depois visualizando-os juntos no aplicativo Google Earth, dessa forma ficou possível ver trechos específicos de uma área medida. Informações mais detalhadas sobre o uso do Spreadsheet Mapper podem ser encontradas em inglês no site da aplicação [40].

# Capítulo 7 - Cenários

Neste capítulo serão apresentados os cenários estudados e os valores coletados neles. Nos mapas de ruído apresentados nesse capítulo, os pontos verdes representam leituras de até 60dB(A), os pontos amarelos são leituras com valores entre 60dB(A) e 70dB(A), os pontos vermelhos representam leituras com valores superiores a 70dB(A).

## 7.1 Hospitais

Foram feitas medições nas imediações de 3 grandes hospitais da cidade do Recife, Hospital Geral do Recife, Hospital da Restauração e Hospital Real Português a fim de detectar o nível de ruído nas imediações dos mesmos e ver se estavam dentro do limite tolerado pela Legislação e pelos órgãos competentes.

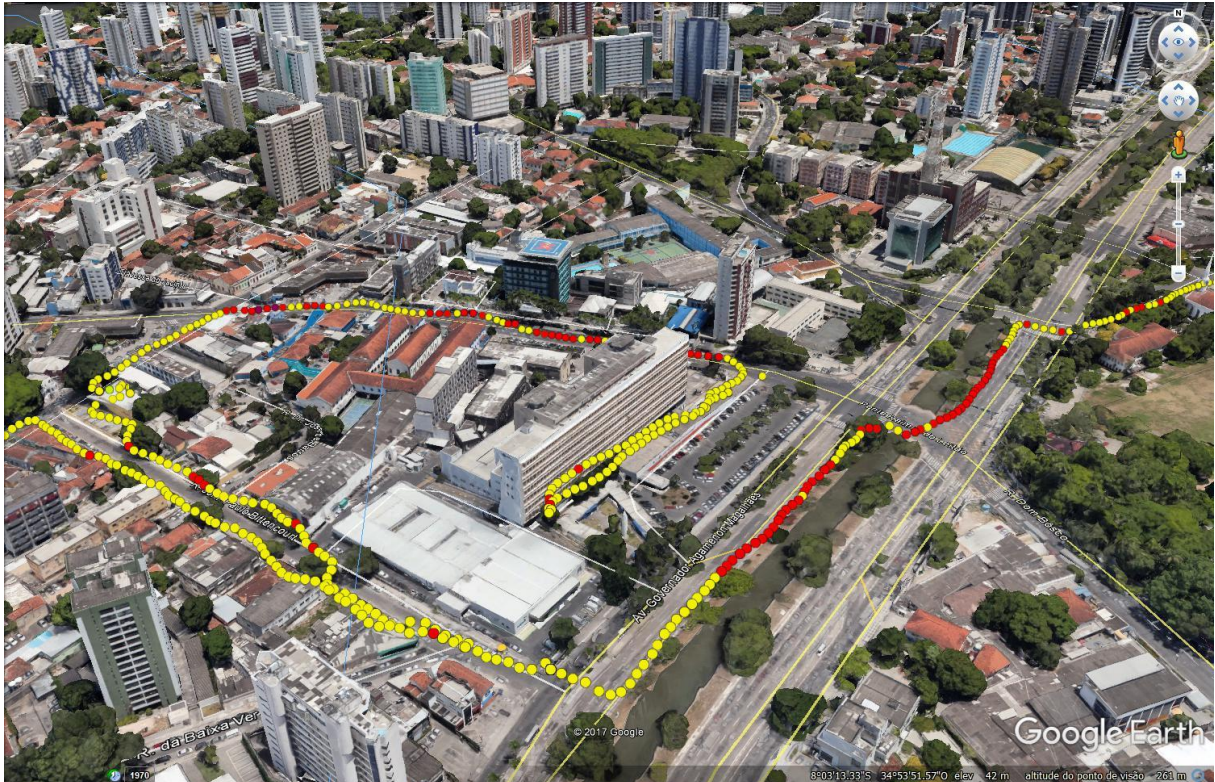
### 7.1.1 Hospital Real Português

Localizado próximo a cruzamento de duas das avenidas mais movimentadas (Av. Agamenom Magalhães e Av. Abdias de Carvalhos) do Recife, esperava-se que seus níveis de ruído fossem ser mais elevados. Conforme pode ser observado no mapa de ruído da Figura 15 e no histograma da Figura 16, o hospital teve a maioria das medições na faixa entre 60dB(A) e 70dB(A), essa sendo de ruídos envolvendo e trânsito de pessoas e veículos na área de estacionamento, além de ruído causado por aparelhos de ar condicionado e geradores. A área que apresentou os menores índices de ruído, entre 50dB(A) e 60dB(A) foi justamente a área mais arborizada e com menor fluxo de veículos, área com vários bancos, a medida que se aproximava da lanchonete e do restaurante os valores subiram para acima de 60dB(A). O ponto crítico de ruído é a recepção de pedestres que fica junto a pista local da Av. Agamenom, medições realizadas no local registraram ruídos de pico de 77.52dB(A) e se mantiveram constantes acima de 70dB(A). Funcionárias da recepção informaram que o barulho ali é constante, tanto pelo trânsito externo, quanto pela passagem e identificação dos pedestres. Esse tipo de exposição passageira não é



### 7.1.2 Hospital da Restauração

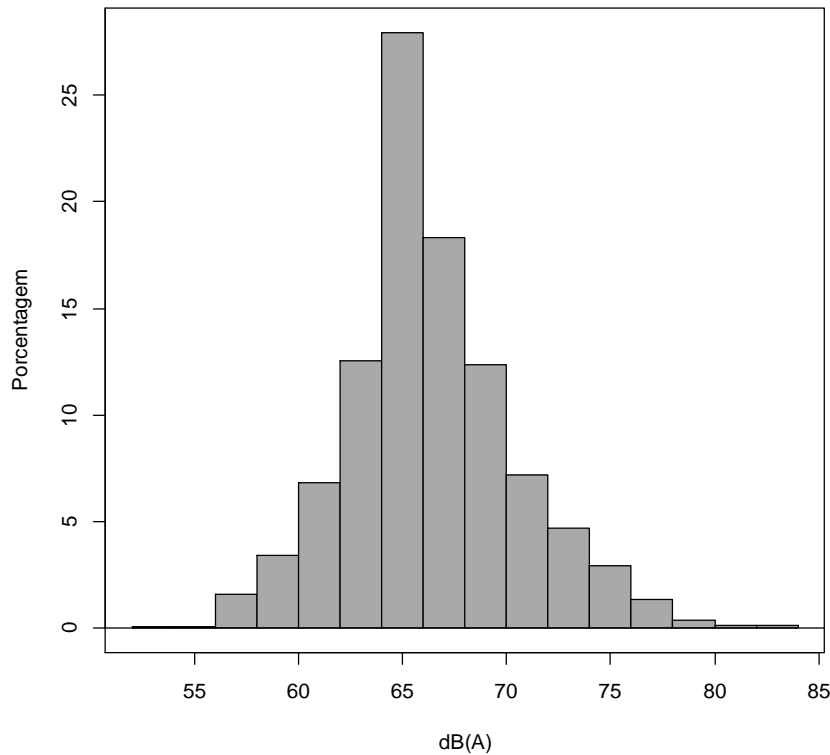
O hospital público mais conhecido da cidade do Recife, fica Avenida Agamenom Magalhães e sofre bastante com o ruído gerado por esta. O mapa de ruído do hospital e sua vizinhança po ser visto na Figura 17.



**Figura 17.** Mapa de ruído do Hospital da Restauração

Observando o mapa e analisando as medições percebe-se que o mesmo sofre de um mau projeto, não possuindo nenhum tipo de barreira natural para abafar o som, praticamente não tem árvores. Os valores na vizinhança foram constantemente acima de 60 dB(A) e teve alguns picos acima dos 70dB(A), especialmente na pista da Avenida e na rua Joaquim Nabuco. O Hospital Santa Joana e o Colégio Nossa Senhora Auxiliadora também são expostos a essa poluição sonora. O menor valor registrado foi de 53.33dB(A) e o maior valor foi 83.15dB(A). Boa parte desse barulho gerado pelas ambulâncias, mas mais pelo excesso de uso de buzina de alguns veículos e motocicletas. Na Figura 18, podemos ver a distribuição em porcentagem dos níveis de ruído coletados ao redor do Hospital da Restauração.





**Figura 18.** Histograma percentagem x dB(A) do Hospital da Restauração

### 7.1.3 Hospital Geral do Recife

Localizado num quarteirão entre a Rua do Príncipe, Rua Riachuelo e Rua do Hospício. Foram realizadas várias medições ao longo desse quarteirão, observando as camadas do mapas de ruído na Figura 19 e 20 e analisando o histograma na Figura 16, percebe-se a recorrência de ruído em locais específicos. O quarteirão do hospital fica junto de uma área residencial composta de vários edifícios, uma escola e uma Universidade, mesmo assim os níveis de poluição sonora foram bem elevados, quando comparado com os outros dois hospitais avaliados.

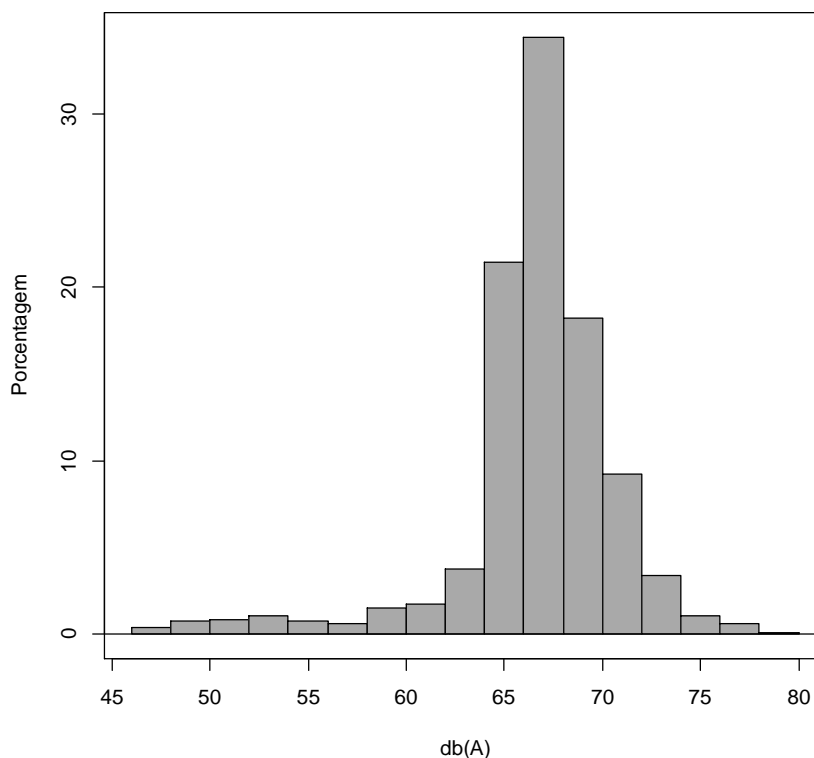


Figura 19. Mapa de ruído do Hospital Geral do Recife

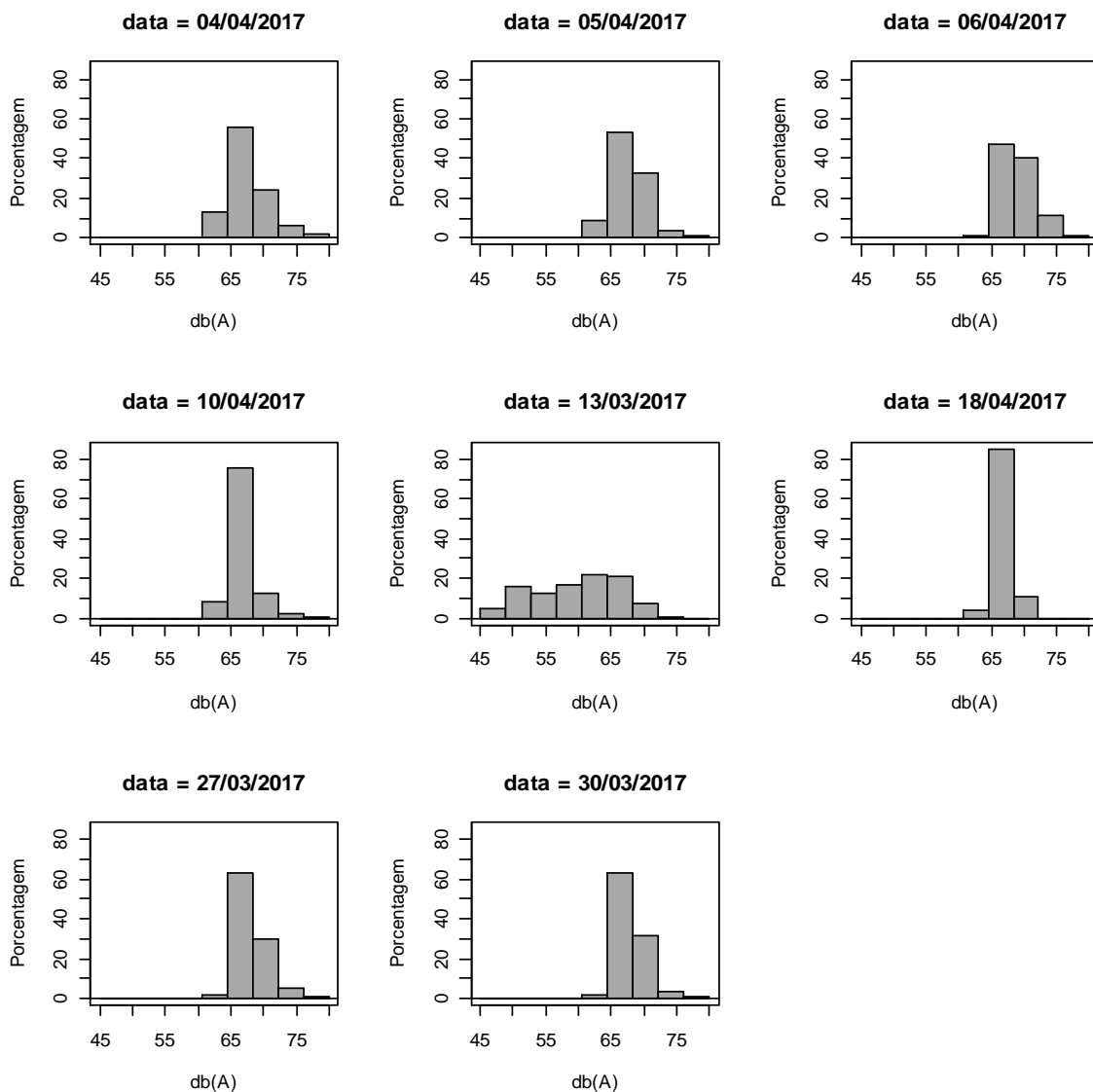


Figura 20. Foco nos níveis acima de 70dB(A) e os abaixo de 60dB(A)

A maior concentração de ruído é no cruzamento da Rua do Príncipe com a Rua do Hospício, o grande fluxo de veículos que passam por ali, especialmente ônibus geram um nível de ruído acima de 70dB(A). Os valores menores, abaixo de 60dB(A) foram registrados num dia aparentemente atípico e por volta das 06:00 da manhã. A maioria das medições foram realizadas após 06:30, horário em que o fluxo de veículos e pedestres aumenta bastante. Esse tipo de poluição sonora afeta principalmente as pessoas que moram ou trabalham na área e são expostas de forma contínua. Os valores registrados estão bem acima dos recomendados pela OMS [1] ou mesmo pela lei municipal n.º16.243/96 [28], que estabelece limite de 55dB(A) para zonas de hospitais e escolas. A frequência com os valores das medições podem ser vistos na Figura 21 e na Figura 22.



**Figura 21.** Histograma percentagem x dB(A) do Hospital Geral



**Figura 22.** Relação porcentagem de dB(A) do Hospital Geral ao longo dos dias.

## 7.2 Áreas comerciais

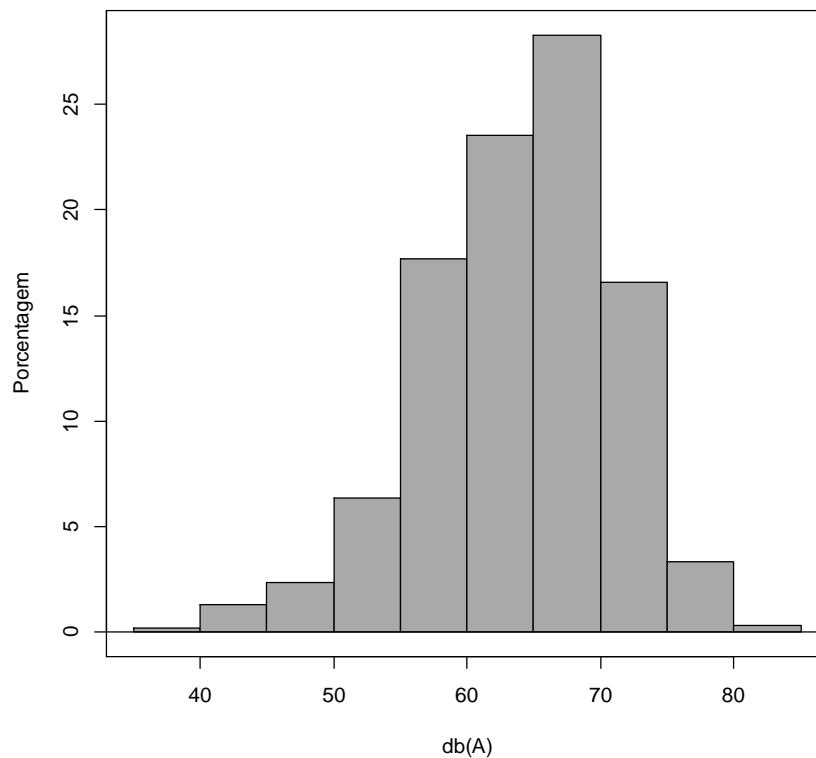
Foram avaliadas algumas áreas de grande comércio. Entre elas, mercados públicos e ruas comerciais do centro da cidade do Recife.

### 7.2.1 Avenida Conde da Boa Vista

Um das principais vias arteriais do trânsito da cidade do Recife, é também um dos locais com o maior número de comércios, formais e informais, e paradas de

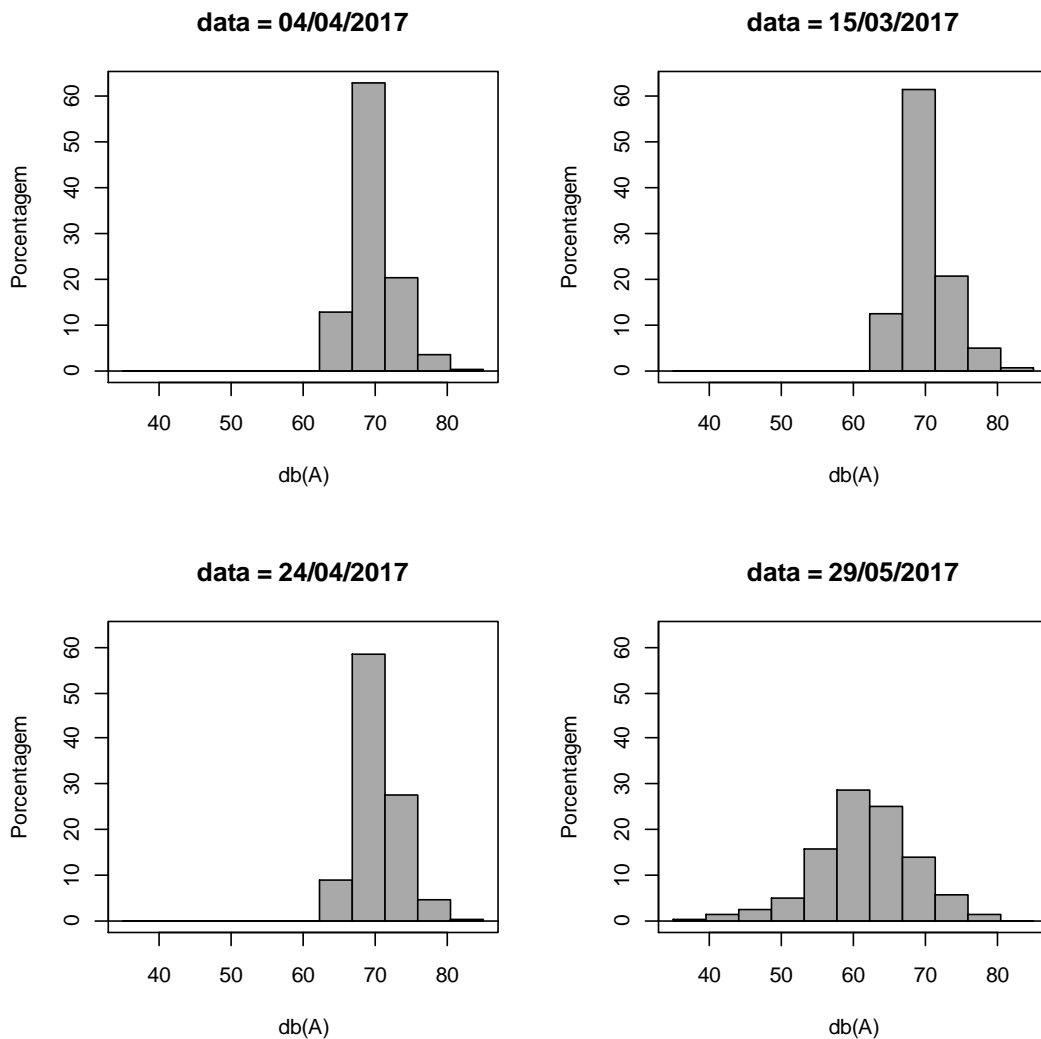


com o barulho ou mesmo não entender as consequências dele ao longo prazo. Medidas de fiscalização e punição precisam ser tomadas. Na Figura 24, temos o percentual x dB(A) ao longo de todas as medições. Como se pode perceber as medições abaixo de 60 dB(A) chegam a menos de 30 % de todas as amostras, isso implica que pelo menos 70% de todas as amostras ultrapassaram o valor de 60dB(A).



**Figura 24.** Histograma percentagem x dB(A) da Av. Conde da Boa Vista

Na Figura 25, temos a distribuição dos valores ao longo de alguns dias de medição.



**Figura 25.** Relação porcentagem de dB(A) da Conde da Boa Vista ao longo dos dias

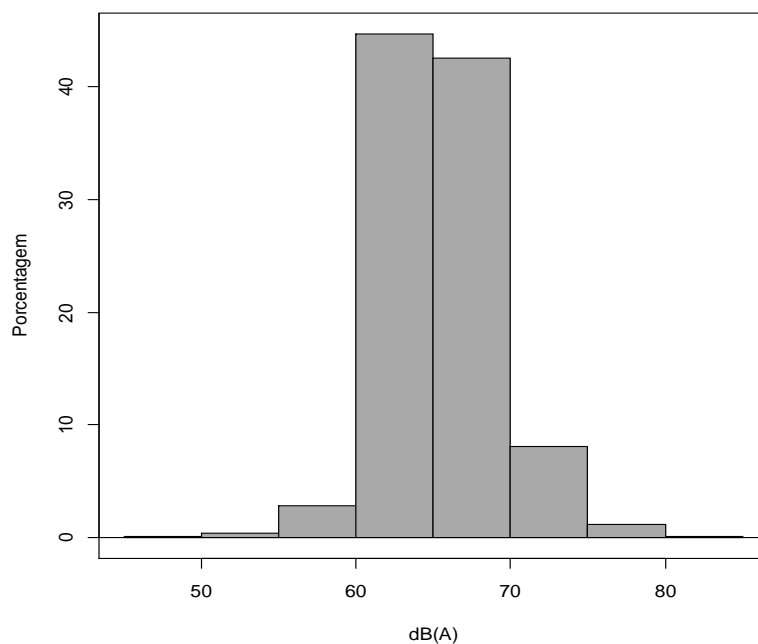
### 7.2.2 Mercado São José

As medições realizadas no Mercado São José estavam dentro do aceitável para a área comercial, boa parte delas sendo na faixa de 65dB(A), evidenciado no mapa de ruído da Figura 26, uma vez que essa área do mercado o transito de veículos é restrito e em baixa velocidade, estes não contribuem de forma significativa para os níveis de ruído no mercado e lojas próximas. Em algumas lojas no começo do expediente e com poucos clientes foi notado um nível de ruído inferior a 60dB(A). Não foram realizadas medições no horário da tarde, nem em dia de

sábado que a movimentação é maior. Ocorrências acima de 70dB(A) foram nas ruas paralelas ao mercado.



**Figura 26.** Mapa de ruído do Mercado São José



**Figura 27.** Histograma porcentagem x dB(A) do Mercado São José

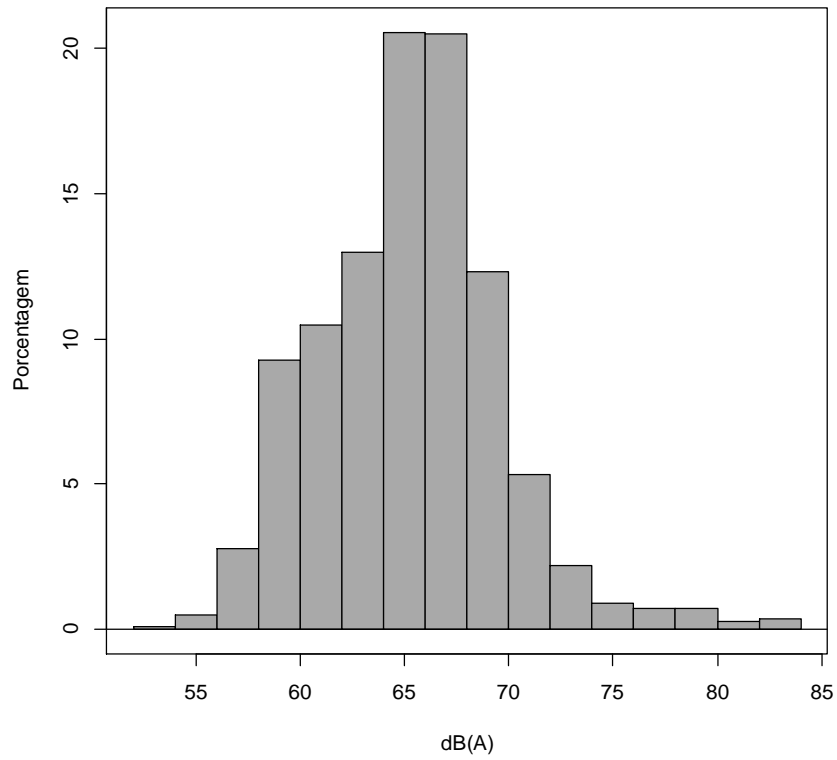


### 7.2.3 Rua Imperatriz

Nas medições realizadas na Rua da Imperatriz, percebe-se que a maioria das medições está abaixo de 70dB(A), a maioria ficando por volta de 65dB(A), com exceção de alguns pontos em que o uso de alto falantes na frente das lojas para atrair clientes ultrapassava os 70dB(A). O motor de um caminhão da prefeitura que efetuava limpeza da calçada chegou a emitir um ruído de 83dB(A) por um breve intervalo. Na Figura 28 pode-se observar a distribuição dos pontos de ruído.



Figura 28. Mapa de ruído da Rua Imperatriz



**Figura 29.** Histograma porcentagem x dB(A) na Rua da Imperatriz

## Capítulo 8

# Conclusão e Trabalhos Futuros

O crescimento descontrolado e sem planejamento dos grandes centros urbanos tem contribuído de forma expressiva para o aumento da poluição sonora. As variações nos limites toleráveis de exposição ao ruído que é aconselhado pela OMS [1] e na NBR10151[29] não são seguidas a risca. A Lei estadual nº 12.789/05 [27] não especifica de forma clara, em qual tipo de área (residencial ou diversificada) os hospitais e escolas estão enquadrados. Esse erro na lei atrapalha o cidadão a entender bem qual é o limite sonoro em que esta pode ser aplicada. A lei municipal n.º16.243/96 [28] foi melhor redigida e tem valores mais próximos aos recomendados pela OMS e pela NBR10151.

Neste trabalho foi utilizado uma aplicação MCS (NoiseTube) que permitiu a coleta de dados de níveis de poluição sonora junto com suas coordenadas geográficas, a aplicação disponibiliza esses dados junto com um mapa de ruído na página do usuário. O fato da aplicação estar disponível em qualquer *smartphone* atual que funcione com sistema Android ou IOS, permite que qualquer pessoa com o mínimo de orientação possa contribuir de forma positiva efetuando medições em seu ambiente diário. Também foi apresentada uma alternativa para criação de Mapas de Ruídos, utilizando os dados coletados com o NoiseTube e colocando-os numa planilha customizada da aplicação Google Spreadsheets Mapper. Essa aplicação permitiu a criação de mapas mais detalhados, com os níveis de poluição já visíveis e com detalhes sobre data e hora de cada medição. Caso mais pessoas sejam motivadas a utilizar e divulgar a aplicação, a base de dados dela aumentará e estudos sobre as causas de poluição poderão ser realizados por instituições públicas e privadas, além de propostas para combater esse mal que afeta todos ao redor. O custo envolvendo o treinamento do cidadão comum para utilizar uma aplicação dessa é ínfimo quando comparado com outras alternativas de análise de poluição sonora, tais como instalação de redes de sensores em vários pontos da cidade ou mapas estatísticos gerados a cada 5 anos (prática usada na Europa).

Os dados coletados nos cenários que foram estudados e os mapas gerados com a utilização do Google Spreadsheeter Mapper mostram que os níveis de poluição sonora ultrapassaram os estabelecidos pelas leis e normas nacionais e internacionais. O problema parece ser a ignorância da maioria das pessoas sobre as causas e males que a poluição sonora gera e também pela inatividade do cidadão de realizar denúncias e cobrar aos órgãos competentes a fiscalização e punição para com aqueles que infringem as leis.

Para trabalhos futuros recomenda-se uma melhora no sistema de busca por dados gerais no servidor do NoiseTube, talvez utilizando uma Framework customizado, pois os comandos disponibilizados na página do servidor não são intuitivos para o usuário comum. O comando de busca por geolocalização não estava funcionando no momento desse trabalho, a busca ficava limitada pelo código da cidade. Pesquisar mais sobre a ferramenta Google Spreadsheet Mapper e a ferramenta Google Fusion Tables, pois ambas oferecem boas soluções para criação de mapas com os dados coletados por aplicativos *mobile sensing*.

# Bibliografia

- [1] World Health Organization. **Guidelines for Community Noise**. 1999.
- [2] WEISER, M (1991). **The Computer for the 21st Century**. **Scientific American Ubicomp**, vol. 265, no. 3, pp. 66–75.
- [3] LIORET J; MACIAS, E.; SUAREZ, A.. **Mobile Sensing Systems**. Sensors (Basel) Volume 13, Dec. 2013; Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3892889/> > Acesso em: 10/06/2017.
- [4] ADELSTEIN , F. **“Fundamentals of Mobile and Pervasive Computing”** .(2005). McGraw-Hill.
- [5] ARAUJO, R. **Computação Ubíqua, Princípios, Tecnologias e Desafios – XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores**. 2003.
- [6] KANHERE, S.S. **Participatory sensing: Crowdsourcing data from mobile smartphones in urban spaces**. Distrib. Comput. Internet Technol. 2013, 7753, 19–26.
- [7] Ganti, Raghu; Ye, Fan; Lei, Hui (2011). **"Mobile crowdsensing: current state and future challenges"**. IEEE Communications Magazine. 49 (11): 32–39.
- [8] Waze, aplicação crowdsensing; Disponível em: < <http://www.waze.com/> > Acesso em: 15/05/2017
- [9] Endomondo, aplicação crowdsensing; Disponível em: < <https://www.endomondo.com/download> > Acesso em: 20/06/2017
- [10] ALBUQUERQUE, P; THOMAZINI, D. **Sensores Industriais - Fundamentos e Aplicações**. 5a ed. São Paulo: Érica, 2005. 222 p
- [11] WENDLING, M. **Sensores**. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PAULISTA, São Paulo, 2010.

- [12] THEBAS, V. **Características dos Sensores**, Instituto Federal do Espírito Santo, Serra, 2009.
- [13] LOUREIRO, A.; NOUGUEIRA, S.; RUIZ, L.; MINI, R.; NAKAMURA, E.; FIGUEIREDO, C. **Redes de Sensores Sem Fio**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, Belo Horizonte, 2003.
- [14] Qualcomm. Disponível em: < <https://www.qualcomm.com/news/onq/2014/04/24/behind-sixth-sense-smartphones-snapdragon-processor-sensor-engine> > Acesso em: 16/06/2017
- [15] Microfone. Disponível em: < <https://pt.wikipedia.org/wiki/Microfone> > Acesso em 17/06/2017.
- [16] Sensors. Disponível em: < <https://source.android.com/devices/sensors/> > Acesso em: 17/06/2017.
- [17] **"Som e sua propagação"** disponível em: < <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Acustica/som.php> > Acessado em: 18/06/2017.
- [18] Disponível em: <http://www.hear-it.org/pt/> Acesso em: 18/06/2017.
- [19] Bento, R.; Sanchez, T. **"O Barulho e Seus Efeitos sobre a Audição e Zumbido"**. Fundação Otorrinolaringologia, disponível em: < <http://forl.org.br/InformacaoDoenca/Visualizar/14> > Acesso em: 18/06/2017.
- [20] SOUZA, F. **Efeito do Ruído no Homem Dormindo e Acordado**. Laboratório de Psicofisiologia, UNIVESIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, Belo Horizonte.
- [21] MEYER, M. **"Quais Sensores estão presentes no seu Smartphone?"** Site Oficina da Net, disponível em: < <https://www.oficinadanet.com.br/post/14334-quais-os-sensores-presentes-no-seu-smartphone> > Acesso em: 17/06/2017.
- [22] NoiseTube. **"Guia para usuário do celular"** Site NoiseTube, disponível em: < <http://www.noisetube.net/help> > Acesso em: 20/06/2017.

- [23] MATTHIAS, S. **Community memories for sustainable societies: The case of environmental noise**. Vrije Universiteit Brussel, Faculty of Science and Bio-Engineering Sciences. VUBPress/ASP Editions. Junho 2012
- [24] Lei Nº 9.605, de 12 de Fevereiro de 1995. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm) > Acesso em 25/06/2017
- [25] Lei Nº 9.503, de 23 de Setembro de 1997. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9503.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9503.htm) > Acesso em 25/06/2017
- [26] Lei Nº 10.406, de 2002. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/L10406.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm) > Acesso em: 25/06/2017
- [27] Lei Nº 12.789, de 2005. Disponível em: < <http://legis.alepe.pe.gov.br/?lo127892005> > Acesso em: 25/06/2017
- [28] Lei Nº 16.243, de 1995. Disponível em: < <https://www.recife.pe.gov.br/pr/leis/1624396.doc> > Acesso em: 25/06/2017
- [29] Norma ABNT Nº 10.151. Disponível em: < <http://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/2012/01/Avalia%C3%A7%C3%A3o+do+Ru%C3%ADdo+em+%C3%81reas+Habitadas.pdf> > Acesso em 25/06/2017
- [30] Norma ABNT Nº 10.152. Disponível em: < [http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2015/02/NBR\\_10152-1987-Conforto-Acustico.pdf](http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2015/02/NBR_10152-1987-Conforto-Acustico.pdf) > Acesso em: 25/06/2017
- [31] MATTHIAS, S. **Community memories for sustainable societies: The case of environmental noise**. Vrije Universiteit Brussel, Faculty of Science and Bio-Engineering Sciences. VUBPress/ASP Editions. Junho 2012
- [32] BULUSU, N.; CHOU, C.; HU, W.; KANHERE, S.; RANA, R. **Ear-Phone: A Context-Aware Noise Mapping using Smart Phones**. University of New South Wales. Elsevier. Outubro 2013

- [33] D'HONDT, E.; JACOBS, A.; STEVENS, M. **Participatory noise mapping works" An evaluation of participatory sensing as an alternative to standar techniques for environmental monitoring.** Journal on Pervasive and Mobile Computing: Special Issue on Pervasive Urban Applications. Setembro 2012.
- [34] MAISONNEUVE, N.; MATHIAS, S.; OCHAB, B. **Participatory noise pollution monitoring using mobile phones.** Information Polity, 15(1-2):51-71, Agosto 2010.
- [35] Sensor Insider Pro, aplicação mobile sensing; Disponível em: < [https://lucanatech.com/sensori\\_insider/](https://lucanatech.com/sensori_insider/) > Acesso em: 20/06/2017
- [36] BÄRTL, R; MÜHLHÄUSER, M.; PROBST, F.; SCHULZ, A.; SCHWEISER, I. **NoiseMap - Real-time participatory noise maps.** Second International Workshop on Sensing Applications on Mobile Phones. 2011.
- [37] Widenoise Plus, aplicação mobile sensing; Disponível em: < <http://cs.everyaware.eu/event/widenoise/> > Acesso em: 20/06/2017
- [38] OSTEMAIER, B; SANTINI, S; VITALETTI, A. **First Experiences Using Wireless Sensor Networks for Noise Pollution Monitoring.** In Proceedings of the 3rd ACM Workshop on Real-World Wireless Sensor Networks (REALWSN'08), Glasgow, United Kingdom, April 2008. ACM.
- [39] MEDEIROS, A. **Conhecendo Comandos Básicos do Sistema Estatístico R.** Disponível em < <http://www.andersonmedeiros.com/comandos-basicos-do-sistema-estatistico-r/> > Acesso em: 20/06/2017
- [40] Google Spreasheet Mapper. Disponível em < <https://www.google.com/earth/outreach/learn/mapping-from-a-google-spreadsheet/> > Acesso em 29/06/2017
- [41] Google Fusion Tables. Disponível em < <https://support.google.com/fusiontables/answer/2571232> > Accessi em 29/06/2017