

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Instituto de Geociências**  
**Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais**

**ROBSON CALDEIRA CRUZ**

**ANÁLISE E MODELAGEM DE UM SISTEMA AMBIENTAL SOB A INFLUÊNCIA  
DE RUÍDO DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO**

**Belo Horizonte**  
**2015**

**ANÁLISE E MODELAGEM DE UM SISTEMA AMBIENTAL SOB A INFLUÊNCIA  
DE RUÍDO DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, para obtenção do  
título de Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Márcia Magela Machado**

**Belo Horizonte  
Maio/2015**

C957a Cruz, Robson Caldeira.  
2015 Análise e modelagem de um sistema ambiental sob a influência de ruído de tráfego rodoviário [manuscrito] / Robson Caldeira Cruz. – 2015.  
35 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientadora: Maria Márcia Magela Machado.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2015.  
Bibliografia: f. 34-35.

1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Rodovias – Ruídos – Teses. 3. Acústica – Teses. I. Machado, Maria Márcia Magela. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 911.2:519.6(813.8)

# ANÁLISE E MODELAGEM DE UM SISTEMA AMBIENTAL SOB A INFLUÊNCIA DE RUÍDO DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO

## RESUMO

Nas últimas décadas, a identificação dos principais estressores ambientais tem sido objeto de diversas pesquisas, devido a uma preocupação crescente com o impacto de seus efeitos sobre a saúde e a qualidade de vida da população. A existência de níveis elevados de ruído no meio ambiente em que a população vive, trabalha ou passa um período significativo do dia, é um fator de risco relevante para a saúde pública. Em ambientes urbanos, a poluição sonora, é originada, principalmente, pelo tráfego rodoviário e a modelagem computacional permite caracterizar diversos indicadores de poluição sonora nas zonas de influência das fontes emissoras, quer de cenários passados, atuais ou de cenários futuros. Essa pesquisa teve como objetivo modelar um ambiente acústico cuja principal influência é o ruído de tráfego de veículos automotores, e para tanto, utilizou-se um *software* de mapeamento da propagação sonora, visando diagnosticar o entorno da futura Ponte Salvador-Ilha de Itaparica e prognosticar os possíveis impactos deste empreendimento em 2017, ano previsto para a inauguração da ponte e em 2047, ano de consolidação do projeto. Os resultados indicaram que o ruído ambiental atual da Ilha de Itaparica varia em função da distância dos receptores às vias de tráfego rodoviário, e que, ao longo da vida do projeto, de 2017 a 2047, haverá um aumento contínuo do volume de tráfego em vários trechos. Do lado de Salvador, as previsões não indicam mudanças significativas nos níveis de ruído, em virtude de se tratar de uma área densamente urbanizada e que, já atualmente, se caracteriza por elevados volumes de tráfego. Espera-se que esse estudo contribua para tomada de decisões no âmbito do planejamento urbano, no que concerne a mitigação ou atenuação do problema onde ele é mais necessário.

**Palavras-chave:** Modelagem Acústica e Ruído de Tráfego Rodoviário

# **ANALYSIS AND MODELLING OF A ENVIRONMENTAL SYSTEM UNDER THE INFLUENCE OF ROAD TRAFFIC NOISE**

## **ABSTRACT**

In recent decades, the identification of the main environmental stressors have been the subject of several studies due to a growing concern about the impact of its effects on health and population's quality of life in general. The existence of high levels of noise in the environment, in which the population lives, works or spends a significant period of the day is a major risk factor the public health issues. In urban environments, noise pollution is caused mainly by road traffic and computational modeling to characterise various indicators of noise pollution in areas of influence of emission sources, whether past, present or future scenarios. This research aimed to model an acoustic environment whose main influence is the noise of motor vehicle traffic, and for that, we used a mapping and sound propagation software in order to diagnose the surroundings of the future Bridge Itaparica Island – Salvador and predict the possible impacts of this project in 2017, which is the year prescribed for the inauguration of the bridge and in 2047, project consolidation year. The results indicated that the current environmental noise Itaparica Island varies according to the distance receivers to road traffic routes, and that over the life of the project, from 2017 to 2047, there will be a continued increase in traffic volume in several stretches. From the Salvador, the forecasts do not indicate significant changes in noise levels, due to it is a densely urbanized area and that, as currently, is characterized by high volumes of traffic . It is hoped that this study will contribute to decision-making in the context of urban planning, with regard to mitigation or attenuation of the problem where it is most needed.

Key-words: Acoustic Modelling and Road Traffic Noise

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema viário do Recôncavo Baiano e Baixo Sul.....	12
Figura 2 - Localização da área de estudo. ....	12
Figura 3 - Fluxograma do método de cálculo descrito pela Norma NMPB Routes (1996). ....	15
Figura 4 - Fluxograma dos procedimentos Metodológicos.....	18
Figura 5 - Indicação da distribuição das cartas na área de estudo.....	19
Figura 6 - Exemplo do posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P4a. .	25
Figura 7 - Exemplo do posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P4b. .	25
Figura 8 - Paleta de cores utilizada nos mapas de ruído.....	26
Figura 9 - Mapa acústico diurno e noturno do cenário 2014.....	26
Figura 10 - Mapa acústico diurno e noturno do cenário 2017.....	29
Figura 11 - Mapa acústico diurno e noturno do cenário 2047.....	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Situação Inicial (2014): Volumes de tráfego médio horário e % de pesados mais motocicletas para cada período de referência. ....	21
Tabela 2 - Situação Futura no início da operação (2017): Volumes de tráfego médio horário e % de pesados mais motocicletas para cada período de referência. ....	22
Tabela 3 - Situação Futura no horizonte de projeto (2047): Volumes de tráfego médio horário e % de pesados mais motocicletas para cada período de referência. ....	23
Tabela 4 - Valores obtidos nas medições <i>in situ</i> .. ....	24
Tabela 5 - Valores dos níveis sonoros simulados pelo modelo.....	27
Tabela 6 - Comparação dos valores calculados e medidos. ....	27
Tabela 7 - Comparação dos níveis de ruído obtidos em 2014 com os previstos para 2017 e para 2047.....	30

## **LISTA DE SIGLAS**

APA - Área de Proteção Ambiental

HPM - Hora de Pico da Manhã

Laeq - Níveis Sonoros Equivalentes

LI - Licença de Implantação

LO - Licença de Operação

SVO - Sistema Viário Oeste

TMH - Tráfego Médio Horário

VEBTS - Via Expressa da Bahia de Todos os Santos

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2. ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>10</b>
<b>3. MODELAGEM ACÚSTICA .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1. Software de modelagem acústica.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2. Procedimento de cálculo.....</b>	<b>14</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>26</b>
<b>5.1. Diagnóstico .....</b>	<b>26</b>
<b>5.2. Validação do modelo .....</b>	<b>27</b>
<b>5.3. Prognóstico dos cenários 2017 e 2047 .....</b>	<b>28</b>
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>32</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Entre os principais estressores ambientais, os níveis elevados de ruído configuram-se como um dos mais danosos à saúde pública em razão da amplitude dos seus impactos. Já é consenso entre os especialistas que a perda auditiva não é o único dano causado pelo ruído à saúde do indivíduo, os prejuízos são mais amplos e afetam outros órgãos e funções, podendo comprometer atividades físicas e mentais. A exposição da população urbana a diferentes fontes de ruído tem sido objeto de preocupação de muitas autoridades ambientais, sobretudo, dos Estados Unidos da América (EUA) e da União Européia (UE), que têm buscado definir e implementar políticas destinadas a equacionar ou atenuar esse problema por meio da introdução de legislações e subsequentes planos de ação, impondo valores limites cada vez mais restritivos para as emissões, conforme, por exemplo, informações da Diretiva nº 2002/49/CE (PARLAMENTO EUROPEU, 2002).

Em meio urbano, os empreendimentos industriais e o tráfego aeroviário, ferroviário e rodoviário, configuram-se como as fontes sonoras mais representativas. Entre essas fontes sonoras, o ruído gerado pelo tráfego de veículos automotores tornou-se o principal causador de incômodo a população, conseqüentemente, o maior alvo de reclamações junto aos órgãos de controle e fiscalização. Essa preocupação com o monitoramento e predição do ruído ambiental, impulsionou o desenvolvimento de metodologias de medição e mapeamento sonoro, fazendo surgir no mercado vários recursos tecnológicos para este fim, com destaque para os *softwares* de modelagem acústica, que possibilitaram a análise do ruído de variadas fontes sonoras de forma mais abrangente.

Segundo a referida Diretiva, na UE, a partir de 2002 as cidades com mais de 200 mil habitantes foram obrigadas a fazer seus mapas acústicos. No Brasil, apesar de não haver ainda uma legislação que obrigue as cidades a elaborarem suas cartas de ruídos, algumas iniciativas promovidas pelo poder público devem ser citadas, tais como, as cartas de ruídos de Fortaleza (CE) e do Plano Piloto de Brasília (DF), em 2012. Atualmente, o maior desafio é a criação do mapa de ruídos da cidade de São Paulo, que foi aprovado pela Câmara dos Vereadores em primeira votação (10/03/2015) e deverá passar por mais uma votação em plenário e, se aprovado, seguirá para a sanção do prefeito.

Contudo, não obstante a estes recentes progressos a realidade ainda está longe do ideal e demanda trabalhos e pesquisas que possam divulgar essas ferramentas e suas aplicações ambientais. Portanto, pelo caráter inovador, a modelagem do ruído ambiental como ferramenta de auxílio ao planejamento urbano e territorial, se coloca como um tema instigante. Por estas razões, o presente trabalho tem como objeto de estudo e análise a predição do ruído de tráfego de veículos automotores, oriundo da implementação de uma travessia entre a cidade de Salvador/BA e a Ilha de Itaparica/BA, por meio de uma ponte.

O projeto de construção da Ponte Salvador - Ilha de Itaparica faz parte de um plano de desenvolvimento socioeconômico da Bahia, que tem como objetivo promover a integração entre as regiões, aproximando não apenas à ilha à capital, mas todo sul do estado, além de encurtar o trajeto dos que viajam pelo Brasil no sentido sul/nordeste e vice-versa<sup>1</sup>.

Desse modo, para alcançar o objetivo proposto, foi medido *in situ* e modelado remotamente, o ruído do tráfego de veículos automotores da microárea de influência da futura Ponte, visando diagnosticar o ambiente acústico local em 2014 e prognosticar os possíveis impactos ambientais sonoros em 2017 (ano previsto para a inauguração do empreendimento) e 2047 (ano considerado como de consolidação do projeto).

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A morfologia da linha costeira baiana, caracterizada por condicionantes físicos como a presença da Baía de Todos os Santos, que dificulta as ligações viárias pelo litoral. As rodovias federais estão no interior e, para se chegar do sul à capital, Salvador, faz-se o contorno do Recôncavo Baiano (Figura1). A construção de uma travessia entre a cidade de Salvador e a Ilha de Itaparica se apresenta como uma solução para esse problema e é uma demanda antiga dos baianos.

Em 2010 o Governo da Bahia anunciou uma série de estudos para a criação de um sistema rodovias para ligação direta entre as cidades do sul e Salvador, chamado Sistema Viário Oeste - SVO. Este projeto conta com intervenções, como por exemplo,

---

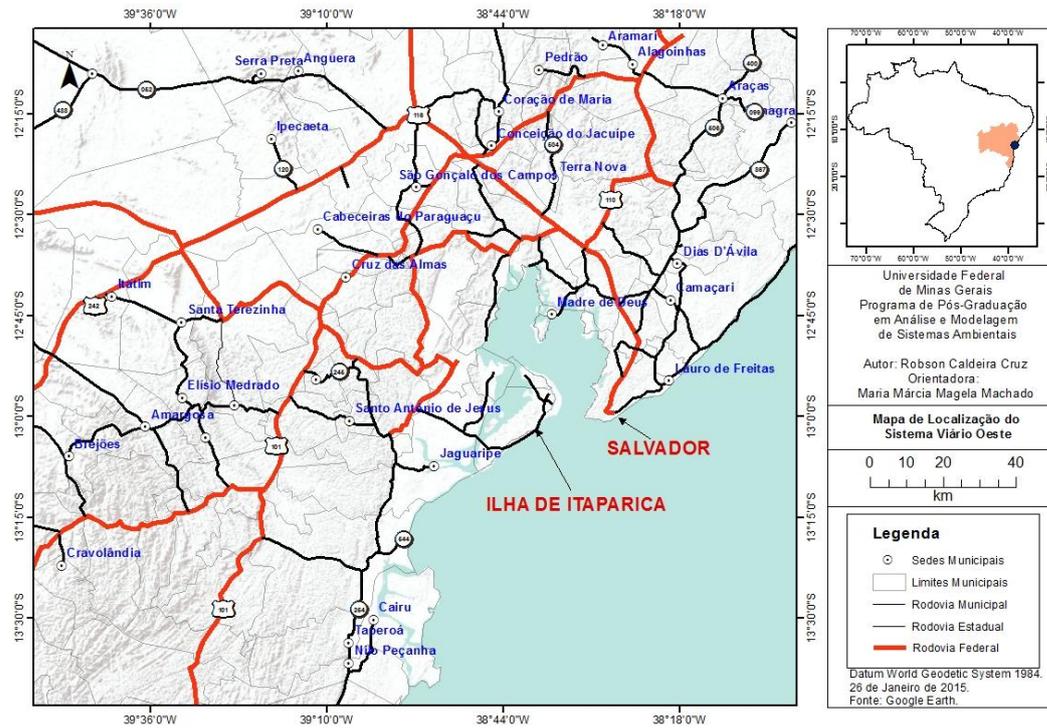
<sup>1</sup> Mais informações podem ser consultadas no link:  
<<http://www.pontesalvadorilhadeitaparica.ba.gov.br/>>

duplicação e melhoramento das vias atuais e construção de novas rodovias e pontes, incluindo a de ligação Ilha de Itaparica/Salvador.

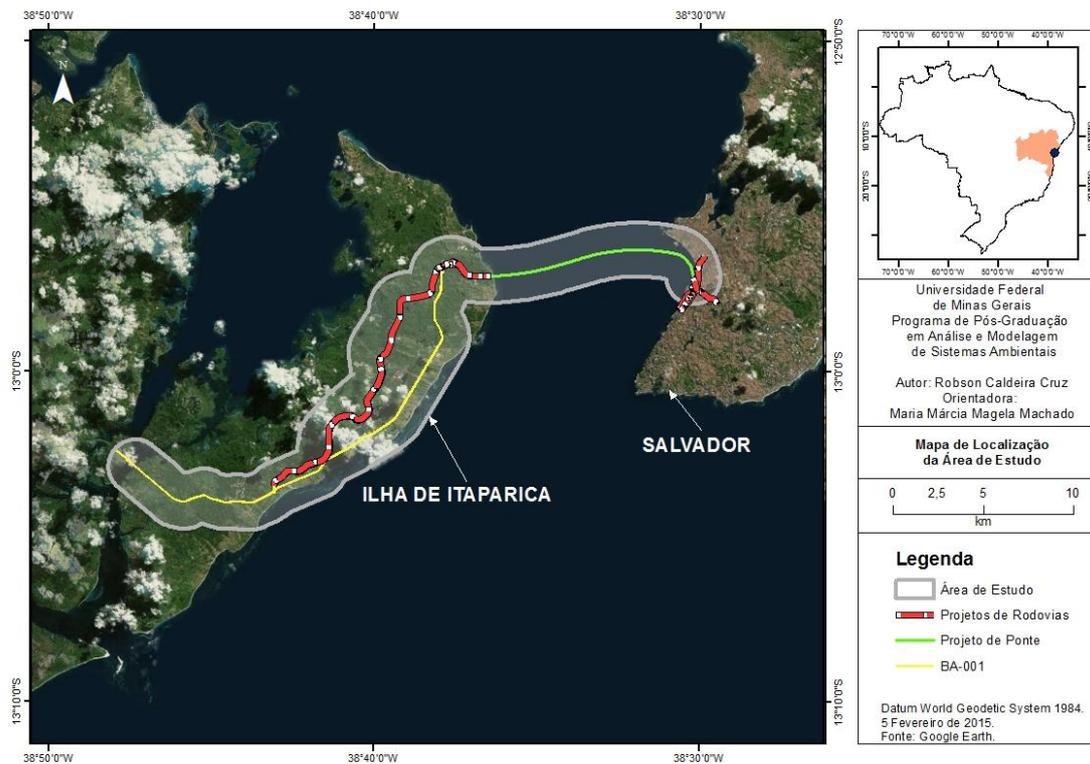
A Figura 2 apresenta a área de influência do tráfego da futura Ponte Salvador-Ilha de Itaparica. Segundo o projeto, o código A1 corresponde aos deslocamentos oriundos de todo o Recôncavo Baiano; A2 aos deslocamentos de Salvador em direção ao Baixo Sul e vice-versa e A3 aos deslocamentos do Sul do país em direção ao Nordeste e vice-versa.

Para este trabalho delimitou-se como área de estudo um *Buffer* de 1500m em torno do trecho compreendido pela Ponte e seus acessos na Ilha de Itaparica e em Salvador, compreendendo uma extensão de aproximadamente 40 km (Figura 2). Estes acessos farão a ligação direta do futuro fluxo veicular proveniente do SVO com a Ponte. Na cidade de Salvador, a área de estudo compreende os acessos exteriores ao túnel Américo Simas, a Av. França, a Av. Jequitaiá e a Via Expressa da Bahia de Todos os Santos (VEBTS). Na Ilha de Itaparica a área de estudo inicia na conexão da BA001, rodovia estadual que liga a Ilha de Itaparica ao litoral Sul do Estado da Bahia.

Além deste acesso, também foi projetada uma nova via na Ilha de Itaparica, que deverá ser implantada no futuro, à medida que a expansão urbana for sendo consolidada e a atual BA-001 tenha sua condição de tráfego saturada devido ao aumento da capacidade viária proveniente da implantação da Ponte. A nova rodovia terá um traçado reduzido, com extensão de 14,5 km, devido às restrições ambientais impostas pela presença da Área de Proteção Ambiental (APA) na Ilha de Itaparica e está prevista para ser totalmente bloqueada ao tráfego lindeiro.



**Figura 1 - Sistema viário do Recôncavo Baiano e Baixo Sul.**  
**Fonte: PMI OAS; Odebrechet; Camargo Corrêa, 2010.**



**Figura 2 - Localização da área de estudo.**

### 3. MODELAGEM ACÚSTICA

A publicação, em novembro de 1996, do Livro Verde "*Future Noise Policy*", foi o passo inicial no desenvolvimento de uma política de controle de ruído ambiental nos países da União Européia. Já neste documento a Comissão recomenda como metodologia para diagnóstico e predição da poluição sonora a modelagem acústica inserida em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), apresentada sob a forma de cartografia de ruído, por ser considerada ferramenta essencial de planejamento urbano. Após a instituição, em 2002, da Diretiva de Ruído Ambiental (DIRECTIVE 2002/49/EC) pela União Europeia, foram criados grupos de trabalho visando o mapeamento e a avaliação do ruído, que culminou na elaboração do "Guia de Boas Práticas para o Mapeamento Estratégico de Ruído e Produção de Dados associados à Exposição ao Ruído" (WG-AEN, 2007).

A partir dessas ações, de acordo com a já mencionada Diretiva, foram desenvolvidos planos mitigadores para cada Estado-Membro da EU, objetivando a prevenção e a redução do ruído ambiental, principalmente, em locais onde sabidamente os níveis de ruído pudessem trazer efeitos negativos à saúde humana. Em Portugal, por exemplo, essa determinação já foi extrapolada para todas as cidades, independentemente do número de habitantes, conforme o Decreto-Lei nº 146/2006, e, atualmente, todas as cidades de Portugal já possuem seus mapas de ruído e respectivos planos de ação.

No Brasil, ainda não há procedimento normalizado para o cálculo de níveis de ruído, portanto, eles são elaborados com base nas recomendações da União Européia. Ressalta-se porém, que embora não haja legislações que obriguem a elaboração de mapas de ruído e respectivos planos de ação para as cidades brasileiras, alguns órgãos de controle ambiental, intentando a proteção preventiva ou remediadora, tem imposto, principalmente, à iniciativa privada, a elaboração de mapas de ruído como condição para a obtenção da Licença de Implantação (LI) e ou obtenção/manutenção da Licença de Operação (LO), de suas unidades.

#### 3.1. Software de modelagem acústica

Atualmente estão disponíveis no mercado diversos *softwares* de modelagem acústica, tais como, CadnaA, Predictor-LimA, SoundPLAN e Mithra, por meio dos

quais é possível estudar o ruído de empreendimentos já estabelecidos, bem como simular o ambiente sonoro resultante de qualquer alteração, como a implantação de qualquer novo tipo de infraestrutura como, por exemplo, novas urbanizações ou intervenções no tráfego de veículos (rodoviários, aeroviários e ferroviários). Nestes *softwares* estão implementados procedimentos de predição de ruído baseados em diversas normas internacionais. Entre as específicas para o Ruído Rodoviário, podemos citar como mais recorrentes, as normas: NMPB-Routes-96 (França, recomendada pela Comissão Europeia); RLS-90, VBUS (Alemanha); DIN 18005 (Alemanha); RVS 04.02.11 (Áustria); STL 86 (Suíça); SonRoad (Suíça); CRTN (Inglaterra); TemaNord 1996:525 (Escandinávia); Czech Method (República Tcheca) e ISO 1996 que se aplica a todas as fontes sonoras.

Após comparação e considerações sobre os *softwares* e normas de mapeamento acústico, constatou-se que o programa CadnaA e a norma NMPB-Routes-96 possuem como principal vantagem o fato de terem sido validados em mais casos que os demais avaliados. Eles são amplamente utilizados em países da UE e recentemente foram utilizados em importantes trabalhos no Brasil, como por exemplo, a carta de ruídos da cidade de Fortaleza-CE, elaborada pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Controle Urbano (SEMAM, 2010) lançado em 2012 e o mapeamento acústico do Bairro Imbuí, Salvador-BA, desenvolvido por Souza (2012).

O programa Cadna-A versão 3.7., é um *software* para cálculo, apresentação e predição da exposição de ruído, ele foi desenvolvido em C/C++ e apresenta interface com outras aplicações Windows, tais como processadores de texto e planilhas de cálculo, com programas SIG e de desenho profissional como AutoCAD. Para gerar mapas de ruído o Cadna-A utiliza procedimentos de cálculo norteados por diversas normas, entre as quais, a norma NMPB-Routes-96, que é recomendada pela Diretiva do Parlamento e do Conselho Europeu, para calcular o nível sonoro gerado pelo ruído de tráfego de veículos automotores, em infraestruturas viárias de trânsito rápido, arterial, coletor ou local. Por essas razões, os referidos *software* e norma, foram selecionados para a execução deste trabalho.

### **3.2. Procedimento de cálculo**

Os procedimentos de cálculo da Norma NMPB Routes-96, foram sintetizados no fluxograma da Figura 3, no qual, as operações principais são destacadas em amarelo, as

secundárias em azul e as informações e dados requeridos para os cálculos, em verde. Na sequência, a metodologia apresentada neste fluxograma é detalhada através de equações até o resultado final: o Descritor de Ruído, que é o objetivo do Mapeamento Acústico.

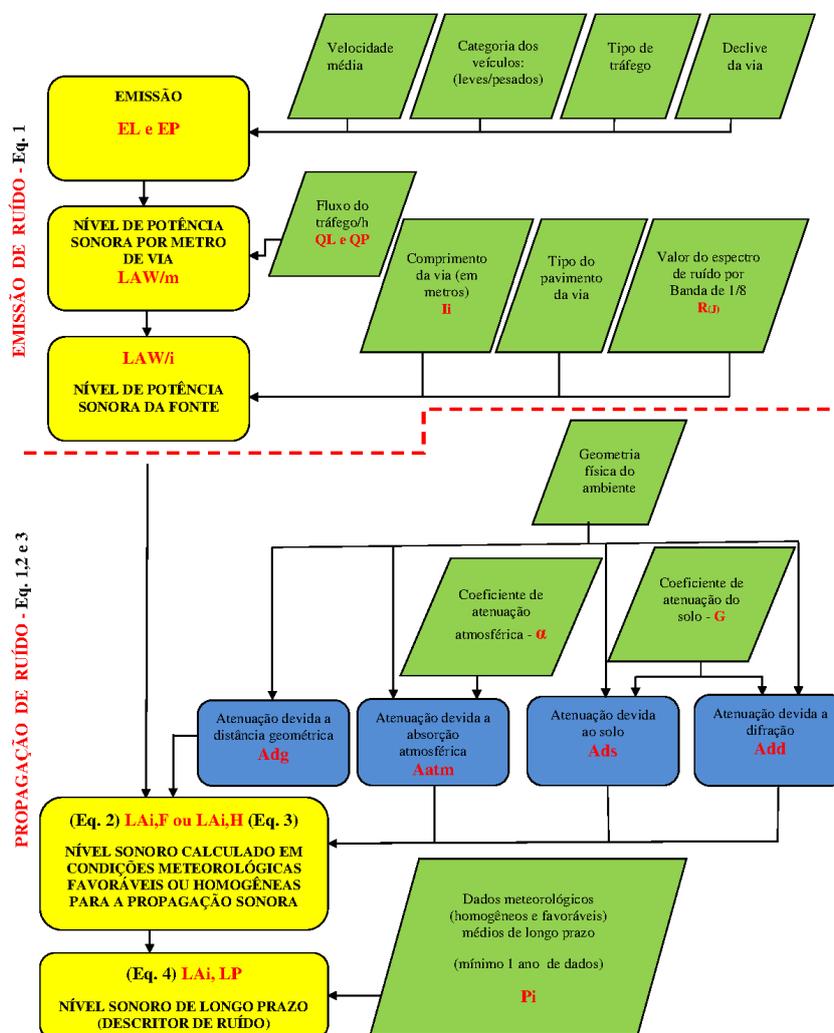


Figura 3 - Fluxograma do método de cálculo descrito pela Norma NMPB Routes (1996).  
Fonte: AR-INTERIM-CM, 2003. Adaptado pelo autor, 2015.

O método exposto no fluxograma é composto por 4 equações, os significados das letras, siglas e códigos expressos nelas, são apresentados a seguir. O **L** é a abreviação de Level, palavra inglesa cuja tradução é Nível; o **A** é a curva de ponderação na frequência em que o ouvido humano percebe melhor o som; o **w** (abreviação de watt) é o símbolo da unidade de potência (nesse caso, sonora); o **i** é o ponto ou local onde o nível de ruído é calculado; o **E** é o símbolo de emissão sonora; o **EL** é o símbolo para emissão sonora de veículos leves; o **Q** é o símbolo de fluxo de veículos; o **QL** é símbolo do fluxo de veículos leves; o **EP** é o símbolo para emissão sonora de veículos pesados;

o **QP** é o símbolo do fluxo de veículos pesados; o **Ii** é o símbolo do comprimento da via em metros; o **R(j)** é o símbolo do valor do espectro de ruído por Banda de 1/8); o **F** é o símbolo das condições meteorológicas favoráveis de propagação (velocidade do vento, temperatura e umidade relativa, medidas durante o mínimo de 1 ano em toda a área calculada); o **H** é o símbolo das condições meteorológicas homogêneas de propagação (ausência de vento, temperatura e umidade relativa iguais em toda a área calculada).

Logo, através da equação 1 expressa a seguir, obtém-se a emissão de ruído.

$$\text{Eq. 1: } LA_{wi} = [ (E_L + 10\log QL) + (E_P + 10\log QP) ] + 20 + 10\log(I_i) + R(j)$$

Onde,

$LA_{wi}$  = Nível de potência sonora da fonte em um dado ponto/local;

$E_L$  = Níveis de emissão sonora de veículos leves;

$QL$  = Fluxo de veículos leves por hora;

$E_P$  = Níveis de emissão sonora de veículos pesados;

$QP$  = Fluxo de veículos pesados por hora;

$I_i$  = Comprimento da via em metros;

$R(j)$  = Valor do espectro de ruído

Pela equação 2, que é função da equação 1, obtém-se o descritor sonoro calculado em condições meteorológicas favoráveis de propagação.

$$\text{Eq. 2: } LA_{i,F} = LA_{w} - A_{dg} - A_{atm} - A_{ds} - A_{dd}$$

Onde,

$LA_{i,F}$  = Nível sonoro calculado em condições meteorológicas favoráveis de propagação;

$LA_w$  = Nível de potência sonora global;

$A_{dg}$  = Atenuação devida à distância geométrica (propagação esférica);

$A_{atm}$  = Atenuação devida à absorção atmosférica (segundo ISO 9613);

$A_{ds}$  = Atenuação devida à absorção do solo;

$A_{dd}$  = Atenuação devida a difração.

Pela equação 3, que é função da equação 1, obtém-se o descritor sonoro calculado em condições meteorológicas homogêneas de propagação.

$$\text{Eq. 3: } LA_{i,H} = LA_{w} - A_{div} - A_{atm} - A_{grd,H} - A_{diff,H}$$

Onde,

$LA_{i,H}$  = nível sonoro calculado em condições meteorológicas homogêneas de propagação;

$LA_w$  = Nível de potência sonora global;

$A_{dg}$  = Atenuação devida à distância geométrica (propagação esférica);

$A_{atm}$  = Atenuação devida à absorção atmosférica (segundo ISO 9613);

$A_{ds}$  = Atenuação devida à absorção do solo;

$A_{dd}$  = Atenuação devida a difração.

Pela equação 4, que é função da equação 2 e 3, calcula-se o descritor sonoro sob condições meteorológicas médias (favoráveis e homogêneas) de longo prazo (mínimo 1 ano).

$$\text{Eq. 4: } L_{Ai,LP} = 10 \log [ P_i \times 10^{(0,1L_{Ai,F})} + (1-P_i) \times 10^{(0,1L_{Ai,H})} ]$$

Onde,

$L_{Ai,LP}$  = Nível sonoro de longo prazo/termo (*Long term sound level*);

$P_i$  = Longo prazo de ocorrências de condições meteorológicas homogêneas e favoráveis à propagação sonora.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados na elaboração desta pesquisa foram: 1 sonômetro classe 1 para a realização das medições acústicas, 1 *software* de SIG para o tratamento da base cartográfica e elaboração do layout dos mapas e 1 *software* de mapeamento e predição acústica para a construção do modelo.

A metodologia deste trabalho foi sintetizada no fluxograma da Figura 4.

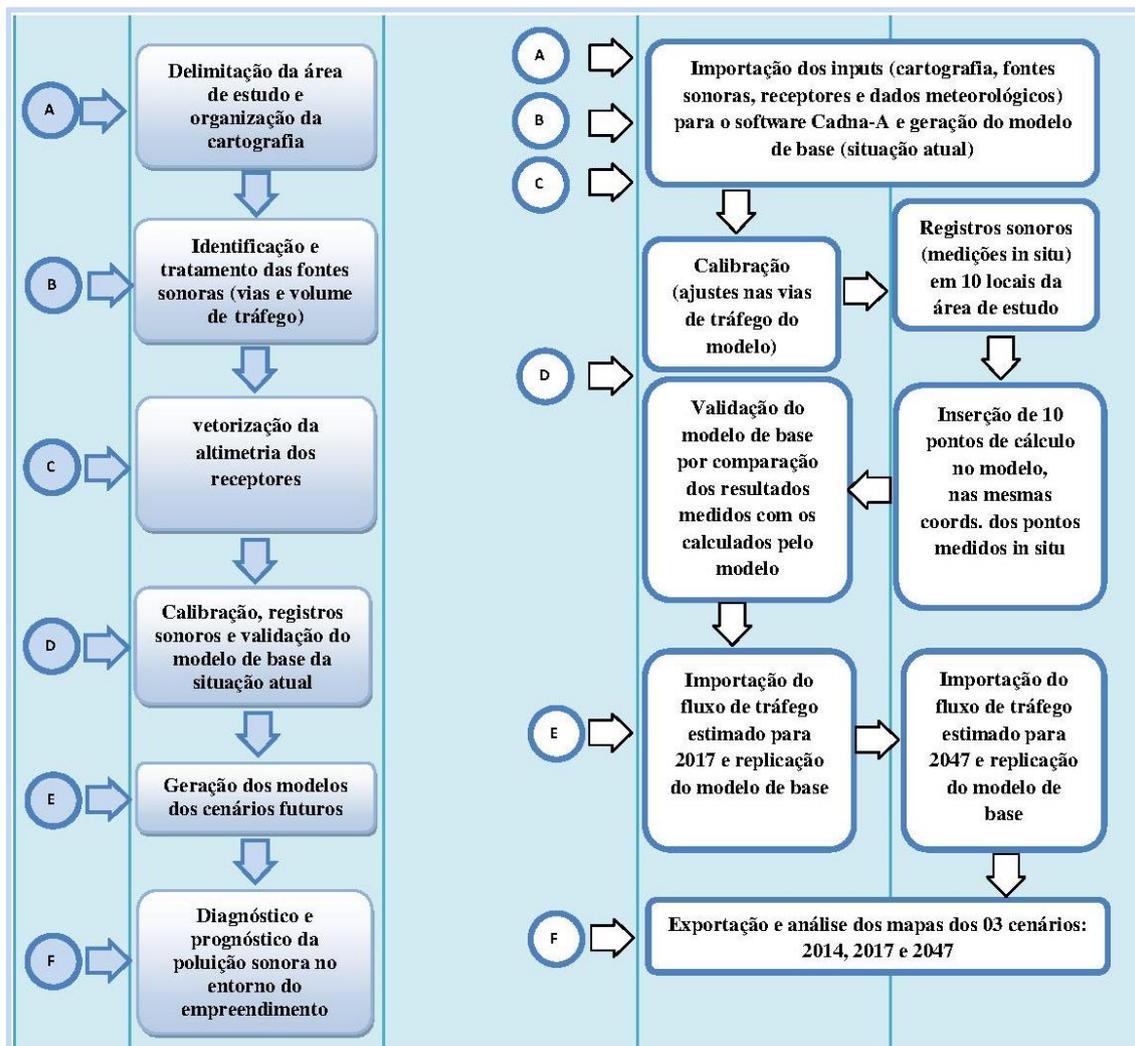
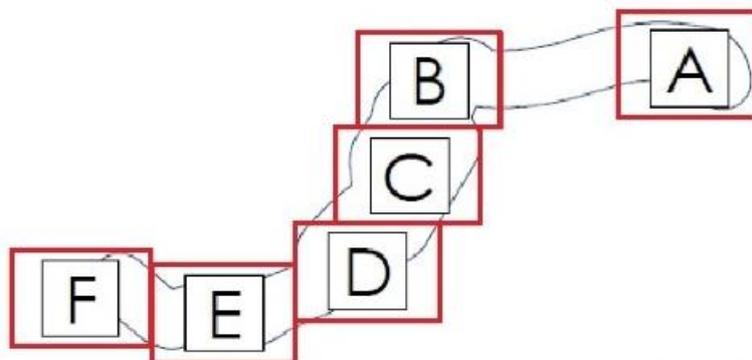


Figura 4 - Fluxograma dos procedimentos Metodológicos.

Este trabalho foi desenvolvido em 8 etapas. A primeira etapa consistiu na delimitação da área de estudo e na organização da base cartográfica. Embora segundo a NMPB Routes-96 os resultados da propagação do nível de ruído de uma via sejam relevantes a até 800 metros de distância da mesma, optou-se por extrapolar essa distância para delimitar uma área de estudo mais representativa. Desse modo, determinou-se um *Buffer* de 1500 metros de extensão de cada lado da rodovia BA-001, eixo viário que atravessa toda a área de estudo. O recorte estudado compreende o trecho desta rodovia desde a Ponte do Funil (letra F da Figura 5) até as vias de acesso à futura Ponte em Salvador (letra A da Figura 6). Adotou-se a Base do Sistema Cartográfico da Região Metropolitana de Salvador (SICARMS) de 1992, (CONDER INFORMS, 2010), disponibilizada à escala 1:10.000, planimetria com equidistância de 5m e altimetria apenas para a cidade de Salvador. As folhas (porções da Base, conforme denominação

do SICARMS) relativas à área de estudo foram identificadas pelas letras A a F, conforme a Figura 6, sendo que a folha A corresponde a zona portuária de Salvador e as demais à Ilha de Itaparica.



**Figura 5 - Indicação da distribuição das cartas na área de estudo.**

Na segunda etapa, identificou-se por imagens de satélites e por pesquisa bibliográfica as vias de tráfego rodoviário da área de estudo e o volume de tráfego a elas relacionado, uma vez que estas ou os trechos das mesmas são reconhecidos como fontes lineares de ruído ao invés dos veículos serem considerados individualmente como fontes sonoras pontuais. Portanto, considerou-se as principais vias de tráfego situadas na proximidade dos futuros acessos à Ponte, que atendessem aos seguintes critérios: estarem situadas na área de influência da futura ponte; disponibilidade de dados de tráfego e disponibilidade de volumes de tráfego significativos. Assim, foram selecionadas as seguintes vias para incluir no modelo acústico: Rodovia BA-001; Avenida da França; Avenida Jequitaia; Túnel Américo Simas e acessos; Via Expressa da Baía de Todos os Santos (VEBTS).

As emissões do tráfego rodoviário para a situação atual (2014) foram obtidas com base nas contagens reais de veículos pesados mais motocicletas e de leves, realizadas em um estudo<sup>2</sup> no ano de 2010, nas vias urbanas de Salvador e nas rodovias que compõem o SVO. Desse estudo, foi possível retirar apenas parte do volume de tráfego dos locais de interesse desta pesquisa. Os dados referentes à VEBTS e seus

<sup>2</sup> PMI OAS-Odebrechet-Camargo Corrêa - Relatório Técnico do Estudo de Tráfego do Sistema Viário Oeste, Bahia, Outubro de 2010.

acessos foram extraídos do estudo de tráfego recentemente realizado para o projeto da ponte<sup>3</sup> (2014), pois no estudo de 2010, ela não foi alvo de avaliação.

Esclarece-se que os dados apresentados não se encontravam no formato adequado para serem inseridos no modelo acústico, sendo necessário definir uma metodologia de cálculo para compatibilizar os dados dos referidos estudos com as exigências do modelo, a qual é detalhada a seguir.

No estudo realizado em 2014, identificaram-se os postos de contagem de tráfego com interesse para a área de estudo, denominados RO-02 e RO-08 na Ilha de Itaparica e SV-01 a SV-04 na cidade de Salvador. Esses postos têm correspondência com as vias selecionadas. De cada um desses postos, extraiu-se o Volume Diário Médio Semanal (VDMS) medido, discriminado por veículos pesados mais motocicletas e leves. O VDMS é um volume médio para um dia inteiro (24 horas) e representativo de uma semana. No entanto, tendo em conta a normativa em vigor no Brasil (NBR 10.151) que define dois períodos de referência para a caracterização do ambiente sonoro (diurno, 07h00 – 22h00 e noturno, 22h00 – 07h00), foi preciso determinar como se distribuem os veículos pesados mais motos e os leves por esses dois períodos.

Para tal, consideraram-se dois gráficos (RO-08 para a Ilha de Itaparica e SV-01 para Salvador) com a indicação por hora do volume de tráfego durante 24h para ambos os tipos de veículos. De cada gráfico resultaram duas distribuições (pesados mais motos e leves), aplicadas aos respectivos VDMS das vias de interesse. As distribuições do gráfico do posto RO-08 foram aplicadas à BA-001 e as do posto SV-01 foram aplicadas às vias de Salvador, incluindo a VEBTS e respectivos acessos. Assumiram-se aqui dois comportamentos em matéria de tráfego: o que ocorre na Ilha de Itaparica e o que ocorre em Salvador.

Do estudo de 2014, retiraram-se os volumes de tráfego da Hora de Pico da Manhã (HPM) de vários movimentos (de e para) a VEBTS. A soma dos volumes desses movimentos permitiu obter um valor de HPM para a totalidade da VEBTS e esse valor foi depois convertido para um valor de Tráfego Médio Diário (TMD), semelhante ao VDMS, com base na expressão:  $TMD = 10 \times HPM$ , extraída do “Guide du Bruit et des Transports Terrestres – Prévision des Niveaux Sonores” (CETUR, 1980), método também utilizado por Souza (2012).

---

<sup>3</sup> ENESCIL/COWI/Maia Melo Engenharia - Volume 1 - Relatório Técnico do Caderno de Estudo de Tráfego, Maio de 2014.

Posteriormente, aplicou-se a distribuição referida para obter todos os volumes de tráfego, por período, para cada tipo de veículo e para todas as vias. Foi ainda necessário calcular o Tráfego Médio Horário (TMH) que engloba a totalidade dos veículos em circulação em cada via e a percentagem de veículos comerciais, para cada período de referência e via. Assim, para o cálculo de TMH dividiu-se o VDMS (ou TMD), para o período diurno e para o período noturno. A percentagem de pesados mais motocicletas para cada período foi calculada dividindo o respectivo VDMS para pesados mais motocicletas pelo VDMS total. Onde:  $TMH = VDMS \text{ (ou TMD)}/\text{período diurno ou noturno}$  e  $\% \text{ de pesados mais motocicletas} = VDMS \text{ leves}/ VDMS \text{ total}$ . O tráfego incidido em cada um dos acessos considerados (VEBTS e Túnel Américo Simas) foi obtido dividindo-se de igual forma os volumes dos respectivos trechos principais.

Após o referido tratamento, os dados de volume de tráfego foram organizados em tabelas e posteriormente inseridos no *software* de modelagem acústica para simular a situação de base e dos cenários futuros. Entre outros fatores, a caracterização das vias de tráfego também foi utilizada como critério na determinação dos locais das medições acústicas, delimitação do mapeamento acústico e em todas as etapas deste trabalho, pois os maiores níveis sonoros são registrados em proximidade de vias com maiores fluxos de veículos, de acordo com a literatura sobre acústica urbana.

Apresenta-se nas Tabelas 1, 2 e 3, os dados dos fluxos de tráfego obtidos nos estudos de 2010 e 2014.

Via	ID	Tráfego Médio Horário (TMH)		% Pesados + Motos		Limite velocidade (km/h)	
		Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Pesados + motos	Leves
BA-001 - A	F001	73	14	5,9	3	40	40
BA-001 - B	F002	345	64	14	7,2	40	40
Av. França	F003	2910	569	14,4	18,1	50	50
Túnel Américo Simas	F004	3369	659	13,6	17	50	50
Av. Jequitaia	F005	1121	219	17	21,2	50	50
VEBTS	F006	2563	501	14,4	18,1	80	80
Acesso VEBTS - A	F007	1282	251	14,4	18,1	50	50
Acesso VEBTS - B	F008	1282	251	14,4	18,1	50	50
Acesso VEBTS - C	F009	641	125	14,4	18,1	50	50
Acesso VEBTS - D	F010	641	125	14,4	18,1	50	50
Acesso VEBTS - E	F011	641	125	14,4	18,1	50	50
Acesso VEBTS - F	F012	641	125	14,4	18,1	50	50
Túnel Américo Simas - A	F013	1684	329	13,6	17	50	50
Túnel Américo Simas - B	F014	1684	329	13,6	17	50	50

**Tabela 1- Situação Inicial (2014): Volumes de tráfego médio horário e % de pesados mais motocicletas para cada período de referência.**

**Fonte: Organizado pelo autor com base em OAS; ODEBRET; CAMARGO CORRÊA (2010) e em ENESCIL; COWI; MAIA MELO ENGENHARIA (2014).**

Via	ID	Tráfego Médio Horário (TMH)		% Pesados + Motos		Limite velocidade (km/h)	
		Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Pesados + motos	Leves
BA-001- A	F001	238	102	15	15	40	40
BA-001- B	F002	1620	408	15	15	40	40
Av. França	F003	3689	684	14	21	50	50
Túnel Américo Simas	F004	3389	625	13,3	19,3	50	50
Av. Jequitaia	F005	1308	243	14	21	50	50
VEBTS	F006	1905	353	14	21	80	80
Acesso VEBTS - A	F007	953	177	14	21	50	50
Acesso VEBTS - B	F008	953	177	14	21	50	50
Acesso VEBTS - C	F009	476	88	14	21	50	50
Acesso VEBTS - D	F010	476	88	14	21	50	50
Acesso VEBTS - E	F011	476	88	14	21	50	50
Acesso VEBTS - F	F012	476	88	14	21	50	50
Túnel Américo Simas - A	F013	1695	312	13,3	19,3	50	50
Túnel Américo Simas - B	F014	1695	312	13,3	19,3	50	50
BA-001- C	F015	810	204	15	15	50	50
Rotatória BA-001 - C	F015A	1620	408	15	15	40	40
BA-001 - D	F016	774	195	15	15	50	50
Rotatória BA-001 - D	F016A	1549	390	15	15	40	40
BA-001 - E	F017	569	143	15	15	50	50
BA-001 - F	F018	734	185	15	15	50	50
Ponte do Funil	F019	352	88	15	15	40	40
Nó Variante BA-001 - Ramo A	F020	161	41	15	15	40	40
Nó Variante BA-001 - Ramo B	F021	161	41	15	15	40	40
Nó Variante BA-001 - Ramo C	F022	161	41	15	15	40	40
Nó Variante BA-001 - Ramo D	F023	161	41	15	15	40	40
BA-001 - G	F024	434	109	15	15	50	50
Pedágio Travessia Salvador Itaparica	F025	2448	492	14,6	18,5	40	40
Rotatória BA-001 - A	F026	465	127	15	15	40	40
Travessia Salvador Itaparica - A1	F027A	1625	301	14	21	80	80
Travessia Salvador Itaparica - A2	F027B	824	191	15	16	80	80
Travessia Salvador Itaparica - B	F028	2448	492	14,6	18,5	80	80
Travessia Salvador Itaparica - C1	F029A	1625	301	14	21	80	80
Travessia Salvador Itaparica - C2	F029B	824	191	15	16	80	80
Variante BA-001 - A	F030	812	151	14,4	20,7	80	80
Variante BA-001 - B	F031	198	50	15	15	80	80
Variante BA-001 - C	F032	322	81	15	15	80	80
Pedágio BA-001 - Ponte do Funil	F033	703	177	15	15	40	40

**Tabela 2 - Situação Futura no início da operação (2017): Volumes de tráfego médio horário e % de pesados mais motocicletas para cada período de referência.**

**Fonte: Organizado pelo autor com base em ODEBRECHET; CAMARGO CORRÊA (2010) e em ENESCIL; COWI; MAIA MELO ENGENHARIA (2014).**

Via	ID	Tráfego Médio Horário (TMH)		% Pesados + Motos		Limite velocidade (km/h)	
		Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Pesados + motos	Leves
BA-001 - A	F001	456	196	15	15	40	40
BA-001 - B	F002	4051	1019	15	15	40	40
Av. França	F003	6326	1173	14	21	50	50
Túnel Américo Simas	F004	3389	625	13,3	19,3	50	50
Av. Jequitaia	F005	2620	486	14	21	50	50
VEBTS	F006	4175	774	14	21	80	80
Acesso VEBTS - A	F007	2088	387	14	21	50	50
Acesso VEBTS - B	F008	2088	387	14	21	50	50
Acesso VEBTS - C	F009	1044	194	14	21	50	50
Acesso VEBTS - D	F010	1044	194	14	21	50	50
Acesso VEBTS - E	F011	1044	194	14	21	50	50
Acesso VEBTS - F	F012	1044	194	14	21	50	50
Túnel Américo Simas - A	F013	1695	312	13,3	19,3	50	50
Túnel Américo Simas - B	F014	1695	312	13,3	19,3	50	50
BA-001 - C	F015	2026	509	15	15	50	50
Rotatória BA-001 - C	F015A	4051	1019	15	15	40	40
BA-001 - D	F016	2035	512	15	15	50	50
Rotatória BA-001 - D	F016A	4071	1024	15	15	40	40
BA-001 - E	F017	1140	287	15	15	50	50
BA-001 - F	F018	2750	692	15	15	50	50
Ponte do Funil	F019	1798	452	15	15	40	40
Nó Variante BA-001 - Ramo A	F020	916	230	15	15	40	40
Nó Variante BA-001 - Ramo B	F021	916	230	15	15	40	40
Nó Variante BA-001 - Ramo C	F022	916	230	15	15	40	40
Nó Variante BA-001 - Ramo D	F023	916	230	15	15	40	40
BA-001 - G	F024	2156	542	15	15	50	50
Pedágio Travessia Salvador Itaparica	F025	15214	3162	14,6	18,5	40	40
Rotatória BA-001 - A	F026	465	127	15	15	40	40
Travessia Salvador Itaparica - A1	F027A	8014	1486	14	21	80	80
Travessia Salvador Itaparica - A2	F027B	7200	1676	15	16	80	80
Travessia Salvador Itaparica - B	F028	15214	3162	14,6	18,5	80	80
Travessia Salvador Itaparica - C1	F029A	8014	1486	14	21	80	80
Travessia Salvador Itaparica - C2	F029B	7200	1676	15	16	80	80
Variante BA-001 - A	F030	4007	743	14,4	20,7	80	80
Variante BA-001 - B	F031	1887	475	15	15	80	80
Variante BA-001 - C	F032	1833	461	15	15	80	80
Pedágio BA-001 - Ponte do Funil	F033	3597	905	15	15	40	40

**Tabela 3 - Situação Futura no horizonte de projeto (2047): Volumes de tráfego médio horário e % de pesados mais motocicletas para cada período de referência.**

**Fonte: Organizado pelo autor com base em ODEBRECHET; CAMARGO CORRÊA (2010) e em ENESCIL; COWI; MAIA MELO ENGENHARIA (2014).**

Na terceira etapa, foram identificadas as altimetrias das edificações localizadas dentro da área de estudo, no entanto, obteve-se apenas as de Salvador, as da Ilha de Itaparica, ainda que parcial (somente as lindeiras à BA001), tiveram que ser desenhadas por vetorização de imagens orbitais disponibilizadas pelo programa Google Earth, a qual, foi atribuída uma altura média de 6m, equivalente a dois pisos. Essa vetorização, adequada do ponto de vista acústico, apesar de implicar simplificações e aproximações, revelou-se a única alternativa para a construção do modelo, uma vez que não foi possível obter essa parcela da cartografia digital.

Para confirmar, complementar e finalizar a base planialtimétrica, realizou-se visitas ao local para conferir as características do porte da cobertura vegetal, das pavimentações, do gabarito e dos revestimentos das fachadas das edificações.

Na quarta etapa os *inputs* cartografia, receptores (edificações), fontes sonoras (vias e volume de tráfego) e dados meteorológicos homogêneos (velocidade e direção do vento, umidade e temperatura médias extraídas da Normal Climatológica de Salvador), foram importados para o Arcgis e manipulados para adequar-se aos objetivos da construção do modelo virtual no *software* CadnaA, os quais, após iterações geraram o mapa acústico de base para o ano de 2014, denominado Mapa da Situação Atual.

Na quinta etapa, foram selecionados 10 receptores (habitações) lindeiros às principais vias de tráfego e próximo a esses foram realizadas medições acústicas de 30 minutos em cada um dos pontos selecionados, nos períodos diurno e noturno. Essas medições foram realizadas nos dias 16, 17 e 20 de Janeiro de 2014 e os seus resultados são apresentados Na Tabela 4. Esses valores serviram de referência para a validação do modelo de base.

PONTOS MEDIDOS	DISTÂNCIA DO PONTO À VIA MAIS PRÓXIMA	DIURNO		NOTURNO	
		L <sub>Aeq</sub>	Data	L <sub>Aeq</sub>	Data
P-01	45 m	<b>64</b>	20/1/2014	<b>61</b>	20/1/2014
P-02	1m	<b>44</b>	17/1/2014	<b>42</b>	16/1/2014
P-03	4m	<b>56</b>	17/1/2014	<b>64</b>	16/1/2014
P-04	2m	<b>68</b>	17/1/2014	<b>51</b>	17/1/2014
P-05	18m	<b>45</b>	17/1/2014	<b>42</b>	16/1/2014
P-06	2m	<b>48</b>	17/1/2014	<b>39</b>	17/1/2014
P-07	45m	<b>58</b>	20/1/2014	<b>67</b>	20/1/2014
P-08	3m	<b>64</b>	17/1/2014	<b>56</b>	17/1/2014
P-09	5m	<b>58</b>	17/1/2014	<b>49</b>	17/1/2014
P-10	30m	<b>61</b>	20/1/2014	<b>59</b>	20/1/2014

**Tabela 4 - Valores obtidos nas medições *in situ*.**



**Figura 6 - Exemplo do posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P4a.**



**Figura 7 - Exemplo do posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P4b.**

Na sexta etapa, foram inseridos no modelo 10 pontos virtuais de medição, nas mesmas coordenadas dos pontos medidos *in situ*, onde o nível de ruído foi calculado para os períodos diurno e noturno. Seus registros foram utilizados para validar o modelo por comparação entre as medições virtuais e reais. O critério de validação utilizado, seguindo as premissas da literatura sobre a acústica, foi o exposto na seguinte expressão:  $| \text{LAEq calculado} - \text{LAEq medido} | \leq 3 \text{ dB(A)}$ , onde: a diferença entre os Níveis Sonoros Equivalentes (Laeq) calculados e medidos deve ser menor ou igual a 3 dB(A).

Na sétima etapa, importou-se para o modelo de base (situação atual) os volumes de tráfego estimados para os anos 2017 e 2047 e após as iterações do modelo foram gerados os mapas acústicos para os respectivos cenários.

Na oitava etapa, comparou-se o Laeq obtido nos 10 pontos de referência do cenário da situação atual com os dos cenários futuros para se obter o prognóstico e analisar a possível ampliação dos níveis de ruído ao longo da vida do projeto. Finalmente, os mapas dos três cenários foram exportados para o Arcgis para o afinamento do layout de apresentação.

Os Mapas de Ruído foram elaborados à escala 1:10.000 e suas isolinhas ou faixas isofônicas foram ilustradas por uma paleta de cores (Figura 8) discriminando a propagação sonora de 5 em 5 dB(A), para o período diurno e para o período noturno. O sistema de referência geográfica utilizado foi, o Datum: WGS84, Sistema de Projeção: UTM Zona 24S.

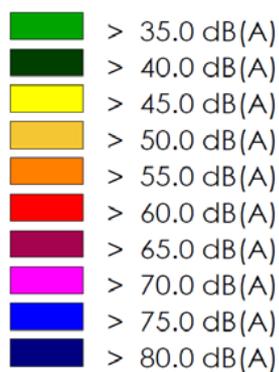


Figura 8 - Paleta de cores utilizada nos mapas de ruído.  
Fonte: Cadna-A, 2015.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Diagnóstico

A Figura 9 apresenta através de manchas/faixas isofônicas, a propagação dos níveis sonoros em toda a área de estudo com destaque para os níveis de ruído calculados em cada um dos receptores virtuais.

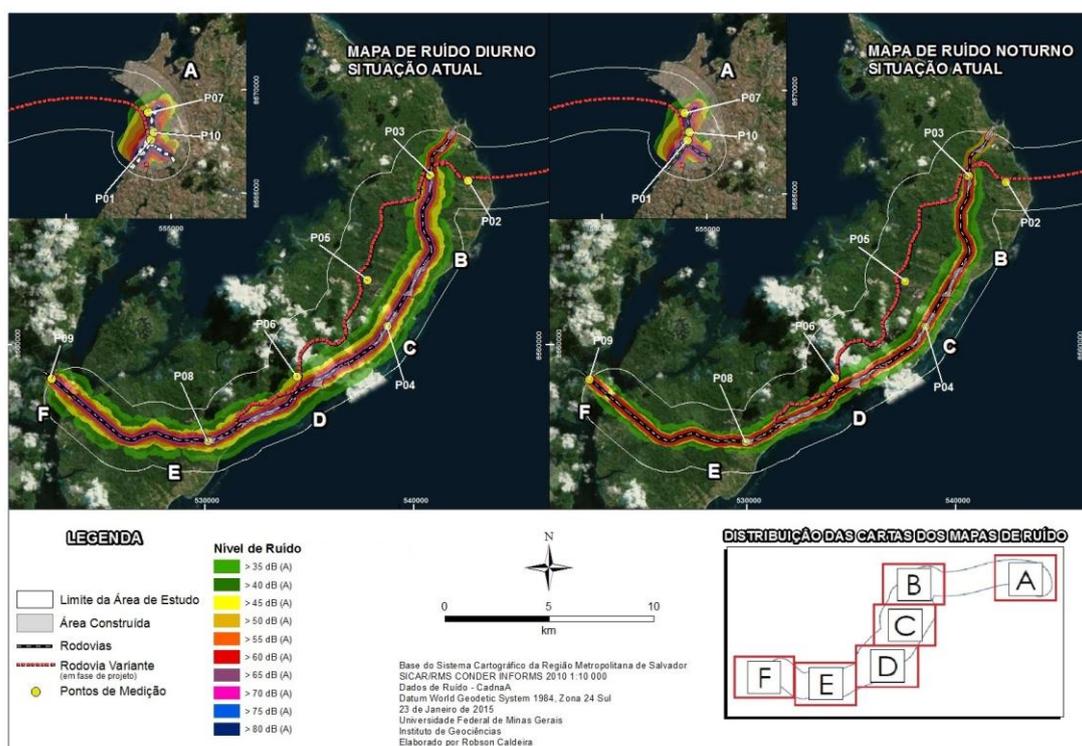


Figura 9 - Mapa acústico diurno e noturno do cenário 2014.

A Tabela 5 apresenta os valores simulados pelo modelo para os 10 pontos virtuais, nos períodos diurno e noturno.

Pontos simulados	L <sub>Aeq</sub> calculado [dB(A)]	
	Diurno	Noturno
P01	65	<b>59</b>
P02	25	19
P03	56	<b>57</b>
P04	<b>64</b>	56
P05	27	20
P06	40	33
P07	47	43
P08	<b>63</b>	<b>54</b>
P09	59	50
P10	64	<b>58</b>

**Tabela 5 - Valores dos níveis sonoros simulados pelo modelo.**

## 5.2. Validação do modelo

A Tabela 6 apresenta a comparação dos valores calculados nos 10 pontos pelo modelo com os obtidos nas medições.

Ponto	L <sub>Aeq</sub> calculado [dB(A)]		L <sub>Aeq</sub> medido [dB(A)]		L <sub>Aeq</sub> medido - L <sub>Aeq</sub> calculado [dB(A)]		Verificação ± 3 dB(A)	
	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno
P01	65	59	<b>64</b>	<b>61</b>	-1	2	OK	OK
P02	25	19	<b>44</b>	<b>42</b>	19	23	NA	NA
P03-Dia	56	57	<b>56</b>	<b>64</b>	0	7	OK	(1)
P04	64	56	<b>68</b>	<b>51</b>	4	-5	(2)	(2)
P05	27	20	<b>45</b>	<b>42</b>	18	22	NA	NA
P06	40	33	<b>48</b>	<b>39</b>	8	6	NA	NA
P07	47	43	<b>58</b>	<b>67</b>	11	24	NA	NA
P08	63	54	<b>64</b>	<b>56</b>	1	2	OK	OK
P09-A	59	50	<b>58</b>	<b>49</b>	-1	-1	OK	OK
P10	64	58	<b>61</b>	<b>59</b>	-3	1	OK	OK

**Tabela 6 - Comparação dos valores calculados e medidos.**

Esclarece-se que os pontos assinalados “OK” são os que cumprem o critério de

validação. Os pontos assinalados “NA” não são aplicáveis para efeitos de validação por não se encontrarem próximo das vias de tráfego incluídas no modelo. O ponto assinalado (1), ponto P03-Noite, não foi validado, pois nele foi medido um valor 7 dB(A) superior ao calculado pelo modelo. De acordo com as observações constantes na caracterização das medições relativas a esse ponto, no período noturno ocorreu a passagem de veículos tocando música com volume elevado e buzinando, tendo ainda ocorrido latidos de cães, o que justifica o desvio registrado. Nos pontos assinalados (2), ponto P04, os valores medidos de dia superaram em 4 dB(A) os calculados pelo modelo, enquanto de noite os medidos se situaram 5 dB(A) abaixo do calculado, não tendo por isso, sido validado.

Em síntese, entre 12 valores de medição em pontos com localização adequada para comparação com o modelo, 9 (75%) cumprem o critério de validação, 2 (17%) não o cumprem, mas não apresentam desvios superiores a 5 dB(A) e 1 (8%) apresenta desvio superior a 5 dB(A), justificado pela ocorrência de ruídos que não eram objeto de estudo, mas que não foi possível ser excluído durante a medição. Em face dos resultados obtidos, considera-se o modelo acústico de base para a situação atual, validado.

### **5.3. Prognóstico dos cenários 2017 e 2047**

As Figuras 10 e 11, respectivamente, apresentam através de manchas/faixas isofônicas, a propagação sonora em toda a área de estudo com destaque para os níveis de ruído calculados em cada um dos receptores virtuais.

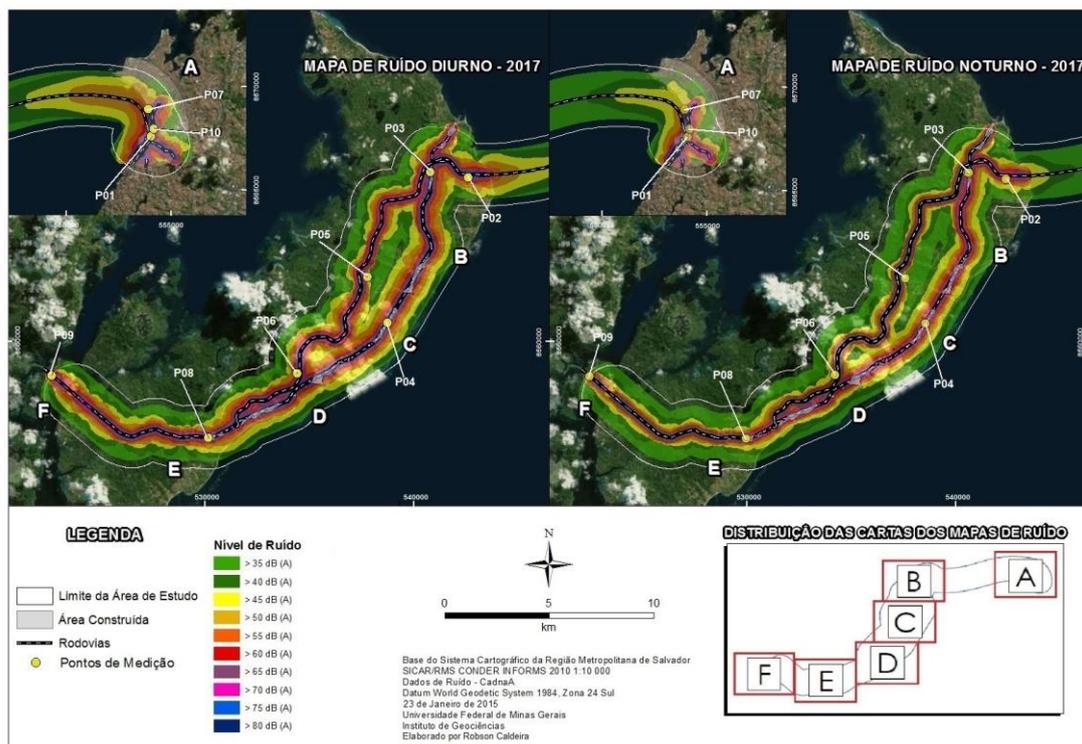


Figura 10 - Mapa acústico diurno e noturno do cenário 2017.

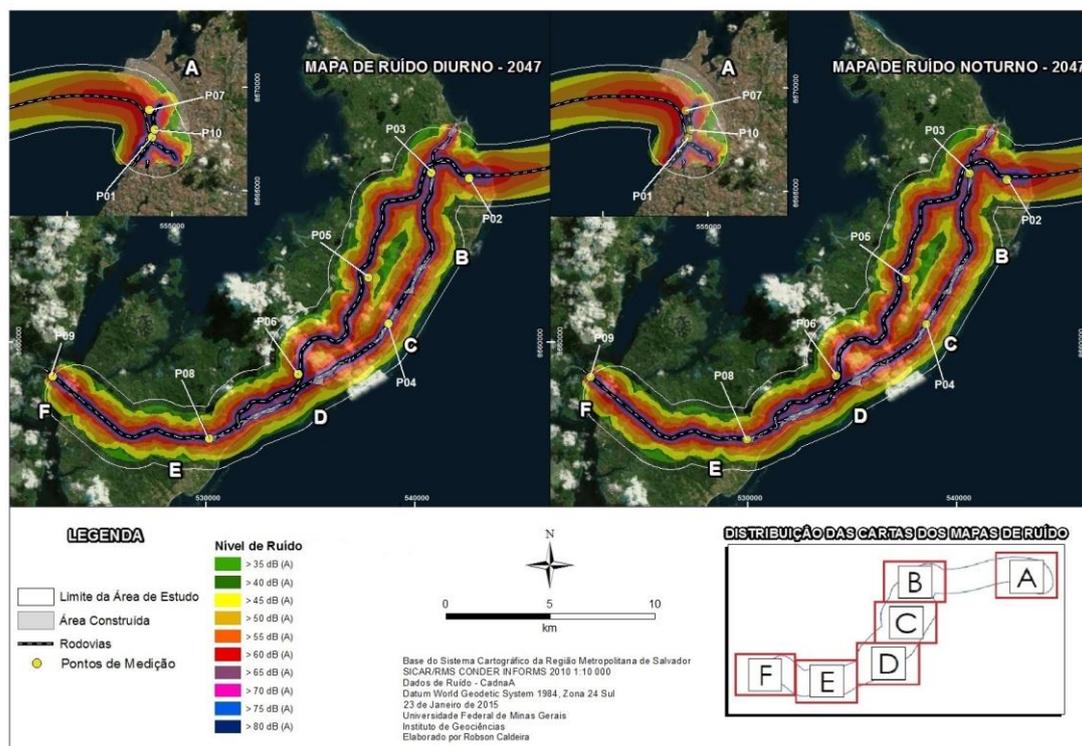


Figura 11 - Mapa acústico diurno e noturno do cenário 2047.

Segundo os mapas de ruído representados pelas Figuras 10 e 11, tanto o cenário de ruído da Ilha de Itaparica quanto o do entorno da cabeceira da ponte em Salvador será modificado ao longo da vida do projeto, o que é confirmado pela

comparação dos valores dos níveis de ruído obtidos para os anos 2017 e 2047 (Tabela 7).

Ponto de Medição	LAeq Medido em 2014 [dB(A)]		LAeq Previsto em 2017 [dB(A)]		Acréscimo ao Ruído de 2014 [dB(A)]		LAeq Previsto em 2047 [dB(A)]		Acréscimo ao Ruído de 2014 [dB(A)]	
	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno
P01	64	61	66	61	2	0	71	66	7	5
P02	44	42	61	55	17	13	68	63	24	21
P03	56	64	66	61	10	-3	68	63	12	-1
P04	68	51	75	70	7	19	79	74	11	23
P05	45	42	42	38	-3	-4	49	45	4	3
P06	48	39	54	49	6	10	61	56	13	17
P07	58	67	54	50	-4	-17	62	57	4	-10
P08	64	56	69	64	5	8	76	71	12	15
P09	58	49	67	61	9	12	74	68	16	19
P10	61	59	66	60	5	1	69	63	8	4

**Tabela 7 - Comparação dos níveis de ruído obtidos em 2014 com os previstos para 2017 e para 2047.**

Com base na análise dos resultados apresentados na Tabela 7, pode-se inferir que em relação ao cenário acústico de 2014, haverá um acréscimo do nível de ruído nos cenários previstos para 2017 e 2047 em todos os pontos modelados, exceto, nos pontos P03, P05 e P7, nos quais, houve os desvios justificados no item 5.2.

Ao longo da vida do projeto as previsões apontam para um aumento contínuo do volume de tráfego, o que se reflete no mapa de ruído preditivo do ano 2047, em que os níveis de ruído referidos para o ano de inauguração da ponte se amplificam de forma notória em todos os receptores, ao ponto das isolinhas de ruído das duas rodovias (a BA001 e a prevista) se sobreporem em grande parte da extensão da ilha. Do lado de Salvador, o cenário se repete, apesar de se tratar de uma área densamente urbanizada e que, já atualmente, se caracteriza por elevados volumes de tráfego.

## 6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho demonstraram que o mapeamento e as simulações realizadas com o *software* Cadna-A e com a norma NMPB-96 apresentaram desvios considerados dentro dos limites aceitáveis, embora em alguns pontos tenha-se obtido valores baixos de correlação. No geral, os resultados indicaram que a modelagem acústica é uma ferramenta propícia para o estudo em questão, mas que, para representar a realidade com maior precisão requer dados de entrada mais acurados, como por exemplo, contagens de fluxo de veículos e volumetria das edificações mais representativas.

Para que essa análise seja melhorada recomenda-se que os estudos de engenharia de tráfego proporcionem registros de dados estatísticos quantitativos (contagens de veículos diárias por um período mínimo de um ano em variados trechos de vias) e qualitativos (discriminação das categorias dos veículos) para determinar o fluxo real dos mesmos, e assim, permitir que o mapeamento acústico identifique com mais precisão a contribuição sonora do tráfego rodoviário. Faz-se necessário também que os agentes públicos elaborem e mantenham uma base cartográfica georeferenciada ampla, atualizada e compatível com o ambiente SIG para favorecer a realização de estudos como o aqui apresentado, com maior exatidão.

Outras possibilidades que devem ser avaliadas são a elaboração do mapeamento e a simulação acústica desta área de estudo com outros *softwares* e normas e a criação de legislação no âmbito local e nacional que contemple o impacto do ruído de transportes nas cidades, considerando-o tanto no planejamento urbano como nas construções, conforme o exemplo europeu, visando à mitigação da poluição sonora para uma melhor qualidade de vida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAHIA. **Uma ponte para o desenvolvimento: Salvador- Ilha de Itaparica.**

Disponível em: < <http://www.pontesalvadorilhadeitaparica.ba.gov.br/>>. Acesso em: 01 ago. 2014.

CENTRE D'ETUDES DES TRANSPORTS URBAINS (CETUR); SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES (SETRA). **Guide du Bruit des Transports Terrestres.** França: CETUR, 1980.

CONDER INFORMS – SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS URBANAS DO ESTADO DA BAHIA. **Mapas digitais.** Disponível em: <[www.informs.conder.ba.gov.br](http://www.informs.conder.ba.gov.br)>. Acesso em: <01 nov. 2014>.

ENESCIL; COWI; Maia Melo Engenharia. **Relatório Técnico do Caderno de Estudo de Tráfego**, v. 1, maio 2014.

EUROPEAN COMMISSION WORKING GROUP - ASSESSMENT OF EXPOSURE TO NOISE (WG-AEN). **Position Paper: Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure.** Versão 2. 13 ago. 2007.

OAS; ODEBRECHET; CAMARGO CORRÊA. **PMI - Relatório Técnico do Estudo de Tráfego do Sistema Viário Oeste**, Bahia, Out. 2010.

PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. **Directiva nº. 2002/49/CE**, de 25 de Junho de 2002, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias**. 18 jul. 2002, p. L189/12-25. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:189:0012:0025:PT:PDF>>. Acesso em: 02 abr. 2014.

**POLÍTICA de ruído ambiental da União Europeia.** 2014. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/environment/noise/home.htm>>. Acesso em: 20 maio 2014.

PORTUGAL. MINISTÉRIO DO AMBIENTE, DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Decreto-Lei n. 146/2006 de 31 de Julho. **Diário da República**, 1.a série, n. 146, 31 jul. 2006. Disponível em: <<https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2006/07/14600/54335441.PDF>>. Acesso em: 20 maio 2014.

SOUZA, Danilo Fortuna Mendes de. **Mapeamento acústico do ruído de tráfego rodoviário do bairro Imbuí, Salvador-BA.** 2012. 370f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal da Bahia, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Salvador.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E CONTROLE URBANO (SEMAM). **Carta Acústica de Fortaleza.** Disponível em: < <http://www.fortaleza.ce.gov.br/semam/> >. Acesso em: 20 dez. 2014.

ADAPTATION AND REVISION OF INTERIM COMPUTATION METHODS (AR-INTERIM-CM). Equipe: Wölfel Meßsysteme. Software GmbH & Co (main contractor); AIB- Vinçotte EcoSafer; AKRON n.v.-s.a.; LABEIN Technological Centre S.L.; Honorar-Professor Dipl.-Ing. Dr. techn. Judith LANG; LÄRMKONTOR GmbH; Proscen Environmental Ltd. **Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping**. Final Report - Part A. 25 mar. 2003.

UNIÃO EUROPEIA. **Livro Verde "Future Noise Policy"**,1996. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:51996DC0540&from=EN>>. Acesso em: <12 fev. 2014>.