



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL URBANA

Valdizio Soares dos Santos

**AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA PROVOCADA PELO TRÁFEGO
EM UM PARQUE URBANO UTILIZANDO FERRAMENTAS
DE SIMULAÇÃO E GEOPROCESSAMENTO.**

Salvador
2004

VALDIZIO SOARES DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA PROVOCADA PELO TRÁFEGO
EM UM PARQUE URBANO UTILIZANDO FERRAMENTAS
DE SIMULAÇÃO E GEOPROCESSAMENTO.**

Dissertação submetida ao Curso de Mestrado
em Engenharia Ambiental Urbana da
Universidade Federal da Bahia como parte
dos requisitos para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Ambiental Urbana.

Orientador: Dr. Wellington Correia de
Figueiredo

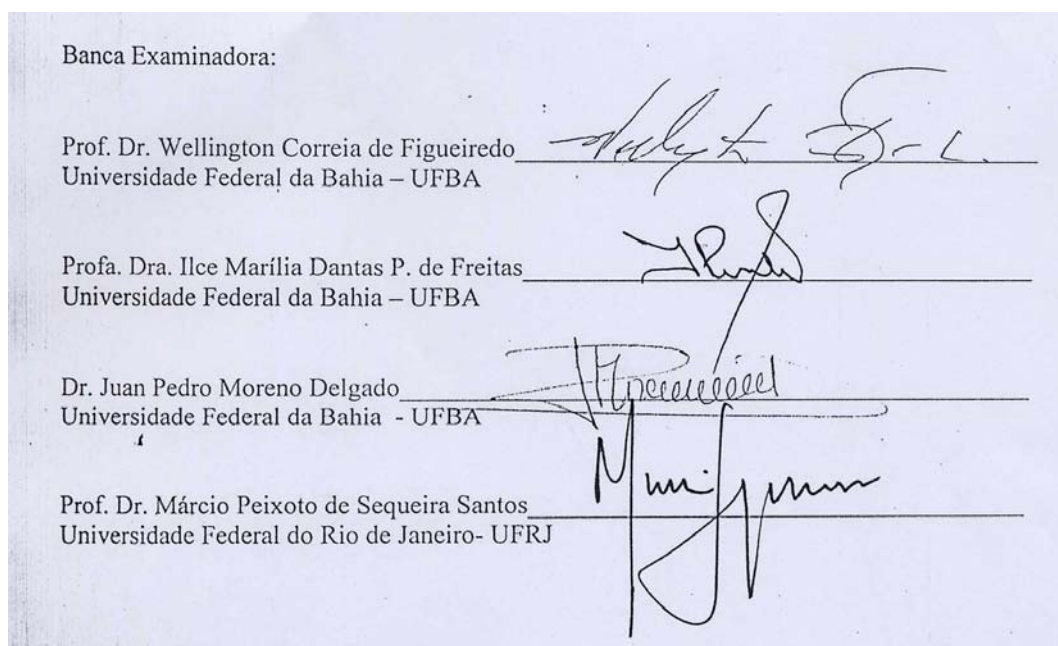
Salvador
2004

Valdizio Soares dos Santos

**AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA PROVOCADA PELO TRÁFEGO
EM UM PARQUE URBANO UTILIZANDO FERRAMENTAS
DE SIMULAÇÃO E GEOPROCESSAMENTO.**

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental Urbana.

Salvador, 30 de agosto de 2004



Dedico este trabalho à minha mãe, mulher de tanta raça e tanto
vigor e a quem tanto amo.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a Deus, sem O qual nada do que foi feito se teria realizado. Ele é o grande arquiteto dos nossos sonhos e o engenheiro das nossas realizações.

Agradeço ao Professor Wellington, meu orientador. A sua participação efetiva no meu trabalho foi fundamental e decisiva para a conclusão deste. Espero poder continuar contando com a sua ajuda e atenção.

Agradeço ao Professor Roberto Guimarães, pelo suporte a nós, junto à coordenação do MEAU, alavancando este curso, que já presta um grande serviço à sociedade.

Agradeço o esforço, a atenção e cuidado dos professores deste mestrado, que sempre estiveram ao nosso lado ajudando-nos a aprender mais e melhor sobre os mistérios da ciência e do conhecimento.

Agradeço ao pessoal da Secretaria do MEAU, em especial a Isabel, que é pra nós uma Mão Direita.

Quero agradecer a ajuda inestimável da Professora Ilce Marília Dantas Pinto de Freitas, pelas orientações e apoio na realização da pesquisa e manipulação dos dados ligados a transporte.

Agradeço ao Prof. Dr. Juan Pedro Moreno Delgado pela ajuda na formatação do documento e desenvolvimento do tema da pesquisa.

Agradeço aos colegas do MEAU, cujo engajamento recíproco, coleguismo e ajuda mútua, além do carinho natural que acabamos nutrindo um pelo outro, foram de vital importância para manter o *moral* e a determinação de continuar.

Agradeço aos amigos do trabalho, que souberam compreender os momentos de altos e baixos, contribuindo para este trabalho com suas atenções e orientações.

Quer agradecer à CONDER pela redução de carga horária que me foi concedida durante os três anos que participei deste curso e por outras formas de colaboração que recebi.

Agradeço à colega Cristina Xavier, amiga de primeiro momento, que soube compreender a importância deste curso para minha formação e conseqüentemente para a prestação de serviço especializado à CONDER, na época em que era minha Coordenadora.

Quero agradecer especialmente aos meus superiores mais diretos Fernando César Cabussu, Cláudio Emílio Pelosi e Fabíola Andrade Souza pela colaboração em termos de disponibilização de tempo, material bibliográfico, dados e principalmente pela amizade revelada nesses anos de grande labuta.

Agradeço ao colega José Araújo pela ajuda na realização da pesquisa de campo, emprestando-me o seu conhecimento e experiência na manipulação do equipamento de medida.

Agradeço aos meus amigos e ao meu amor, pelos momentos de alegria e descontração, que por certo foram essenciais para manter o meu equilíbrio e assim poder executar as funções de pesquisador.

Agradeço às minhas amigas Rejane Helena e Denise Gomes. Sempre acreditaram em mim e sempre me encorajaram a continuar.

Agradeço ao pessoal da SERCORTES, pessoas em quem posso confiar e por certo foram importantes na construção desta conquista.

Agradeço, por fim, aos meus irmãos, sobrinhos e minha mãe, por existirem. Ninguém existe sozinho, e ninguém é para si mesmo. Agradeço-lhes por darem sentido à minha vida.

RESUMO

O presente trabalho pretende avaliar o impacto da situação da poluição sonora provocada pelo tráfego em um parque urbano, através da realização de medidas em campo, mapeamento dos níveis de poluição sonora na área, através de simulações em computador de medidas atenuadoras desta poluição, que considera fontes pontuais e contínuas de geração de ruído, e também a simulação de colocação de barreiras físicas em distâncias variáveis como recurso para atenuação do ruído; além de outras medidas atenuadoras existentes na literatura científica especializada sobre o assunto. O estudo utiliza o software Community Noise Model - CNM 6.0, que faz a simulação dos diferentes níveis de poluição sonora. É feita uma validação deste software no que se refere à frota de veículos utilizados no input. A construção de um sistema de informação geográfica facilitará a visualização da distribuição espacial da poluição sonora, além de outros dados espaciais relevantes na área, e compreensão do seu comportamento, de forma a habilitar a comparação com padrões máximos fixados para as atividades existentes na área. Isto permitirá a identificação dos impactos da poluição sonora e a proposta de medidas atenuadoras deste impacto nos locais de atividades sensíveis a esta poluição.

ABSTRACT

This work intent to do a diagnostic of noise pollution from traffic in a urban park area. Computer simulation and mitigation, considering point and linear noise sources, and design of noise barriers where feasibly needed, and other mitigation devices existing on the technical references. Developing a GIS will help to visualize the study area and understanding of the efficacy of the recommended actions and if the standards are met at several land use activities through all the study area. This will allow noise impact evaluation and the validity of the proposed mitigation measures.

RESUMO

ABSTRACT

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE EQUAÇÕES

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APRESENTAÇÃO

PROBLEMA

HIPÓTESE

PREMISSA

OBJETIVO GERAL

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

CAPÍTULO 1 - REVISÃO DA LITERATURA	18
1.1. O Meio Ambiente e a Poluição Sonora	18
1.1.1. Anatomia da Orelha no Contexto da Poluição Sonora	19
1.1.1.1. Orelha Externa	19
1.1.1.2. Orelha Média	21
1.1.1.3. Orelha Interna	21
1.1.2. Fisiologia da Audição	21
1.1.3. A Poluição Sonora	23
1.1.3.1. Aspectos Físicos do Ruído	23
1.1.3.2. Tipificação da Poluição Sonora	26
1.1.4. Ações Mitigadoras da Poluição Sonora Provocada pelo Trânsito	28
1.1.4.1. Controle do Tráfego Urbano	28

1.1.4.2. Redução do Ruído na Fonte Geradora	28
1.1.4.3. Legislação de Uso e Ocupação do Solo	29
1.1.4.4. Utilização de Pavimentos de Geração de Baixo Ruído	29
1.1.4.5. Construção de Barreiras Físicas	29
1.1.5. Ferramentas de Previsão e Gestão da Poluição Sonora	30
1.1.5.1 Sistema de Informação Geográfica – SIG	33
1.1.5.2. Ábacos	33
1.1.5.3 Interpolação	33
1.1.5.3.1. Procedimentos de Interpolação	34
1.1.5.3.1.1. Interpolação a partir de pontos	34
1.1.5.3.1.2. Interpolação em área	34
1.1.5.3.1.3. Interpoladores Exatos/Aproximados	35
1.1.5.3.1.4. Interpolação baseada em Pontos - Métodos exatos - Vizinho mais próximo	35
1.1.5.3.1.5. Interpolação baseada em Pontos - Métodos aproximados	37
1.1.5.4. Programas de Simulação	39
CAPÍTULO 2 - JUSTIFICATIVA	41
2.1. Terminologia	42
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA	43
CAPÍTULO 4 – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	49
4.1. Caracterização da Área de Estudo.	54
4.2. Apresentação do Software A Ser Utilizado na Pesquisa	51
4.3. Validação do Programa CNM 6.0. para Predição da Poluição Sonora	53
4.3.1. Análise de Sensibilidade do Programa CNM 6.0 para a área do Dique	64
4.4. Simulação dos Indicadores de Poluição Sonora e Análise dos Dados Obtidos em Toda a Área do Parque	66

MEDIDAS MITIGADORAS	81
RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES	87
REFERÊNCIAS	89
ANEXOS	92

Lista de Tabelas

Tabela 01 – Valores medidos Com decibelímetro nos pontos de medição de níveis de poluição sonora.	57
Tabela 02 – Valores produzidos pelo programa de simulação de níveis de poluição sonora no Ponto 01.	58
Tabela 03 – Valores produzidos pelo programa de simulação de níveis de poluição sonora no Ponto 02.	60
Tabela 04 – Valores produzidos pelo programa de simulação de níveis de poluição sonora no Ponto 03.	61
Tabela 05 – Valores produzidos pelo programa de simulação de níveis de poluição sonora nos Pontos 04a e 04b.	62
Tabela 06 – Valores produzidos pelo programa de simulação de níveis de poluição sonora no Ponto 05.	63
Tabela 07 – Indicadores de Poluição Sonora gerados para o Período de 1 hora no turno da manhã.	73
Tabela 08 – Indicadores de Poluição Sonora gerados para o período de 1 hora no turno da tarde.	76
Tabela 09 – Comparativo de Valores de Leq para via com e sem barreiras virtuais	84
Tabela 10 – Comparativo de Valores de Leq para via sem e com barreiras virtuais de 5 e 10 metros de altura.	85

Lista de Figuras

<i>Figura 01 Pavilhão da orelha direita, vista lateral.</i>	21
<i>Figura 02 Caminhos de chegada do som ao ouvido</i>	23
<i>Figura 03 Níveis de Informação coincidentes – SIG</i>	34
<i>Figura 04 - Esquema ilustrativos dos Poliedros de Voronoi</i>	40
<i>Figura 05 - Polígonos de Voronoi ou de Thiessen interpolados a partir dos valores de dados pontuais</i>	40
<i>Figura 06 – Ilustração da aplicação de splines</i>	41
<i>Figura 07 – Análise de Tendências - Exemplos de polinômios</i>	43
<i>Figura 08 Fluxograma da Metodologia de Trabalho</i>	52
<i>Figura 09- Parque do Dique do Tororó</i>	55
<i>Figura 10 Níveis gráficos de Informação da Área do Parque: Vias de circulação viária, edificações particulares, com indicação dos pontos de medição de ruído para validação do Modelo.</i>	60
<i>Figura 11 Cenário montado, com recursos do Programa de Simulação, da Área do Parque do Dique do Tororó.</i>	62
<i>Figura 12 Distribuição dos pontos receptores na área do Dique do Tororó.</i>	74
<i>Figura 13 – Mapa de declividade da área do Dique do Tororó com indicação dos pontos receptores</i>	76
<i>Figura 14 – Mapa Hipsométrico da área do Dique do Tororó com indicação dos pontos receptores</i>	77

<i>Figura 15 Área do Dique com indicação dos Pontos Receptores e Respectivos Valores de Leq.</i>	78
<i>Figura 16 Área adjacente à via de circulação de veículos - Dique do Tororó, com indicação dos Pontos Receptores e Respectivos Valores de Leq.</i>	78
<i>Figura 17 Pontos simulados no entorno do Dique do tororó (vermelho) com indicação dos pontos com nível maior ou igual a 70dB(A) (amarelo).</i>	86
<i>Figura 18 Distribuição dos Pontos Receptores no ponto 4A, com aqueles que apresentam nível de ruído maior ou igual a 70dB(A) selecionados (pontos amarelos).</i>	87
<i>Figura 19- Ponto 3, com indicação dos pontos receptores, barreiras e valores de Leq.</i>	92
<i>Figura 20 – Ponto 4a, com indicação dos pontos receptores, barreiras e valores de Leq.</i>	93
<i>Figura 21 - Ponto 4a, com indicação dos pontos receptores e valores de Leq.</i>	94

Lista de Gráficos

Gráfico 01 Valores de Leq simulados em torno do valor medido – Ponto 01	65
Gráfico 02 Valores de Leq simulados em torno do valor medido – Ponto 02	67
Gráfico 03 Valores de Leq simulados em torno do valor medido – Ponto 03	68
Gráfico 04 Valores de Leq simulados em torno do valor medido – Ponto 04a	69
Gráfico 05 Valores de Leq simulados em torno do valor medido – Ponto 04b	69
Gráfico 06 Valores de Leq simulados em torno do valor medido – Ponto 05	71

Lista de Equações

Equação 1.1	Representação de uma grandeza em escala logarítmica	-----	26
Equação 1.2	Nível equivalente contínuo de som, Leq	-----	27
Equação 1.3	Equação linear (polinômio de grau 1)	-----	42
Equação 1.4	equação quadrática (polinômio de grau 2)	-----	42
Equação 1.5	Equação de uma superfície cúbica	-----	42
Equação 1.6	análise dos resíduos	-----	42
Equação 4.1	Nível de ruído medido no receptor	-----	57

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AM - mapeamento automatizado
CAE - conduto auditivo externo
CCNM – Comprehensive Community Noise Model
CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CETRAMA – Centro de Estudos de Transporte e Meio Ambiente
CNM – Community Noise Model
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONDER - Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia
DB – Decibel
DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito
FHWA – Federal Highway Administration
GIS – Geographic Information System
ISO – International Standard Organization
KHz – Kiloherztz
Leq – Nível equivalente contínuo de som
LOUS - Lei de Ocupação e Uso do Solo de Salvador
M.T. - Membrana Timpânica
MEAU – Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana
NBR – Norma Brasileira
OECD – Organization for Economic Co-operation and Development
SERCORTES – Serviço de Recorte dos Diários do Estado da Bahia Ltda
SIG – Sistema de Informação Geográfica
UCF – University of Central Florida
UTM – Universal Transversa de Mercator

APRESENTAÇÃO

O conceito de impacto ambiental foi usado nos Estados Unidos no final da década de 60, por causa de problemas ambientais ocorridos naquele país, agravados pela reação à guerra do Vietnã. A legislação americana decorrente influenciou a criação de medidas de proteção em muitos países no mundo, inclusive no Brasil que, em 1986, através de resolução do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, definiu que: “impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causadas por qualquer forma de matéria ou energia, resultante das atividades humanas, que afetam: 1 – a saúde, a segurança, o bem estar da população; 2 – as atividades sociais e econômicas; 3 – a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; 5 – a qualidade dos recursos ambientais.”

Muitos são os problemas ambientais enfrentados pelo mundo moderno, que precisam de alguma forma de controle. Alguns dos problemas que atingem a sociedade já contam com algumas formas de gestão dos seus efeitos nocivos ao meio ambiente. Entre estes podemos citar o problema dos poluentes encontrados no meio ambiente e os requisitos tecnológicos do manejo de contaminantes existentes na água, solo e ar; o tratamento de rejeitos líquidos e sólidos, assim como do seu manejo, transporte, processamento e disposição final.

A sociedade moderna, com o aumento da população no planeta, o avanço tecnológico e as práticas comerciais e industriais, têm provocado muitos prejuízos para o meio ambiente, das mais diversas naturezas. Alguns desses problemas podem ser percebidos de forma mais clara; outros, ocorrem de forma menos perceptível e agem de maneira gradual e cumulativa, até que se manifestem de forma mais grave e em estágios avançados de comprometimento da saúde humana. É o caso da poluição sonora, que provoca prejuízos ao meio ambiente sem que se dê a devida atenção a ela por causa dos seus efeitos, que na maioria dos casos são de curta duração.

No Brasil, não foi desenvolvida uma consciência ecológica tal que o desenvolvimento tecnológico se associe ao controle e prevenção da poluição causada pelo ruído (Prefeitura de Belo Horizonte, 1992). Ao contrário, em muitas situações o ruído está associado ao progresso; ‘Há quem fale em “culto ao ruído”, em que os jovens, idolatrando o barulho, circulam pelas ruas a bordo de motocicletas com

escapamentos abertos, com *walk-man* ou toca-fitas em alto volume’, como cita a Prefeitura de Belo Horizonte (1992).

A grande produção de ruído é um fator de degradação da qualidade ambiental urbana, também denominada de poluição sonora. Os centros urbanos do país sofrem com o aumento do ruído sem que medidas atenuadoras e até preventivas sejam pensadas no sentido de minimizar os efeitos desse mal. No Brasil, as cidades tidas como as mais barulhentas são as capitais, das quais, Salvador se apresenta como uma daquelas com os mais altos índices de poluição sonora.

PROBLEMA

Como os altos níveis de poluição sonora, provocados pelo tráfego em um parque urbano, podem ser avaliados, com o auxílio de programas que permitam a escolha de uma solução que atenda aos padrões de ruído, de acordo com as atividades na área de estudo?

HIPÓTESE

A avaliação do impacto da poluição sonora em um parque urbano pode ser realizada com ações que incluem a simulação e o tratamento espacial das características da área de estudo.

PREMISSA

O crescimento do número de veículos que circulam nas áreas urbanas tem provocado o aumento da poluição sonora, especialmente em áreas de práticas de esporte e lazer das comunidades. Isso é um problema que degrada a qualidade de vida dos cidadãos e deve ser combatida.

OBJETIVO GERAL

Avaliar o impacto de poluição sonora provocada pelo tráfego em um parque urbano.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a poluição sonora existente no parque urbano escolhido, através de um programa de simulação de níveis de poluição sonora e um sistema de informação geográfica, de acordo com as características da área de estudo;
- Avaliar as alternativas de atenuação da poluição sonora na área do parque urbano, levando em consideração as suas especificidades.
- Avaliar a utilização do software de simulação de indicadores de poluição sonora na área do parque, comparando seus resultados com medidas feitas em tempo real na área de estudo.

1. REVISÃO DA LITERATURA

1.1. O Meio Ambiente e a Poluição Sonora

Vários autores têm colocado que a poluição sonora provocada pelo trânsito urbano é um dos maiores fatores de degradação ambiental nos tempos modernos (Schomer, 2001). Apesar disso, até o momento poucas atitudes – e em reduzido número de cidades brasileiras - foram tomadas, para proteger o meio ambiente desse tipo de poluição. Datam do século XVIII as primeiras medidas oficiais de proteção do meio ambiente no Brasil (Franco, 2000). Naquele momento, a preocupação teve o seu enfoque na preservação da qualidade e abundância das águas e contra a degradação das nascentes e cursos de água potável. Foram tomadas medidas proibindo a derrubada de árvores em torno das nascentes dos rios Carioca e Paineiras (Franco, 2000). Essa medida da Corte Portuguesa se deu em função da falta d'água que assolava o Rio de Janeiro, em função da expansão repentina da população na cidade, ocasionada pela transferência da Corte para o Brasil.

O reflorestamento da floresta da Tijuca, necessário por causa do desmatamento ocorrido a partir do início do século XVIII, para dar lugar à cultura da cana-de-açúcar e depois do café, foi outra ação ligada à preocupação com a preservação do meio ambiente, em particular, a recuperação das nascentes do rio Cachoeira, iniciada por volta do ano 1861 sob a administração do Major Manoel Gomes Archer, que ao longo de 11 anos de gestão do projeto, plantou cerca de 62 mil mudas de plantas nativas, na sua maioria.

No século XVIII, o fator decisivo para a crise de abastecimento de água foi exatamente o crescimento populacional, sendo, portanto um problema gerado pelo processo de urbanização. A urbanização no Brasil, principalmente nas capitais dos maiores estados e em suas regiões metropolitanas, tem ocorrido de maneira complexa, descoordenada, de uma forma tal que a qualidade de vida tem sido comprometida pelos vários fatores degradantes da qualidade do meio ambiente. Fomos submetidos, por muito tempo, a um processo de desvalorização do espaço enquanto necessidade básica para os vivos e para as gerações futuras, ocorrendo uma grande exploração dos recursos naturais do meio ambiente. O processo de desenvolvimento industrial foi outro fator

decisivo para a aceleração dos esquemas de degradação do meio ambiente, quando os processos de geração de energia passaram a agredir a natureza e a tirar dela recursos de difícil reposição e, em algumas situações, recursos não renováveis. Segundo SOUZA (1)(2000), a maior parte dos problemas ambientais se dá exatamente por causa da apropriação dos recursos da natureza, aos quais não é conferido direito de propriedade, sendo, desse modo, disponíveis a “custo zero”; não existindo, ademais, a preocupação de melhoria dos processos de exploração racional desses recursos. Ainda segundo Souza (1)(2000), a conferência de Estocolmo, ocorrida em 1972, foi um marco na redescoberta do meio ambiente por conferir novo sentido político e econômico às ciências biológicas, resultando em nova compreensão e valorização da ciência ambiental.

1.1.1. Anatomia Do Aparelho Auditivo No Contexto Da Poluição Sonora.

1.1.1.1. Orelha Externa

Segundo Cummings (1993) A orelha externa é constituída pelo *pavilhão auricular* e pelo *conduto auditivo externo*, tendo como limite a face externa da membrana timpânica.

O pavilhão auricular está situado entre duas linhas horizontais, figura 01, uma que passa pelas sobrancelhas e outra pela base do nariz. O terço anterior do pavilhão está fixo em torno do orifício do conduto auditivo externo, enquanto os dois terços posteriores estão livres e formam com a face lateral da cabeça um ângulo céfaloauricular de 20 a 30 graus, que pode se abrir até 90 graus.

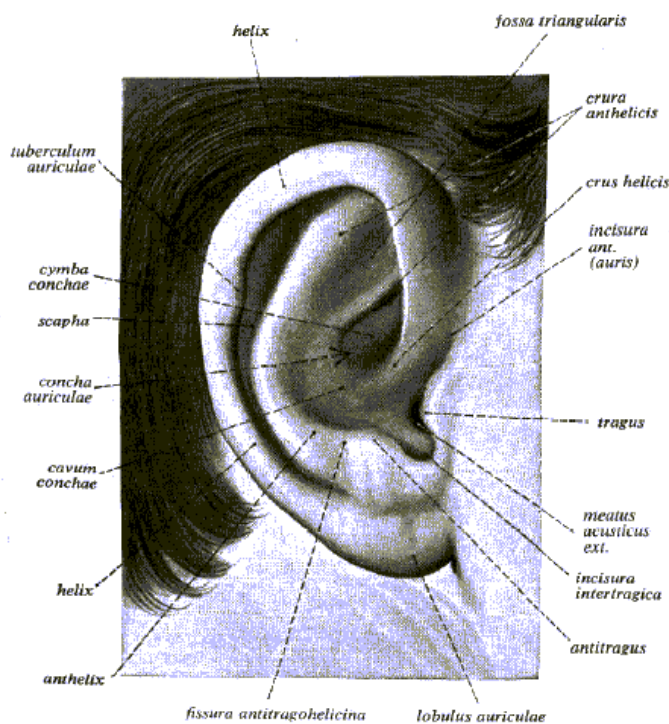


Figura 01 – Pavilhão da orelha direita, vista lateral.

O *conduto auditivo externo* - CAE tem de 22 a 27 mm de comprimento na sua parede pósterio-superior e cerca de 31 mm na ântero-inferior, devido à inclinação da M.T. Apresenta um diâmetro vertical de 8 a 10 mm e um diâmetro ântero-posterior de 7 a 9 mm na entrada e de 4 a 5 mm na parte óssea. O CAE apresenta um istmo (ou estreitamento), na região de união do terço médio com o terço interno, sendo este estreitamento mais às custas da parede anterior. O conduto é constituído por um canal fibrocartilaginoso em sua porção externa e por um canal ósseo interno, que mede de 14 a 16 mm de comprimento. Duas formações ósseas entram em sua constituição: o osso timpânico e o escamoso. As paredes anterior e a inferior são constituídas quase que praticamente pelo osso timpânico.

1.1.1.2. Orelha Média

Constitui-se da cavidade timpânica e da parte óssea da tuba auditiva. A cavidade timpânica corresponde ao espaço compreendido entre a membrana timpânica - M.T. e o labirinto ósseo. Mede em seu diâmetro ântero-posterior cerca de 15 mm e no diâmetro transversal, de 2 a 6 mm. Divide-se em 3 andares : o mesotímpano (ou átrio) que corresponde à parte tensa da M.T.; o hipotímpano (abaixo do sulco timpânico) e o recesso epitimpânico (ou ático) logo acima do processo lateral do martelo.

1.1.1.3. Orelha Interna

Também chamada de labirinto, é dividida em anterior (correspondendo à cóclea) e posterior (abrangendo os canais semicirculares e o vestíbulo). Constitui-se de um labirinto membranoso preenchido por endolinfa e que contém céls. sensoriais e vasos e um labirinto ósseo, separado do anterior por perilinfa e servindo de arcabouço para o mesmo.

1.1.2. Fisiologia Da Audição

Hungia (1991) diz que o som pode chegar ao ouvido interno, onde ocorre a transdução deste, através de duas maneiras: pelo conduto auditivo externo e médio (condução aérea) ou pela vibração do crânio (condução óssea), como ilustrado na figura 02.

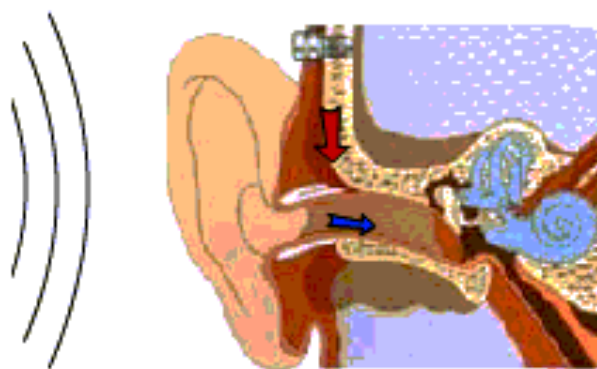


Figura 02 – Caminhos de chegada do som ao ouvido

O ouvido externo desempenha um papel passivo no processo da audição. O pavilhão auricular e a cabeça, que possuem propriedades acústicas próprias, podem afetar a propagação do som no espaço e conseqüentemente afetar o sinal acústico, que chega ao conduto auditivo, agindo como atenuador ou amplificador de sons de determinada freqüência.

A principal função do ouvido médio é melhorar a transmissão sonora para o ouvido interno pois reduz a reflexão da onda sonora que ocorre quando esta incide do ar sobre uma superfície fluída. Ou seja, pode-se considerá-lo um transformador de impedância (resistência), pois há uma tentativa de diminuir a alta impedância do fluido coclear em valor semelhante a do ar. Quanto maior a impedância, maior pressão será necessária para fazer as partículas vibrarem. Isto é possível graças à três mecanismos distintos e que resultam num ganho de 25 a 30dB.

No ouvido interno, os sons se propagam do estribo para a escala vestibular até o helicotrema e depois até a escala timpânica onde finaliza na janela redonda. Há movimentação dos líquidos perilinfáticos graças à existência da janela redonda, que permite uma compensação do líquido comprimido pelo movimento em pistão do estribo sobre a janela oval. Segundo Miniti e colaboradores o movimento do estribo é do tipo rotativo para dentro e para fora da janela oval.

O processo de transdução, com a transformação da energia mecânica em elétrica, começa com o deslocamento da membrana basilar em resposta ao processo mecânico. O pico ou amplitude máxima de deslocamento da membrana basilar varia em

função da frequência do estímulo, sendo que a base responde à frequências maiores (10KHz) e no ápice à frequências menores (125Hz).

1.1.3. A Poluição Sonora

1.1.3.1. Aspectos Físicos Do Ruído

Segundo Oliveira (2002) O som é considerado, do ponto de vista físico como uma alteração mecânica que se propaga em torno de movimentos ondulatórios através de um meio elástico, que produz uma sensação auditiva. A sensação de som só ocorrerá se ele estiver dentro de uma faixa de frequência captável pelo ouvido humano. Essa faixa, para um ouvido saudável varia em média de 20 a 20.000 hz (20Khz). Também é necessária uma certa variação de pressão para a percepção. Assim, a percepção dos sons só ocorrerá quando as variações de pressão e a frequência de propagação estiverem dentro de limites compatíveis com as características fisiológicas do ouvido humano. Na prática, quando um objeto vibra, ou se movimenta, altera o valor da pressão normal, provocando compressões e rarefações sucessivas. As ondas ao penetrarem no ouvido, provocando vibrações que causam as sensações auditivas.

O ruído é considerado um tipo de som não desejado que pode afetar de forma negativa a saúde e o bem estar de indivíduos ou populações. Portanto, o problema da definição de ruído não diz respeito unicamente ao fenômeno físico, mas leva em consideração também a sensação percebida, ou seja, considera o julgamento humano. O que pode ser considerado ruído para uma pessoa, pode apresentar uma sonoridade agradável para outra pessoa.

Devido às características fisiológicas o ouvido humano não responde linearmente às variações de frequência e intensidade sonora. Por esse motivo, para descrever o som são utilizadas duas de suas características: a altura e a intensidade sonora. A intensidade é a quantidade de energia vibratória que se propaga nas áreas próximas da fonte emissora e se expressa em termos de energia (Watt/m^2) ou em termos de pressão (Newton/m^2 , N/m^2 ou Pascal, pa), ou seja, quanto maior a pressão, mais intenso é o som. A altura é representada pela frequência das vibrações completas em um

segundo, sendo sua unidade expressa em Hertz (Hz), ou seja, quanto maior o número de vibrações, mais alto e mais agudo o som.

Segundo o DENATRAN (1980) medir as pressões de som que o ouvido distingue apresenta alguns problemas, uma vez que o ouvido humano responde a um larga faixa de intensidade acústica, desde o limiar da audição até o limite da do. O limiar da audição, isto é, a pressão mínima que o ouvido humano pode detectar 20 milionésimo de um Pascal - $20\mu\text{Pa}$ ou $20 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$. e a maior pressão sonora que um ouvido humano pode perceber é da ordem de $100.000.000 \mu\text{Pa}$ ou 100 N/m^2 . Assim a representação de toda a escala é difícil devido ao seu largo espectro.

A representação dessa grandeza em escala logarítmica soluciona de alguma forma este problema, pois, se comprime a faixa de valores a serem representados, além do fato de que o ouvido humano responde melhor a uma forma logarítmica. Esta escala é a aplicação do logaritmo ao quociente da medida de interesse por um valor de referência. A o utilizar este tipo de escala diz-se que está se medindo o nível de alguma coisa, e a unidade que se usa para esse tipo de escala é o Bel, e desse modo temos:

$$L = 10\log(Q/Q_0) \quad (\text{equação 1.1})$$

Onde L é o nível, em Bel;

Q é a quantidade medida;

Q_0 é o valor de referência.

O Bel, contudo, é uma unidade muito grande para ser usada de forma prática, por isso costuma-se dividir esse nível por 10, onde cada valor é comumente chamado de decibel - dB (CETESB, 1992).

A unidade, portanto, para medir a intensidade sonora é o decibel (dB), este usa o limiar de $20 \mu\text{Pa}$ como seu ponto de partida ou pressão de referência que equivale a 0 dB, e, o limiar da dor de $100.000.000 \mu\text{Pa}$ ou 140dB. O dB(A) refere-se ao decibel, onde a escala "A" deixa passar o ruído para o analisador do aparelho com características da curva de sensibilidade da audição humana.

Recomenda-se o nível de 40 dB(A) para o descanso e o sono, permitindo variação entre 35 e 45 dB(A), conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas, seguindo orientação da Organização Mundial de Saúde. Os ruídos com intensidade de até 55 dB(A) não causam problemas graves às pessoas, mas a partir deste nível há início do estresse auditivo, cujas conseqüências são incômodo, fadiga, insônia e outros sintomas. Segundo Souza (1988) a partir de 70 dB (A) a saúde começa a ser afetada, havendo comprometimento das cordas vocais pelo esforço a que os indivíduos são submetidos para fazerem-se escutar, além do comprometimento das boas condições de concentração, introspecção, serenidade, entre outras, para as atividades mentais e psicológicas de quem conversa.

Acima de 80 dB (A), a saúde é afetada profundamente, mas os efeitos variam com o tempo que as pessoas ficam expostas ao ruído, e são cumulativos. Para a maioria das pessoas, o nível de 120 dB (A) já provoca dor, portanto causando surdez nervosa irreversível.

Níveis estatísticos Ln:

Um nível de ruído variando no tempo, medido em dB(A) pode ser descrito em termos de sua distribuição cumulativa. Os valores mais populares são L10, L30, L50 e L90, que são os níveis excedidos por 10%, 30%, 50% e 90% do tempo respectivamente. L10 dá uma indicação do topo e o nível L90 corresponde ao ruído de fundo na ausência de alguma fonte de ruído na vizinhança.

O nível equivalente contínuo de som, L_{eq} , contém a mesma quantidade de energia sonora considerando um período determinado de tempo que o real nível sonoro variando no tempo. Ele é obtido pela média da energia média dos níveis de ruído no período considerado. L_{eq} é dado por:

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L}{10}} dt \right)$$

(equação 1.2)

Onde, T é o tempo médio

L é o Nível de som instantâneo

1.1.3.2. Tipificação da Poluição Sonora

A poluição sonora, é uma forma de degradação da qualidade do meio ambiente e atinge os grandes centros urbanos em função da expansão das atividades comerciais, industriais, avanços tecnológicos, que geram facilidades para a vida dos indivíduos, como equipamentos de som, ar condicionado, transporte público, entre outras invenções que tornam a vida mais barulhenta a cada dia. A poluição sonora pode ser caracterizada como a produção de som desagradável que gera desconforto auditivo ao ouvinte.

Os principais responsáveis pela poluição sonora nos centros urbanos são os veículos automotores. Está nas ruas e avenidas das grandes cidades a concentração da poluição sonora nas áreas urbanas, devido ao grande movimento de veículos. Nestes, as principais fontes de emissão de ruído são os motores, as descargas e o atrito das rodas com o solo. Os veículos brasileiros produziam ruídos acima dos níveis recomendáveis, por causa de seus motores, que eram produzidos sem o devido cuidado com a geração de ruído dentro dos padrões internacionalmente aceitos. Hoje se pode perceber uma considerável mudança nos padrões de exigência quanto a itens ligados à geração de ruído, muito embora o problema esteja longe de uma solução satisfatória; por outro lado, temos uma frota de veículos com mais de 10 anos ainda rodando nas principais capitais e outras cidades brasileiras, gerando ruído de várias naturezas, sem contar as buzinas estridentes e indiscriminadamente usadas, que fazem com que esses veículos sejam geradores de altos níveis de ruído.

A situação se agrava, quando acrescentamos a isso o desinteresse dos empresários de transportes coletivos e de cargas em renovar sua frota de veículos com modelos mais modernos e silenciosos, e a desinformação e o cansaço dos motoristas, submetidos à longas jornadas de trabalho em contato com equipamentos fontes de altos níveis de poluição sonora.

Desde a década de 70, segundo a Cartilha da Poluição Sonora – MG (PPREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 1992), esse tema, no Brasil, vem sendo tratado por leis ambientais. Existem leis e decretos em nível federal, estadual e municipal, que definem limites à emissão de ruídos e estabelecem medidas para proteger a coletividade dos efeitos danosos da poluição sonora.

Neste sentido, são significativas a Portaria 092, de 19.06.80, do Ministério do Interior e, mais recentemente, a Resolução nº 01, de 08.03.90, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, que estabelecem padrões, critérios e diretrizes para a emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política.

A NBR nº 10.151, de 1987, da Associação Brasileira de Normas Técnicas, dispõe sobre níveis de ruídos na comunidade e a nº 7.731 trata dos equipamentos e método utilizados para medição e avaliação dos níveis de som e ruído.

A Portaria nº 3.214, de junho de 1978, do Ministério do Trabalho define níveis máximos de ruídos em função do tempo de exposição, para ambientes internos.

A Lei 5354/98 da Prefeitura Municipal do Salvador, que trata dos limites de emissão de som no meio urbano, definindo níveis e horários para sua emissão, não faz nenhuma referência específica ao tipo de uso e ocupação do solo, salvo no caso de ambientes hospitalares, onde o limite de emissão de ruído é de 45dB(A) em qualquer período do dia. A lei (Prefeitura Municipal do Salvador, 1998) trata de forma genérica a situação, apresentando níveis máximos em função do horário, da ocasião e do tipo de equipamento gerador do ruído. Segundo a Prefeitura Municipal do Salvador (1998) os níveis máximos de sons e ruídos, de qualquer fonte emissora e natureza, em empreendimentos ou atividades residenciais, comerciais, de serviços, institucionais, industriais ou especiais, públicas ou privadas assim como em veículos automotores são de:

- I. 60 dB (sessenta decibéis), no período compreendido entre 22:00 e 7:00h;
- II. 70 dB (setenta decibéis), no período compreendido entre 7:00 e 22:00h;

Ainda sobre os níveis de ruído permitidos, a Lei diz que os níveis máximos de sons e ruídos medidos em ambientes internos serão de 55 dB (cinquenta e cinco decibéis), no período compreendido entre 22:00h e 7:00h, e de 60 dB (sessenta decibéis), no período compreendido entre 7:00h e 22:00h.

Contudo, apesar das leis, existem poucos instrumentos legais de medição e controle da poluição sonora nas suas várias formas de manifestação e, em particular, aquela gerada pelo trânsito urbano. É necessário que novos estudos sejam feitos, e produzidos novos instrumentos de verificação dos níveis de poluição. As áreas de

parques urbanos, situados como ilhas de qualidade ambiental nas grandes cidades do país, merecem especial atenção e medidas atenuadoras desses processos de degradação da qualidade daquilo que anunciam oferecer, como silêncio, tranquilidade, lazer e segurança.

1.1.4. Ações Mitigadoras da Poluição Sonora Provocada Pelo Trânsito

Várias são as medidas mitigadoras da poluição sonora indicadas nas publicações especializadas do gênero (OECD, 1995). Entre outras, podem ser citadas: controle do tráfego, redução do ruído na fonte geradora, legislação de uso e ocupação do solo, utilização de pavimentos de geração de baixo ruído e barreiras físicas. Sempre levando-se em consideração a relação custo/benefício da sua aplicação.

1.1.4.1. Controle do Tráfego Urbano

O controle do tráfego urbano em áreas que necessitem de redução do ruído produz resultados bastante satisfatórios. A proibição da circulação de determinados tipos de veículos automotores, ou a determinação de horários especiais de circulação, estão entre as medidas possíveis de controle do tráfego, com o objetivo de reduzir o ruído a níveis aceitáveis, nesses lugares.

1.1.4.2. Redução do Ruído na Fonte Geradora

A redução do ruído na fonte geradora está relacionada aos estudos de novas tecnologias para fabricação de motores que gerem ruído em menores níveis, escapamentos mais “silenciosos” e pneus com menor emissão de ruído quando em contato com o pavimento, e produção deste último, com menor geração e propagação de ruído.

1.1.4.3. Legislação de Uso e Ocupação do Solo

A Lei de Uso e Ocupação do Solo dos municípios pode administrar o uso e a ocupação do solo urbano de forma a reduzir a geração de ruído, de acordo com a divisão e classificação das áreas urbanas, quanto ao seu uso e ocupação. A classificação de áreas como apenas residenciais, ou comerciais, industriais ou mistas, vai influenciar o tipo e quantidade de veículos que circularão na área. Desse modo pode-se obter como resultado o abatimento do ruído em determinada área da cidade, se a sua classificação for definida de forma coerente com a sua ocupação e necessidade de silêncio.

1.1.4.4. Utilização de Pavimentos de Geração de Baixo Ruído

Vários estudos têm sido realizados na busca de novos tipos de pavimento que produzam menos ruído, quando mantidas as mesmas condições de tempo e características dos veículos. Pesquisas têm demonstrado que o ruído produzido pelo contato do pneu com o pavimento é cerca de 4dB(A) maior que o produzido pelos motores de carros de passeio, andando com velocidade acima de 50km/h, e de carros pesados com velocidade acima de 80km/h (OECD, 1995). Vários tipos de pavimento com produção de baixo ruído são produzidos e testados atualmente; entre outros podemos citar o asfalto poroso e o asfalto drenante. Cada um dos pavimentos apresenta características peculiares, com vantagens e desvantagens quando comparados entre si. Eles diferem quanto a sua textura, a porosidade da superfície, a mistura de materiais e a capacidade de drenar a água da chuva. Essas características dos pavimentos citados afetam a forma como o ruído é produzido, além da forma como este se propaga pelo ar, no que diz respeito a reflexão, absorção ou refração.

1.1.4.5. Construção de Barreiras Físicas

A construção de barreiras físicas próximas das vias é outra forma possível para a atenuação do ruído. A barreira física interfere efetivamente na propagação do ruído desde a fonte até o receptor. Essas barreiras podem reduzir o ruído de até 20dB(A). Vários materiais são utilizados para a construção das barreiras: concreto, madeira, vidro,

ou plantas. A posição relativa da barreira com relação ao receptor e à via de tráfego também é considerada. Algumas questões precisam ser ponderadas quando da escolha desse tipo de recurso para atenuação do ruído, tais como: o efeito visual que a barreira provoca, tanto no motorista, quanto nos moradores das áreas adjacentes à via; a viabilidade da construção de determinado tipo de barreira; a necessidade, no caso da opção por plantas, de que exista uma extensa área entre a via e o local onde estão os receptores, para que se possa construir um cinturão denso de vegetação, capaz de produzir uma atenuação razoável. Outra consideração necessária é o custo do material, como no caso de barreiras transparentes, cujos materiais utilizados normalmente têm um custo bastante elevado.

1.1.5. Ferramentas de Previsão e Gestão da Poluição Sonora

1.1.5.1 Sistema de Informação Geográfica – SIG

Segundo a Universidade Federal de Lavras (2002) Um SIG é uma base de dados computacional que permite aos usuários a organização de informação cartográfica de diferentes fontes. Essa informação depois de registrada no sistema torna-se consistente, permitindo que diferentes níveis de informação (temas) possam ser combinados de acordo com as necessidades de análise, como exemplificado na figura 03.

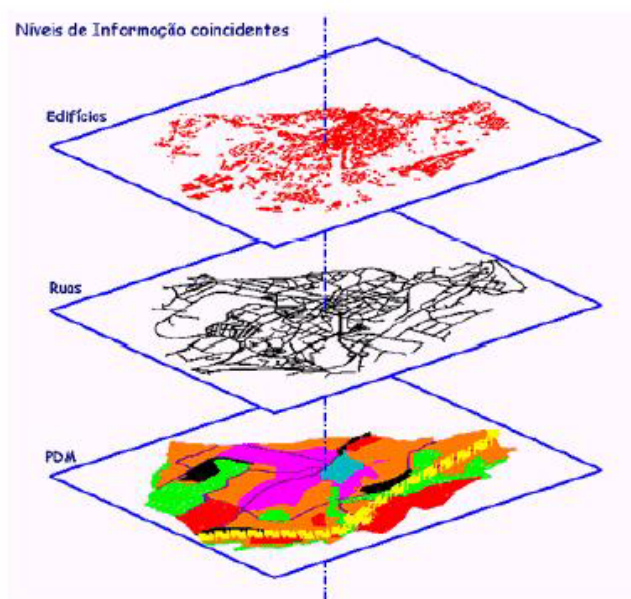


Figura 03 – Níveis de Informação coincidentes – SIG

As sociedades estão se tornando mais preocupadas com a necessidade de gerenciar informações de uma perspectiva geográfica. Esta preocupação tem sido trazida pelas tendências do século 20 em direção a uma economia e comunidade global. E com a tecnologia avançada vem a necessidade de estudos mais próximos das fontes naturais da terra. Os sistemas de informação geográfica (SIG's) proporcionam as ferramentas necessárias para a solução destes desafios.

A tecnologia SIG nos proporciona uma série de ferramentas que podem ser usadas em procedimentos automatizados de serviços de entregas, resumo de dados para gerentes, e novas técnicas de análise de dados para gerenciamento, planejamento e outros propósitos políticos. Estas ferramentas incluem as seguintes: -

1. Tecnologia de mapeamento automatizado (AM), que em um sistema de informação geográfica urbano, proporciona flexibilidade em manipulações de informações do mapa; -
2. Gerenciamento de base de dados, que proporciona flexibilidade em dados de atributos; -

3. Informação de registros de terra, que proporcionam os dados cartográficos e dados tabulares necessários para registrar mapas precisamente e dados tabulares relacionados com sua localização; -
4. Estruturas de dados topológicas, que proporcionam definições explícitas dos relacionamentos espaciais entre pontos, linhas e polígonos; -
5. Capacidades de análise espacial, que proporcionam a capacidade para recuperar, manipular e mostrar mapas e atributos de dados relacionados.

Segundo Parks (1993) "Um SIG é melhor definido como um sistema que usa base de dados espacial para prover respostas a questões de natureza geográfica... O SIG genérico que pode ser visualizado como um número de rotinas espaciais especializadas em um sistema de gerenciamento de dados relacional padrão."

O principal objetivo é aplicar tanto conhecimento, dados e tecnologia quanto necessário para influenciar uma decisão. É essencial usar a ferramenta efetivamente, negociar com o nível certo de planejamento, anexar o correto nível de geografia, aplicar o mais apropriado modelo analítico e mostrar os resultados do mapa na escala. Segue-se então a discussão em termos de tomada de decisões, resolução dos dados e tecnologia. Isto implica na conversão de uma magnitude de dados e informações significativas. Um grupo de ferramentas básicas necessárias para suportar funções de planejamento inclui as seguintes:

1. Overlay gráfico: para produzir uma variedade de mapas; - overlay topográfico: integrar dois ou mais arquivos para gerar modelos de ajuste de sítios e outras formas de análise de localização;
 2. Geocoding de endereços: atribuir automaticamente um ponto de coordenada ao endereço;
 3. Poligonização: formar novos distritos de um conjunto de mapas existente;
 4. Ajuste relacional: a capacidade de relacionar duas entidades para propósitos funcionais, tais como parcelas para dados tabulares ou dados censitários para polígonos de censo.
-

Em um nível técnico, as ferramentas mais importantes são as que permitem a sobreposição e integração de diferentes formas de entidades geográficas. O poder de tais ferramentas é relacionado a sua habilidade em transformar um mapa em uma entidade lógica cujos elementos são sujeitos a várias operações de combinação com outros sub-sets de informação.

A natureza espacial dos dados relativo ao tráfego urbano em muito se beneficia das ferramentas próprias dos SIG's. A literatura especializada apresenta muitas citações de sistemas de informação geográfica como instrumentos de suporte ao diagnóstico e à tomada de decisão Souza(1)(2000), onde bem se enquadra o problema do ruído provocado pelo tráfego urbano.

1.1.5.2. Ábacos

Em se tratando do tráfego urbano podemos citar o desenvolvimento de ferramentas matemáticas, como os ábacos (Oliveira e Yamashita, 2002), que recebem informações de características das vias e produzem gráficos com níveis estimados de ruído para as vias em estudo. Com base na ciência da Nomografia, é possível a representação de equações sob a forma de gráficos cotados, os nomogramas ou ábacos. E, a partir de uma leitura é possível a obtenção de qualquer uma das n variáveis da equação considerada, quando se conhece o valor $(n - 1)$ das outras variáveis.

1.1.5.3 Interpolação

Segundo o Grupo de Análise de Sistemas Ambientais (2004), Interpolação é um procedimento de estimação do valor de um atributo em locais não amostrados a partir de pontos amostrados na mesma área ou região.

- Interpolação espacial converte dados de observações pontuais em campos contínuos, produzindo padrões espaciais que podem ser comparados com outras entidades espaciais contínuas.
 - O raciocínio que está na base da interpolação é que, em média, valores do atributo tendem a ser similares em locais mais próximos do que em locais mais afastados.
-

A interpolação espacial é um procedimento de grande importância nos sistemas de informação geográfica (Grupo de Análise de Sistemas Ambientais, 2004), podendo ser utilizado para várias finalidades, entre as quais:

- Fornecer isolinhas para visualização gráfica;
- Calcular o atributo da superfície num determinado ponto ou pontos;
- Alterar a unidade espacial que permita a comparação quando se usa diferentes estruturas de dados em diferentes *layers*;
- Ajuda ao processo de decisão espacial, como na prospecção mineral ou de petróleo, por exemplo.

1.1.5.3.1. Procedimentos de Interpolação:

1.1.5.3.1.1. Interpolação a partir de pontos:

- Dado um certo número de pontos cuja localização e valores são conhecidos, determinar os valores de outros pontos em determinadas localizações.

Interpolação em pontos é usada para dados que podem ser medidos em localizações pontuais, como variáveis climáticas nas estações meteorológicas, variáveis de qualidade da água medidas em furos de água subterrânea, pontos amostrais de poluição sonora, variáveis de qualidade do ar em estações de monitoramento.

Os pontos interpolados em grade são muitas vezes como dados para algoritmos de cálculo das isolinhas. Uma vez determinada a grade (regular ou irregular) de pontos, as isolinhas podem ser derivadas usando uma interpolação linear entre cada par de pontos da grade.

1.1.5.3.1.2. Interpolação em área:

- Dado um conjunto de dados de uma variável para certas áreas, determinar os valores dessa variável para áreas diferentes. Por exemplo, dados de população por áreas de censo para estimar dados de população por distritos.

1. Interpoladores globais determinam uma função que é aplicada em toda a região a interpolar. Uma alteração num valor de input afeta o mapa inteiro.
2. Interpoladores locais aplicam algoritmos repetidamente a subconjuntos do conjunto total de pontos. Uma alteração num valor de input afeta apenas o resultado de um subconjunto.
3. Algoritmos globais tendem a produzir superfícies atenuadas, sem alterações abruptas. São usados quando existe, inicialmente, uma hipótese acerca da forma da superfície, por exemplo, uma tendência Leste-Oeste.

1.1.5.3.1.3. Interpoladores Exatos/Aproximados

1. Interpolação exata respeita os dados dos pontos em que ela é baseada:
 - A superfície passa através de todos os pontos cujos valores são conhecidos;
 - O respeito aos pontos dados é assumido como essencial em muitas aplicações, por exemplo, na indústria do petróleo.
2. interpoladores aproximados são usados quando existe alguma incerteza sobre as superfícies de valores:
 - Baseia-se na crença de que, em muitos conjuntos de dados existem tendências globais, com variações suaves, e simultaneamente flutuações locais, que variam rapidamente produzindo incerteza (erro) nos dados amostrados.

1.1.5.3.1.4. Interpolação baseada em Pontos - Métodos exatos - *Vizinho mais próximo:*

Interpolador local, determinístico, e exato. Todos os valores são assumidos como iguais ao valor mais próximo. O método mais conhecido refere-se aos polígonos de Voronoy (ou de Thiessen, como são atualmente mais conhecidos). Como uma consequência da investigação nos aspectos geométricos de cristalografia, o matemático russo Voronoy Georgy Fedoszevich (1868-1908), descobriu uma subdivisão contínua

do espaço em poliedros convexos, figura 04. A duas dimensões este poliedros tornaram-se conhecidos como polígonos ou células de Voronoi, figura 05.

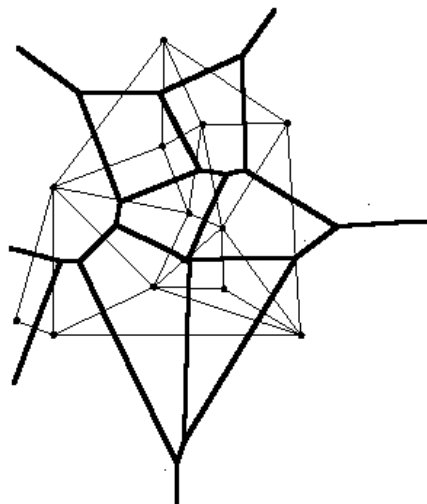


Figura 04 - Esquema ilustrativos dos Poliedros de Voronoi

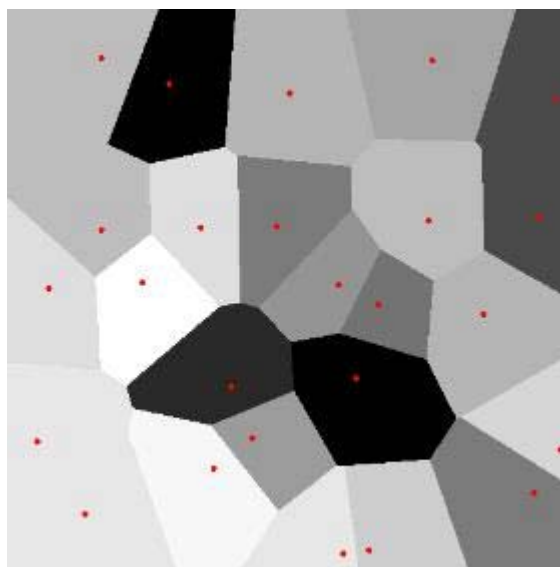


Figura 05 - Polígonos de Voronoi ou de Thiessen interpolados a partir dos valores de dados pontuais.

Polígonos de Thiessen:

Apropriado para dados nominais, os polígonos têm alterações abruptas nas fronteiras. A área é dividida em polígonos que são determinados pela configuração dos pontos. Todo o polígono obtém o valor do atributo do seu

ponto interno. É um método robusto, mas não tem "inteligência" acerca do sistema que está a ser analisado. Ex: mapas de unidades de solos, territórios ecológicos, e áreas de precipitação instantânea.

Splines:

Funções polinomiais que são ajustadas exatamente a um pequeno número de pontos e que se vão aplicando a conjuntos de números, assegurando que a junção das várias funções é contínua. Peças de splines cúbicas mantêm juntos segmentos de polinômios cúbicos. B-splines são compostas pelas somas dos splines de ordem mais baixa numa área restrita perto dos dados pontuais. São apropriadas para superfícies muito suaves, não se ajustando a superfícies com flutuações significativas. A figura 06 ilustra a aplicação de splines a um conjunto de pontos.

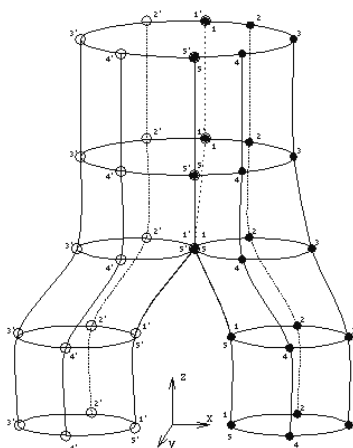


Figura 06 – Ilustração da aplicação de splines

1.1.5.3.1.5. Interpolação baseada em Pontos - Métodos aproximados

Análise de Tendências:

A superfície é aproximada através do ajustamento de um polinômio aos dados pontuais, através de uma regressão múltipla dos valores do atributo em função da

localização geográfica. O polinômio é então usado para estimar valores de pontos numa grade de estrutura *raster* ou num dado local. A análise de tendência é sensível à existência de *outliers* nos dados e são funções suaves. A análise de tendência é um interpolador global, pois assume que a tendência geral da superfície é independente de erros aleatórios encontrados em cada ponto amostrado. O atributo *z* num dado ponto (*x,y*) na superfície é dado pela equação de *z* em função de *x* e *y*.

- Por exemplo, uma equação linear (polinômio de grau 1) descreve uma superfície plana: $z = a + bx + cy$ (equação 1.3)
- Por exemplo, uma equação quadrática (polinômio de grau 2) descreve uma superfície de um vale ou d de um monte: $z = a + bx + cy + dx^2 + exy + fy^2$ (equação 1.4)
- Por exemplo, a superfície cúbica é gerada pela equação $z = a + bx + cy + dx^2 + exy + fy^2 + gx^3 + hx^2y + ixy^2 + jy^3$ (equação 1.5)

O ajustamento do modelo de regressão é avaliado por algumas estatísticas (Goodness of fit, F ratio, degrees of freedom, ...). Por exemplo, o Goodness of fit indica a variação explicável pelo "*fit*". É calculada pela análise dos resíduos:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (z_i - \hat{z}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z}_i)^2} \quad (\text{equação 1.6})$$

z_i ... valores observados

\hat{z}_i ... valores previstos pelo modelo

\bar{z}_i ... média dos valores observados

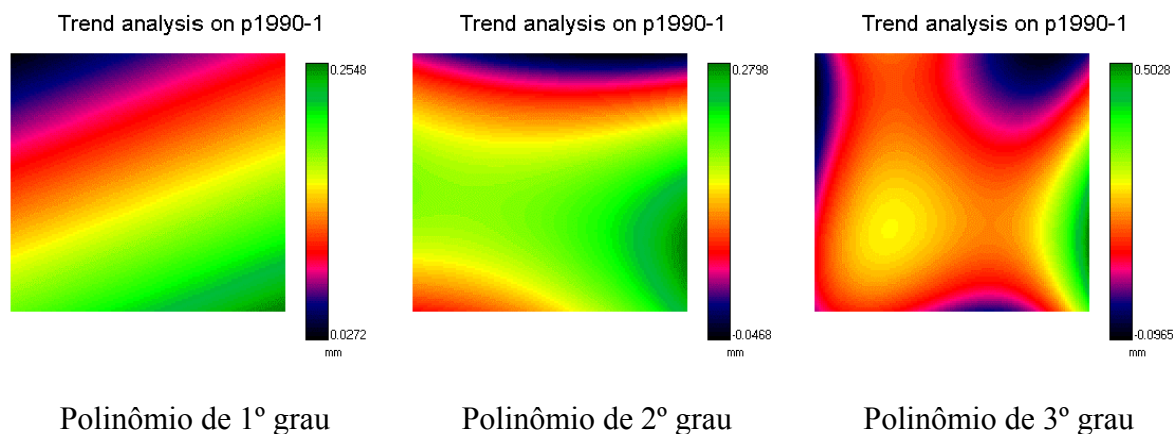


Figura 07 – Análise de Tendências - Exemplos de polinômios

Problemas associados à análise de tendências incluem:

- considerações de base estatística raramente se respeitam na prática;
- efeitos de fronteira muito severos ;
- um modelo polinomial produz uma superfície arredondada, o que é raro na maior parte das aplicações);

1.1.5.4. Programas de Simulação

Outras ferramentas utilizadas para previsão da poluição sonora são os softwares de simulação, a exemplo dos utilizados nos Estados Unidos e Europa, com bons resultados na predição desses níveis. O STAMINA, desenvolvido na Universidade do Tennessee, é um exemplo de programa de simulação de níveis de ruído produzido pelo tráfego de fluxo contínuo, utilizado pela FHWA – Federal Highway Administration dos Estados Unidos. Este programa não se presta bem para o estudo de tráfego com fluxo interrompido. A Universidade Central da Flórida, desenvolveu o Community Noise Model – CNM, um programa de simulação que considera as situações de tráfego contínuo ou interrompido para prever níveis de ruído.

O presente trabalho pretende simular indicadores da poluição sonora provocada pelo trânsito urbano no parque do Dique do Tororó, procurando mapear os níveis de poluição sonora, de forma a permitir a comparação com padrões máximos fixados para

as atividades existentes na área. Isto permitirá a identificação dos impactos da poluição sonora e a proposta de medidas atenuadoras deste impacto nos locais de atividades sensíveis a esta poluição.

2. JUSTIFICATIVA

Considerando que os níveis de ruído existentes no espaço urbano interferem diretamente na qualidade de vida, é pertinente a preocupação com os níveis de poluição sonora produzida pelo trânsito e que são resultado da evolução tecnológica a que estamos submetidos, dos processos automáticos e mecanizados que experimentamos ao longo do tempo.

Lima (1999) cita que a poluição de ruído é uma das mais recentes categorias de poluição ambiental reconhecida formalmente como uma ameaça genuína à saúde e ao bem estar dos humanos. O ruído afeta a saúde, e influencia no aumento das taxas de acidentes; a níveis altos, danifica a audição imediatamente, a níveis baixos pode haver uma deterioração progressiva.

As fontes de ruído mais citadas em pesquisas referidas por Lima (1999) são exatamente as produzidas pelo trânsito, o que aponta para a necessidade de tratamento específico para o tema.

O foco da nossa análise será um parque urbano por ser um ambiente intimamente ligado aos novos paradigmas do mundo moderno, quais sejam, saúde, qualidade ambiental e preservação, dentre outros. O fato de parques situarem-se dentro do perímetro urbano, muitas vezes incrustados no meio da agitação da cidade, os torna vulneráveis às ações negativas do progresso.

Vários são os fatores a serem levados em conta, quando falamos da poluição sonora, especialmente a produzida pelo trânsito, nesses ambientes: a grande quantidade de atividades de uso e ocupação do solo, a exemplo de museus, jardins, bares, restaurantes, áreas reservadas para shows, entre outras, são sensíveis à poluição sonora, e isso aponta para a necessidade de um estudo aprofundado com vistas ao estabelecimento de medidas de atenuação do ruído para a redução do impacto no meio ambiente. No caso do Dique do Tororó, este parque fica numa área próxima do centro da cidade e é o principal corredor de acesso ao Terminal da *Lapa*, principal terminal de ônibus urbano do município do Salvador. Adicionalmente, o parque situa-se numa área de uso misto, com uma população residente no entorno de aproximadamente 88.263 pessoas, de acordo com a CONDER (1996) e com uma grande frequência de pessoas que acorrem ao parque à procura dos serviços e oportunidades ali oferecidos, tais como, equipamentos de lazer, esportes, ginástica, pesca, parques infantis, contemplação. Para

que as condições ambientais sejam adequadas em locais dessa natureza, é necessário que sejam realizados diagnósticos periódicos e ações que visem o equacionamento dos problemas encontrados sejam realizadas. Esse projeto de pesquisa pretende fazer um levantamento da situação do parque do Dique do Tororó e das formas possíveis de atenuação desse problema, buscando ser mais um instrumento possível de ajuda na melhoria da qualidade ambiental.

2.1. Terminologia

Poluição Sonora – ruído provocado por veículos automotores quando se deslocando através dos logradouros públicos, ruídos estes geralmente decorrentes do atrito entre as rodas dos veículos e a via, do trabalhos dos motores e da descarga de gases, resultado da queima do combustível usado na propulsão desses motores.

Parques Urbanos – são áreas de vegetação, geralmente protegidas e mantidas pelo poder público, existentes dentro do perímetro urbano. Normalmente têm a função de manter o equilíbrio ambiental, além de proporcionar de alguma forma o contato do cidadão com áreas com as características descritas, como forma de melhorar a sua qualidade de vida.

Fontes Emissoras de Ruído – são as partes do veículo que podem produzir algum tipo de ruído e ainda a interação entre partes do veículo e a via.

Ruído de Fundo (“Background Noise”) - Nível mínimo de ruído presente em uma gravação, aparelho eletrônico, estúdios, auditórios. O ruído de fundo define o patamar da relação sinal/ruído.

3. METODOLOGIA

- 3.1. Revisão Bibliográfica: A revisão bibliográfica dará suporte ao desenvolvimento do trabalho, apontando as mais recentes pesquisas tecnológicas sobre redução de ruído produzido pelo trânsito, ferramentas de auxílio ao diagnóstico, e trabalhos e ações realizadas sobre o tema no país e no exterior;
- 3.2. Escolha, definição e zoneamento da área de estudo: A área a ser objeto de nossos estudos deverá obedecer aos critérios de (1) grande fluxo de pessoas, (2) intenso fluxo de veículos no seu entorno, (3) além da produção de ruído intenso na área; o seu zoneamento, incluindo os sistemas de informação existentes, como o da CONDER, permitirá a obtenção de informações que serão utilizadas em nossa análise;
- 3.3. Identificação das variáveis de interesse: as variáveis a serem levantadas em nossa pesquisa devem atender a todas as suas etapas. Para atender aos dados de entrada do programa de simulação relacionamos a seguir as variáveis de interesse:
- a) 1.Volume de tráfego(vph)
 - b) Velocidades de operação das vias envolvidas na pesquisa(km/h)
 - c) Altura do receptor (hipotético – simulação)(m)
 - d) Localização do receptor (m)
 - e) Tipo de superfície entre o receptor e a borda da via(macia ou dura)
 - f) Tempo de simulação (s)
 - g) Composição da frota
 - h) Temperatura média no dia da contagem (° C)
 - i) Umidade relativa do ar.
- 3.4. Definição dos fluxos de tráfego para contagem e classificação: Deverão ser analisadas as vias de tráfego do local escolhido, para definição dos pontos a serem levantados os volumes de tráfego juntamente com a sua classificação.
- 3.5. Definição dos pontos de medição de nível de ruído: Os pontos de coleta de ruído e medida de volume de tráfego com classificação da frota serão
-

selecionados em posições, levando-se em consideração as características listadas abaixo, por se tratarem de situações críticas:

- Próximos a semáforos;
- Em bifurcações ou convergências de vias;
- Em parada de ônibus.

Os pontos sugeridos apresentam características especiais por serem locais em que os veículos aumentam ou diminuem a velocidade, freiam, têm a rotação dos motores aumentada, ou o volume dos veículos aumenta. Por isso existe um aumento na produção de ruído por parte destes. Situações como estas são previstas pelo programa de simulação. Medições nestes pontos propiciarão comparação com os valores gerados nos processos de simulação.

- 3.6. Realização de medidas de fluxo de tráfego e nível de ruído: para isso, deverá ser feito: a) contagem do número total de veículos por intervalo de medida de nível de ruído, com caracterização da frota (ônibus, caminhões, veículos de passeio e motocicletas) nos dias típicos (terça-feira, quarta-feira, ou quinta-feira); b) medição dos níveis de ruído: médio, equivalente, L10, L50, L90, todos considerando a curva “A” (dB(A)) que filtra valores compatíveis com a sensibilidade auditiva humana; c) estimativa dos períodos de maior ocupação do parque;
- 3.7. Realização de simulação dos níveis de ruído: A partir das informações coletadas, alimentar o programa de simulação para obter um conjunto de indicadores de nível de poluição sonora na área;
- 3.8. Comparação dos valores medidos com os gerados no processo de simulação. Serão confrontados os valores obtidos através dos dois processos para definição da aplicabilidade do programa CNM 6.0 na nossa área de estudo, considerado os dados de entrada locais.

3.9. Uma vez confirmada a aplicabilidade do programa, será realizada nova contagem classificada de veículos. Desta vez os dados servirão para alimentar o programa de simulação, com o objetivo de obter-se um conjunto de indicadores de poluição sonora, capaz de representar o ruído da hora de pico matutina e vespertina de um dia típico (terça-feira, quarta-feira ou quinta-feira) na área de estudo.

3.10. Execução do programa de simulação, baseado nos dados levantados na última pesquisa realizada.

3.11. Georreferenciamento dos valores produzidos pelo programa e inclusão deste nível de informação no sistema de informação geográfica da área, considerando os seguintes níveis de informação gráfica:

- Limites das vias de circulação de veículos;
- Edificações existentes;
- Viadutos;
- Curvas de nível;
- Declividade;
- Mapeamento dos dispositivos de operação do tráfego encontrados, tais como faixa de pedestre, semáforos, radares.

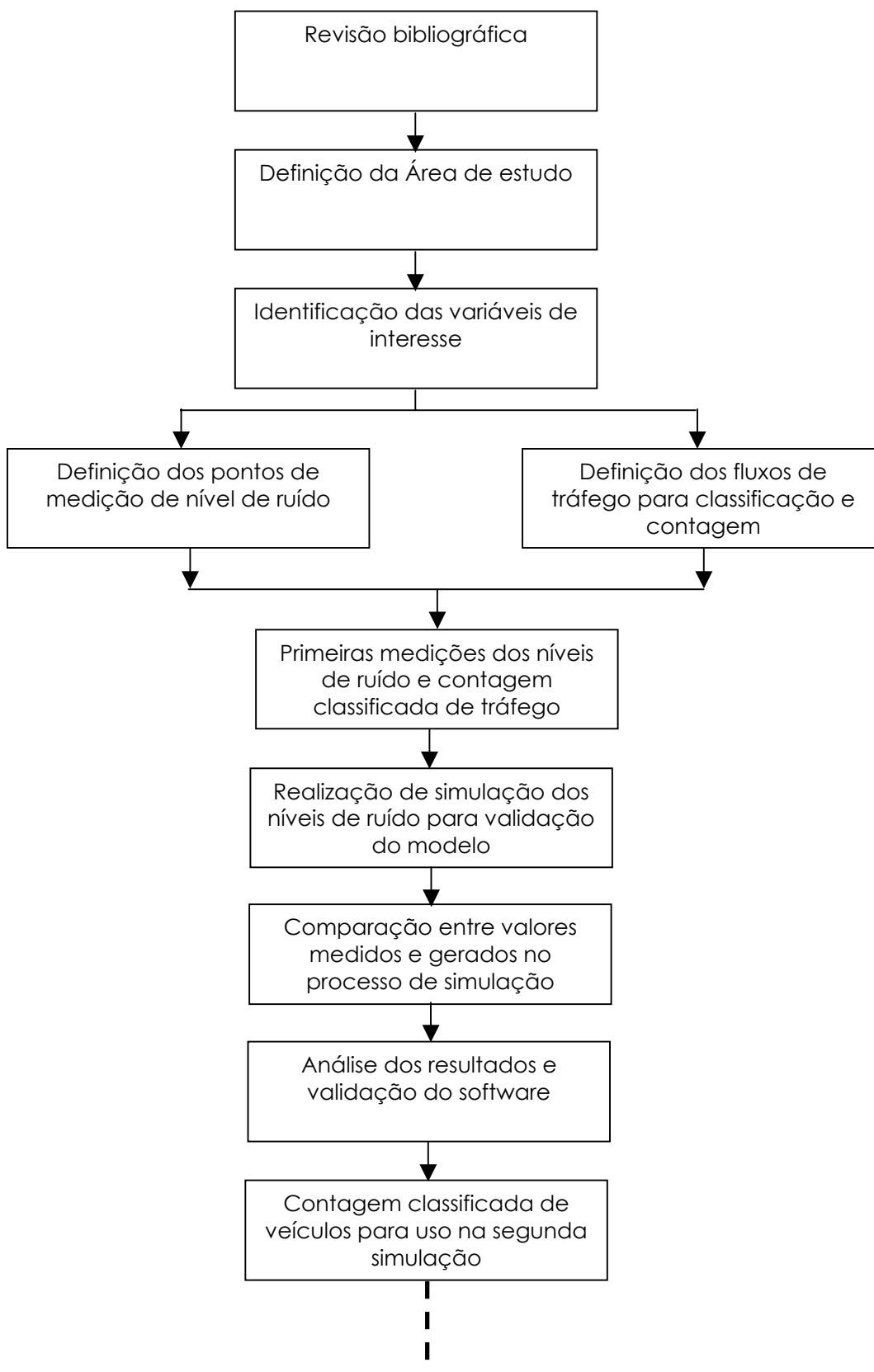
Operação espacial prevista com os dados disponíveis:

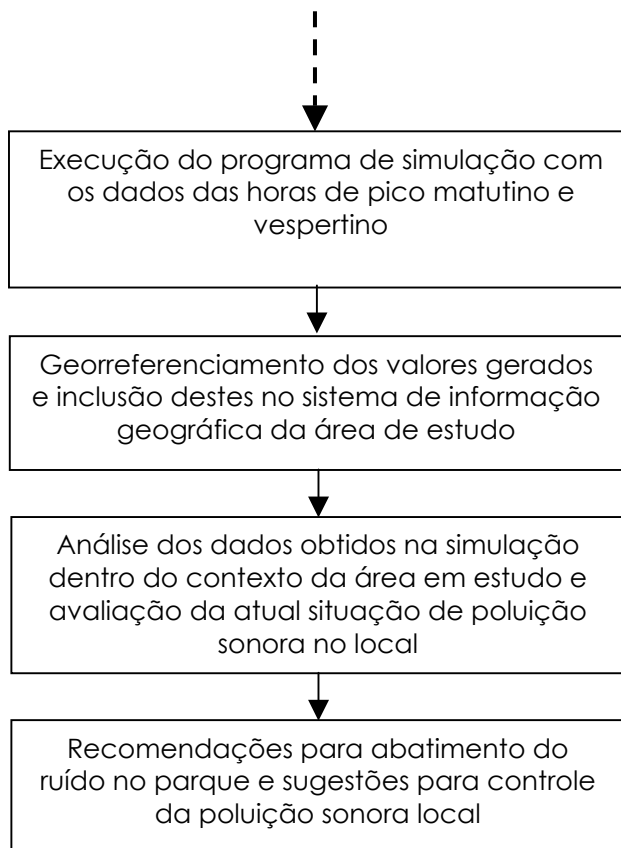
- Seleção das áreas onde a declividade esteja acima de valores previamente determinados, de forma a verificar a possibilidade de influência das altas declividades no aumento dos valores de ruídos encontrados nestas áreas;

3.12. Análise dos resultados encontrados e avaliação da situação da poluição sonora da área do parque.

- 3.13. Enumeração de um conjunto de sugestões possíveis para atenuação da poluição sonora na área, além de recomendação para abatimento e controle do ruído na parque urbano.

Figura 08 - Fluxograma da Metodologia de Trabalho





4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

4.1. Caracterização Da Área De Estudo.

A palavra *parque*, que segundo Aurélio(2000) significa primariamente “Bosque cercado onde há caça ou uma extensão de terreno arborizada e fechada que circunda uma propriedade, ou a ela está anexa:” tem na atualidade vários outros significados a ela associada; contudo o significado que melhor caracteriza o parque objeto do nosso estudo é aquele que define parque como sendo uma região natural de um país ou de uma região posta pelo governo sob sua proteção legal a fim de preservar sua fisiografia, flora e fauna ou área natural demarcada pelo governo, que a põe sob sua proteção a fim de conservar sua flora, fauna e belezas cênicas naturais, podendo abrigar atividades humanas que tenham objetivos educacionais, recreativos e científicos.

O parque urbano escolhido para realização da nossa pesquisa foi o Parque do Dique do Tororó. Uma área plana, localizada no Vale do Tororó, limitado por um lado pela Avenida Vasco da Gama e pelo outro pela avenida Presidente Costa e Silva (Avenida Vale do Tororó). Com ocupação habitacional densa, e pequeno comércio local à margem do dique do Tororó, no sentido Vasco da Gama – Fonte Nova. A margem oposta, no sentido Fonte-Nova - Barris, conta com um número restrito de edificações residenciais, existindo um órgão municipal e uma área plana, cimentada, onde ocorrem eventos ligados ao carnaval. Deste lado do lago, na calçada oposta à sua margem, o terreno é íngreme e a sua cota ultrapassa em alguns casos o valor de 30 (trinta) metros.

O Dique do Tororó, indicado na figura 9, tem cerca de 110 mil metros quadrados de espelho d'água, e sua construção data do século XVII, durante a invasão holandesa (1624), em seguimento ao projeto de fortificação de Salvador. O dique tinha por finalidade represar o Rio Lucaia, criando um obstáculo aquático à penetração dos portugueses pelo lado leste da cidade. A obra hidráulica, em que eram especialistas os holandeses, possibilitou a inundação do extenso vale que hoje abriga boa parte do centro da capital, tornando-o inacessível.



Figura 09 – Parque do Dique do Tororó

A escolha por um parque, e especialmente do Parque do Dique do Tororó, como objeto da aplicação dos nossos estudos se deu pela necessidade de medir o nível de poluição sonora num ambiente onde as variáveis ambientais, tais como qualidade do ar, qualidade da água, coleta e varrição de resíduos, nível de ruído, etc., normalmente deveriam ser encontrados em níveis considerados satisfatórios para a permanência do homem, pelos organismos que monitoram a qualidade ambiental no meio urbano. Pela proximidade do parque selecionado ao centro da cidade, supõe-se que alguns destes itens, senão todos estão fora das especificações mínimas admitidas pelos órgãos de saúde.

O parque do Dique do Tororó se situa entre as Zonas de Concentração de Uso – ZR 06 NAZARÉ/BARBALHO e ZR 07 – BROTAS, ambas na Região Administrativa Municipal 01 – CENTRO. É uma área classificada segundo a Lei de Ordenamento do Uso e Ocupação do Solo do Município – LOUOS, como sendo Área Verde, de acordo com a Lei 3289/83P1 - DIQUE DO TORORÓ - Art. 110; Item I-7 e o Decreto 4756/75 - Área de Domínio Público 17 ADP.

4.2. Apresentação do Software a Ser Utilizado na Pesquisa

O software selecionado para executar as simulações na área de estudo foi o CNM –Community Noise Model, graças a um convênio firmado entre o Departamento de Transportes da Escola Politécnica da Ufba e a UCF – University of Central Florida, no Estados Unidos, produtora do referido programa. A universidade cedeu uma cópia ao CETRAMA – Centro de Estudos de Transporte e Meio Ambiente, desta escola, além de manter os seus pesquisadores em contato contínuo conosco dando-nos o suporte necessário.

Segundo MacDonald (2002), O CNM é um software capaz de simular a maioria das fontes de ruído do ambiente urbano, especialmente aquelas oriundas do trânsito, os veículos automotores (fontes móveis), quer seja em movimento constante, quer seja em aceleração/desaceleração ou “em ponto morto”; considerando cada fonte independentemente e indicando o ruído equivalente gerado pelo conjunto das fontes interagentes em pontos onde se encontram os receptores do ruído produzido. O programa é capaz de simular também fontes pontuais estacionárias, ao longo das vias. É possível montar cenários diversos com o uso das ferramentas disponíveis no programa: como a existência de relevo acidentado, curvas de nível, depressões, barreiras físicas, dentre outros. Também é possível representar a existência de semáforos ao longo das vias de tráfego. O programa considera os tempos de mudança de estado do semáforo, para a partir disso calcular os tempos de aceleração/desaceleração dos veículos, formação de fila, tempo de reação dos motoristas, etc. O programa usa o conceito de intervalos discretos de tempo e alteração da posição da fonte de ruído e dos atributos a cada intervalo de tempo. Como os efeitos da propagação dependem da posição da fonte e do receptor, é necessário que cada termo seja considerado em cada intervalo de tempo. Ao fim do processo de simulação, quando cada fonte tem sua posição alterada e computados os níveis de ruído produzido por cada uma delas juntamente com os termos de atenuação, a contribuição da energia total é computada para cada receptor. Esse processo ocorre a cada intervalo de tempo da simulação.

De acordo com MacDonald (2002), O CCNM computa o nível de referência para cada fonte e seu termo de propagação geométrica, que é baseada na distância da referida fonte ao receptor. Se o ruído produzido pela fonte no receptor for 10dB menor

que o ruído de fundo, esta fonte é desprezada, e desse modo reduz-se a quantidade de cálculos cujos resultados para o contexto serão pouco significativos.

O ruído calculado no receptor depende de vários fatores: (1) o ruído de referência da(s) fonte(s) produtora(s) do ruído, (2) da atenuação do ruído devido aos efeitos meteorológicos, devido à interação como o solo, devido aos efeitos de difração, devido à geomorfologia do local e linhas de construção e devido à divergência (propagação geométrica).

$$L = L_o + A_s + A_m + A_g + A_d + A_{row} \quad (\text{equação 4.1})$$

L = Ruído medido no receptor

L_o = Ruído de referência

A_s = Atenuação devido à divergência (propagação geométrica)

A_m = Atenuação devido a efeitos meteorológicos

A_g = Atenuação devido à interação com o solo

A_d = Atenuação devido a efeitos de difração

A_{row} = Atenuação devido às linhas de construção

O programa considera, para o cálculo da A_g, o tipo de solo existente entre a fonte geradora do ruído e o receptor. Ele classifica-o como duro ou flexível e franqueia ao usuário a opção do algoritmo a ser usado para o cálculo desta atenuação: É possível selecionar o tipo de superfície de solo flexível usando o algoritmo padrão ISO 9613:2 ou o Ground Impedance Based Algorithm que modela as interações das ondas sonoras diretas e refletidas emitidas de alguma fonte.

O CCNM procura por objetos difratários que interceptem a linha entre a fonte e o receptor. Se o programa detecta barreiras ou curvas de nível, ele computa o termo de difração de acordo com o Algoritmo de Kurze e Anderson. Se mais que um objeto difratário é detectado, os objetos são classificados de acordo com o número de Fresnel (diferença do comprimento do caminho) e os dois objetos mais acima são usados no algoritmo de dupla difração por Foss.

Efeitos adicionais originários da meteorologia e linhas de construção são também incluídos e finalmente o ruído no receptor baseado numa única fonte é computado. Este processo é repetido para todas as fontes e receptores a cada intervalo de tempo.

O módulo de propagação contém todos os algoritmos acústicos (MacDonald, 2002), incluindo aqueles usados pela propagação geométrica, efeitos de solo, difração e refração. Isso inclui todos os cálculos geométricos necessários para determinar os ângulos de incidência corretos das ondas sonoras refletidas e as diferenças dos comprimentos dos caminhos das ondas difratadas. O módulo de propagação requer que cada fonte tenha um nível e uma distância de referência antes dos cálculos da propagação geométrica. Isso permite que fontes diferentes com distâncias de referência diferentes possam ser modeladas juntas.

O CNM modela situações de fluxo interrompido, onde cada veículo interage com outro veículo de uma forma complexa. Esses relacionamentos inter-veículos não têm uma simples descrição matemática e não são deterministas. Existem dinâmicas que ocorrem no tráfego que agem para minimizar comprimentos de filas e pesquisar velocidades de faixa desejadas. Por causa dessas situações, o CCNM contém algoritmos que controlam o movimento de veículos individuais e tomam decisões baseados nas ações de outros veículos presentes na simulação. O CNM é um modelo sequencial, os veículos se movem um por vez e existe um efeito de reação em cadeia das decisões dos veículos. Uma das desvantagens desta aplicação é que decisões que ocorrem dentro de um intervalo de tempo, um segundo por exemplo, têm que esperar até o próximo intervalo.

4.3. Validação do programa CNM 6.0. para Predição da Poluição Sonora

A documentação que acompanha o software descreve de forma exaustiva os testes realizados para validação do programa. Foram realizados testes em vias de fluxo ininterrupto / auto-estradas, em vias com fluxo interrompido / interseções, locais com barreiras e com efeitos de refração. Ao todo foram selecionados trinta locais para execução dos testes, incluindo trilhos de trem.

Nesses teste os níveis sonoros foram medidos com o equipamento Metrosonics dB308 sound level analyzers e Ivie IE30A 1/3 octave band analyzers para medir os níveis de pressão sonora de 1/3 de oitavo de banda e aqueles com peso na faixa "A". Os microfones e analisadores foram calibrados antes e depois de cada teste, sempre seguindo as normas da FHWA.

Para a aplicação do programa na nossa área de estudo, foram realizados testes para observação do comportamento do programa Community Noise Model 6.0. A intenção era, então, validar a utilização do programa na nossa área de estudo, ou seja num lugar fora do território Norte-americano. Foram seleccionados seis pontos ao longo do Parque do Dique do Tororó, que é nossa área de interesse, e nesses pontos foram efetuadas medidas de intensidade de ruído, concomitantemente com contagem classificada de veículos por faixa de tráfego. A figura 10 mostra a área do parque com a indicação dos pontos onde foram efetuadas as medições do tráfego.

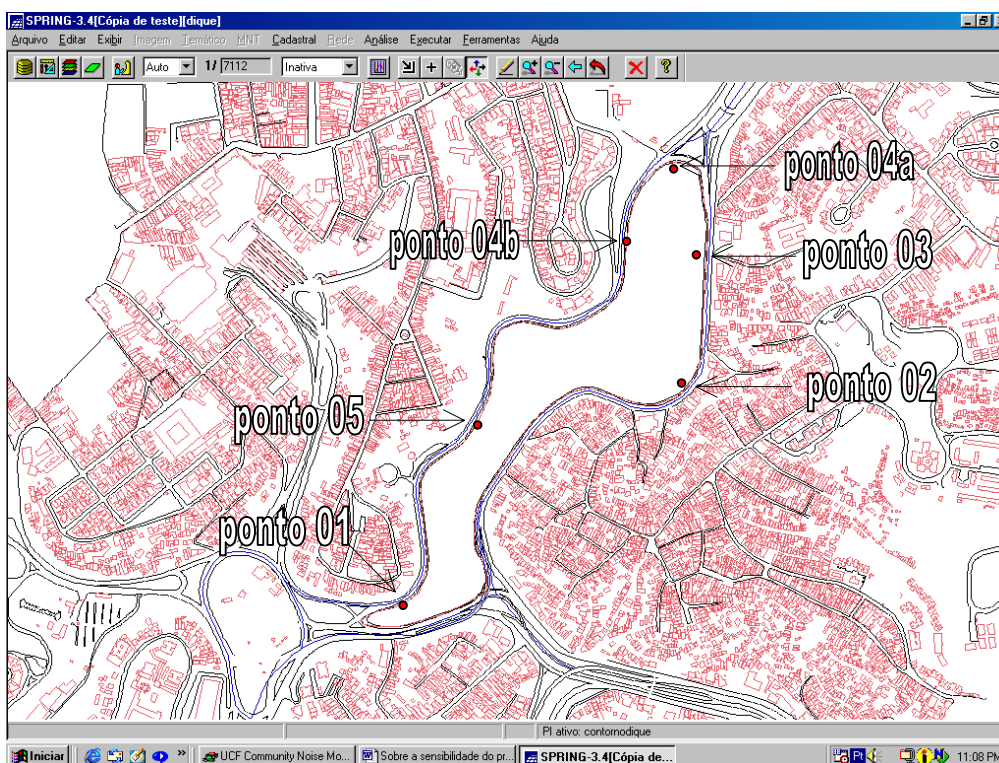


Figura 10 – Níveis gráficos de Informação da Área do Parque: Vias de circulação viária, edificações particulares, com indicação dos pontos de medição de ruído para validação do Modelo.

A seguir é feita uma descrição dos pontos de medição de ruído, apresentando as suas características e eventuais peculiaridades.

Os pontos 1, 2, 3, 4b, e 5 estão todos dispostos no mesmo nível da via de circulação dos veículos, enquanto que o ponto 4a está em desnível de cerca de -3 metros. Em todas as medições efetuadas o decibelímetro (receptor) encontrava-se a uma altura de 1,5m com relação ao solo. O ponto 3 encontra-se em trechos da via que apresentam aspecto mais retilíneo que os demais, que estão em trechos curvilíneos.

Ainda com relação aos pontos 2 e 3, estes pontos estão numa região cuja topografia apresenta-se com menos declives e mais edificações em seu entorno. Os pontos 1, 4a, 4b, e 5 estão próximos de regiões com declividade acentuada, formando paredões nas suas proximidades. A contagem classificada de veículos levou em consideração veículos de passeio, ônibus, caminhões leves (dois eixos), caminhões pesados (três eixos), além de motocicletas. Cada contagem durou 15 minutos, e foi feita simultaneamente à medição do ruído com decibelímetro, cada uma. Todas as medições foram efetuadas em dia típicos (terça-feira, quarta-feira, ou quinta-feira), entre 7:30 e 9:30h.

Para execução do programa de simulação foram informados os seguintes dados de entrada:

1. Temperatura;
2. Umidade relativa do ar;
3. Composição e volume de veículos por faixa de tráfego;
4. Velocidades de operação das vias envolvidas na pesquisa;
5. Posição dos receptores e suas respectivas alturas com relação ao solo;
6. Algoritmo de atenuação do ruído;
7. Tipo de solo entre o receptor e a fonte de ruído;
8. Indicação das linhas de construção existentes;
9. Indicação das barreiras naturais existentes (curvas de nível);
10. Posição dos semáforos existentes e seus tempos de fase;
11. Traçados das vias de circulação dos veículos;

Na figura 11 é exibido o cenário montado para realização das simulações no entorno do Dique do Tororó:

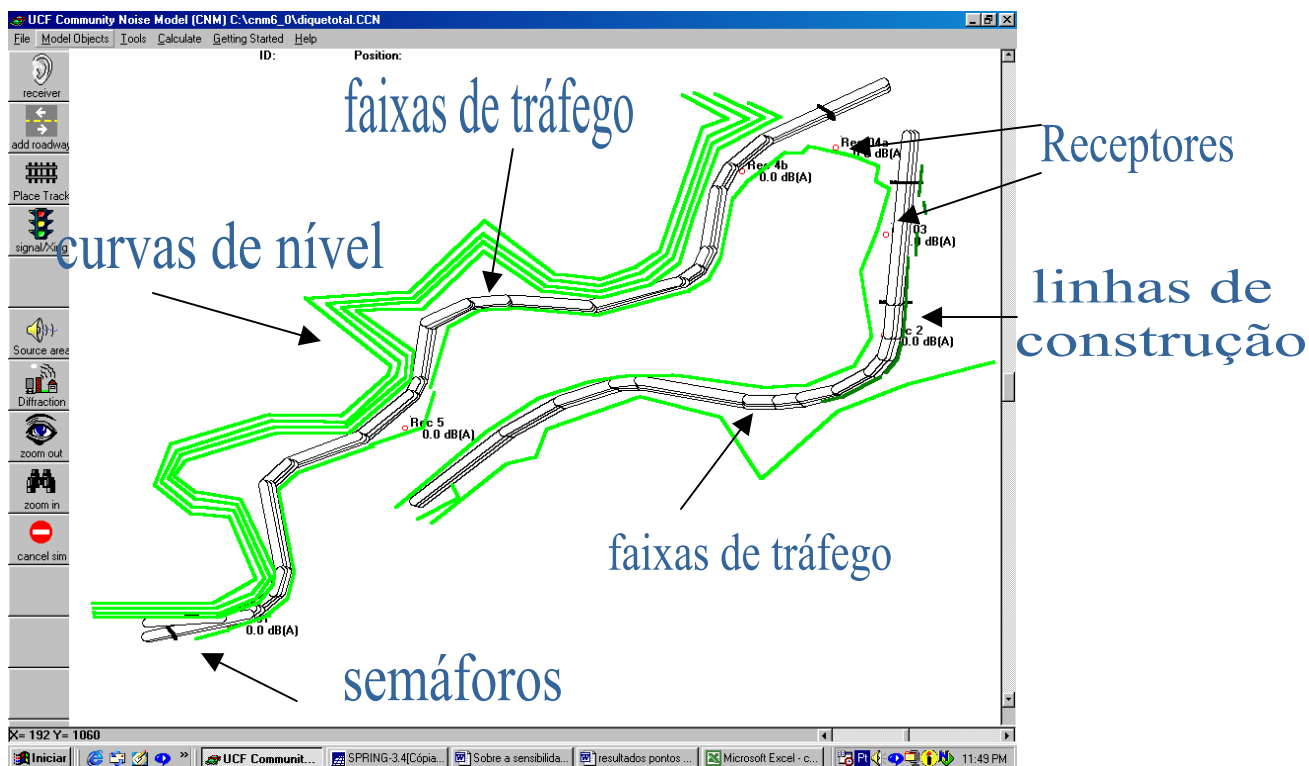


Figura 11 – Cenário montado, com recursos do Programa de Simulação, da Área do Parque do Dique do Tororó.

Os retângulos com contornos pretos representam as faixas de tráfego, enquanto as linhas em verde-claro representam as curvas de nível, ao longo da área do parque urbano. As linhas em verde-escuro são as “linhas de construção”. Os pontos em vermelho são as posições dos receptores, e os traços transversais em alguns pontos das faixas de tráfego representam os semáforos existentes na via.

Foram usados alguns artifícios para a construção do cenário apresentado acima. O programa CNM 6.0 não é um programa georreferenciado, ou seja, não é possível amarrar os elementos que compõem o cenário às coordenadas de mundo real; por isso fizemos o transporte das coordenadas para um sistema local próprio. Como estávamos trabalhando com o sistema de coordenadas UTM, na transformação, mantivemos a relação de distância entre os elementos. Os trechos de curva foram representados como uma sucessão de pequenos trechos de segmentos de reta que configuram uma locação por intermédio de cordas como se procede no projeto geométrico de rodovias, sendo que o fluxo de veículos é repetido para cada trecho em seqüência, representante da via.

A seguir, na tabela 01 são apresentados os resultados das medições de ruído efetuadas nos referidos pontos, e os resultados das simulações realizadas:

1. Medidas efetuadas com decibelímetro nos seis pontos:

Ponto 01						
	L _{eq}	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀	L _{max}	L _{min}
	72,5	74,5	70,0	67,5	90,8	64,9
Ponto 02						
	L _{eq}	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀	L _{max}	L _{min}
	72,8	75,5	72,0	67,0	85,9	56,6
Ponto 03						
	L _{eq}	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀	L _{max}	L _{min}
	69,9	72,0	69,0	65,5	80,1	59,8
Ponto 04 ^a						
	L _{eq}	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀	L _{max}	L _{min}
	62,5	64,5	62,0	59,0	69,0	54,4
Ponto 04b						
	L _{eq}	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀	L _{max}	L _{min}
	74,0	77,0	73,0	60,0	86,1	53,1
Ponto 05						
	L _{eq}	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀	L _{max}	L _{min}
	65,7	68,0	64,5	61,5	75,7	59,2

Tabela 01 – Valores medidos Com decibelímetro nos pontos de medição de níveis de poluição sonora.

Nas tabelas 02, 03, 04, 05 e 06, são apresentados os resultados das simulações realizadas nos pontos descritos anteriormente. As unidades de medida estão segundo o sistema internacional de medidas, e o passo, intervalo de tempo utilizado pelo programa para computar os valores de acordo com as interações com os outros elementos envolvidos na simulação, utilizado para computação do dado foi de 0,5 segundos. O programa foi executado várias vezes, variando-se alguns valores das variáveis de entrada afim de verificar a sensibilidade do programa à variação dos dados de entrada.

Ponto 01 – fim do dique/em direção à estação da lapa

Recvr	Desvio absoluto (valor medido)	Leq	Lmax	L10	L50	L90	L99
01	72.5-73.4=0.9	73.4	86.1	82.8	68	63.9	58.6
Units are SI: Timestep = 0.5 seconds; L _{fundo} : 64,9 dB(A); Temperatura: 28°; Umidade: 75%; Solo hard							
01	72.5-75.6=3.1	75.6	88.7	88.8	70.7	62.5	55.1

Units are SI: Timestep = 0.5 seconds; L _{fundo} : 64,9 dB(A); Temperatura: 28°; Umidade: 75%; Solo hard							
01	72.5-72.5=0.0	72.5	87.1	81.0	67.4	63.9	59.2
Units are SI: Timestep = 0.5 seconds; L _{fundo} : 64,9 dB(A); Temperatura: 28°; Umidade: 75%; Solo hard Algoritmo de solo : iso9613 part 2							
01	72.5-73.7=1.2	73.7	87.5	83.3	68	64.1	58.7
Units are SI: Timestep = 0.5 seconds; L _{fundo} : 64,9 dB(A); Temperatura: 28°; Umidade: 75%; Solo hard Algoritmo de solo : complex impedance							
01	72.5-72.14=0.4	72.1	87.2	80.4	67.2	63.8	59.1
Units are SI: Timestep = 0.5 seconds; L _{fundo} : 64,9 dB(A); Temperatura: 28°; Umidade: 75%; Solo hard							
01	72.5-72.7=0.2	72.7	85.6	81.6	67.6	63.8	58.8
Units are SI: Timestep = 0.5 seconds; L _{fundo} : 64,9 dB(A); Temperatura: 25°; Umidade: 50%; Solo hard							
01	72.5-71.6=0.9	71.6	86.6	79.5	66.8	63.8	59.4
Units are SI: Timestep = 0.5 seconds; L _{fundo} : 64,9 dB(A); Temperatura: 28°; Umidade: 75%; Solo hard							

Tabela 02 – Valores produzidos pelo programa de simulação de níveis de poluição sonora no Ponto 01.

Neste ponto os valores de desvio absoluto não ultrapassaram o valor de 1.0 dB(A). Ficando o melhor resultado, 0.0 dB(A), para a situação em que se utilizou o algoritmo de impedância ISO 9613 part 2. Foi feito também teste de sensibilidade à variação da temperatura média informada e umidade relativa do ar. A variação do valor de L_{eq} em torno do valor medido, mostrado no Gráfico 01, foi no máximo de 0.4 dB(A).

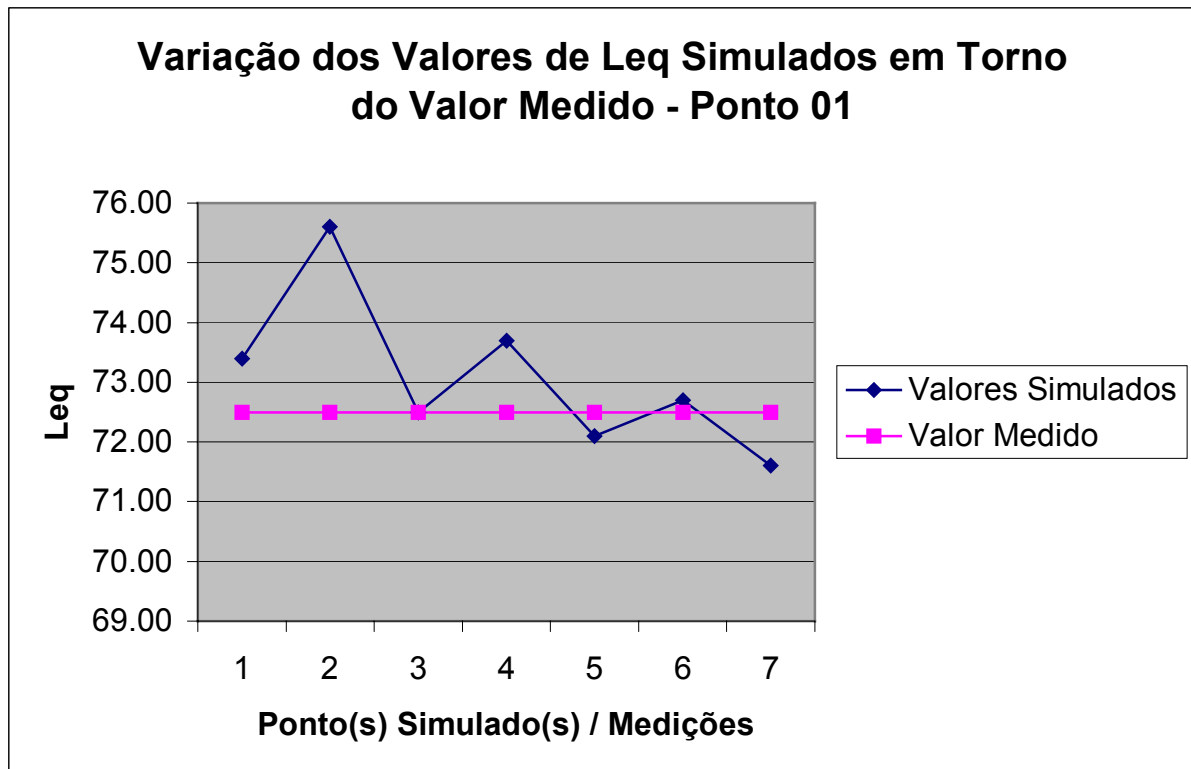


Gráfico 01 – Valores de Leq simulados em torno do valor medido – Ponto 01

Ponto 02 – Próximo à Usina do Dique

Recvr	Desvio absoluto (valor medido)	Leq	Lmax	L10	L50	L90	L99
02	72.8-73.3=0.5	73.3	88.5	87.2	66.4	59.3	51.6
Units are SI: Timestep = 0.5 seconds; L _{fundo} : 64,9 dB(A); Temperatura: 28°; Umidade: 75%; Solo hard							
02	72.5-75.6=3.1	75.6	88.7	88.8	70.7	62.5	55.1
Units are SI: Timestep = 0.5 seconds; L _{fundo} : 64,9 dB(A); Temperatura: 28°; Umidade: 75%; Solo hard							
02	72.5-72.5=0.0	72.5	87.1	81.0	67.4	63.9	59.2
Units are SI: Timestep = 0.5 seconds; L _{fundo} : 64,9 dB(A); Temperatura: 28°; Umidade: 75%; Solo hard							
Algoritmo de solo : iso9613 part 2							
02	72.5-73.7=1.2	73.7	87.5	83.3	68	64.1	58.7
Units are SI: Timestep = 0.5 seconds; L _{fundo} : 64,9 dB(A); Temperatura: 28°; Umidade: 75%; Solo hard							
Algoritmo de solo : complex impedance							
02	72.5-72.14=0.4	72.1	87.2	80.4	67.2	63.8	59.1
Units are SI: Timestep = 0.5 seconds; L _{fundo} : 64,9 dB(A); Temperatura: 28°; Umidade: 75%; Solo hard							
02	72.5-72.7=0.2	72.7	85.6	81.6	67.6	63.8	58.8

Units are SI: Timestep = 0.5 seconds; L_{fundo} : 64,9 dB(A); Temperatura: 25°; Umidade: 50%; Solo hard							
02	72.5-71.6=0.9	71.6	86.6	79.5	66.8	63.8	59.4
Units are SI: Timestep = 0.5 seconds; L_{fundo} : 64,9 dB(A); Temperatura: 28°; Umidade: 75%; Solo hard							

Tabela 03 – Valores produzidos pelo programa de simulação de níveis de poluição sonora no Ponto 02.

Neste ponto os valores obtidos da simulação apresentam-se próximos do valor medido. O valor máximo de desvio absoluto com relação ao valor medido foi de 1.0 dB(A), Gráfico 02, e o melhor valor de Leq foi obtido quando se informou que o solo entre o receptor e a fonte dos dados era macio (soft) (o software define como solo duro (hard), aquele construído de concreto armado, cimento, asfalto ou similar; solo macio é aquele constituído grama ou terra. Este dado é um parâmetro de entrada do sistema para execução da rotina de simulação) o valor do desvio absoluto foi 0.2 dB(A). Este ponto de medida encontra-se próximo a uma curva, e tem depois das faixas de tráfego, uma barreira de construção.

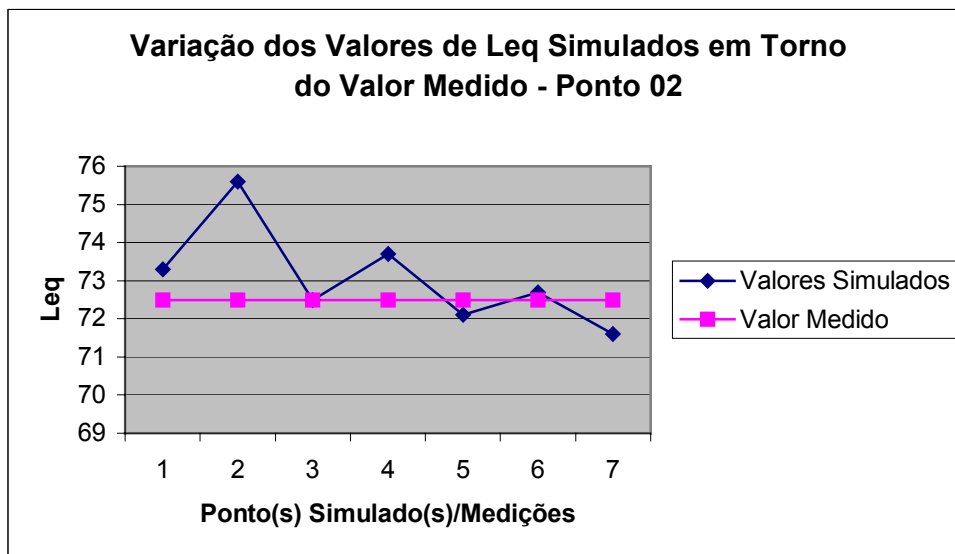


Gráfico 02 – Valores de Leq simulados em torno do valor medido – Ponto 02

Ponto 3 – no final do dique, sentido fonte-nova

Recvr	Desvio absoluto (valor medido)	Leq	Lmax	L10	L50	L90	L99
rec 03	69.9-70.0=0.1	70	81.3	80.9	63.7	59	52.8

Units are SI Timestep = 0.5 seconds L_{fundo} : 59.8 dB(A) Temperatura: 28° Umidade: 75% Solo hard							
rec 03	69.9-70.8=0.9	70.8	80.5	82.4	64.4	59.1	52.6
Units are SI Timestep = 0.5 seconds L_{fundo} : 59.8 dB(A) Temperatura: 28° Umidade: 75% Solo hard Algoritmo: iso9613 part 2							
rec 03	69.9-69.7=0.2	69.7	81.2	80.4	63.3	59	53.1
Units are SI Timestep = 0.5 seconds L_{fundo} : 59.8 dB(A) Temperatura: 25° Umidade: 75% Solo hard							
rec 03	69.9-70.1=0.2	70.1	81.2	81.1	63.8	59	52.9
Units are SI Timestep = 0.5 seconds L_{fundo} : 59.8 dB(A) Temperatura: 28° Umidade: 50% Solo hard							
rec 03	69.9-69.6=0.3	69.6	81.7	80.3	63.3	59	53.1
Units are SI Timestep = 0.5 seconds L_{fundo} : 59.8 dB(A) Temperatura: 28° Umidade: 75% Solo soft							

Tabela 04 – Valores produzidos pelo programa de simulação de níveis de poluição sonora no Ponto 03.

Neste caso a simulação gerou valores de L_{eq} bastante próximos do valor medido com o decibelímetro, conforme mostra o gráfico 03.

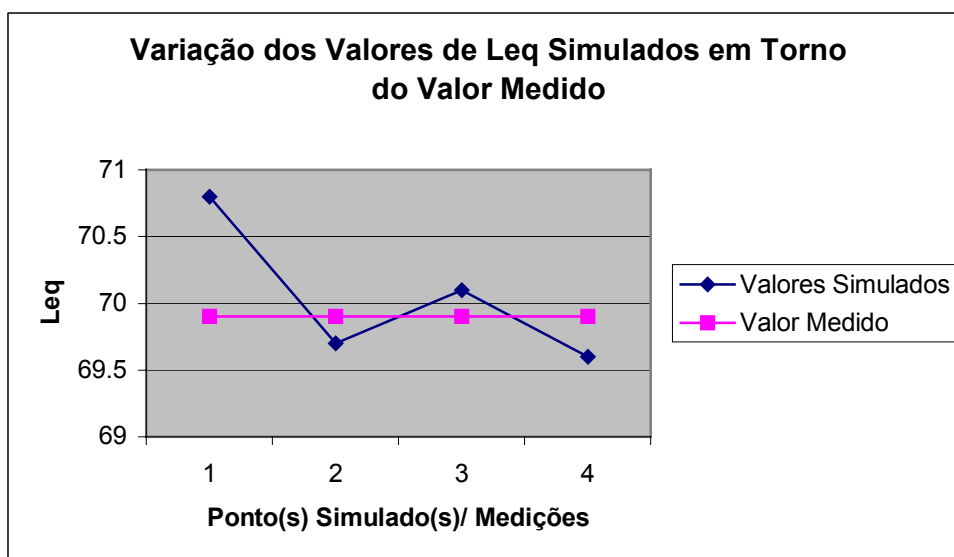


Gráfico 03 – Valores de L_{eq} simulados em torno do valor medido – Ponto 03

O valor máximo do desvio absoluto foi de 0.9 dB(A), e o valor mínimo foi 0.1 dB(A) obtido com solo duro entre o receptor e a fonte de ruído, sem algoritmo de atenuação de ruído.

Este ponto encontra-se num trecho retilíneo da via e o ponto de medida está entre dois semáforos, sendo influenciado pela formação de fila, devido aos tempos de fase dos referidos semáforos.

Ponto4a –na cabeceira do dique e ponto 4B - próximo da confluência – Jardim Baiano – dique

Recvr	Desvio absoluto (valor medido)	Leq	Lmax	L10	L50	L90	L99
Rec 4a	62.5-62.2=0.3	62.2	77.5	71.1	57.6	53.3	48.3
Rec 4b	74.0-74.9= 0.9	74.9	85.2	89.9	69.6	59.8	51.4
Units are SI Timestep = 0.5 seconds L _{fundo} : 54.4 e 53.1 dB(A) Temperatura: 28° Umidade: 75% Solo hard							
Rec 4a	62.5-57.6=4.9	57.6	68.2	62.8	56.1	52.4	49.5
Rec 4b	74.0-74.7= 0.7	74.7	86.0	90.3	68.9	59.1	50.4
Units are SI Timestep = 0.5 L _{fundo} : 54.4 / 53.1 dB(A) Temperatura: 28° Umidade: 75% Solo soft(4a) hard (4b) Algoritmo: iso9613 part 2							
Rec 4a	62.5-62.1=0.4	62.1	77.6	71.1	57.7	53.1	48.1
Rec 4b	74.0-74.8= 0.8	74.8	86.0	90.1	69.5	59.6	51
Units are SI Timestep = 0.5 L _{fundo} : 54.4 / 53.1 dB(A) Temperatura: 28° Umidade: 75% Solo hard(4a) hard (4b) Algoritmo: complex impedance							

Tabela 05 – Valores produzidos pelo programa de simulação de níveis de poluição sonora nos Pontos 04a e 04b.

Os gráficos 04 e 05 mostram os comportamentos dos valores simulados em torno dos valores medidos para estes pontos.

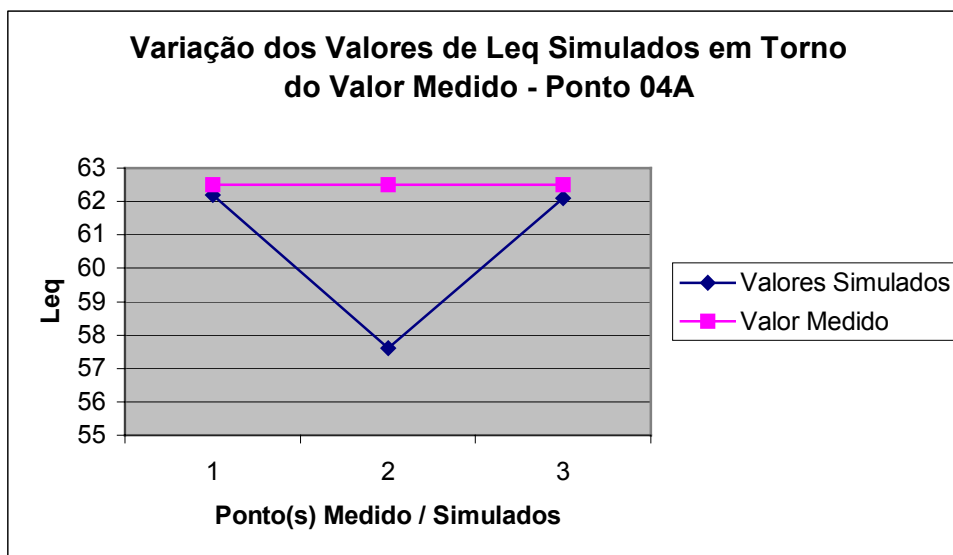


Gráfico 04 – Valores de Leq simulados em torno do valor medido – Ponto 04a

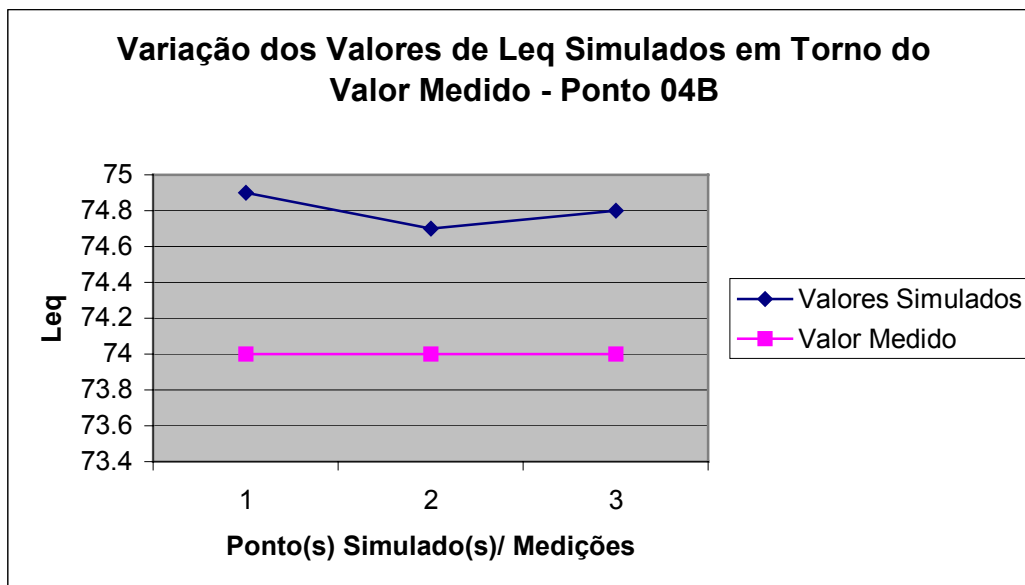


Gráfico 05 – Valores de Leq simulados em torno do valor medido – Ponto 04b

No ponto 4b, os valores de desvio absoluto estiveram dentro da faixa de 0.9 dB(A), sendo o menor desvio encontrado, 0.7 dB(A), quando aplicou-se o algoritmo de impedância ISO 9613 part 2. O ponto 4b encontra-se no mesmo nível da via, com o solo entre este e a fonte de ruído (tráfego) considerado duro (piso de cimento – passeio), tendo do outro lado das faixas de tráfego, um trecho em desnível com a via formando um paredão.

Ponto 05 – Nos Orixás em Terra – sentido Lapa

Recvr	Desvio absoluto (valor medido)	Leq	Lmax	L10	L50	L90	L99
Rec 5	65.7-62.9=2.8	62.9	74.5	68.5	60.3	57.2	54.1
Units are SI Timestep = 0.5 seconds L _{fundo} : 59.2 dB(A) Temperatura: 28° Umidade: 75% Solo hard Algoritmo: iso 9613 part 2							
Rec 5	65.7-63.0=2.7	63	74.0	68.8	60.4	57.2	54
Units are SI Timestep = 0.5 seconds L _{fundo} : 59.2 dB(A) Temperatura: 28° Umidade: 75% Solo hard Algoritmo: complex impedance							
Rec 5	65.7-63.2=2.5	63.2	74.4	69.2	60.4	57.2	53.9
Units are SI Timestep = 0.5 seconds L _{fundo} : 59.2 dB(A) Temperatura: 28° Umidade: 75% Solo soft							
Rec 5	65.7-63.4=2.3	63.4	74.6	69.6	60.5	57.3	53.8
Units are SI Timestep = 0.5 seconds L _{fundo} : 59.2 dB(A) Temperatura: 28° Umidade: 75% Solo hard							

Tabela 06 – Valores produzidos pelo programa de simulação de níveis de poluição sonora no Ponto 05.

Os valores de desvio encontrados neste ponto estão todos em torno de 2 dB(A) como pode ser observado no gráfico 06.

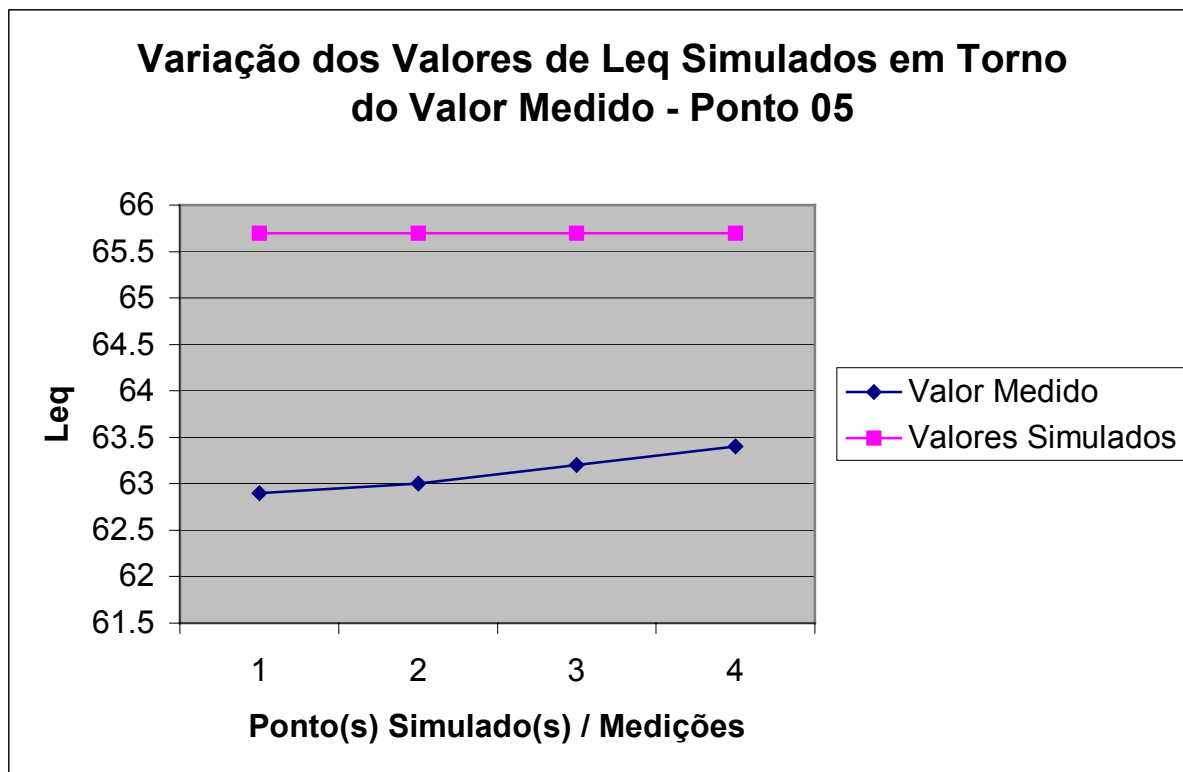


Gráfico 06 – Valores de Leq simulados em torno do valor medido – Ponto 05

Algumas considerações são feitas com relação a este ponto. O valor do ruído de fundo informado está próximo do valor de L_{eq} obtido para a via. O ruído gerado naquele ponto sofre influência de outra via de grande circulação de veículos (trecho na margem oposta do Dique, no sentido Vasco da Gama – Fonte Nova), onde não foram considerados os veículos que por ali passaram no momento da medição. As situações descritas, supõe-se, alteraram o valor de L_{eq} encontrado para aquele ponto. O ponto de medida está em frente a um paredão de cerca de 15 metros e o solo entre este e a fonte de ruído é considerado duro (solos considerados duros – asfalto, concreto armado).

4.3.1. Análise de Sensibilidade do Programa CNM 6.0 para a Área do Dique

Foram realizados vários testes para avaliar a sensibilidade do programa com variáveis representativas da realidade local. Um dos problemas encontradas inicialmente

foi a dificuldade de desenhar trechos curvos de via. O programa CNM 6.0 não tem uma ferramenta específica para a representação de linhas curvas e a representação destas em segmentos curvos das vias deve ser feita através de pequenas cordas, como se faz na locação de rodovias.

Para a representação dos trechos de curva optou-se por representa-los como uma sucessão de pequenas retas. Algumas suposições foram feitas sobre a validade deste artifício da representação de tal traçado. Uma das dúvidas seria a possibilidade do programa de simulação conseguir reproduzir as características típicas de um movimento circular, ou quão significativo seria o erro embutido no valor gerado pelo programa. O cenário foi modelado desta forma e os valores obtidos pelo programa de simulação foram comparados com os valores medidos em campo.

Os valores de Leq obtidos pelo programa de simulação apresentaram-se bastante próximos dos medidos, mostrando erro inferior a 1dB(A) em 5 dos seis pontos medidos. Por outro lado, os valores de L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{max} e L_{min} , gerados pelo programa de simulação apresentaram valores diferentes dos medidos com o decibelímetro. Essa diferença pode ser explicada pelo fato de que Leq é a integral da energia sonora total produzida no período de tempo considerado; enquanto os outros valores dependem mais intimamente do comportamento do tráfego no que diz respeito aos movimentos dos veículos e suas alterações ao longo do tempo e da via de circulação. Por exemplo, um semáforo colocado a 500m do ponto onde está o observador, influenciará o ruído que chega no respectivo ponto, pois em algum momento o fluxo de veículos cairá drasticamente com o fechamento do semáforo, gerando um nível mínimo de ruído que é diferente do nível mínimo medido sem semáforos, considerando então, uma distribuição mais uniforme dos veículos ao longo da via durante o tempo de simulação. Com a representação do trecho curvilíneo como uma sucessão de pequenas retas, o semáforo colocado no primeiro trecho não influenciará o tráfego dos outros pequenos trechos, alterando o tamanho da fila criada por conta do semáforo, etc.. Situação análoga ocorre com o valor máximo de ruído, que seria uma situação encontrada logo após a abertura do sinal de trânsito, quando os veículos estão em formação de fila e saem juntos produzindo um nível de ruído muito intenso no ponto do receptor; com uma distribuição mais homogênea, presume-se que o nível de ruído máximo seria menor.

Com isso conclui-se que a forma como foram representados os trechos de curva foi satisfatória como representação desse tipo de traçado de via para a obtenção do valor de Leq , ou seja do ruído equivalente produzido pelos veículos no período considerado. Por outro lado, para a obtenção dos outros indicadores, o programa apresentou deficiências, o que indica a necessidade de estudos mais aprofundados.

A frota de veículos brasileiros, nesta pesquisa representada pelos veículos existentes na cidade do Salvador, esteve dentro das especificações previstas no programa. Pela proximidade dos valores encontrados no resultado da simulação conclui-se que os modelos de veículos são comparáveis aos modelos americanos para a geração do Leq , utilizando-se o CNM 6.0 na área de estudo. Esta afirmação leva em conta os modelos de veículos disponíveis no programa, quais sejam, veículos de passeio, ônibus, caminhões e motocicletas, e suas características associadas.

4.4. Simulação dos Indicadores de Poluição Sonora e Análise dos Dados Obtidos em Toda a Área do Parque

Nesta etapa será feita a análise dos dados obtidos com a geração de pontos de ruído na área do parque, a partir das informações obtidas do levantamento de tráfego e das condições meteorológicas do dia da pesquisa em dezembro/2002.

1. Os pontos de observação do ruído foram distribuídos a fim de cobrir da forma mais abrangente toda a área do parque do Dique do Tororó.
2. Como mostra a figura 12, A maioria dos pontos foi posicionada ao longo dos passeios no entorno do espelho d'água, que são os locais mais utilizados pelos transeuntes para a prática de atividades físicas, quando em visita ao parque. Alguns pontos de observação estão colocados no parque infantil, localizado do lado oposto do espelho d'água, no sentido fonte-nova/barris e em outros locais que estão dispostos mais afastados das vias de circulação de veículos.



Figura 12 – Distribuição dos pontos receptores na área do Dique do Tororó.

3. A figura 12 mostra a foto do parque com a indicação dos pontos receptores. Os pontos em azul representam os pontos receptores do período da tarde, enquanto os pontos em vermelho (sobrepostos pelos azuis) representam os pontos receptores do período da manhã.

As figuras 13 e 14 são o mapa de declividade da área e um modelo digital de terreno que exhibe a elevação da área. Os círculos sobre as duas figuras representam os pontos receptores do período da manhã. Selecionamos os pontos que apresentam valores de Leq maiores ou iguais a $70dB(A)$ pintados de amarelo. No mapa de declividade, as áreas pintadas de vermelho são aquelas cuja declividade ultrapassa 30%.



Figura 13 – Mapa de declividade da área do Dique do Tororó com indicação dos pontos receptores



Figura 14 – Mapa Hipsométrico da área do Dique do Tororó com indicação dos pontos receptores

As figuras 15 e 16 mostram a distribuição dos pontos com valor maior ou igual a 70 dB(A) pintados em amarelo. Os pontos vermelhos e amarelos representam as posições de observação e os números são os valores de ruído em dB(A), dispostos numa área adjacente à via de tráfego.



Figura 15 – Área do Dique com indicação dos Pontos Receptores e Respetivos Valores de Leq.



Figura 16 – Área adjacente à via de circulação de veículos - Dique do Tororó, com indicação dos Pontos Receptores e Respetivos Valores de Leq.

De acordo com a figura 16 podemos perceber que os pontos com nível de ruído maiores se distribuem sobre a calçada, próximo à via de circulação de veículos.

Outra observação que pode ser feita é o fato de que os maiores valores de Leq situam-se do lado oposto ao espelho d'água, quando a declividade do local é alta, denotando que os pontos receptores colocados na calçada, do lado do espelho d'água têm um nível de ruído ligeiramente menor que os pontos do lado oposto da via.

A seguir exibimos a tabelas 07 e 08 com os valores de Leq gerados a partir do programa de simulação para 95 pontos na área do parque:

Leq da hora de pico da manhã

N. ORDEM	RECEPTOR	Coordenada X(UTM)	Coordenada Y(UTM)	Coord.Z(M)	ELEV (M)	BACKGROUND	LEQ
1	rec11	553237.1	8564076.1	1.5	0.0	65.0	65.9
2	rec110	553258.8	8564104.6	1.5	0.0	65.0	74.2
3	rec111	553284.5	8564122.2	1.5	0.0	65.0	73.4
4	rec12	553304.9	8564125.6	1.5	0.0	65.0	69.3
5	rec13	553306.3	8564320.7	1.5	0.0	65.0	67.0
6	rec16	553314.9	8564379.2	1.5	0.0	65.0	68.9
7	rec17	553292.5	8564313.0	1.5	0.0	65.0	67.4
8	rec18	553272.7	8564354.1	1.5	0.0	55.0	61.4
9	rec19	553222.5	8564347.1	1.5	0.0	50.0	54.8
10	rec31	553855.1	8564832.5	1.5	0.0	60.0	76.2
11	rec32	553846.1	8564647.9	1.5	0.0	60.0	67.7
12	rec33	553825.9	8564691.1	1.5	0.0	50.0	66.7
13	rec34	553851.9	8564781.0	1.5	0.0	60.0	72.6
14	rec35	553848.2	8564699.4	1.5	0.0	60.0	74.6
15	rec36	553866.8	8564790.6	1.5	0.0	60.0	76.5
16	rec37	553861.2	8564680.1	1.5	0.0	60.0	75.5
17	rec41	553778.8	8564911.0	1.5	-3.0	50.0	70.6
18	rec42	553812.5	8564900.1	1.5	-3.0	50.0	65.8
19	rec43	553840.9	8564873.6	1.5	-3.0	50.0	70.7
20	rec44	553839.5	8564849.4	1.5	-3.0	50.0	70.8
21	rec45	553815.1	8564927.6	1.5	0.0	60.0	65.8
22	rec46	553754.3	8564944.3	1.5	0.0	60.0	72.7
23	rec47	553730.8	8564921.5	1.5	0.0	60.0	77.7
24	rec48	553706.2	8564880.5	1.5	0.0	60.0	72.5
25	rec49	553699.2	8564893.5	1.5	0.0	60.0	65.1
26	rec4a1	553727.8	8564914.6	1.5	0.0	55.0	62.9
27	rec4a10	553670.5	8564664.2	1.5	0.0	55.0	66.8
28	rec4a11	553696.1	8564721.9	1.5	0.0	55.0	70.5
29	rec4a12	553704.9	8564825.2	1.5	0.0	55.0	70.4
30	rec4a2	553698.8	8564895.0	1.5	0.0	55.0	64.9

31	rec4a3	553706.6	8564879.8	1.5	0.0	55.0	74.0
32	rec4a4	553680.9	8564728.3	1.5	0.0	55.0	74.4
33	rec4a5	553668.8	8564735.2	1.5	0.0	55.0	67.8
34	rec4a6	553660.4	8564680.1	1.5	0.0	55.0	72.5
35	rec4a7	553635.7	8564665.5	1.5	0.0	55.0	74.0
36	rec4a8	553594.9	8564643.9	1.5	0.0	55.0	76.5
37	rec4a9	553593.9	8564623.0	1.5	0.0	55.0	71.8
38	rec4b1	553489.2	8564716.7	1.5	0.0	45.0	56.9
39	rec4b10	553387.2	8564618.2	1.5	0.0	45.0	57.6
40	rec4b11	553417.3	8564597.7	1.5	0.0	45.0	65.3
41	rec4b12	553431.9	8564580.2	1.5	0.0	55.0	70.8
42	rec4b13	553428.8	8564539.2	1.5	0.0	55.0	71.4
43	rec4b14	553454.8	8564590.9	1.5	0.0	55.0	67.1
44	rec4b15	553440.8	8564514.4	1.5	0.0	55.0	73.5
45	rec4b2	553490.3	8564682.1	1.5	0.0	45.0	62.7
46	rec4b3	553490.5	8564649.0	1.5	0.0	55.0	69.0
47	rec4b4	553490.9	8564630.4	1.5	0.0	55.0	72.8
48	rec4b5	553466.3	8564673.3	1.5	0.0	45.0	62.8
49	rec4b6	553468.7	8564639.7	1.5	0.0	55.0	69.6
50	rec4b7	553527.3	8564665.1	1.5	0.0	45.0	67.2
51	rec4b8	553531.2	8564646.5	1.5	0.0	55.0	73.8
52	rec4b9	553438.2	8564617.3	1.5	0.0	55.0	70.4
53	rec51	553432.6	8564432.0	1.5	0.0	50.0	66.3
54	rec510	553386.6	8564618.1	1.5	0.0	50.0	65.5
55	rec511	553415.1	8564602.4	1.5	0.0	50.0	71.7
56	rec52	553425.8	8564440.9	1.5	0.0	50.0	68.8
57	rec53	553419.4	8564452.2	1.5	0.0	40.0	73.4
58	rec54	553378.8	8564421.9	1.5	0.0	40.0	74.2
59	rec55	553421.5	8564494.8	1.5	0.0	40.0	75.4
60	rec56	553307.6	8564409.0	1.5	0.0	50.0	54.8
61	rec57	553337.9	8564408.4	1.5	0.0	40.0	65.0
62	rec58	553440.9	8564477.9	1.5	0.0	40.0	64.9
63	rec59	553452.7	8564586.7	1.5	0.0	40.0	77.1
64	rec61	553374.1	8564390.0	1.5	0.0	60.0	67.0
65	rec610	553303.9	8564205.2	1.5	0.0	60.0	76.3
66	rec62	553326.8	8564355.7	1.5	0.0	60.0	69.4
67	rec63	553317.8	8564201.7	1.5	0.0	60.0	75.5
68	rec64	553296.7	8564347.3	1.5	0.0	60.0	69.9
69	rec65	553262.3	8564350.1	1.5	0.0	55.0	59.0
70	rec66	553222.9	8564348.0	1.5	0.0	50.0	54.4
71	rec67	553287.0	8564395.6	1.5	0.0	55.0	59.5
72	rec68	553248.0	8564317.9	1.5	0.0	55.0	56.5
73	rec69	553279.9	8564301.8	1.5	0.0	60.0	63.6

74	recp31	553426.2	8564306.8	1.5	0.0	60.0	61.9
75	recp310	553546.9	8564429.8	1.5	0.0	55.0	69.3
76	recp311	553622.4	8564481.2	1.5	0.0	60.0	62.3
77	recp32	553501.7	8564422.1	1.5	0.0	60.0	71.9
78	recp33	553551.3	8564474.0	1.5	0.0	60.0	71.7
79	recp34	553600.5	8564505.1	1.5	0.0	60.0	71.9
80	recp35	553531.5	8564381.1	1.5	0.0	50.0	66.6
81	recp36	553469.8	8564315.4	1.5	0.0	55.0	61.8
82	recp37	553516.9	8564409.2	1.5	0.0	60.0	74.7
83	recp38	553496.4	8564379.0	1.5	0.0	60.0	75.4
84	recp39	553522.9	8564396.8	1.5	0.0	55.0	69.4
85	recR31	553704.1	8564459.6	1.5	0.0	57.0	71.6
86	recR310	553748.7	8564483.5	1.5	0.0	57.0	70.7
87	recR311	553806.8	8564514.3	1.5	0.0	57.0	60.4
88	recR32	553709.6	8564422.9	1.5	0.0	50.0	61.0
89	recR33	553734.5	8564351.1	1.5	0.0	50.0	50.0
90	recR34	553735.1	8564395.8	1.5	0.0	50.0	55.9
91	recR35	553735.1	8564451.2	1.5	0.0	57.0	70.0
92	recR36	553758.6	8564410.4	1.5	0.0	50.0	56.3
93	recR37	553758.6	8564452.0	1.5	0.0	57.0	62.4
94	recR38	553794.8	8564455.8	1.5	0.0	50.0	65.3
95	recR39	553704.7	8564490.4	1.5	0.0	57.0	74.6

**Tabela 07 – Indicadores de Poluição Sonora gerados para o
Período de 1 hora no turno da manhã**

Dos 95 pontos gerados, 43 deles (45,26%) têm valor igual a 70dB(A) ou maior, 91 pontos (95,79%) ultrapassam o nível de 55 dB(A). Todos os valores de Leq se situam entre 50 e 77 dB(A). Destes, apenas 4 pontos (4,21%) apresentam valores de Leq abaixo de 55 dB(A). O valor médio do Leq neste período é de 68,05 dB(A).

Considerando os valores da hora de pico da manhã pode-se afirmar que a maioria destes, 95,79%, ultrapassam o valor mínimo de conforto auditivo, apenas 4,21% dos valores estão abaixo dos valores de segurança.

Leq da hora de pico da tarde:

N. ORDEM	RECEPTOR	Coordenada X(UTM)	Coordenada Y(UTM)	Coord..Z(M)	ELEV(M)	BACKGROUND	LEQ
1	Rec1	553727.8	8564914.6	1.5	0.0	55.0	62.9

2	Rec10	553670.5	8564664.2	1.5	0.0	55.0	66.5
3	Rec11	553696.1	8564721.9	1.5	0.0	55.0	70.5
4	Rec11	553237.1	8564076.1	1.5	0.0	65.0	65.6
5	Rec110	553258.8	8564104.6	1.5	0.0	65.0	75.0
6	Rec111	553284.5	8564122.2	1.5	0.0	65.0	73.4
7	Rec12	553704.9	8564825.2	1.5	0.0	55.0	70.6
8	Rec12	553304.9	8564125.6	1.5	0.0	65.0	68.7
9	Rec13	553306.3	8564320.7	1.5	0.0	65.0	66.7
10	Rec16	553314.9	8564379.2	1.5	0.0	65.0	68.3
11	Rec17	553292.5	8564313.0	1.5	0.0	65.0	67.4
12	Rec18	553272.7	8564354.1	1.5	0.0	50.0	62.5
13	Rec19	553222.5	8564347.1	1.5	0.0	50.0	54.3
14	Rec2	553698.8	8564895.0	1.5	0.0	45.0	67.7
15	Rec3	553706.6	8564879.8	1.5	0.0	55.0	74.7
16	Rec31	553855.1	8564832.5	1.5	0.0	60.0	77.5
17	Rec32	553846.1	8564647.9	1.5	0.0	60.0	67.4
18	Rec33	553825.9	8564691.1	1.5	0.0	55.0	62.8
19	Rec34	553851.9	8564781.0	1.5	0.0	60.0	74.8
20	Rec35	553848.2	8564699.4	1.5	0.0	60.0	73.9
21	Rec36	553866.8	8564790.6	1.5	0.0	60.0	76.8
22	Rec37	553861.2	8564680.1	1.5	0.0	60.0	74.8
23	Rec4	553680.9	8564728.3	1.5	0.0	55.0	74.7
24	Rec41	553778.8	8564911.0	1.5	-3.0	55.0	67.9
25	Rec42	553812.5	8564900.1	1.5	-3.0	55.0	59.5
26	Rec43	553840.9	8564873.6	1.5	-3.0	55.0	67.7
27	Rec44	553839.5	8564849.4	1.5	-3.0	60.0	66.4
28	Rec45	553815.1	8564927.6	1.5	0.0	60.0	60.0
29	Rec46	553754.3	8564944.3	1.5	0.0	60.0	73.1
30	Rec47	553730.8	8564921.5	1.5	0.0	60.0	78.2
31	Rec48	553706.2	8564880.5	1.5	0.0	60.0	73.5
32	Rec49	553699.2	8564893.5	1.5	0.0	60.0	65.8
33	Rec4b1	553489.2	8564716.7	1.5	0.0	50.0	55.4
34	Rec4b10	553387.2	8564618.2	1.5	0.0	50.0	57.3
35	Rec4b11	553417.3	8564597.7	1.5	0.0	50.0	64.8
36	Rec4b12	553431.9	8564580.2	1.5	0.0	60.0	72.2
37	Rec4b13	553428.8	8564539.2	1.5	0.0	60.0	73.7
38	Rec4b14	553454.8	8564590.9	1.5	0.0	60.0	65.1
39	Rec4b15	553440.8	8564514.4	1.5	0.0	60.0	73.9
40	Rec4b2	553490.3	8564682.1	1.5	0.0	50.0	60.0
41	Rec4b3	553490.5	8564649.0	1.5	0.0	60.0	67.2
42	Rec4b4	553490.9	8564630.4	1.5	0.0	60.0	72.3
43	Rec4b5	553466.3	8564673.3	1.5	0.0	50.0	60.2
44	Rec4b6	553468.7	8564639.7	1.5	0.0	60.0	68.7

45	Rec4b7	553527.3	8564665.1	1.5	0.0	50.0	66.7
46	Rec4b8	553531.2	8564646.5	1.5	0.0	60.0	73.3
47	Rec4b9	553438.2	8564617.3	1.5	0.0	60.0	69.3
48	Rec5	553668.8	8564735.2	1.5	0.0	45.0	69.7
49	Rec51	553432.6	8564432.0	1.5	0.0	50.0	65.6
50	Rec510	553386.6	8564618.1	1.5	0.0	50.0	54.4
51	Rec511	553415.1	8564602.4	1.5	0.0	50.0	59.3
52	Rec52	553425.8	8564440.9	1.5	0.0	60.0	63.8
53	Rec53	553419.4	8564452.2	1.5	0.0	50.0	72.2
54	Rec54	553378.8	8564421.9	1.5	0.0	60.0	73.2
55	Rec55	553421.5	8564494.8	1.5	0.0	60.0	73.0
56	Rec56	553307.6	8564409.0	1.5	0.0	60.0	60.0
57	Rec57	553337.9	8564408.4	1.5	0.0	50.0	67.0
58	Rec58	553440.9	8564477.9	1.5	0.0	60.0	67.2
59	Rec59	553452.7	8564586.7	1.5	0.0	60.0	63.2
60	Rec6	553660.4	8564680.1	1.5	0.0	55.0	73.0
61	Rec7	553635.7	8564665.5	1.5	0.0	55.0	70.5
62	Rec8	553594.9	8564643.9	1.5	0.0	55.0	73.6
63	Rec9	553593.9	8564623.0	1.5	0.0	55.0	70.2
64	Recp31	553426.2	8564306.8	1.5	0.0	55.0	62.2
65	Recp310	553546.9	8564429.8	1.5	0.0	55.0	69.3
66	Recp311	553622.4	8564481.2	1.5	0.0	55.0	65.2
67	Recp32	553501.7	8564422.1	1.5	0.0	55.0	73.0
68	Recp33	553551.3	8564474.0	1.5	0.0	55.0	72.8
69	Recp34	553600.5	8564505.1	1.5	0.0	55.0	72.7
70	Recp35	553531.5	8564381.1	1.5	0.0	50.0	66.1
71	Recp36	553469.8	8564315.4	1.5	0.0	50.0	65.0
72	Recp37	553516.9	8564409.2	1.5	0.0	55.0	74.8
73	Recp38	553496.4	8564379.0	1.5	0.0	55.0	75.7
74	Recp39	553522.9	8564396.8	1.5	0.0	50.0	70.5
75	RecR31	553704.1	8564459.6	1.5	0.0	55.0	72.0
76	RecR310	553748.7	8564483.5	1.5	0.0	55.0	74.7
77	RecR311	553806.8	8564514.3	1.5	0.0	55.0	59.4
78	RecR32	553709.6	8564422.9	1.5	0.0	50.0	60.8
79	RecR33	553734.5	8564351.1	1.5	0.0	45.0	53.4
80	RecR34	553735.1	8564395.8	1.5	0.0	45.0	62.5
81	RecR35	553735.1	8564451.2	1.5	0.0	55.0	73.6
82	RecR36	553758.6	8564410.4	1.5	0.0	50.0	62.6
83	RecR37	553758.6	8564452.0	1.5	0.0	55.0	66.6
84	RecR38	553794.8	8564455.8	1.5	0.0	55.0	60.1
85	RecR39	553704.7	8564490.4	1.5	0.0	55.0	75.0
86	Rec61	553374.1	8564390	1.5	0	60.0	67.1
87	Rec62	553326.8	8564355.7	1.5	0	60.0	69.3

88	Rec63	553317.8	8564201.7	1.5	0	60.0	75.6
89	Rec64	553296.7	8564347.3	1.5	0	60.0	69.8
90	Rec65	553262.3	8564350.1	1.5	0	55.0	59.0
91	Rec66	553222.9	8564348	1.5	0	50.0	54.5
92	Rec67	553287	8564395.6	1.5	0	55.0	59.5
93	Rec68	553248	8564317.9	1.5	0	55.0	56.6
94	Rec69	553279.9	8564301.8	1.5	0	60.0	64.0
95	Rec610	553303.9	8564205.2	1.5	0	60.0	76.6

Tabela 08 – Indicadores de Poluição Sonora gerados para o Período de 1 hora no turno da tarde

Dos 95 pontos gerados, 38 deles (40,0%) têm valor igual a 70 dB(A) ou maior, 91 pontos (95,78%) ultrapassam o nível de 55 dB(A). Todos os valores de Leq se situam entre 53 e 78 dB(A). o valor médio do Leq neste período é de 67,64 dB(A).

Era proposta inicial da pesquisa gerar um mapa de distribuição de níveis de ruído na área do parque a partir da interpolação dos pontos gerados pelo programa e conseqüente geração de isolinhas. A forma peculiar do Parque do Dique do Tororó, contudo, que se resume à calçada de pedestres, que contorna o espelho d'água do lago, além de algumas áreas, onde estão situados equipamentos de lazer e recreação, mostrou-se inadequada para a geração das isolinhas de ruído e conseqüentemente do mapa.

A região de interesse se resume à área estreita sobre a calçada que contorna o dique, além de duas pequenas áreas maiores aproximadamente em frente dos pontos 4b e 5 (parque infantil, área do bloco Apaches do Tororó, área do Órgão da prefeitura). Foram gerados indicadores de ruído ao longo da calçada. Como a fonte de ruído considerada na pesquisa são os veículos que transitam as vias no entorno do dique, foram encontrados valores muito parecidos ao longo da calçada. Como nesta situação é possível considerar a fonte de ruído linear, admite-se que a variação da intensidade de ruído se dará na direção transversal a esta linha, coincidindo com as áreas do espelho d'água e as áreas residenciais, excluídas do escopo da pesquisa.

Apesar de considerar-se de grande importância a obtenção dos indicadores de poluição sonora em todas as áreas no entorno do parque e não apenas nas áreas de circulação dentro dele, o escopo da nossa pesquisa se deteve estritamente a essa área. Existem áreas residenciais e pequeno comércio, em volta do parque, e quando se fala de atividades comerciais, encontram-se pequenos comerciantes instalados dentro da área

do parque, ali permanecendo por mais de oito horas. Isso aponta para a necessidade de aprofundamento do estudo que contemple essa camada de pessoas afetadas pelo ruído.

Uma primeira observação a ser feita é que o comportamento do ruído nos turnos matutino e vespertino é bastante similar, sendo os valores encontrados bem próximos nos dois períodos. Como a distribuição dos pontos na área do parque foi feita de forma a cobrir toda a sua área, supõe-se que os resultados apresentados representam o comportamento do ruído na área em estudo, nos períodos de interesse. Portanto pode-se afirmar, segundo Souza(1988) que a maior parte do parque do Dique do Tororó tem nível de ruído acima do limite do stress auditivo.

De acordo com a figura 17, pode-se ver que a maioria dos pontos com nível de ruído maior ou igual a 70 dB(A), pontos pintados de amarelo, se distribuem ao longo da calçada, no entorno das vias de circulação de tráfego.



Figura 17 – Pontos simulados no entorno do Dique do tororó (vermelho) com indicação dos pontos com nível maior ou igual a 70dB(A) (amarelo).

Observa-se que em alguns pontos receptores sobre a calçada os valores de Leq apresentam-se menores que aquele referido acima. Analisando melhor a imagem pode-se perceber que duas dessas áreas (com círculos em verde contornando-as) guardam características topográficas específicas, ou seja, as calçadas estão em frente a vales que se abrem, ocasionado ligeiro abatimento do nível de ruído. Não existindo paredes nas suas proximidades (áreas com baixa declividade), depende-se que as ondas sonoras

propagam-se melhor e sem efeito de reflexão. Como é possível modelar no programa a existência de curvas de nível, este considera para a geração dos indicadores de poluição sonora, esses acidentes geográficos.

Na região da cabeceira do Dique, figura 18, na parte em desnível, supunha-se encontrar valores menores de ruído, em função da diferença de altitude com relação ao nível da via.



Figura 18 – Distribuição dos Pontos Receptores no ponto 4A, com aqueles que apresentam nível de ruído maior ou igual a 70dB(A) selecionados (pontos amarelos).

Nos pontos mais extremos isso não foi observado. A análise que se faz dessa situação é o fato de que as vias que contribuem para a geração de ruído nos pontos considerados estão muito próximas, contribuindo conjuntamente para a geração de ruído nesses pontos e reduzindo o efeito atenuador que o desnível poderia causar.

Outra consideração importante é que os níveis de ruído são relativamente maiores nas calçadas opostas àquelas que margeiam o dique nas regiões em que estas estão ladeadas por paredões com grande declividade, formando barreiras que impedem a propagação livre das ondas sonoras, como podemos ver na figura 15, relativa ao ponto de medição número 01.

Analisando os dados de acordo com o que coloca Souza(2)(1988) podemos afirmar que mais de 90% da área do Parque do Dique do Tororó encontram-se em condições precárias de poluição sonora. Mesmo nas regiões que estão mais afastadas

dos corredores de tráfego, aquelas referidas anteriormente, figura 17, os valores de Leq variam entre 57 e 69 dB(A), valores que já provocam stress auditivo, culminando com incômodo, fadiga, insônia, dentre outros.

A Prefeitura da Salvador (1998) apresenta valores mais tolerantes quando trata na Lei 5.354/98 sobre os limites máximos de emissão de ruído nos ambientes externos. O artigo terceiro da referida Lei diz que o limite máximo seria de 60 dB no período de 22:00 às 7:00h, enquanto que para o período de 7:00 às 22:00h o limite seria de 70 dB. Valores contraditórios se considerarmos os valores defendidos pela OMS, que os apresenta como valores que definem o início do processo de prejuízo à saúde humana. Adicionalmente, não é feita nenhuma alusão ao fato da área ser classificada como Área Verde, pois a legislação municipal no Decreto 4.551 de 23 de novembro de 1973, quando trata das áreas incorporadas ao Sistema de Áreas Verdes, fala, no artigo segundo do referido decreto, da competência do órgão municipal de “fiscalizar a preservação da arborização e das condições ambientais e paisagísticas“ (Prefeitura de Salvador, 1973) dessas áreas, não sendo clara quanto à questão específica da poluição sonora, nem dando tratamento diferenciado a estas áreas, em função da sua classificação.

Não foram consideradas as motocicletas entre os veículos automotores geradores de ruído, por conta da pesquisa não haver levantado os dados de quantidade desse tipo de veículo. Com isso se conclui que o ruído é ainda maior que aquele que pudemos simular com as quantidades e tipos de veículos levantados. A exposição ao ruído produzido neste parque, em quantidades diferenciadas, dependendo do tempo de exposição, nos horários de pico, por período prolongado, por certo é um fator de degradação da qualidade de vida do cidadão.

MEDIDAS MITIGADORAS

Dentre as várias medidas mitigadoras possíveis, e factíveis de serem implantadas nesse local, que guarda as características urbanísticas de uma área consolidada, com população residente estabelecida, com vias de tráfego de grande importância para a malha viária municipal e com áreas de lazer, contemplação e prática de esportes tradicionais, é importante vislumbrar aquelas ou aquela que melhor cumpra o seu papel de redutor do ruído, levando em conta o impacto sobre a área, bem como os custos envolvidos. A primeira sugestão é eleger algumas áreas específicas no entorno do dique, que seriam aquelas que normalmente agrupam mais pessoas e as mantêm por um tempo mais prolongado naqueles lugares. Seriam os parques infantis, os playgrounds, as áreas onde se situam os equipamentos de ginástica, a área da cabeceira do dique, que congrega os dois restaurantes, dentre outras. As proximidades dessas áreas selecionadas seriam beneficiadas com as ações possíveis de redução da poluição sonora, tornando-as ilhas de conforto auditivo dentro do parque como um todo. Sugerem-se como ações mitigadoras possíveis:

1. O reordenamento do tráfego nos trechos de interesse em períodos de pico. Uma ação possível seria a proibição da passagem de veículos pesados, tais como caminhões e carretas, na expectativa do abatimento de mais alguns decibéis com esta ação.
 2. A alteração do pavimento ao longo das vias que contornam o dique por um tipo que produza menos ruído. O perímetro do espelho d'água mede 2600 metros². Pelo fato de que o trecho a sofrer essa alteração no pavimento ser bem definido e representar um benefício para um grande número de pessoas, além de ser esta uma ação que não altera a rotina da área, considerando o fato de ser esta consolidada em termos de uso e ocupação do solo, acredita-se que a relação custo-benefício aponta para a sua realização.
 3. A construção de barreiras acústicas com material transparente para barrar a passagem das ondas sonoras nessas áreas consideradas "ilhas". Apesar do alto
-

custo, supõe-se que, pelo fato de serem aplicadas apenas em determinadas áreas, ter-se-ia o custo da sua implantação reduzido. Algumas simulações foram realizadas, tendo-se obtido como resultado uma redução média do ruído nas áreas testadas em torno de 9 dB(A). As simulações de colocação de barreira foram realizadas nas áreas em torno dos pontos 3 e 4a . Os dados que alimentaram o programa de simulação foram aqueles do período da manhã. A simulação foi executada para um período de uma hora, a fim de que fosse possível comparar-se os valores encontrados com os da simulação sem colocação de barreiras. A seguir exibimos a tabela 09, com os valores encontrados nas duas simulações e figuras esquemáticas exibindo os locais onde foram colocadas as barreiras, além da indicação dos pontos receptores e os valores obtidos antes e depois da colocação virtual das barreiras:

Nas figuras 19 e 20, as linhas pretas indicam as barreiras virtuais colocadas em locais específicos no entorno do Dique;

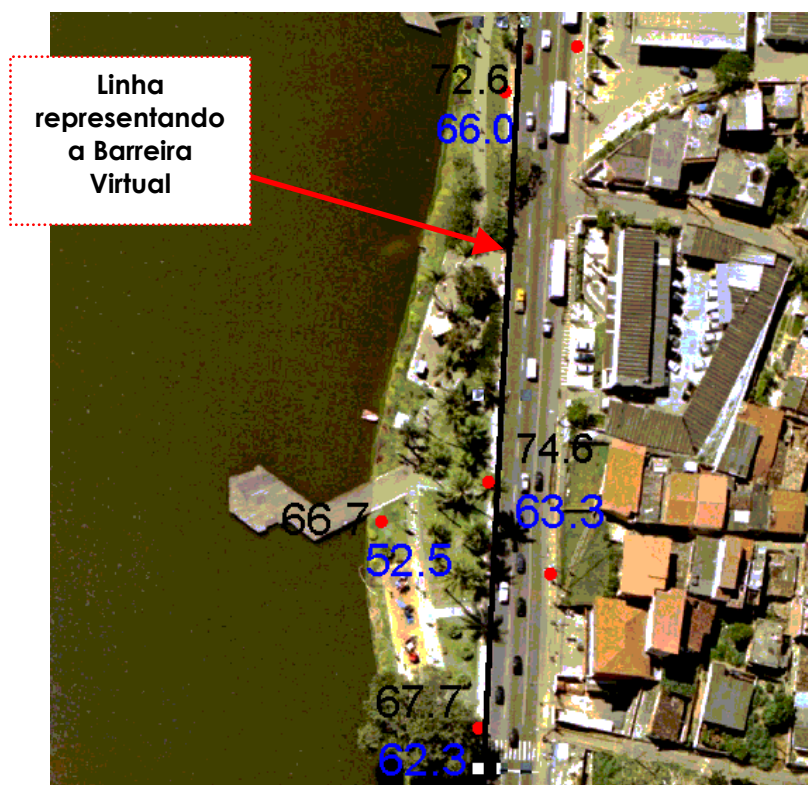


Figura 19 – Ponto 3, com indicação dos pontos receptores e valores de Leq –
Valores em azul – simulação com barreira
Valores em preto – simulação sem barreira

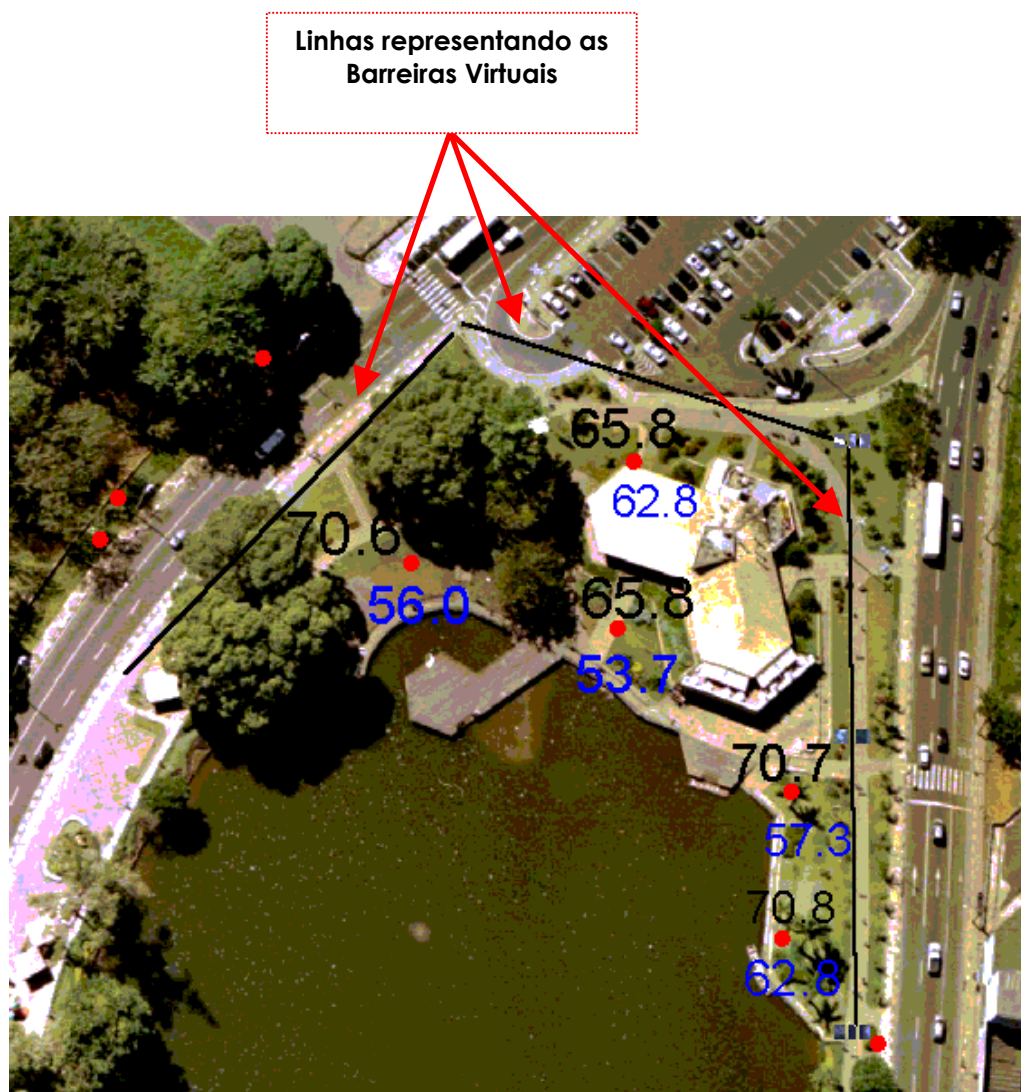


Figura 20 – Ponto 4a, com indicação dos pontos receptores e valores de Leq. Valores em azul – simulação com barreira
Valores em preto – simulação sem barreira

Receptor	Leq c/ barreira(dB(A))	Leq sem barreira (dB(A))	Desvio absoluto
rec32	62.3	67.7	5.4
rec33	52.5	66.7	14.2
rec34	66.0	72.6	6.6
rec35	63.3	74.6	11.3
rec41	56.0	70.6	14.6
rec42	53.7	65.8	12.1
rec43	57.3	70.7	13.4
rec44	62.8	70.8	8.0
rec45	62.8	65.8	3.0
		desvio absoluto médio	9.8

Tabela 09 – Comparativo de Valores de Leq para via com e sem barreiras virtuais

Os pontos vermelhos identificam as posições dos pontos receptores, com os valores de Leq relativos à simulação efetuada sem a colocação de barreiras virtuais, exibidos na cor preta e os valores de Leq relativos à simulação efetuada com a colocação de barreiras virtuais, exibidos na cor azul. Observa-se que houve um abatimento no ruído simulados nos pontos receptores, contudo esses valores ainda encontram-se em valores acima 55dB(A).

Foram repetidos os testes com colocação de barreiras para a área na cabeceira do dique, considerando as barreiras com 10 metros de altura (figura 21). A Tabela 10 compara os valores de ruído produzido com barreira de 5 metros, com barreira de 10 metros e sem barreira. A nossa expectativa era conseguir valores abaixo de 55dB(A), valor referido pela OMC como o limite abaixo do qual não existe comprometimento para a saúde.

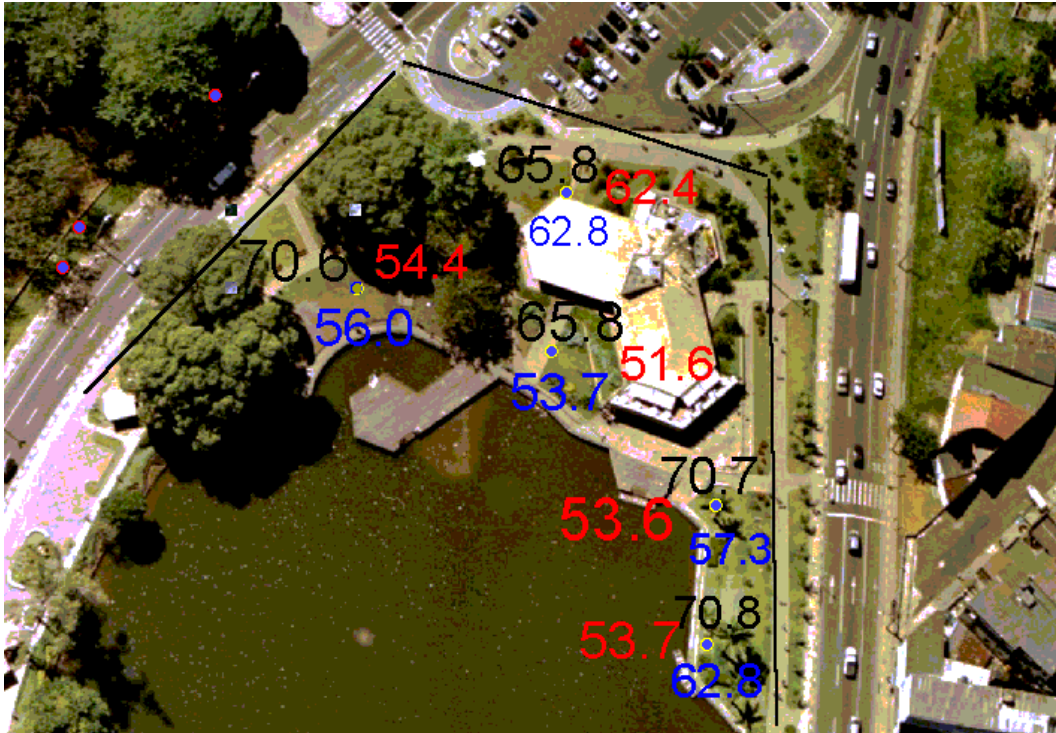


Figura 21 – Ponto 4a, com indicação dos pontos receptores e valores de Leq.
Valores de Leq em azul – simulação com barreira – 5 metros de altura
Valores de Leq em vermelho – simulação com barreira – 10 metros de altura
Valores de Leq em preto – simulação sem barreira

De acordo com a figura 21, podemos observar que os valores de Leq obtidos com a colocação de barreiras de 10 metros de altura, se mantiveram na sua quase totalidade abaixo dos 55,0dB(A)(tabela 10). Isso demonstra a viabilidade da utilização de barreiras com medida de abatimento dos níveis de ruído a valores aceitáveis.

receptor	Leq c/ barreira(dB(A)5 m	Leq c/ barreira(dB(A) 10 m	Leq sem barreira (dB(A)	Desvio absoluto 5m/10m
rec41	56.0	54.4	70.6	14.6 / 16.2
rec42	53.7	51.6	65.8	12.1 / 14.2
rec43	57.3	53.6	70.7	13.4 / 17.1
rec44	62.8	53.7	70.8	8.0 / 17.1
rec45	62.8	62.4	65.8	3.0 / 3.4

Tabela 10 – Comparativo de Valores de Leq para via sem e com barreiras virtuais de 5 e 10 metros de altura.

Por outro lado, defende-se a execução de projeto arquitetônico que harmonize a colocação dessas peças no cenário existente, algo como grandes conchas acústicas envolvendo alguns setores do parque possibilitando o abatimento do ruído, sem obstruir por completo a visão das pessoas e veículos que passem ao largo destes, levando em consideração a preocupação com o impacto da colocação dessas peças no ambiente existente, buscando minimizar ao máximo o impacto visual que a sua implantação causaria.

RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES

Depois de apresentados os dados e discutido o comportamento das variáveis envolvidas no processo de simulação, chegamos às seguintes conclusões, em função dos objetivos propostos neste trabalho de pesquisa:

1. O programa de simulação CNM versão 6.0 se presta bem para simular o indicador Leq, no ambiente proposto, que foi o Parque do Dique do Tororó, em Salvador, Bahia-brasil. Não foi observada interferência da frota de veículos nacional nos resultados obtidos, quer seja pela característica dos carros novos, quer seja pela idade média da frota. Os artificios utilizados para representação de trechos curvos de via foram satisfatórios para representação das vias de circulação; contudo, testes mais aprofundados precisam ser efetuados a fim de se conhecer o comportamento do programa em outras situações mais complexas que envolvam trechos com essas características. Outra recomendação importante é o aprofundamento das pesquisas no sentido de esclarecer as razões que levaram à não obtenção corretas dos indicadores L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{min} e L_{max} importantes nas análises sobre geração de ruído. As ferramentas de construção dos cenários atendem às necessidades de representação da geomorfologia, bem como, dos elementos componentes do tráfego urbano, e sua dinâmica é representada de forma coerente. Contudo, um grande avanço para a melhoria do programa seria a possibilidade de termos ferramentas de georreferenciamento, com possibilidade de importação de feições gráficas nos formatos já padronizados entre os programas de informação geográfica, afim de otimizar o processo de construção desses cenários, representando com mais exatidão as distâncias e acidentes geográficos, por exemplo.
 2. O indicador de poluição sonora na área do Parque do Dique do Tororó, Leq, obtido através do programa de simulação CNM 6.0 mostra que a situação da poluição sonora na área está acima dos níveis considerados saudáveis para os indivíduos que permanecem por pelo menos uma hora, dentro do horário de pico da manhã, ou da tarde. Comparando os valores encontrados, com aqueles citados nas literaturas especializadas sobre o tema e na legislação pertinente,
-

conclui-se que a exposição dos indivíduos à poluição sonora pelo período de uma hora ou mais pode trazer prejuízos às suas saúdes. As informações geradas pelo programa de simulação e o georreferenciamento das informações geradas e sua comparação com outras informações de natureza espacial nos ajudaram a concluir que todo o parque está submetido a níveis de ruído acima do aconselhável. As barreiras naturais existentes em volta das vias de tráfego impedem a propagação do ruído, por um lado; por outro lado a área do espelho d'água ajuda à livre propagação do ruído possibilitando que haja um abatimento no nível de ruído, se comparado com os níveis de ruído obtidos do outro lado da via – calçada oposta àquela próxima ao espelho d'água.

3. Foram apresentadas algumas alternativas de abatimento de parte do nível de ruído gerado pelos veículos automotores na área do parque do Dique do Tororó. Na nossa avaliação algumas delas são passíveis de implantação em curto prazo, produzindo um resultado satisfatório em pouco tempo. Outra requer um investimento maior, portanto um estudo de viabilidade técnico-financeira seja necessário antes que medidas sejam tomadas.

REFERÊNCIAS:

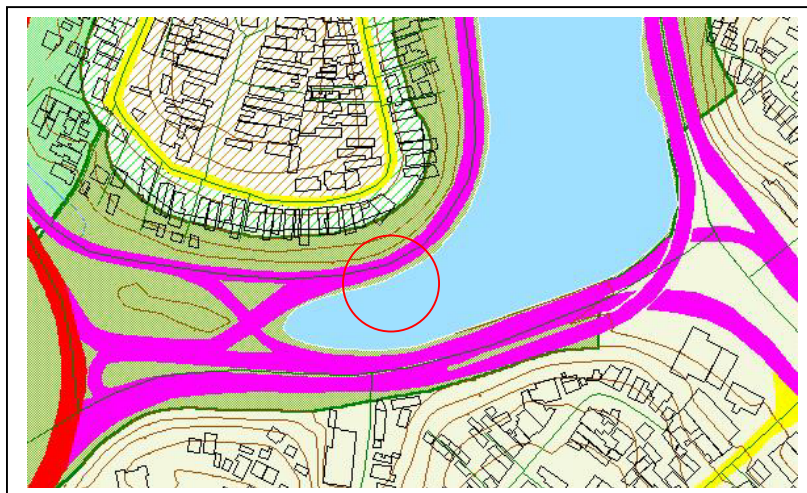
1. ABNT (1997a) NBR 10151 *Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
2. ABNT (1997b) NBR 10152 *Fixa os Níveis de Ruído Compatíveis com o Conforto Acústico em Ambientes Diversos*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
3. ABNT (1999c) NBR 9714 *Método de Ensaio Para Medição de Ruído nas Proximidades do Sistema de Escapamento de Veículos Automotores*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
4. Aurélio Buarque de Holanda Ferreira et. Al(2000). *Novo Aurélio Século XXI, Nova Fronteira, 2000, 2.128 pp.*
5. Box, P. C.; J. C. Oppenlander (1976) *Manual of Traffic Engeneering Studies*. Alinton, Virginia-USA: Institue of Trasportation Engineers.
6. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (1992). *Poluição Sonora por Veículos*. CETESB: SÃO PAULO.
7. MacDonald, John. M. (2002). *Comprehensive Community Noise Model. Help Pages/User Guide*, University of Central Florida, Orlando,FL, 2002.
8. CONAMA (1993a) Resolução nº 01-Estabelece Limites Máximos de Emissão de Ruído para Veículos Automotores. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasília – DF.
9. CONAMA (1993b) Resolução nº 02 - Estabelece Limites Máximos de Ruído para Motocicletas, Ciclomotores, etc. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasília – DF.
10. CONAMA (1995c) Resolução nº 17 - Estabelece Limites Máximos de Ruído para Veículos Automotores. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasília – DF.
11. CONAMA (1999d) Resolução nº 252 - Dispõe sobre Novos Limites Máximos de Emissão de Ruído por Veículo. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasília – DF.
12. CONAMA (2000e) Resolução nº 272 - Dispõe sobre Novos Limites Máximos de Emissão de Ruído por Veículo. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasília – DF.
13. CONDER/IBGE, 1996. *Contagem de População 1996*.
14. Cummings, C.W., Fredrickson, J.M., editors.(1993) *Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 1993, Mosby Year Book.
15. Da Costa, P. S. e W. C. de Figueiredo (2001) *Estradas – Estudos e Projetos*. Salvador:EDUFBA, 2001. 408p. il.

16. DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito (1980). Tráfego e Meio Ambiente. Ed. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro.
17. Figueiredo, W.C. Transporte e Meio Ambiente. Salvador, Bahia. Em publicação. EDUFBA, 2004
18. Franco, M. de A. R. (2000) *Planejamento Ambiental para a Cidade Sustentável* - São Paulo: Annablume: FAPESP. Pg. 129
19. Freitas, I. M. D. (1991) *Metodologia para Determinação da Capacidade Ambiental de Vias Urbanas: O Caso das Interseções Semaforizadas*. Tese de Mestrado UFRJ. – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1991.
20. Gim, K. B., M. Sc. (1978) Architectural Acoustics. Brüel & Kjaer. November.
21. Hassall, J. R., M. Sc.; K. Zaver. (1979) Acoustic Noise Measurements.
22. [Http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues.html](http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues.html)
23. [Http://www.ssg-surfer.com/html/surfer_overview.html](http://www.ssg-surfer.com/html/surfer_overview.html)
24. Hungia, H., (1991) Otorrinolaringologia, 6a. Edição, 1991, Ed. Guanabara Koogan.
25. Lima, P. C. R. de, Jr. (1999) *Uso de Sistemas de Informações Geográficas para Avaliação de Ambientais de Sistemas de Transportes Urbanos*. Tese de Mestrado IME – Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro - Rj.
26. OECD, 1995. ROAD TRANSPORT RESEARCH. Roadside Noise Abatement. Report prepared by an OECD scientific expert group.
27. Oliveira, A. M. de (2002) *Desenvolvimento de Um Instrumento para Estimar Níveis de Ruído Derivado dos Veículos Automotores em Vias Urbanas*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília – UnB, Mestrado em Transportes.
28. Parks, P. O. & Steyaert, L. T. 1993. Environmental Modeling with GIS. Oxford University Press New York-NY. USA
29. Prefeitura de Belo Horizonte (1992) Cartilha de Poluição Sonora – MG. Secretaria de Meio Ambiente. Maio. 24 pgs.
30. Prefeitura Municipal do Salvador (1998) LEI Nº 5.354/98. Dispõe sobre sons urbanos, fixa níveis e horários em que será permitida sua emissão, cria a licença para utilização sonora e dá outras providências. Salvador-Ba.
31. Prefeitura Municipal do Salvador (1973). DECRETO MUNICIPAL Nº 4.551 DE 23 DE NOVEMBRO DE 1973. Declara incorporada ao Sistema de Áreas Verdes do Município, áreas arborizadas de propriedade particular, necessárias ao resguardo das condições ambientais e paisagísticas.

32. Schomer. P,(2001) ASSESSMENT OF NOISE ANNOYANCE, 2001, Schomer and Associates, Inc.
33. SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA. (1985) *Selección de tecnologías Adecuadas: Una Guía Metodológica*. Mexico, D.F.
34. Souza, M. A. P.(1)(2000) Estudo de Viabilidade Ambiental na Implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas no Alta da Bacia de Jacaré Guaçu. Maio. GIS in box, ano 5 n° 63
35. Souza, F. P. (2)(1988) Fernando Pimentel – Souza. 1988 Laboratório de Psicofisiologia (www . icb . ufmg . Br / lpf), ICB-UFMG Belo Horizonte, CP 486, 30.161.901, Brasil)
36. Teixeira, G. L.; E. J. G. de Freitas e Y. Yamashita (2002) Pavimentos Modificados como Forma de Redução do Nível de Ruído do Tráfego Urbano. *Experiências Internacionais*. Universidade de Brasília – UnB, Mestrado em Transportes.
37. Universidade Federal de Lavras-Mg (2002) www.dag.ufla.br/MODAGP/_private/SIG_transparencia.pdf
38. Wayson, R. L.; M. Chovarelli e J. M. MacDonald (1999) Testing de AAMA Community Noise Model. Orlando, FL-USA:The University of Central Florida, 1999.
39. Wayson, R. L.; R. Eaglin; e Wayson, R. L. (1997) *A Simulation Approach to Traffic Noise Modeling (AAMA Community Noise Model Version 4.0)* Orlando, FL-USA:The University of Central Florida, 1997.

Anexos

FICHA PARA REGISTRO DE MEDIDA DE RUÍDO – PESQUISA DE RUÍDO
 PRODUZIDO PELO TRÁFEGO EM ÁREAS URBANAS



Dia: 23/10/2003

Hora:

Local: Bifurcação Dique do Tororó X Vale dos Barris – Próximo à Estação da Lapa

Ponto 01

Características do receptor:

Distância da pista:	Altura do equipamento em rel. ao solo:

Contagem de tráfego:

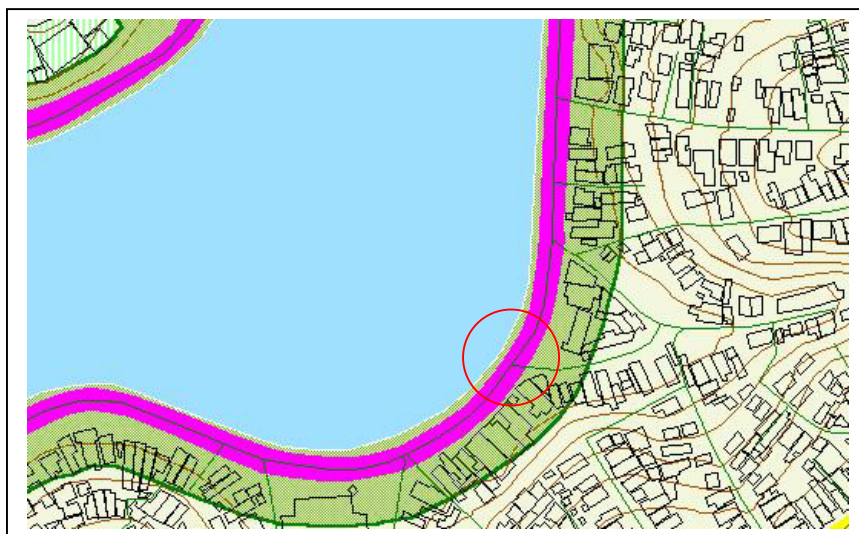
Hora inicial:	Hora final:

Carro	Caminhão leve	Caminhão pesado	Ônibus	Moto
53	6		49	14
227	13		3	10
223	8		1	0

Medidas de ruído:

L_{eq}	L_{10}	L_{50}	L_{90}	L_{max}	L_{min}
72,5	74,5	70,0	67,5	90,8	64,9

FICHA PARA REGISTRO DE MEDIDA DE RUÍDO – PESQUISA DE RUÍDO
 PRODUZIDO PELO TRÁFEGO EM ÁREAS URBANAS



Dia: 23/10/2003

Hora:

Local: Curva da antiga Estação Geradora do Dique do Tororó

Ponto 02

Características do receptor:

Distância da pista:	Altura do equipamento em rel. ao solo:
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Contagem de tráfego:

Hora inicial:	Hora final:
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Carro	Caminhão leve	Caminhão pesado	Ônibus	Moto
347	2		0	13
340	12		8	13
87	2		33	7

Medidas de ruído:

L_{eq}	L_{10}	L_{50}	L_{90}	L_{max}	L_{min}
72,8	75,5	72,0	67,0	85,9	56,6

FICHA PARA REGISTRO DE MEDIDA DE RUÍDO – PESQUISA DE RUÍDO
 PRODUZIDO PELO TRÁFEGO EM ÁREAS URBANAS



Dia: 23/10/2003

Hora:

Local: Na altura do semáforo, no sentido Dique – fonte nova, em frente ao posto de gasolina.

Ponto 03

Características do receptor:

Distância da pista:	Altura do equipamento em rel. ao solo:
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Contagem de tráfego:

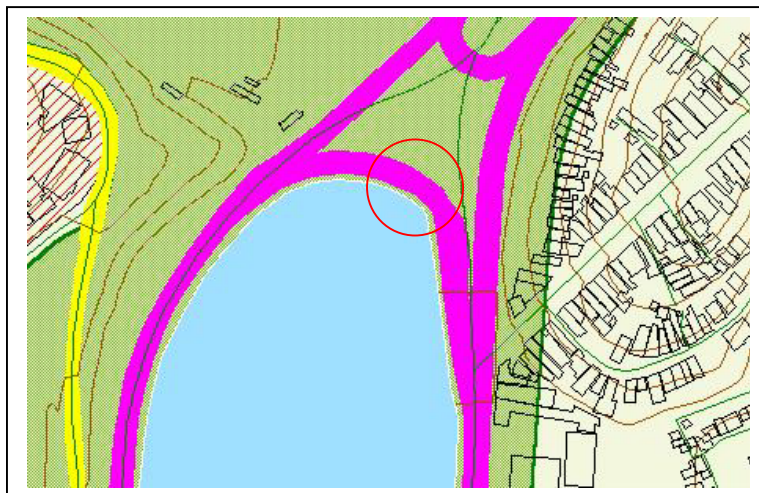
Hora inicial:	Hora final:
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Carro	Caminhão leve	Caminhão pesado	Ônibus	Moto
373	2		0	3
377	8		8	15
73	5		51	1

Medidas de ruído:

L_{eq}	L_{10}	L_{50}	L_{90}	L_{max}	L_{min}
69,9	72,0	69,0	65,5	80,1	59,8

FICHA PARA REGISTRO DE MEDIDA DE RUÍDO – PESQUISA DE RUÍDO
 PRODUZIDO PELO TRÁFEGO EM ÁREAS URBANAS



Dia: 23/10/2003

Hora:

Local: Cabeceira do Dique do Tororó – Próximo dos Restaurantes

Ponto 04a

Características do receptor:

Distância da pista:	Altura do equipamento em rel. ao solo:

Contagem de tráfego:

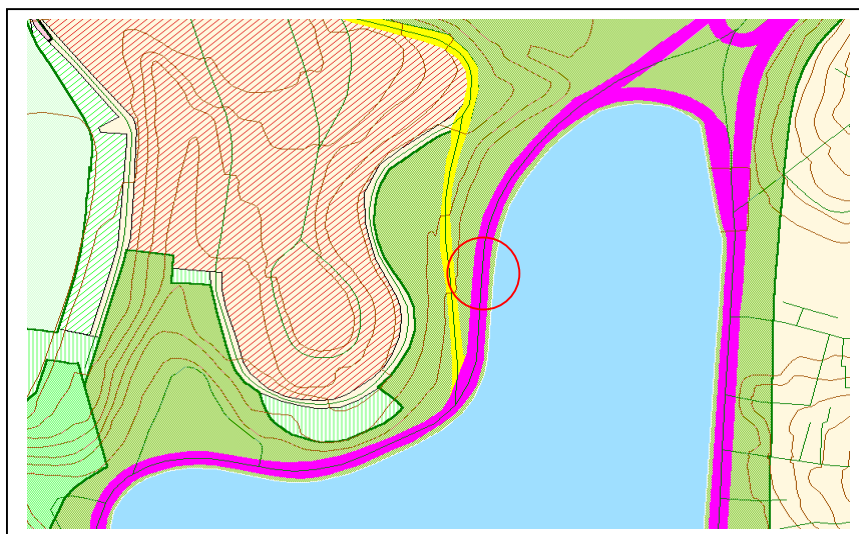
Hora inicial:	Hora final:

Carro	Caminhão leve	Caminhão pesado	Ônibus	Moto
49	0	1	52	9
238	8	0	4	14
202	3	0	1	10

Medidas de ruído:

L_{eq}	L_{10}	L_{50}	L_{90}	L_{max}	L_{min}
62,5	64,5	62,0	59,0	69,0	54,4

FICHA PARA REGISTRO DE MEDIDA DE RUÍDO – PESQUISA DE RUÍDO
 PRODUZIDO PELO TRÁFEGO EM ÁREAS URBANAS



Dia: 23/10/2003

Hora:

Local: Curva do Dique do Tororó – Próximo da convergência da pista do Jardim Baiano

Ponto 04b

Características do receptor:

Distância da pista:	Altura do equipamento em rel. ao solo:
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Contagem de tráfego:

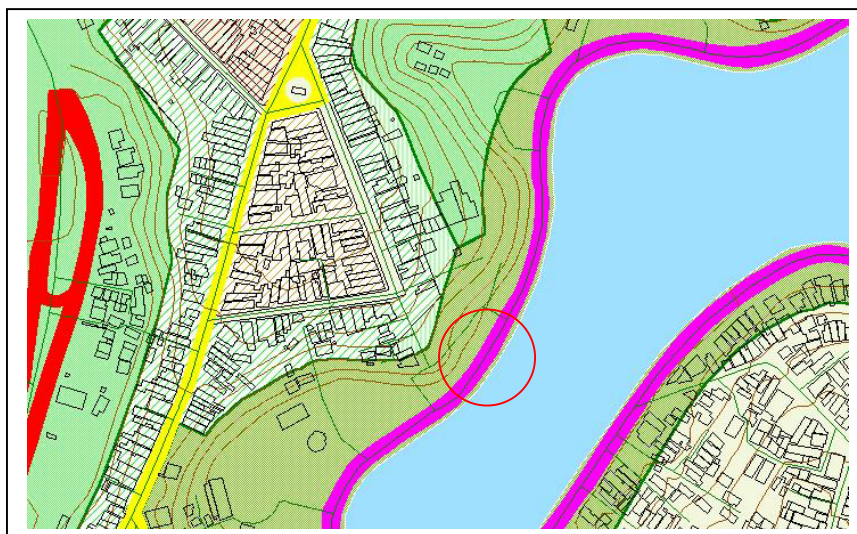
Hora inicial:	Hora final:
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Carro	Caminhão leve	Caminhão pesado	Ônibus	Moto
15	1	0	60	1
203	10	1	7	15
268	4	0	0	11

Medidas de ruído:

L_{eq}	L_{10}	L_{50}	L_{90}	L_{max}	L_{min}
74,0	77,0	73,0	60,0	86,1	53,1

FICHA PARA REGISTRO DE MEDIDA DE RUÍDO – PESQUISA DE RUÍDO
 PRODUZIDO PELO TRÁFEGO EM ÁREAS URBANAS



Dia: 23/10/2003

Hora:

Local: No ponto onde ficam os Orixás em terra firme, numa das curvas no sentido Dique – Estação da Lapa.

Ponto 05

Características do receptor:

Distância da pista:	Altura do equipamento em rel. ao solo:

Contagem de tráfego:

Hora inicial:	Hora final:

Carro	Caminhão leve	Caminhão pesado	Ônibus	Moto
31	4		41	13
227	8		4	11
204	1		1	3

Medidas de ruído:

L_{eq}	L_{10}	L_{50}	L_{90}	L_{max}	L_{min}
65,7	68,0	64,5	61,5	75,7	59,2

Pesquisa de Tráfego

PMS-SET	CONTAGEM CLASSIFICADA DE VEÍCULOS	
GEPRO		

POSTO 1A	DATA: 04.12.2002	SENTIDO DE TRÁFEGO	
	DIA: Quarta-feira	LOCAL: Dique / Rótula dos Barris	DE : Av.Pres. Costa e Silva(Faixa da Direita)
	HORÁRIO: 07:00 - 09:00		PARA : Sentido Lapa

FAIXA HORÁRIA	AUTOMÓVEIS			ÔNIBUS						CAMINHÃO		CARRETA		TOTAL		
	ABS	UCP	UCP	CONV.		ESP.		ART.		ABS	UCP	ABS	UCP	15 min.		UCP
				ABS	UCP	ABS	UCP	ABS	UCP					ABS	UCP	
07:00 - 07:15	14	14	14	58	116	0	0	0	0	1	2	0	0	73	132	
07:15 - 07:30	28	14	14	60	120	0	0	0	0	0	0	0	0	74	134	
07:30 - 07:45	44	16	16	50	100	1	2	0	0	4	8	0	0	71	126	
07:45 - 08:00	91	47	47	56	112	0	0	0	0	2	4	0	0	105		555
08:00 - 08:15	131	40	40	54	108	0	0	0	0	1	2	0	0	95	150	573
08:15 - 08:30	181	50	50	59	118	0	0	0	0	1	2	0	0	110	170	609
08:30 - 08:45	245	64	64	54	108	0	0	0	0	2	4	0	0	120		659 MAX-07a11
08:45 - 09:00	291	46	46	56	112	0	0	0	0	1	2	0	0	103	160	656
TOTAL			291	447	894	1	2	0	0	12	24	0	0	751	1211	

O PICO OCORREU NA FAIXA HORÁRIA DE 08:00 ÀS 09:00 HORAS, COM 656 VEÍCULOS

FATORES DE CONVERSÃO PARA UCP:

AUTOMÓVEL = 1

ÔNIBUS: CONVENCIONAL/ESPECIAL = 2

ARTICULADO = 4

CAMINHÃO = 2

CARRETA = 3

PMS-SET	CONTAGEM CLASSIFICADA DE VEÍCULOS	
GEPRO		

POSTO 1A	DATA: 04.12.2002			SENTIDO DE TRÁFEGO		
	DIA: Quarta-feira	LOCAL: Dique / Rótula dos Barris	DE : Av.Pres. Costa e Silva(Faixa da Direita)			
	HORÁRIO: 17:00 às 19:00	PARA : Sentido Lapa				

FAIXA	AUTOMÓVEIS			ÔNIBUS						CAMINHÃO		CARRETA		TOTAL		
				CONV.		ESP.	ART.		ABS	UCP	ABS	UCP	15 min		60 min.	
	ABS	UCP	ABS	UCP	ABS	UCP	ABS	UCP					ABS	UCP	UCP	
17:00 - 17:15	33	33	33	42	84	1	2	0	0	2	4	0	0	78	123	
17:15 - 17:30	89	56	56	57	114	0	0	0	0	0	0	0	0	113	170	
17:30 - 17:45	148	59	59	50	100	0	0	1	4	0	0	0	0	110	163	
17:45 - 18:00	227	79	79	44	88	1	2	0	0	0	0	0	0	124	169	625
18:00 - 18:15	370	143	143	53	106	2	4	0	0	0	0	0	0	198	253	755
18:15 - 18:30	523	153	153	48	96	2	4	0	0	1	2	0	0	204	255	840
18:30 - 18:45	670	147	147	49	98	1	2	0	0	1	2	0	0	198	249	926
18:45 - 19:00	804	134	134	67	134	0	0	0	0	0	0	0	0	201	268	1025
TOTAL			804	410	820	7	14	2	4	4	8	0	0	1226	1650	

O PICO OCORREU NA FAIXA HORÁRIA DE 18:00 ÀS 19:00 HORAS, COM 1025 VEÍCULOS

FATORES DE CONVERSÃO PARA UCP:

AUTOMÓVEL = 1

ÔNIBUS: CONVENCIONAL/ESPECIAL = 2

ARTICULADO = 4

CAMINHÃO = 2

CARRETA = 3

PMS-SET	CONTAGEM CLASSIFICADA DE VEÍCULOS	
----------------	--	---

DATA: 04.12.2002 DIA: Quarta-feira HORÁRIO: 07:00 - 09:00	LOCAL: Dique / Rótula dos Barris	SENTIDO DE TRÁFEGO DE : Av.Pres. Costa e Silva(Faixa do meio) PARA : Vale dos Barris
---	----------------------------------	---

FAIXA HORÁRIA	AUTOMÓVEIS			ÔNIBUS						CAMINHÃO		CARRETA		TOTAL				
	ABS/AC	ABS	UCP	CONV.			ESP.		ART.		ABS	UCP	ABS	UCP	15 min		60 min.	
				ABS	UCP	ABS	UCP	ABS	UCP	ABS					UCP	ABS	UCP	UCP
07:00 - 07:15	245	245	245				3	6	3	6	0	0	8	16	0	0	259	273
07:15 - 07:30	459	214	214				1	2	2	4	0	0	8	16	1	3	226	239
07:30 - 07:45	700	241	241				2	4	0	0	0	0	6	12	0	0	249	257
07:45 - 08:00	925	225	225				1	2	1	2	0	0	13	26	0	0	240	255
08:00 - 08:15	1165	240	240				1	2	1	2	0	0	9	18	1	3	252	265
08:15 - 08:30	1409	244	244				1	2	2	4	0	0	10	20	0	0	257	270
08:30 - 08:45	1649	240	240				3	6	0	0	0	0	8	16	0	0	251	262
08:45 - 09:00	1885	236	236				1	2	0	0	0	0	8	16	0	0	245	254
TOTAL			1885				13	26	9	18	0	0	70	140	2	6	1979	2075

O PICO OCORREU NA FAIXA HORÁRIA DE 08:00 ÀS 09:00 HORAS, COM 1051 VEÍCULOS

FATORES DE CONVERSÃO PARA UCP:

AUTOMÓVEL = 1

ÔNIBUS: CONVENCIONAL/ESPECIAL = 2

ARTICULADO = 4

CAMINHÃO = 2

CARRETA = 3

PMS-SET	CONTAGEM CLASSIFICADA DE VEÍCULOS	
GEPRO		

POSTO 1B	DATA: 04.12.2002			SENTIDO DE TRÁFEGO
	DIA: Quarta-feira	LOCAL: Dique / Rótula dos Barris	DE : Av.Pres. Costa e Silva(Faixa do meio)	
	HORÁRIO:	PARA : Vale dos Barris		

FAIXA HORÁRIA	AUTOMÓVEIS			ÔNIBUS						CAMINHÃO		CARRETA		TOTAL			
	ABS/AC	ABS	UCP	CONV.		ESP.	ART.	UCP	ABS	UCP	ABS	UCP	ABS	UCP	15 min		60 min.
				ABS	UCP										ABS	UCP	ABS
17:00 - 17:15			250	250	1	2	0	0	0	0	7	14	0	0	258	266	
17:15 - 17:30	472	222	222	2	4	2	4	0	0	0	0	0	0	0	226	230	
17:30 - 17:45	748	276	276	0	0		2	0	0	1	2	0	0	278	280		
17:45 - 18:00	977		229	2	4	0	0	0	0	5	10	0	0	236	243	1019	
18:00 - 18:15	1201	224	224	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	226	228	981	
18:15 - 18:30	1430	229	229	2	4	0		0	0	2	4	0	0	233	237	988	
18:30 - 18:45	1663	233	233	0	0	4	8		0	4	8	0	0	241	249	957	
18:45 - 19:00	1905	242	242	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	243	244	958	
TOTAL			1905	7	14	9	18		0	20	40		0	1941	1977		

O PICO OCORREU NA FAIXA HORÁRIA DE 18:00 ÀS 19:00 HORAS, COM 958 VEÍCULOS

FATORES DE CONVERSÃO PARA UCP:


AUTOMÓVEL = 1

CAMINHÃO = 2

ÔNIBUS: CONVENCIONAL/ESPECIAL = 2

CARRETA = 3

ARTICULADO = 4

PMS-SET	CONTAGEM CLASSIFICADA DE VEÍCULOS	
----------------	--	---

POSTO 1C	DATA: 04.12.2002	SENTIDO DE TRÁFEGO	
	DIA: Quarta-feira	LOCAL: Dique / Rótula dos Barris	DE: Av. Pres. Costa e Silva(Faixa da Esquerda)
	HORÁRIO: 07:00 - 09:00		PARA: Vale dos Barris

FAIXA HORÁRIA	AUTOMÓVEIS			ÔNIBUS						CAMINHÃO		CARRETA		TOTAL			
	ABS/AC	ABS	UCP	CONV.		ESP.		ART.		ABS	UCP	ABS	UCP	15 min.		UCP	
				ABS	UCP	ABS	UCP	ABS	UCP					ABS	UCP		
07:00 - 07:15	164	164	164			4	1	2		0	2	4	0	0	169	174	
07:15 - 07:30	335	171					1	2	0	0		2	0	0	173	175	
07:30 - 07:45	540	205	205			2	4	0	0	0	2	4	0	0	209	213	
07:45 - 08:00	799	259	259			0	0	0		0	1		0	0	260	261	
08:00 - 08:15	1047		248			0	0	0	0	0	1	2	0	0	249		
08:15 - 08:30	1293					2	4		0	0	1	2	0	0			976
08:30 - 08:45			239			1	2	0	0	0		12	0	0		253	1016
	1764		232			1	0	0	0	0	0	0	0	0	233	234	989
			1764			8	16	2	4	0	0	14	28	0	0		

O PICO OCORREU NA FAIXA HORÁRIA DE 08:00 ÀS 09:00 HORAS, COM 989 VEÍCULOS

FATORES DE CONVERSÃO PARA UCP:

AUTOMÓVEL = 1

ÔNIBUS: CONVENCIONAL/ESPECIAL = 2

CAMINHÃO = 2

CARRETA = 3

PMS-SET	CONTAGEM CLASSIFICADA DE VEÍCULOS			
GEPRO				

POSTO 1C	DATA: 04.12.2002			SENTIDO DE TRÁFEGO
	DIA: Quarta-feira	LOCAL: Dique / Rótula dos Barris	DE : Av.Pres. Costa e Silva(Faixa da Esquerda)	
	HORÁRIO: 17:00 às 19:00	PARA : Vale dos Barris		

FAIXA	AUTOMÓVEIS			ÔNIBUS						CAMINHÃO		CARRETA		TOTAL					
	HORÁRIA	ABS/AC	ABS	UCP	CONV.		ESP.	ART.		ABS	UCP	ABS	UCP	15 min		60 min.			
					ABS	UCP		ABS	UCP					ABS	UCP	UCP			
17:00 - 17:15	225			225	1	2				0	0	1			0	0	227	229	
17:15 - 17:30	416		191	191	2	4	1	2			3	6	0	0			197		
17:30 - 17:45	647		231	231	0	0	1	2			1	2	0	0			233	235	
	894		247	247	0	0	0	0			2	4	0	0			249	251	918
18:00 - 18:15	1127		233	233	0	0	0	0			3	6	0	0			236	239	
18:15 - 18:30	1354		227	227	0	0	0	0			0	0	0	0			227	227	
18:30 - 18:45	1608		254	254	1	2	0	0			1	2					256	258	975
18:45 - 19:00	1838		230	230	0	0					0	0	0	0			230	230	954
TOTAL				1838			2	4	0	0	11	22	0	0			1855	1872	

O PICO OCORREU NA FAIXA HORÁRIA DE 18:00 ÀS 19:00 HORAS, COM 954 VEÍCULOS

FATORES DE CONVERSÃO PARA UCP:

AUTOMÓVEL = 1

ÔNIBUS: CONVENCIONAL/ESPECIAL = 2

ARTICULADO = 4

CAMINHÃO = 2

CARRETA = 3

PMS-SET	CONTAGEM CLASSIFICADA DE VEÍCULOS	
----------------	--	---

POSTO 2A	DATA: 04.12.2002	SENTIDO DE TRÁFEGO	
	DIA: Quarta-feira	LOCAL: Dique / Fonte Nova	DE : Av. Vasco da Gama (Faixa da Direita)
	HORÁRIO: 07:00 - 09:00		PARA : Fonte Nova

FAIXA HORÁRIA	AUTOMÓVEIS			ÔNIBUS						CAMINHÃO		CARRETA		TOTAL				
	ABS/AC	ABS	UCP	CONV.			ESP.	ART.		ABS	UCP	ABS	UCP	15 min.		60 min.		
				ABS	UCP	ABS		UCP	ABS					UCP				
07:30 - 07:45	39	39	39				39	78	1	2	0	0	1	3	1	0	81	122
07:45 - 08:00	63	24	24				40	80	0	0	0	0	0	0	0	0	64	104
08:00 - 08:15	132	69	69				36	72	0	0	0	0	1	3	0	0	106	144
08:15 - 08:30	206	74	74				42	84	0	0	0	0	1	3	0	0	117	161
08:30 - 08:45	292	86	86				50	100	0	0	0	2	6	0	0	0	138	192
08:45 - 09:00	378	86	86				46	92	1	2	0	0	3	9	0	0	136	189
09:00 - 09:15	440	62	62				44	88	0	0	0	1	3	0	0	0	107	153
09:15 - 09:00	525	85	85				44	88	0	0	0	2	6	1	0	0	132	179
TOTAL			525				341	682	2	0	0	11	33	2	0	0	881	1244

O PICO OCORREU NA FAIXA HORÁRIA DE 08:00 ÀS 09:00 HORAS, COM 713 VEÍCULOS

FATORES DE CONVERSÃO PARA UCP:

AUTOMÓVEL = 1

ÔNIBUS: CONVENCIONAL/ESPECIAL = 2

ARTICULADO = 4

CAMINHÃO = 2

CARRETA = 3

PMS-SET	CONTAGEM CLASSIFICADA DE VEÍCULOS	
GEPRO		

POSTO 2A	DATA: 04.12.2002			SENTIDO DE TRÁFEGO
	DIA: Quarta-feira	LOCAL: Dique / Fonte Nova	DE: Av. Vasco da Gama (Faixa da Direita)	
	HORÁRIO: 17:00 às 19:00	PARA: Fonte Nova		

FAIXA HORÁRIA	AUTOMÓVEIS			ÔNIBUS						CAMINHÃO		CARRETA		TOTAL			
	ABS/AC	ABS	UCP	CONV.		ESP.	UCP	ART.		ABS	UCP	ABS	UCP	15 min		60 min.	
				ABS	UCP			ABS	UCP					ABS	UCP	UCP	
16:30 - 16:45	30	30	30	38	76	0	0	1	4	2	4	0	0			114	
16:45 - 17:00	58	28	28		54	0	0	0	0	1	2	0	0		56	84	
17:00 - 17:15	102	44		38	76	0	0	0	0	0	0	0	0		82	120	
17:15 - 17:30	152	50	50	32	64	1	2	1	4	2	4	0	0		86	124	442
17:30 - 17:45	190	38	38	31	62	1	2	0	0	2	4	0	0		72	106	434
17:45 - 18:00	239	49	49	32	64	0	0	0	0	0	0	0	0		81	113	463
18:00 - 18:15	281	42	42	40	80	1	2	0	0	3	6	0	0		86	130	473
18:15 - 18:30	330	49	49	42	84	1	2	0	0	1	2	0	0		93	137	486
TOTAL			330	280	560	4	8	2	8	11	22	0	0		627	928	

O PICO OCORREU NA FAIXA HORÁRIA DE 18:00 ÀS 19:00 HORAS, COM 486 VEÍCULOS

FATORES DE CONVERSÃO PARA UCP:

AUTOMÓVEL = 1
CAMINHÃO = 2

ÔNIBUS: CONVENCIONAL/ESPECIAL = 2
CARRETA = 3

ARTICULADO = 4

PMS-SET	CONTAGEM CLASSIFICADA DE VEÍCULOS	
----------------	--	---

POSTO 2B	DATA: 04.12.2002	SENTIDO DE TRÁFEGO	
	DIA: Quarta-feira	LOCAL: Dique / Fonte Nova	DE : Av. Vasco da Gama (Faixa do Meio)
	HORÁRIO: 07:00 - 09:00		PARA : Fonte Nova

FAIXA HORÁRIA	AUTOMÓVEIS			ÔNIBUS						CAMINHÃO		CARRETA		TOTAL		
	ABS/AC	ABS	UCP	CONV.		ESP.		ART.		ABS	UCP	ABS	UCP	15 min		UCP
				ABS	UCP	ABS	UCP	ABS	UCP					ABS	UCP	
07:00 - 07:15	299	299	299	3	6	2	4	0	0		12	0	0	310	321	
07:15 - 07:30	632	333	333	4	8	0	0	0	0	10	20	0	0	347	361	
	1039	407	407	3	6	1	2	0	0	3	6	0	0	414	421	
07:45 - 08:00	1238	199	199	1	2	0	0	0	0	1	2	0	0	201	203	1306
08:00 - 08:15	1604	366	366	3	6	1	2	0	0	6	12	0	0	376	386	1371
08:15 - 08:30	2058	454	454	2	4	0	0	0	0	5	10	0	0		468	1478
08:30 - 08:45	2457	399	399	7	14	1	2	0	0	9	18	0	0	416	433	1490
08:45 - 09:00	2854	397	397	8	16	1	2	0	0	8	16	0	0	414	431	1718
TOTAL			2854	31	62	6	12	0	0	48	96	0	0	2939	3024	

O PICO OCORREU NA FAIXA HORÁRIA DE 08:00 ÀS 09:00 HORAS, COM 1718 VEÍCULOS

AUTOMÓVEL = 1

ÔNIBUS: CONVENCIONAL/ESPECIAL = 2

ARTICULADO = 4

CAMINHÃO = 2

CARRETA = 3

PMS-SET	CONTAGEM CLASSIFICADA DE VEÍCULOS	
GEPRO		

POSTO 2B	DATA: 04.12.2002			SENTIDO DE TRÁFEGO
	DIA: Quarta-feira	LOCAL: Dique / Fonte Nova	DE : Av. Vasco da Gama (Faixa do Meio)	
	HORÁRIO: 17:00 às 19:00	PARA : Fonte Nova		

FAIXA	AUTOMÓVEIS			ÔNIBUS						CAMINHÃO		CARRETA		TOTAL			
	ABS/AC	ABS	UCP	CONV.		ESP.	ART.	UCP	ABS	UCP	ABS	UCP	ABS	UCP	15 min		60 min.
				ABS	UCP										ABS	UCP	ABS
17:00 - 17:15			372	372	6	12	0	0	0	0	10		0	0	388		
17:15 - 17:30	708		336	336	1	2	2	4	0	0	6	12	0	0	345		354
17:30 - 17:45			387	387		8	6	12		0	10	20	0	0	407		427
17:45 - 18:00			342	342	6	12	1		0	0	10	20	0	0	359		376
18:00 - 18:15	1793		356	356	2	4	3	6	0	0	14	28		0	375		394
18:15 - 18:30	2162		369	369	5	10	4		0	0	7		0	0	385		401
18:30 - 18:45	2497		335	335	4	8		8	0	0	10	20	0	0	353		371
18:45 - 19:00	2853		356	356	6	12	2	4	0	0	3	6	0	0	367		378
TOTAL				2853	34		22	44	0	0		140	0		2979		3105

O PICO OCORREU NA FAIXA HORÁRIA DE 18:00 ÀS 19:00 HORAS, COM 1544 VEÍCULOS

FATORES DE CONVERSÃO PARA UCP:

AUTOMÓVEL = 1

ÔNIBUS: CONVENCIONAL/ESPECIAL = 2

ARTICULADO = 4

CAMINHÃO = 2

CARRETA = 3

PMS-SET	CONTAGEM CLASSIFICADA DE VEÍCULOS	
GEPRO		

POSTO 2C	DATA: 04.12.2002 DIA: Quarta-feira HORÁRIO: 07:00 - 09:00	LOCAL: Dique / Fonte Nova	SENTIDO DE TRÁFEGO DE: Av. Vasco da Gama (Faixa da Esquerda) PARA: Fonte Nova
----------	---	---------------------------	---

FAIXA HORÁRIA	AUTOMÓVEIS			CONV.					CAMINHÃO		CARRETA		TOTAL 60 min.			
	ABS/AC	ABS	UCP	CONV.			ART.		ABS	UCP	ABS	UCP	ABS	UCP	ABS	UCP
				ABS	UCP	UCP	ABS	UCP								
07:00 - 07:15	251	251	251	0	0	0	0	0	2	4	0	0			255	
07:15 - 07:30	543	292	292	0	0	0	0	0	3	6	0	0			295	298
07:30 - 07:45	899	356	356		0	0	0	0	5	10	0	0			361	366
07:45 - 08:00	1279	380	380	0	0	0	0	0	3		0	0			383	380
08:00 - 08:15		461	461		2	0	0	0	1		0	0			463	1515
08:15 - 08:30	2166	426		2	4	0	0	0	0		0	0				430
08:30 - 08:45	2551	385	385	0	0	0	0	0	0	0	0	0			385	385
08:45 - 09:00	3039	488	488	0	0	0	0	0	5	10	0	0			493	498
TOTAL			3039	3	6	0	0	0	19		0	0			3061	3083

O PICO OCORREU NA FAIXA HORÁRIA DE 08:00 ÀS 09:00 HORAS, COM 1778 VEÍCULOS

AUTOMÓVEL = 1

ÔNIBUS CONVENCIONAL/ESPECIAL = 2

ARTICULADO = 4

CAMINHÃO = 2

CARRETA = 3

PMS-SET	CONTAGEM CLASSIFICADA DE VEÍCULOS	
GEPRO		

POSTO 2C	DATA: 04.12.2002			SENTIDO DE TRÁFEGO
	Quarta-feira	LOCAL: Dique / Fonte Nova	DE : Av. Vasco da Gama (Faixa da Esquerda)	
	HORÁRIO: 17:00 às 19:00	PARA : Fonte Nova		

FAIXA	AUTOMÓVEIS			ÔNIBUS						CAMINHÃO		CARRETA		TOTAL			
	HORÁRIA	ABS/AC	ABS	UCP	CONV.		ESP.	ART.		ABS	UCP	ABS	UCP	15 min		60 min.	
					ABS	UCP	ABS	UCP	ABS					UCP	ABS	UCP	
17:00 - 17:15	370		370	370	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	372	374	
17:15 - 17:30	678		308	308	1	2	1	2	0	0	1	2	0	0	311		
17:30 - 17:45	1026		348	348	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	350		352
17:45 - 18:00	1306		280	280	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	282		1324
18:00 - 18:15	1687		381	381	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	383		1335
18:15 - 18:30	2059		372	372	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	374		1397
18:30 - 18:45	2403		344	344	0	0	2	4	0	0	2	4	0	0	348		1397
18:45 - 19:00	2820		417	417	0	0	2	4	0	0	3	6	0	0	422		1540
TOTAL				2820	2	4	4	12	0	0	14	28	0	0	2842		2864

O PICO OCORREU NA FAIXA HORÁRIA DE 18:00 ÀS 19:00 HORAS, COM 1540 VEÍCULOS

FATORES DE CONVERSÃO PARA UCP:

AUTOMÓVEL = 1

ÔNIBUS: CONVENCIONAL/ESPECIAL = 2

ARTICULADO = 4

CAMINHÃO = 2

CARRETA = 3

Texto sobre Augustin Fresnel

AUGUSTIN FRESNEL



AUGUSTIN FRESNEL - 1786 – 1827. Físico francês, nasceu em 1786 e morreu em 1827. Demonstrou que a teoria ondulatória é capaz de explicar fenômenos de interferência luminosa. Por este fato ele é considerado o "pai da teoria ondulatória" da luz.

Fresnel demonstrou que somente uma teoria que atribuía à luz a característica de formada por ondulações transversais poderia explicar a dupla refração. Ele desenvolveu uma teoria matemática da refração e polarização de cristais anisotrópicos. Dessa teoria, William Rowan Hamilton previu a refração cônica que foi descoberta posteriormente.

No seu modelo, a luz seria formada por ondulações magnéticas e elétricas, cada uma polarizada em ângulo reto em relação à outra. Fresnel também especulou que o campo magnético de ímãs poderia ser descrito como formado por correntes alinhadas circulando em torno das moléculas.

Dentre suas criações temos as denominadas "lentes de Fresnel", muito utilizadas nos atuais sensores infravermelhos para abertura automática de portas se sensores de presença.

Os seus estudos o levaram a uma rejeição da teoria corpuscular da luz em favor de uma teoria dinâmica.

Fresnel deduz os efeitos decorrentes de uma teoria ondulatória da luz, a partir de umas poucas hipóteses fundamentais:

I. As vibrações de luz são senoidais.

II. A difração se deve a superposição de ondas provenientes das extremidades da fenda (o que é incorreto).

III. Há interferência da luz, conforme seu estado vibratório: “*em fase*” ou em “*oposição de fase*”, conforme as expressões cunhadas por Fresnel.

Como Tomas Young, Fresnel também calcula corretamente a trajetória hiperbólica do lugar geométrico dos lugares geométricos dos pontos de interferência construtiva. Desenvolve a teoria, detalhando os cálculos e explicando a reflexão, a difração, as cores...e envia a Arago (o mesmo que se interessara pelos resultados de Young). Em 1815, termina a prisão de Fresnel e ele pode trabalhar em laboratório. Faz experiências com luz monocromática e com fenda dupla. Aperfeiçoa sua teoria da difração supondo uma contribuição de ondas de todos os pontos da fenda, e não apenas das extremidades, obtendo, desta vez, o resultado correto.

Eis como Fresnel definia a propagação da luz no seu éter: “*a luz consiste de vibrações de um fluido infinitamente sutil*”. Fresnel generaliza o princípio de Huyghens e passa a contestar abertamente a teoria corpuscular de Newton.

Coefficientes de Fresnel

Os coeficientes de Fresnel especificam a relação entre as amplitudes das ondas refletida e transmitida na interface entre dois meios com a amplitude da onda incidente. Eles são definidos para dois casos particulares: polarização paralela e polarização normal ao **plano de incidência** - plano imaginário definido pela direção das ondas incidente, refletida e transmitida, o qual contém também a normal à superfície de separação entre os dois meios. As expressões para estes coeficientes podem ser obtidas

pela aplicação das condições de contorno de que o campo elétrico e o campo magnético devem ter componentes contínuas na interface.

a) Polarização Normal ao plano de incidência:

Coeficiente de reflexão:

$$\rho_n := \left(\frac{E_r}{E_i} \right)_n$$

$$\rho_n := \frac{\eta_2 \cdot \cos(\theta_i) - \eta_1 \cdot \cos(\theta_t)}{\eta_2 \cdot \cos(\theta_i) + \eta_1 \cdot \cos(\theta_t)}$$

$$\tau_n := \frac{2 \cdot \eta_2 \cdot \cos(\theta_i)}{\eta_2 \cdot \cos(\theta_i) + \eta_1 \cdot \cos(\theta_t)}$$

$$\tau_n := \left(\frac{E_t}{E_i} \right)_n$$

Coeficiente de transmissão:

$$\rho_n := \tau_n - 1$$

b) Polarização Paralela ao plano de incidência:

Coeficiente de reflexão:

$$\rho_p := \left(\frac{E_r}{E_i} \right)_p$$

$$\rho_p := \frac{\eta_1 \cdot \cos(\theta_i) - \eta_2 \cdot \cos(\theta_t)}{\eta_1 \cdot \cos(\theta_i) + \eta_2 \cdot \cos(\theta_t)}$$

$$\tau_p := \frac{2 \cdot \eta_2 \cdot \cos(\theta_i)}{\eta_1 \cdot \cos(\theta_i) + \eta_2 \cdot \cos(\theta_t)}$$

$$\tau_p := \left(\frac{E_t}{E_i} \right)_p$$

Coeficiente de transmissão:

$$\rho_p := \tau_p \cdot \left(\frac{\cos(\theta_t)}{\cos(\theta_i)} - 1 \right)$$

Estas expressões são completamente gerais. Se os dois meios são dielétricos perfeitos (sem perdas), então η_1 e η_2 são reais, e portanto serão reais também os coeficientes de reflexão e transmissão. Isto quer dizer que os campos das ondas refletida e transmitida ou estarão em fase ou 180 graus fora de fase com relação ao campo elétrico da onda incidente. Se pelo menos um dos meios apresentar perdas, então haverá uma defasagem entre os campos.

Exemplo :

Uma onda incide na interface ar-Teflon com um ângulo de incidência θ_i . Calcule o ângulo de transmissão. Repita o cálculo intercambiando as duas regiões. Obtenha o ângulo crítico para incidência Teflon-ar (**ângulo crítico** - ângulo de incidência acima do qual só existe onda refletida). Obtenha também o **ângulo de Brewster**, que é o ângulo de incidência para o qual não ocorre reflexão uma onda com polarização paralela é totalmente transmitida

Parâmetros do sistema:

$$\begin{aligned}\theta_i &:= 30 \text{ deg} \\ \epsilon_{\text{rtef}} &:= 2.1 \\ \frac{\sin(\theta_i)}{\sin(\theta_t)} &:= \frac{\eta_2}{\eta_1}\end{aligned}$$

Solução

Partimos da lei de Snell :
Para meios não ferromagnéticos ela fica:

$$\begin{aligned}\frac{\sin(\theta_i)}{\sin(\theta_t)} &= \sqrt{\frac{\epsilon_t}{\epsilon_i}} \\ \text{então} \\ \theta_i &= 30 \text{ deg} \\ \theta_t &:= \text{asin}\left(\frac{\sin(\theta_i)}{\sqrt{\frac{\epsilon_{\text{rtef}}}{1}}}\right) \\ \theta_t &= 20.184 \text{ deg}\end{aligned}$$

Quando a onda incide do Teflon sobre o ar,

$$\begin{aligned}\theta_t &:= \text{asin}\left(\frac{\sin(\theta_i)}{\sqrt{\frac{1}{\epsilon_{\text{rtef}}}}}\right) \\ \theta_i &= 30 \text{ deg} \\ \theta_t &= 46.433 \text{ deg}\end{aligned}$$

Observe que quando a onda incide de um meio de permissividade dielétrica menor para um meio de permissividade maior, a direção da onda transmitida se

aproxima da normal. Quando a propagação se dá de um meio de permissividade maior para um de permissividade menor, a onda transmitida se afasta da normal.

Nesta situação existe um ângulo de incidência, chamado **ângulo crítico**, para o qual a direção da onda transmitida atinge 90°. Ângulos de transmissão maiores do que este não tem sentido físico. Para ângulos de incidência acima do ângulo crítico a onda transmitida se propaga paralelamente a superfície de separação. Vamos examinar esta situação partindo da lei de Snell.

Tanto do ponto de vista físico como matemático, não é possível que o lado direito tenha um valor maior do que 1.

$$\sin(\theta_t) = \sqrt{\frac{\epsilon_i}{\epsilon_t}} \cdot \sin(\theta_i)$$

Fazendo o lado direito igual a $\sin(90^\circ) = 1$,

$$\theta_c := \text{asin}\left(\sqrt{\frac{1}{\epsilon_{\text{ref}}}}\right)$$

$$\theta_c = 43.635 \text{ deg}$$

O qual é o ângulo crítico para a interface Teflon-ar. Quando OEM incidem com ângulo igual ou acima do crítico ocorre o fenômeno chamado **reflexão interna total**.

A situação oposta, para a qual toda a luz é transmitida ocorre para o caso da polarização paralela para o **ângulo de Brewster** θ_B . Vamos também analisar esta situação.

Igualando r_p a zero

$$0 = \frac{\eta_2 \cdot \cos(\theta_t) - \eta_1 \cdot \cos(\theta_B)}{\eta_1 \cdot \cos(\theta_B) + \eta_2 \cdot \cos(\theta_t)}$$

implica em

$$\eta_2 \cdot \cos(\theta_t) - \eta_1 \cdot \cos(\theta_B) = 0$$

$$\eta_1 \cdot \cos(\theta_B) = \eta_2 \cdot \cos(\theta_t)$$

Pela lei de Snell

$$\eta_2 := \eta_1 \cdot \frac{\sin(\theta_i)}{\sin(\theta_t)}$$

portanto

$$\sin(\theta_t) \cdot \cos(\theta_t) - \sin(\theta_i) \cdot \cos(\theta_i) = 0$$

Usando a trigonometria pode se mostrar que a expressão acima é equivalente a

$$\cos(\theta_i + \theta_t) \cdot \sin(\theta_i - \theta_t) := 0$$

a qual tem duas soluções. Se $\theta_i = \theta_t$ ou se $\theta_i + \theta_t = 90^\circ$. No primeiro caso temos dois meios com características elétricas iguais. No segundo caso, os meios tem características elétricas diferentes. Como corresponde a ângulos complementares, isto é,

$$\sin(\theta_t) := \cos(\theta_i)$$

Portanto o ângulo de Brewster pode ser calculado por:

$$\tan(\theta_B) = \frac{\eta_1}{\eta_2}$$

θ_B é o **ângulo de Brewster**.

É importante ressaltar que o fenômeno da transmissão total só ocorre para o caso da polarização paralela ao plano de incidência.

Para a interface Teflon-ar

$$\theta_B := \text{atan}\left(\sqrt{\frac{\epsilon_{r\text{teflon}}}{1}}\right)$$

$$\theta_B = 55.392 \text{ deg}$$

Um ângulo de Brewster útil de lembrar é o da interface vidro-ar. Como

$$\epsilon_{r\text{vidro}} := 2.25$$

O índice de refração será

$$n_{\text{vidro}} := \sqrt{\epsilon_{r\text{vidro}}}$$

$$n_{\text{vidro}} = 1.5$$

$$\theta_B := \text{atan}\left(\frac{n_{\text{vidro}}}{1}\right)$$

$$\theta_B = 56.31 \text{ deg}$$

Estes dois ângulos, o ângulo crítico e o ângulo de Brewster são muito usados em engenharia ótica. O fenômeno de reflexão interna total é usado por exemplo em pedras preciosas, de maneira a que elas sejam mais brilhantes. Suas faces são cortadas de forma que a luz fica presa no interior da gema devido à reflexão total nas faces laterais. A face superior é cortada de modo a que nela não ocorra o processo. Portanto toda a luz que entra pelas faces laterais é forçada a sair pela face superior. O mesmo fenômeno é importantíssimo para a operação das fibras óticas, nas quais, através de múltiplas reflexões internas a luz é transmitida longas distâncias sem atenuação apreciável.

O ângulo de Brewster é usado como um seletor de polarização, por exemplo, em lasers. Quando se deseja que a luz emitida seja linearmente polarizada se usam janelas em ângulo de Brewster, o que faz com que somente o campo com polarização

perpendicular seja refletido para o interior da cavidade do laser. Desta maneira somente esta polarização do campo elétrico será amplificada.

Braga, Newton C. **EDITORA SABER LTDA** Rua Jacinto José de Araújo, 315 - Tatuapé - São Paulo - SP - CEP: 03087-020 - Brasil Telefax: 11 6195-E-mail: a.leitor_eletronicatotal@editorasaber.com.br

DECRETO MUNICIPAL N° 4.551 DE 23 DE NOVIEMBRE DE 1973

DECRETO Nº 4.551 DE 23 DE NOVEMBRO DE 1973

Declara incorporada ao Sistema de Áreas Verdes do Município, áreas arborizadas de propriedade particular, necessárias ao resguardo das condições ambientais e paisagísticas.

O PREFEITO MUNICIPAL DO SALVADOR, CAPITAL DO ESTADO DA BAHIA, no uso de suas atribuições e

considerando que constitui indeclinável dever de Administração providenciar quanto ao resguardo da salubridade, ambiência e paisagens naturais do Município;

considerando que, para alcançar esse objetivo, do mais alto interesse público, a lei 2.549/73, no seu art. 6º, item VII, autorizou o Executivo a Incorporar áreas particulares ao Sistema de Áreas Verdes do Município;

considerando que, além das áreas verdes já declaradas não edificáveis pelo Decreto nº 4.524/73 outras deverão ser protegidas de maneira que o direito do proprietário de editar fique condicionado à preservação do recobrimento vegetal e da paisagem,

DECRETA:

Art. 1º - Ficam tombadas, para fins de incorporação ao Sistema de Áreas Verdes do Município, criado pela Lei 2.549/73, as áreas arborizadas de propriedade particular, discriminadas em relação que integra o presente decreto.

Art. 2º - A Divisão de Parques e Jardins da Superintendência de Urbanização da Capital inscreverá em livro próprio os imóveis tombados, competindo-lhe fiscalizar a preservação da arborização e as condições ambientais e paisagísticas neles existentes, que não poderão ser modificadas sem prévia licença dos órgãos mencionados no art. 1º do presente decreto.

Art. 3º - Qualquer edificação nas áreas tombadas por este Decreto somente será permitida quando não afetar de qualquer modo, a vegetação e a paisagem, devendo o pedido de licença para construir ser encaminhado ao exame e pronunciamento da Divisão de Parques e Jardins da Superintendência de Urbanização da Capital e do Órgão Central de Planejamento para posterior despacho do Chefe do Executivo.

Art. 4º - De acordo com o disposto no art. 7º da Lei nº 2.549/73 e na forma do art. 1º da Lei 2.321/71, as áreas de propriedade particular relacionadas neste decreto gozarão de isenção fiscal.

Art. 5º - As áreas arborizadas objeto do presente decreto não serão computadas para efeito do cálculo do coeficiente de utilização de terrenos a que estejam incorporadas.

Art. 6º - Este decreto entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

GABINETE DO PREFEITO DA CIDADE DO SALVADOR, em 23 de novembro de 1973.

CLÉRISTON ANDRADE
Prefeito

HÉLCIO JOSÉ LOBOSCO TRIGUEIRO
Secretário de Urbanismo e Obras Públicas

LEI MUNICIPAL N° 5.354/98

Diário Oficial do Município

ATOS DO PODER LEGISLATIVO

LEI Nº 5.354/98

Dispões sobre sons urbanos, fixa níveis e horários em que será permitida sua emissão, cria a licença para utilização sonora e dá outras providências.

O PREFEITO MUNICIPAL DO SALVADOR, CAPITAL DO ESTADO DA BAHIA.

Faço saber que a Câmara Municipal decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 1º - A emissão de sons e ruídos decorrente de qualquer atividade desenvolvida no Município obedecerá aos padrões estabelecidos por esta Lei, objetivando garantir a saúde, a segurança, o sossego e o bem estar público.

Parágrafo único - Para os efeitos desta Lei, considera-se som ou ruído toda e qualquer vibração acústica capaz de provocar sensações auditivas.

Art. 2º - Os sinais de sons e ruídos serão medidos por aparelho Medidor de Nível de Som - decibelímetro - observando-se o disposto na Norma NBR 10.151 da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, ou das que lhe suceder e utilizando sempre a curva de ponderação "A", do respectivo aparelho.

Art. 3º - Para os efeitos desta Lei, os níveis máximos de sons e ruídos, de qualquer fonte emissora e natureza, em empreendimentos ou atividades residenciais, comerciais, de serviços, institucionais, industriais ou especiais, públicas ou privadas assim como em veículos automotores são de:

- I. 60 dB (sessenta decibéis), no período compreendido entre 22:00 e 7:00h;
- II. 70 dB (setenta decibéis), no período compreendido entre 7:00 e 22:00h;

Parágrafo único - Quando os sons e ruídos forem causados por máquinas, motores, compressores ou geradores estacionados, os níveis máximos de sons e ruídos são de 55 dB (cinquenta e cinco decibéis), no período compreendido entre 7:00h e 18:00h e 50 dB (cinquenta decibéis), no período compreendido entre 18:00h e 7:00h.

Art. 4º - As emissões de sons e ruídos terão seus níveis medidos a 2,00m (dois metros) de qualquer das divisas do imóvel onde se localiza a fonte emissora, devendo o aparelho estar guarnecido com tela protetora de vento.

§ 1º - Quando a fiscalização efetuar a medição dos níveis de sons e ruídos no interior do imóvel do reclamante, ela deverá ocorrer no recinto receptor por ele indicado como de maior incômodo, estando o aparelho afastado no mínimo 1,5m (um metro e meio) das paredes e das aberturas do ambiente, que deverão estar fechadas.

§ 2º - Os níveis máximos de sons e ruídos medidos em ambientes internos serão de 55 dB (cinquenta e cinco decibéis), no período compreendido entre 22:00h e 7:00h, e de 60 dB (sessenta decibéis), no período compreendido entre 7:00h e 22:00h.

§ 3º - Quando se tratar de ambiente hospitalar, o nível máximo de sons e ruídos em ambientes internos será de 45 dB (quarenta e cinco decibéis), em qualquer período.

§ 4º - Os níveis máximos de sons e ruídos de que trata o parágrafo único do artigo 3º desta Lei, serão medidos à partir dos limites do imóvel onde se encontra a fonte emissora ou no ponto de maior nível de intensidade, no recinto receptor.

Art. 5º - Os proprietários de equipamentos de som que utilizem equipamentos sonoros em eventos tradicionais tais como carnaval, festas juninas, festas de largo, religiosas e similares, estão obrigados à efetivar acordo com o órgão competente quanto aos níveis de emissão sonora em valores diferenciados ao disposto no artigo 3º desta Lei.

Art. 6º - A emissão sonora gerada em atividades não residenciais somente poderá ser efetuada após expedição, pelo órgão competente da Prefeitura, do Alvará de Autorização para Utilização Sonora, observado o disposto nesta Lei.

Parágrafo único - A multa prevista para a infração do disposto no caput deste artigo será de 300 (trezentas) UFIR's.

Art. 7º - O Alvará de Autorização para utilização Sonora será requerido à Prefeitura, juntando-se a seguinte documentação:

I. Requerimento em que conste com clareza:

- a) nome, endereço e qualificação do requerente e sua assinatura ou de seu representante legal;
- b) localização do empreendimento onde é exercida a atividade em que haverá emissão sonora;
- c) listagem dos equipamentos ou aparelhos que são fontes geradoras de sons ou ruídos;

II. Certidão negativa de débitos municipais;

III. Alvará de localização e funcionamento.

Parágrafo único - Os templos religiosos estão dispensados de apresentarem os documentos indicados nos incisos II e III deste artigo.

Art. 8º - O Alvará para utilização Sonora será expedido pelo órgão competente após vistoria ao local onde a atividade é exercida e constatação de que o ambiente, onde haverá emissão de sons e ruídos, possui condicionamento acústico adequado no sentido de preservar os limites estabelecidos, verificado mediante medições efetuadas nos termos desta Lei.

Art. 9º - O Alvará de Autorização para Utilização Sonora terá validade de 02 (dois) anos, contados à partir da data de sua expedição.

Art. 10 - Os estabelecimentos onde são exercidas atividades de que trata o artigo 6º, terão um prazo de 90 (noventa) dias para serem adaptados ao disposto nesta Lei e solicitarem o Alvará de Autorização para Utilização Sonora.

Art. 11 - A realização de eventos em logradouros públicos que utilizem equipamentos sonoros será precedida da respectiva autorização pelo Órgão competente, respeitados os níveis máximos de som estabelecidos nesta Lei.

Parágrafo único - O requerimento para autorização de que trata o "caput" deste artigo deverá ser dirigido ao órgão competente da Prefeitura no prazo máximo de 10 (dez) dias antes da data da realização do evento, dele constando pelo menos data, local, horário e equipamentos a serem utilizados.

Art. 12 - Não serão permitidos sons provocados por criação, tratamento, alojamento e comércio de animais que causem incômodo para a vizinhança, salvo quando em zoológicos, parques e circos.

Parágrafo único - A multa prevista para a infração do disposto no "caput" deste artigo será de 300 (trezentas) UFIR's.

Art. 13 - São proibidos os sons e ruídos, independente de medições de qualquer natureza, gerados por pregões, anúncios ou propagandas de caráter comercial em logradouro público, ou para ele dirigido, produzidos por aparelhos de som ou instrumentos de qualquer natureza, instalados em estabelecimentos ou em veículos automotores.

§ 1º - A multa prevista para a infração do disposto no "caput" deste artigo será de 600 (seiscentas) UFIR's, bem como será efetuada a apreensão do equipamento gerador de som, pela fiscalização.

§ 2º - Será tolerada a emissão de sons gerados por alto-falantes, fonógrafos e outros aparelhos usados em convocação popular de utilidade pública, assim como serviços de rádio comunitário, também de utilidade pública, limitado seu funcionamento ao período compreendido entre as 8:00h e 18:00h, desde que respeitados os níveis de sons e ruídos estabelecidos por esta Lei.

Art. 14 - Não estão sujeitas às proibições referidas nesta Lei os sons produzidos pelas seguintes fontes:

- I. aparelhos sonoros de qualquer natureza, fixos ou móveis, usados durante o período de propaganda eleitoral, devidamente atendida a legislação própria e os parâmetros desta Lei;
- II. sirenes ou aparelhos sonoros de viaturas quando em serviço de socorro ou de policiamento;
- III. detonações de explosivos empregados no arrebatamento de pedreiras ou rochas, ou em demolições, desde que em horário e com carga previamente autorizadas pelo órgão competente;
- IV. sinos de igrejas e de templos religiosos desde que sirvam exclusivamente para indicar as horas ou anunciar a realização de atos ou cultos religiosos;

V. bandas de músicas e assemelhadas, desde que em procissões, cortejos ou desfiles públicos no horário compreendido entre as 8:00h e 21:00h.

VI. hinos e cânticos religiosos, pregações feitas mediante sistema de som no interior dos templos religiosos.

Art. 15 - Verificada a infração a qualquer dispositivo estabelecido nesta Lei, o órgão competente da prefeitura, independentemente de outras sanções cabíveis, aplicará as penalidades seguintes:

- a) notificação;
- b) auto de infração;
- c) embargo do uso da fonte de som;
- d) apreensão da fonte de som;
- e) embargo do estabelecimento;
- f) interdição do estabelecimento;
- g) cassação do alvará da autorização;
- h) cassação do alvará de localização e funcionamento.

Art. 16 - A notificação será expedida quando constatada qualquer irregularidade na emissão de sons e ruídos, podendo constar no documento o prazo para que a mesma seja sanada.

Art. 17 - O auto de infração, uma vez julgado procedente, garantirá a emissão de multa proporcional à natureza da infração, em conformidade com a Tabela Única desta Lei.

§ 1º - A quitação da multa não exime o infrator de cumprir o que lhe for determinado pela Prefeitura, visando sanar a irregularidade detectada pela fiscalização.

§ 2º - Infrações cometidas por trios elétricos e assemelhados, em eventos devidamente autorizados, serão penalizadas com multas de 1.500 (mil e quinhentas) UFIR's por decibel que ultrapassar o nível máximo permitido no acordo a que se refere o artigo 5º desta Lei.

Art. 18 - O embargo do uso da fonte de som será aplicado na reincidência da infração.

Art. 19 - A apreensão da fonte de som, assim como o embargo do estabelecimento, serão aplicados no descumprimento do embargo do uso da fonte de som.

Parágrafo único - O infrator que tiver seu equipamento gerador de som apreendido pela fiscalização, terá o prazo máximo de 60 (sessenta) dias para efetivar o pagamento de 5 (cinco) UFIR's por dia de apreensão e solicitar a sua devolução junto ao órgão competente, findo o qual o bem será encaminhado para leilão.

Art. 20 - A interdição do estabelecimento será aplicada no descumprimento do embargo do estabelecimento.

Art. 21 - A cassação do Alvará de Autorização para utilização Sonora ocorrerá na desobediência da interdição do estabelecimento.

Art. 22 - A cassação do Alvará de Localização e Funcionamento ocorrerá no prosseguimento da infração.

Art. 23 - Nos casos de infração à qualquer dispositivo previsto nesta Lei, as penalidades de que trata o artigo anterior poderão ser aplicadas individual ou cumulativamente.

Parágrafo único - A reincidência de infração punida com multa implicará na sua aplicação em dobro, independente de outras medidas previstas nesta Lei.

Art. 24 - Por descumprimento ao disposto nesta Lei a responsabilidade pelas infrações será:

- a) pessoal do infrator;
- b) de empresa, quando a infração for provocada por pessoa na condição de mandatário, preposto ou empregado;
- c) dos pais, tutores ou curadores, quando cometidos por seus filhos menores, tutelados e curatelados, respectivamente.
- d) dos proprietários de animais e dos estabelecimentos de criação, tratamento, alojamento e comércio de animais.

Art. 25 - O procedimento administrativo para apuração das infrações previstas nesta Lei será regido pelo Código de Polícia Administrativa do Município e legislação correlata.

Art. 26 - Sempre que julgar necessário e para o cumprimento desta Lei, a autoridade competente solicitará auxílio de força policial.

Art. 27 - Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 28 - Revogam-se as disposições em contrário, em especial as leis nºs. 5.050, de 23 de agosto de 1995 e 5.065, de 10 de novembro de 1995.

GABINETE DO PREFEITO MUNICIPAL DO SALVADOR, em 28 de janeiro de 1998.

ANTONIO IMBASSAHY
Prefeito

GILDÁSIO ALVES XAVIER
Secretário Municipal do Governo

MANOEL RAYMUNDO GARCIA LORENZO
Secretário Municipal do Planejamento, Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico

RICARDO ANTONIO CAVALCANTI ARAÚJO
Secretário Municipal de Serviços Públicos

TABELA ÚNICA DE MULTAS

DB ACIMA DO PERMITIDO	MULTA EM UFIR	MULTA EM REAL
0,1 a 5	300	447,30
5,1 a 10	360	536,76
10,1 a 15	470	700,77
15,1 a 20	660	984,06
20,1 a 25	990	1.476,09
25,1 a 30	2.000	2.982,00
30,1 a 35	4.000	5.964,00
35,1 a 40	8.000	11.928,00
40,1 a 45	16.000	23.856,00
Acima de 45	50.000	74.550,00

SUCOM - SEDE
Av. Mário Leal Ferreira, 1975, Bonocô
CEP:40.252.390 - Tel: 71 380-6600 - Salvador - Bahia



Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Bernadete Sinay Neves,
Escola Politécnica da UFBA

S237a Santos, Valdizio Soares dos
Avaliação da poluição sonora provocada pelo tráfego urbano
utilizando ferramentas de simulação e geoprocessamento / Valdizio
Soares dos Santos. – Salvador, 2004.

128f.:il

Orientador: Wellington Correia de Figueiredo.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Escola
Politécnica, 2004

1. Ruído – Poluição sonora. 2. Trânsito urbano – Poluição sonora. I.
Figueiredo, Wellington Correia de. II. Universidade Federal da Bahia.
Escola Politécnica. III. Título

CDD 20.ed. 363.742