



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

CAROLINE SALGUEIRO DA PURIFICAÇÃO MARQUES

**ACÚSTICA URBANA DE UMUARAMA: AVALIAÇÃO E
METODOLOGIA PARA PROCEDIMENTOS DE REURBANIZAÇÃO**

Maringá – Paraná – Brasil

2010

CAROLINE SALGUEIRO DA PURIFICAÇÃO MARQUES

**ACÚSTICA URBANA DE UMUARAMA: AVALIAÇÃO E
METODOLOGIA PARA PROCEDIMENTOS DE REURBANIZAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, na área de concentração Infra-estrutura e Sistemas Urbanos para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Fernando Soares

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Fernanda Antonio Simões

Maringá – Paraná – Brasil

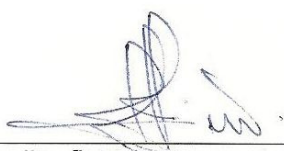
2010

CAROLINE SALGUEIRO DA PURIFICAÇÃO MARQUES

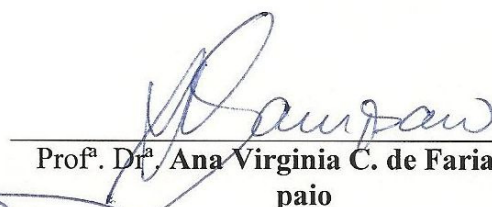
ACÚSTICA URBANA DE UMUARAMA: AVALIAÇÃO E
METODOLOGIA PARA PROCEDIMENTO DE REURBANIZAÇÃO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, na área de concentração Infra-estrutura e Sistemas Urbanos, para obtenção do título de Mestre.

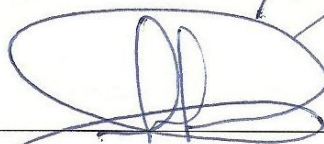
APROVADA em 17 de dezembro de 2010.



Prof. Dr. Fernanda Antonio Simões



Prof. Dr. Ana Virginia C. de Faria Sampaio



Prof. Dr. Paulo Fernando Soares

Orientador

M357a Marques, Caroline Salgueiro da Purificação.
Acústica urbana de Umuarama: avaliação e metodologia para procedimento de reurbanização / Caroline Salgueiro da Purificação Marques. – Maringá : Universidade Estadual de Maringá – UEM, 2010.
243 f.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Fernandes Soares.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá - UEM.

1. Arquitetura. 2. Acústica urbana. 3. Reurbanização. 4. Umuarama – Planejamento urbano. I. Universidade Estadual Maringá – UEM. II. Título.

(21 ed) CDD:
729.29

Bibliotecária Responsável Inês Gemelli CRB 9/966

Dedico esta dissertação, com muito amor, a Maria do Rosário e Júlio Abel, meus exemplos de vida, que sempre me estimularam em todos os momentos da minha vida. Estas duas pessoas, com muita sabedoria, discernimento, bom senso e dedicação, estiveram ao meu lado encorajando-me nas horas difíceis e me aplaudindo nos momentos de glória. Obrigada por serem meus pais, fonte de inspiração, apoio e ensino diário.

AGRADECIMENTOS

Deus, presente em mim:
“Sem” número de razões.
Proteção e silêncio.

Meus pais: Maria do Rosário e Júlio Abel:
“Aplausos” - Confiança, carinho e auxílio total em todos os momentos.

Fábio Henrique Fenato:
“Amor” – Assim começamos e continuaremos.
Companherismo, paciência e auxílio nas medições.

Isaura Neto Salgueiro:
“Aplausos” – Por me acolher com tanto carinho e amor em todos os momentos.

Camila Salgueiro da Purificação Marques:
A verdade mais óbvia e, ao mesmo tempo, escondida. Paciência e compreensão pela distância.

Prof. Dr. Paulo Fernando Soares, sábio e paciente mentor: Orientação.
Pela dedicação, caráter e conhecimento transmitido.
Mais que um professor, um amigo.

Profa. Dra. Fernanda Antonio Simões: Co-orientação.
Contribuição na transferência do vasto conhecimento
sobre as abordagens desta pesquisa.

Profa. Ms. Aline Lisot: Amizade.
Tempo e dedicação às voltas com o *software* SoundPLAN.

Professores do curso de Engenharia Civil Pós-graduação em Engenharia Urbana
da Universidade Estadual de Maringá e **funcionários** Douglas, Juarez:
Conhecimentos transmitidos. Todos foram importantes.

Colegas das turmas de Mestrado em Engenharia Urbana da Universidade
Estadual de Maringá, em especial a Thaise Teixeira e Juliana Leski:
Momentos de brincadeiras, pela troca de experiências
e principalmente pela amizade que construímos.

Profa. Dra. Ana Virgínia Carvalhaes de Faria Sampaio, do Departamento de
Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina:
Apontamentos e conhecimentos transmitidos como examinadora.

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior:
Apoio financeiro.

Professores e amigos que se transformaram em companheiros de trabalho, especialmente
Cleuza A. Silva, Regina de Held Silva e Alexander Huslmeyer:
por acreditarem em mim e me incentivarem.

Todos que, direta ou indiretamente, contribuíram e me apoiaram
para a realização desta pesquisa.

“[...] teorias bem-sucedidas consistem de generalizações simples, mas poderosas, sobre o mundo e como ele funciona, de modo a nos permitir predizer com precisão as operações futuras”.

(LANG, 1987, p. 14)

MARQUES, Caroline Salgueiro da Purificação. **Acústica urbana de Umuarama**: avaliação e metodologia para procedimentos de reurbanização. 2010. 242f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

RESUMO

Um dos problemas ambientais que se encontra em constante crescimento é o ruído ocasionado pelo tráfego urbano, uma das principais fontes de poluição sonora no Município de Umuarama (PR). A reurbanização é uma estratégia de gestão urbana que permite a requalificação de uma região ou de uma cidade, visando melhorar a qualidade de vida das populações residentes. O objetivo desta pesquisa aplicada é estudar sua acústica urbana, em uma escala de intervenção e reurbanização, por meio de dois estudos de caso, identificados e classificados como zona sensível e zona industrial, compreendendo trecho da Avenida Maringá e da Rodovia PR323, respectivamente. Para análise dos ambientes sonoros, foi elaborada uma sistematização de análise específica, abrangendo a avaliação comparativa dos níveis de ruído, com os limites estabelecidos pelas normativas brasileira e portuguesa vigentes, além do mapeamento acústico pelo *software* SoundPLAN[®]. Os novos parâmetros interpretativos abordados nesta pesquisa, ligados a padrões acústicos, qualitativos e quantitativos, no planejamento urbano, em relação ao uso e à ocupação do solo, devem partir de leituras e análises urbanas que organizem a sua identidade e o conforto acústico na composição da paisagem urbana sonora.

Palavras-chave: Acústica urbana. Reurbanização. Umuarama (PR). Planejamento urbano.

MARQUES, Caroline Salgueiro da Purificação. Umuarama urban acoustic: evaluation and methodology for re-urbanization procedures. 2010. 242p. Thesis (MA) - Graduate Program in Urban Engineering, State University of Maringá, Maringá, 2010.

ABSTRACT

One of the environmental problems, in constant growth, is the urban traffic noise, a major source of noise pollution at Umuarama City, PR, Brazil. The re-urbanization is an urban management strategy that enables the regeneration of a region or a city, to improve the quality of life of local residents. The objective of this applied research is to study its urban acoustics on a scale of intervention and redevelopment, through two case studies, identified and classified as sensitive and industrial zone, comprising the stretches of Maringa Avenue, and PR323 Highway, respectively. For analysis of sound environments, a systematization of specific analysis was developed, including comparative evaluation of the noise level, within the established limits by Brazilian and Portuguese current regulations, in addition to the acoustic mapping using SoundPLAN® *software*. The new interpretative parameters used in this study, related to qualitative and quantitative acoustic standards, in urban planning, for the land use and occupation, must appears from urban readings and analyzes that organize their identity and acoustic comfort on the sound urban landscape composition.

Keywords: Urban acoustics. Re-urbanization. Umuarama, PR, Brazil. Urban planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Exemplo de fonte pontual	35
Figura 2.3	Escala linear versus escala logarítmica	38
Figura 2.4	Monitoramento da qualidade do ar para a avaliação de impacto na saúde	42
Figura 2.5	Duração máxima admissível de exposição diária aos níveis sonoros indicados sem repercussões na saúde....	43
Figura 2.6	Resumo dos efeitos genéricos do ruído na saúde da população afetada	44
Figura 2.7	O papel do monitoramento na gestão da qualidade do ar	49
Figura 2.8	Representação de alguns dos principais mecanismos de propagação sonora	64
Figura 2.9	Incômodo face aos diferentes modos de transporte	65
Figura 2.10	Espectro típico do ruído de tráfego com os níveis acústicos (dB) emitidos em cada frequência (Hz)	66
Figura 2.11:	Exemplo histórico do ruído na Rua Luis Morote de Las Palmas, de Gran Canaria, Islas Canarias	66
Figura 2.12	Decréscimos do nível de pressão sonora em função do decréscimo de volume de tráfego	67
Figura 2.13	Espaços acústicos: (a) Aberto e (b) Fechado	71
Figura 2.15	Edifícios perpendiculares (a) e paralelos (b) à via	72
Figura 2.16	Comparação acústica da disposição de edifícios em relação à via	73
Figura 2.17	Proposta de desenho urbano para a proteção ao ruído rodoviário – Plano de ocupação do solo urbano	74
Figura 2.18	Proposta de perfil transversal em zona de influência de ruído rodoviário	74
Figura 2.19	Proposta de perfil transversal em zona de influência de ruído rodoviário com escalonamento dos edifícios	74
Figura 2.20	Representação: Via (a) e Rua (b)	75
Figura 2.21	Representação: Rua em perfil “U” (a) e Rua em perfil “L” (b)	75
Figura 2.22	Perfis de ruas analisados na cidade de Bucareste (Romênia).....	76
Figura 2.23	Aumento do ruído em uma via na proporção largura / altura	77
Figura 2.24	Quadra mais exposta (a) e menos exposta (b) ao ruído de tráfego	77
Figura 2.25	Intensificação sonora de barreiras na região voltada para a fonte.....	83
Figura 2.26	Fenômenos de absorção, transmissão, reflexão e difração numa barreira acústica	84
Figura 2.27	Perda de transmissão por barreiras.....	86
Figura 2.28	Perda de transmissão por barreiras.....	87
Figura 2. 29	Opções de mitigação de ruído	88
Figura 2.30	Esquema com regras empíricas para determinação do comprimento mínimo de uma barreira	89
Figura 2.31	Esquema com minimização do comprimento da barreira por inclinação das partes finais da barreira	90
Figura 2.32	Exemplo de terminação de barreira.....	91
Figura 2.33	Perspectiva artística mostrando a Avenida Boulevard, arborizada com função de proteção solar e acústica, na cidade de Belo Horizonte, Brasil.....	93
Figura 3.1	Fluxograma da sistematização específica da pesquisa para avaliação dos ambientes sonoros	102
Figura 3.2	Relação do tempo mínimo necessário para medições em função do número de veículos por hora	105
Figura 3.2	Medidor de nível de pressão sonora, 01dB®	110
Figura 3.3	Medidor de nível de pressão sonora modelo DL4200.....	110

Figura 4.1	Mapa do Estado do Paraná, destacando a Mesorregião Noroeste.....	115
Figura 4.2	Imagem de satélite da macroárea do Município de Umuarama, em destaque a localização dos ambientes sonoros de estudo.....	116
Figura 4.3	Fluxograma da metodologia das medições dos ambientes sonoros como estudos de caso	117
Figura 4.4	Mapa do Município de Umuarama destacando a localização dos estudos de caso, vias urbanas e rurais e saídas para outros Municípios.....	119
Figura 4.5	Mapa de Umuarama: espaços públicos e privados.....	121
Figura 4.6	Mapa da malha urbana de Umuarama-PR.....	122
Figura 4.7	Vista aérea dos principais edifícios expostos ao ruído na zona sensível	124
Figura 4.8	Imagem do trecho da Avenida Maringá.....	124
Figura 4.9	Apresentação da Zona Sensível e seu entorno no mapa do Município de Umuarama	125
Figura 4.10	Mapa hipsométrico da área de estudo	125
Figura 4.11	Vista aérea da Praça Mascarenhas de Moraes em 1997, antes da implantação da Unipar (Fotografia aérea, Governo do Paraná, 1997).....	127
Figura 4.12	Situação anterior. Ao fundo, à direita, a igreja São Francisco de Assis e, à esquerda, Campos Sede da Unipar	127
Figura 4.13	Vista da Biblioteca e Teatro da Unipar, e parcialmente a Igreja São Francisco de Assis, e ao fundo a Universidade	127
Figura 4.14	Vista do Portal da Universidade.....	128
Figura 4.15	Sensação de estreitamento pelos edifícios	128
Figura 4.16	Mapa de uso e ocupação do solo da situação existente – levantamento <i>in loco</i>	129
Figura 4.17	Mapa de uso e ocupação do solo do perímetro analisado	130
Figura 4.18	Avenida Paraná – entorno imediato da zona sensível	132
Figura 4.19	Disposição fundiária da zona sensível	132
Figura 4.20	Mapa – relação entre cheios e vazios - zona sensível	133
Figura 4.21	Localização da interseção da contagem manual veicular na zona sensível	134
Figura 4.22	Representação dos movimentos e quantitativo por categoria nas quatro aproximações, localizadas na interseção	135
Figura 4.23	Registro do movimento veicular às 23h00min.....	136
Figura 4.24	Pontos de monitoramento de Nível de Pressão Sonora – Zona Sensível	137
Figura 4.25	Localização do medidor de nível de pressão sonora – P3 (Avenida Maringá) .	138
Figura 4.26	Localização do medidor de nível de pressão sonora – P1 (Avenida Paraná)....	138
Figura 4.27	Imagem da interseção da zona industrial em outubro de 2009	141
Figura 4.28	Foto aérea da área de estudo e seu entorno, classificada como zona industrial	142
Figura 4.29	Mapa de uso e ocupação do solo da situação existente – levantamento <i>in loco</i>	144
Figura 4.30	Mapa de uso e ocupação do solo do perímetro analisado	145
Figura 4.31	Mapa – relação entre cheios e vazios	147
Figura 4.32	Tipologia arquitetônica – restaurante e posto de combustível	148
Figura 4.33	Tipologia arquitetônica industrial	148
Figura 4.34	Registro do movimento veicular as 17h55min.....	150
Figura 4.35	Registro do movimento veicular as 17h54min.....	150
Figura 4.36	Representação dos movimentos e quantitativo por categoria nas quatro aproximações, localizadas na interseção	151
Figura 4.37	Pontos de monitoramento de Nível de Pressão Sonora – Zona Industrial	154
Figura 4.38	Localização dos medidores de nível de pressão sonora – P2 (Via rural – sentido Maringá).....	155

Figura 4.39	Localização dos medidores de nível de pressão sonora – P3 (Interseção).....	155
Figura 5.1	Mapeamento sonoro – zona sensível.....	185
Figura 5.2	Mapeamento sonoro com as curvas de nível – zona industrial	215
Figura 6.1	Localização das barreiras acústicas – zona industrial	221

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	Diretrizes para o ruído do ambiente em relação aos efeitos críticos para a saúde.....	45
Quadro 2.2	Correlação entre o L_{dn} e a porcentagem de pessoas severamente perturbadas pelo ruído de tráfego, predominante, em função de L_{dn}	46
Quadro 2.3	Reação comunitária ao nível de ruído.....	47
Quadro 2.4	Limites para as exposições gerais externas - HUD.....	52
Quadro 2.5	Limites para as exposições gerais no Direito japonês	53
Quadro 2.6	Exposição ao ruído: limites estabelecidos pela legislação italiana.....	54
Quadro 2.7	Níveis máximos de exposição ao ruído ambiente exterior, L_{Aeq} , dB(A)	55
Quadro 2.8	Nível de Critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)	60
Quadro 2.9	Relação entre a perda por inserção da barreira e a facilidade de concepção	90
Quadro 2.10	Relação entre a distância de barreiras paralelas e a sua perda de eficácia.....	92
Quadro 2.11	Exemplo de instalação de barreiras junto a edifícios.....	92
Quadro 2.12	Atenuação sonora proporcionada por um maciço de vegetação.....	93
Quadro 2.13	Atenuação do ruído em dB(A), com diferentes espessuras de vidro (mm)	98
Quadro 2.14	Isolamento Sonoro de diversos tipos de vidro	99
Quadro 3.1	Fluxograma da metodologia da pesquisa.....	101
Quadro 3.2	Valores adotados para a equivalência veicular	109
Quadro 4.1	Características da cidade de Umuarama-Pr	115
Quadro 4.2	Referências de localização de cada ponto de monitoramento	137
Quadro 4.3	Nível Sonoro por trechos da interseção (zona sensível) – Equipamento 01dB [®]	139
Quadro 4.4	Referências de localização de cada ponto de monitoramento	153
Quadro 5.1	Avaliação dos resultados para a zona sensível, de acordo com o critério de comparação HUD.....	169
Quadro 5.2	Índices acústicos - Ponto de monitoramento P1 - Equipamento DL4200	170
Quadro 5.3	Avaliação dos resultados do P1, de acordo com o critério de comparação HUD.....	171
Quadro 5.4	Índices acústicos - Ponto de monitoramento P2 - Equipamento DL4200	172
Quadro 5.5	Avaliação dos resultados do P2, de acordo com o critério de comparação HUD.....	173
Quadro 5.6	Índices acústicos - Ponto de monitoramento P3 - Equipamento DL4200	174
Quadro 5.7	Avaliação dos resultados de acordo com o critério de comparação HUD.....	175
Quadro 5.8	Índices acústicos - Ponto de monitoramento P4 - Equipamento DL4200	176
Quadro 5.9	Avaliação dos resultados de acordo com o critério de comparação HUD.....	177
Quadro 5.10	Índices acústicos - Ponto de monitoramento P5 - Equipamento DL4200	178
Quadro 5.11	Avaliação dos resultados de acordo com o critério de comparação HUD.....	179
Quadro 5.12	Índices acústicos - Ponto de monitoramento P6 - Equipamento DL4200	181
Quadro 5.13	Avaliação dos resultados de acordo com o critério de comparação HUD.....	181
Quadro 5.14	Índices acústicos - Ponto de monitoramento P7 - Equipamento DL4200	182
Quadro 5.15	Avaliação dos resultados de acordo com o critério de comparação HUD.....	183
Quadro 5.16	Avaliação dos resultados da Zona Sensível - Equipamento DL4200.....	186
Quadro 5.17	Avaliação dos resultados para a zona industrial, de acordo com o critério de comparação HUD.....	194
Quadro 5.18	Índices acústicos - Ponto de monitoramento P1 - Equipamento DL4200	195
Quadro 5.19	Avaliação dos resultados do P1 de acordo com o critério de comparação HUD.....	196

Quadro 5.20	Índices acústicos - Ponto de monitoramento P2 - Equipamento DL4200	197
Quadro 5.21	Avaliação dos resultados do P2, de acordo com o critério de comparação HUD.....	198
Quadro 5.22	Índices acústicos - Ponto de monitoramento P3 - Equipamento DL4200	200
Quadro 5.23	Avaliação dos resultados de acordo com o critério de comparação HUD.....	200
Quadro 5.24	Índices acústicos - Ponto de monitoramento P4 - Equipamento DL4200	202
Quadro 5.25	Avaliação dos resultados de acordo com o critério de comparação HUD.....	203
Quadro 5.26	Índices acústicos - Ponto de monitoramento P5 - Equipamento DL4200	204
Quadro 5.27	Avaliação dos resultados de acordo com o critério de comparação HUD.....	205
Quadro 5.28	Índices acústicos - Ponto de monitoramento P6 - Equipamento DL4200	206
Quadro 5.29	Avaliação dos resultados de acordo com o critério de comparação HUD.....	207
Quadro 5.30	Índices acústicos - Ponto de monitoramento P7 - Equipamento DL4200	208
Quadro 5.31	Avaliação dos resultados de acordo com o critério de comparação HUD.....	209
Quadro 5.32	Índices acústicos - Ponto de monitoramento P8 - Equipamento DL4200	210
Quadro 5.33	Avaliação dos resultados de acordo com o critério de comparação HUD.....	211
Quadro 5.34	Índices acústicos - Ponto de monitoramento P9 - Equipamento DL4200	212
Quadro 5.35	Avaliação dos resultados de acordo com o critério de comparação HUD.....	213
Quadro 5.36	Avaliação dos resultados da Zona Industrial - DL4200.....	216

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	Contagem veicular classificada da zona sensível.....	135
Tabela 4.2	Índices acústicos (zona industrial) – Equipamento 01dB [®]	140
Tabela 4.3	Índices / descritores acústicos (zona sensível) – Equipamento DL4200.	140
Tabela 4.4	Contagem veicular classificada da zona industrial.	149
Tabela 4.6	Nível Sonoro por trechos da interseção (zona industrial) – Equipamento 01dB [®]	156
Tabela 4.7	Índices acústicos (zona industrial) – Equipamento 01dB [®]	157
Tabela 4.8	Índices / descritores acústicos (zona industrial) – Equipamento DL4200.	158
Tabela 5.1	Horários iniciais e finais de cada medição da zona sensível – Equipamento DL4200.	167
Tabela 5.2	Índices / descritores acústicos (zona sensível) – Equipamento DL4200.	167
Tabela 5.3	Horários iniciais e finais de cada medição da zona industrial – Equipamento DL4200.	191
Tabela 5.4	Índices / descritores acústicos (zona industrial) – Equipamento DL4200.....	192
Anexo B.1	Nível Sonoro Global em Db(A) do ponto de monitoramento N°1 – Equipamento DL4200.	238

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1	Uso e ocupação proporcionais por quantidade de lotes do perímetro avaliado.	131
Gráfico 4.2	Uso e ocupação proporcionais por quantidade de lotes do perímetro avaliado.	145
Gráfico 5.1	Contagem Veicular da zona sensível	162
Gráfico 5.2	Espectro sonoro, dB a partir do ruído global - zona sensível	163
Gráfico 5.3	Índices acústicos, em dB a partir do Ruído global - zona sensível – Equipamento 01dB [®]	164
Gráfico 5.4	Índices acústicos, em dB a partir do Ruído global - zona sensível – Equipamento 01dB [®]	165
Gráfico 5.5	Valores de L_{eq} , em dB a partir do Ruído global - zona sensível – Equipamento 01dB [®]	165
Gráfico 5.6	Valores de L_{eq} , em dB, do ponto de monitoramento P2- zona sensível – Equipamento 01dB [®]	166
Gráfico 5.7	Descritores acústicos, dB(A) a partir do ruído global – zona sensível	167
Gráfico 5.8	Índices e descritores acústicos, dB(A) – zona sensível - Equipamento DL4200	168
Gráfico 5.9	Relação entre os L_{eq} e o nível sonoro global, em dB(A) - zona sensível.....	169
Gráfico 5.10	P1-Nível sonoro global, em dB(A), domingo, 01 de agosto de 2010.....	170
Gráfico 5.11	Relação entre o L_{eq} dB(A) com os dias e horários de medição - Ponto 1.....	172
Gráfico 5.12	P2-Nível sonoro global, em dB(A), terça-feira, 06 de julho de 2010 Máximo: 84,2 dB(A) Mínimo: 54,6 dB(A)	173
Gráfico 5.13	Relação entre o L_{eq} dB(A) com os dias e horários de medição - Ponto 2.....	174
Gráfico 5.14	P3-Nível sonoro global, em dB(A), sábado, 31 de julho de 2010. Máximo: 79,5 dB(A) Mínimo: 59,3 dB(A)	175
Gráfico 5.15	Relação entre o L_{eq} dB(A) com os dias e horários de medição - Ponto 3.....	176
Gráfico 5.16	P4-Nível sonoro global, em dB(A), domingo, 01 de agosto de 2010. Máximo: 78,8 dB(A) Mínimo: 54,8dB(A)	177
Gráfico 5.17	Relação entre o L_{eq} dB(A) com os dias e horários de medição - Ponto 4.....	178
Gráfico 5.18	P5-Nível sonoro global, em dB(A), sábado, 31 de julho de 2010. Máximo: 62,4 dB(A) Mínimo: 43,2 dB(A)	179
Gráfico 5.19	Relação entre o L_{eq} dB(A) com os dias e horários de medição - Ponto 5.....	180
Gráfico 5.20	P6-Nível sonoro global, em dB(A), domingo, 01 de agosto de 2010. Máximo: 72,8 dB(A) Mínimo: 39,5 dB(A)	181
Gráfico 5.21	Relação entre o L_{eq} dB(A) com os dias e horários de medição - Ponto 6.....	182
Gráfico 5.22	P7-Nível sonoro global, em dB(A), terça-feira, 06 de julho de 2010. Máximo: 83,6 dB(A) Mínimo: 63,1 dB(A)	183
Gráfico 5.23	Relação entre o L_{eq} dB(A) com os dias e horários de medição - Ponto 7.....	184
Gráfico 5.24	Comparação dos L_{eq} , em dB(A) a partir do ruído global em relação às normativas - zona sensível	186
Gráfico 5.25	Contagem veicular da via urbana.....	187
Gráfico 5.26	Contagem veicular da via rural.	187
Gráfico 5.27	Espectro sonoro, dB a partir da Ruído global - zona industrial	188
Gráfico 5.28	Índices acústicos, em dB a partir do ruído global - zona industrial – Equipamento 01dB [®]	189
Gráfico 5.29	Índices acústicos, em dB a partir do ruído global - zona industrial – Equipamento 01dB [®]	190

Gráfico 5.30	Índices acústicos, em dB a partir do ruído global - zona industrial – Equipamento 01dB [®]	190
Gráfico 5.31	– Descritores acústicos, dB(A) a partir do ruído global - zona industrial	192
Gráfico 5.32	Índices e descritores acústicos, dB(A) - zona industrial - Equipamento DL4200	193
Gráfico 5.33	Relação entre os L_{eq} e o nível sonoro global, em dB(A) - zona industrial	194
Gráfico 5.34	P1-Nível sonoro global, em dB(A), segunda-feira, 05 de julho de 2010. Máximo: 86,8 dB(A) Mínimo: 56,5 dB(A)	195
Gráfico 5.35	Relação entre o L_{eq} dB(A) com o horário de medição - Ponto de monitoramento P1	197
Gráfico 5.36	P2-Nível sonoro global, em dB(A), sexta-feira, 30 de julho de 2010. Máximo: 92,7 dB(A) Mínimo: 53,8 dB(A)	198
Gráfico 5.37	Relação entre o L_{eq} dB(A) com o horário de medição - Ponto de monitoramento P2	199
Gráfico 5.38	P3-Nível sonoro global, em dB(A), quarta-feira, 28 de julho de 2010. Máximo: 89,0 dB(A). Mínimo: 55,6 dB(A)	200
Gráfico 5.39	Relação entre o L_{eq} dB(A) com o horário de medição – Ponto de monitoramento P3	201
Gráfico 5.40	P4-Nível sonoro global, em dB(A), sexta-feira, 30 de julho de 2010. Máximo: 87,0 dB(A) Mínimo: 60,8dB(A)	202
Gráfico 5.41	Relação entre o L_{eq} dB(A) com o horário de medição – Ponto de monitoramento P4	203
Gráfico 5.42	P5-Nível sonoro global, em dB(A), sexta-feira, 30 de julho de 2010. Máximo: 96,0 dB(A) Mínimo: 57,7 dB(A)	204
Gráfico 5.43	Relação entre o L_{eq} dB(A) com o horário de medição - Ponto de monitoramento P5	206
Gráfico 5.44	P6-Nível sonoro global, em dB(A), segunda-feira, 05 de julho de 2010. Máximo: 80,5 dB(A) Mínimo: 56,5 dB(A)	206
Gráfico 5.45	Relação entre o L_{eq} dB(A) com o horário de medição - Ponto de monitoramento P6	208
Gráfico 5.46	P7-Nível sonoro global, em dB(A), quarta-feira, 28 de julho de 2010. Máximo: 92,3 dB(A) Mínimo: 67,7 dB(A)	209
Gráfico 5.47	Relação entre o L_{eq} dB(A) com o horário de medição - Ponto de monitoramento P7	210
Gráfico 5.48	P8-Nível sonoro global, em dB(A), segunda-feira, 05 de julho de 2010. Máximo: 101,4 dB(A) Mínimo: 62,2 dB(A)	211
Gráfico 5.49	Relação entre o L_{eq} dB(A) com o horário de medição - Ponto de monitoramento P8	212
Gráfico 5.50	P9-Nível sonoro global, em dB(A), segunda-feira, 05 de julho de 2010. Máximo: 87,4 dB(A) Mínimo: 57,7 dB(A)	213
Gráfico 5.51	Relação entre o L_{eq} dB(A) com o horário de medição – Ponto de monitoramento P9	214
Gráfico 5.52	Comparação dos L_{eq} , em dB(A) a partir do ruído global em relação às normativas - zona industrial	216
Gráfico 6.1	Comparação da situação real e o cenário com o descritor acústico $L_{tráfego}$, dB(A)	220

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BMB	Betume Modificado com Borracha
CCDR	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional
CMNP	Companhia de Melhoramentos Norte do Paraná
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPEL	Companhia de Energia Elétrica do Paraná
CTNP	Companhia de Terras do Norte do Paraná
dB (A)	Decibel Ponderado na Curva A
DEFRA	Department for Environment, Food and Rural Affairs
EPA	Equipamento de Proteção Auditiva
<i>EPA</i>	<i>Environmental Protection Agency</i>
<i>FHWA</i>	<i>Federal Highway Administration</i>
<i>HUD</i>	<i>United States Department of Housing and Urban Development</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
ISO	International Organization for Standardization
<i>ITE</i>	<i>Institute of Transportation Engineers</i>
LAGG	Laboratório de Gestão Ambiental e Geomática da UNIPAR
NBR	Normas Brasileiras de Regulamentação
NCA	Nível de Critério de Avaliação
PDM	Planos Diretores Municipais
PMOT	Planos Municipais de Ordenamento do Território
PMRR	Planos Municipais de Redução de Ruído
PMU	Prefeitura Municipal de Umuarama
PP	Planos de Pormenor
PU	Planos de Urbanização
SMAC	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
<i>TNI</i>	<i>Traffic Noise Index</i>
UEM	Universidade Estadual de Maringá
UNIPAR	Universidade Paranaense
V _{eq}	Veículos Equivalentes

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	22
1.1	PROBLEMATIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	23
1.2	ABORDAGEM E TIPO DE PESQUISA	25
1.3	OBJETIVOS	26
1.4	ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA.....	27
2.	REVISÃO TEÓRICA	30
2.1.	URBANISMO E PLANEJAMENTO URBANO.....	30
2.2.	ACÚSTICA URBANA.....	32
2.2.1.	Descritores de ruído	39
2.2.2.	Ruído e sua relação com a saúde.....	41
2.2.3.	Ruído de Comunidades	46
2.2.4.	Monitoramento do ruído	47
2.2.5.	Princípios e normas reguladoras da poluição sonora	50
2.2.6.	Regulamento sobre ruído no Brasil.....	58
2.2.7.	Propagação sonora no ambiente externo.....	63
2.2.8.	Redução do ruído na fonte	64
2.2.9.	Redução do ruído no meio de propagação	82
2.2.10.	Redução do ruído no receptor	95
2.2.11.	Redução do ruído na construção e manutenção – ruídos temporários	99
3.	METODOLOGIA	101
3.1.	ANÁLISE MORFOTOPOCEPTIVA DA ÁREA	106
3.2.	CONTAGEM VEICULAR.....	107
3.3.	ACÚSTICA URBANA.....	109
3.3.1.	Simulação e mapeamento sonoro.....	112
4.	ESTUDO DE CASO	115
4.1.	CRITÉRIO E DEFINIÇÃO DOS LOCAIS DE ESTUDO.....	117
4.2.	HISTÓRICO	119
4.3.	ESTUDO DE CASO - ZONA SENSÍVEL	123
4.3.1.	Uso e ocupação espacial – Zona Sensível.....	129
4.3.2.	Análise da morfologia urbana	131
4.3.3.	Contagem veicular	134
4.3.4.	Paisagem sonora.....	138
4.4.	ESTUDO DE CASO - ZONA INDUSTRIAL	141
4.4.1.	Uso e ocupação espacial – Zona Industrial	143
4.4.2.	Análise da morfologia urbana	146
4.4.3.	Contagem veicular	149
4.4.4.	Paisagem sonora.....	153
5.	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	160
5.1.	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DO RUÍDO AMBIENTAL.....	160
5.2.	ESTUDO DE CASO 1 – ZONA SENSÍVEL.....	162

5.2.1. Análise do ruído urbano – Equipamento 01dB®	162
5.2.2. Análise do ruído urbano - Equipamento DL4200	166
5.2.3. Mapeamento sonoro e avaliação do ruído urbano na zona sensível	184
5.3. ESTUDO DE CASO 2 – ZONA INDUSTRIAL.....	187
5.3.1. Análise do ruído urbano – Equipamento 01dB®	188
5.3.2. Análise do ruído urbano - Equipamento DL4200	191
5.3.3. Mapeamento sonoro e avaliação do ruído urbano na zona industrial	214
6. CENÁRIOS ALTERNATIVOS	219
6.1. ZONA SENSÍVEL.....	219
6.2. ZONA INDUSTRIAL	219
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	224
REFERÊNCIAS	226
ANEXO A - Diretrizes Gerais, conforme o artigo 2º do Estatuto da Cidade.	237
ANEXO B - Dados do medidor de nível de pressão sonora DL4200 – Zona Industrial.....	238

1. INTRODUÇÃO

A palavra ruído deriva do latim “*rugitu*”, que significa estrondo. O ruído é constituído por várias ondas sonoras, com amplitude e fases distribuídas anarquicamente, provocando uma sensação desagradável (RUSSO e SANTOS, 1993).

A perturbação que ocorre no meio ambiente sonoro, denominada poluição sonora, pode causar danos à integridade do meio ambiente e à saúde dos seres humanos. A primeira referência específica a respeito do efeito desta poluição na audição é conhecida há mais de dois mil e quinhentos anos, quando observações relatadas em textos apontam a associação da exposição ao ruído e à surdez dos habitantes das redondezas das cataratas do Rio Nilo (FARIAS, 2006). A poluição sonora ocorre quando, em um determinado ambiente, o som altera a qualidade normal de audição e, ainda que ela não se acumule no meio ambiente, como outros tipos de poluição, causam vários danos ao corpo e à qualidade de vida das pessoas.

Essa poluição sonora ambiental é o resultado da combinação de diversas fontes sonoras, como atividades comerciais e de serviços, carros de som, casas e bares noturnos, templos religiosos, indústrias, alarmes, sirenes, obras de construção civil, manifestações públicas, máquinas industriais, vendedores ambulantes e, principalmente, o trânsito de veículos automotores, entre outras condicionantes, que contribuem para elevar o nível de ruído urbano.

Em alguns países considerados desenvolvidos, buscam-se procedimentos que visam à reintegração física de um patrimônio arquitetônico e urbano por muito tempo desconsiderado, o que recentemente têm a necessidade de se tornar o foco de uma revalorização econômica, prática, estética e/ou confortável, que inclui métodos de análise e diretrizes projetuais para atenuar o ruído urbano.

A cidade é múltipla, heterogênea. Ela não tem uma História, mas histórias, assim como ela não tem uma memória, mas memórias, diversas e não hierarquizáveis, estratificadas ou justapostas. Cada intervenção que projetamos sobre ela deve ser marcada por traços do passado que, desde já, contém, pelo pouco que saibamos ler, o invisível desenho do projeto futuro (HUET, 1998 p.5).

De tal modo, é a reurbanização e/ou revitalização dos centros históricos e das cidades como um todo (o meio ambiente urbano), que visa transformar um local, um imóvel ou um bairro, devolvendo, às características que desempenham, o caráter próprio à moradia, dentro de condições satisfatórias de conforto e habitabilidade, com um olhar no futuro. Garante-se,

de modo sustentável, a estabilização da massa construída e conserva as características arquitetônicas principais dos edifícios e o conjunto da paisagem urbana.

As avaliações das paisagens sonoras, por meio de mapeamento e prognóstico acústico, são úteis nas diretrizes urbanísticas, permitindo visualizar e quantificar o ruído ambiental, inclusive o ruído de tráfego. Tem a finalidade de fornecer, para o planejamento urbano, as ações e práticas adequadas para os ambientes sonoros urbanos, levando em conta as condicionantes naturais, humanas e econômicas.

Desta forma, a conjuntura espacial desta pesquisa aborda o diagnóstico e avaliação da acústica urbana de Umuarama, estado do Paraná. O primeiro método foi a análise do nível do ruído global dos estudos de caso, que são apresentados e diagnosticados quantitativamente, por meio da avaliação e comparação com as normativas, apresentadas no decorrer da dissertação. O outro método envolve o estudo da percepção subjetiva do ruído, qualitativamente, por meio da metodologia específica de análise e proposta de cenários alternativos, a partir das diretrizes projetuais.

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

O ruído ocasionado pelo tráfego urbano, uma das principais fontes de poluição sonora no Município de Umuarama, é um dos problemas ambientais que se encontra em constante crescimento. Nas principais rodovias, vias rurais que adentram o perímetro urbano e áreas centrais da maioria das cidades brasileiras, os altos níveis de ruído, principalmente pelo fluxo de veículos, caracterizam claramente a poluição sonora. É um tema pertinente e aberto a discussões e soluções para um melhor planejamento urbano local, de acordo com as características e cultura de cada cidade. Neste contexto, destaca-se a ausência da abordagem da problemática do ruído no Estudo de Impacto de Vizinhança, item obrigatório do Estatuto das Cidades¹.

A pesquisa de Zannin et al. (2002, p. 23) apresenta as reações de incômodo e indisposição toleradas pela população em relação ao ruído urbano, por meio de questionários realizados na cidade de Curitiba, Paraná. Nessa análise, as principais fontes da poluição sonora causadoras de incômodo identificadas foram o tráfego de veículos, com 73% e os vizinhos, com 38%.

¹ O Estatuto das Cidades é a denominação oficial e consagrada da lei 10.257 de 10 de julho de 2001, que regulamenta o capítulo "Política urbana" da Constituição Brasileira e que atribuiu aos municípios a implementação de planos diretores participativos, definindo uma série de instrumentos urbanísticos, que buscam o desenvolvimento urbano que deve articular os interesses coletivos da cidade.

Segundo o mesmo autor, mesmo sendo fonte predominante do desconforto, o ruído gerado pelo trânsito é menos expressivo para a comunidade do que o ruído gerado na vizinhança. Igualmente, é compreensível que a percepção das pessoas aponte para o aumento do ruído urbano, pois a população continua a aumentar e, conseqüentemente, os ruídos de vizinhança.

Esse apontamento justifica a avaliação do ruído global nos estudos de caso, pois as medições dos níveis de pressão sonora englobam, tanto o ruído de fundo e o ruído de impacto, como qualquer ruído no ambiente externo, principalmente o ruído de tráfego, foco deste trabalho de dissertação. Desta forma, justificam-se, como critério de escolha, as diferentes áreas de estudo no Município de Umuarama.

Em função de tantos distúrbios causados pelo ruído, muitos países vêm sendo obrigados a pesquisar sobre a poluição sonora urbana e suas conseqüências sobre o ambiente urbano. Assim, há o surgimento de estudos no contexto do ruído ambiental, como os realizados por: Burgess (1977); Barbosa (1992); Zheng (1996); Arana e Garcia (1998); Suksaard et al. (1999); Abdel-Raziq et al. (2000); Zeid et al. (2000); Zannin et al. (2001); Bistafa (2006); Kang (2009).

O ruído pode ocasionar danos à saúde das pessoas, como destaca a norma regulamentadora 15 (NR-15), que não permite exposição a níveis de ruído acima de 115 dB(A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos. Além de fixar 85 dB como limite de tolerância para uma exposição durante 8 horas diárias, a ruídos contínuos ou intermitentes, com o uso de equipamento de proteção auditiva (EPA).

A *Organisation Mondiale de la Santé* (2009) afirma que a maior parte das pessoas pode ficar exposta a um ruído de 70 dB, e o ouvido de uma pessoa adulta pode suportar um nível de ruído até 140 dB, mas para as crianças jamais devem passar de 120 dB. Entretanto, pelo fato de a população não conhecer tão bem os efeitos do ruído no ser humano, freiam-se as tentativas de prevenir e combater os problemas. Nesse sentido, justifica-se a abordagem da poluição sonora nesta pesquisa e sua importância em relação à sociedade contemporânea.

Esta problemática, aqui abordada, apresenta dimensões significantes, visto que o ruído é identificado de diversas formas, na maioria das cidades brasileiras, como também nas demais cidades do mundo, independentemente de seu porte ou nível de desenvolvimento. A diferença está nas pesquisas e nas práticas urbanísticas que atendem às necessidades de análise e avaliação do ruído urbano nos países europeus, por exemplo, ao contrário do que acontece no Brasil. Porém, a maioria das respostas às necessidades urbanas no Brasil surge de forma tardia e na reurbanização, ao invés de no planejamento urbano.

Lisbonne (1995, p. 37) conceitua a reurbanização como uma estratégia de gestão urbana que permite a requalificação de uma cidade existente, por meio de múltiplas intervenções, destinadas a valorizar suas potencialidades sociais, econômicas e funcionais, a fim de melhorar a qualidade de vida das populações residentes.

Portanto, tem-se por hipótese que os diferentes ambientes urbanos externos em Umuarama, abordados nesta pesquisa, devem ser representados no conjunto indutivo de diretrizes projetuais ou cenários urbanísticos, de acordo com a classificação da área. A intenção é contribuir globalmente para atenuação do ruído urbano externo, frente às diferenciadas acepções resultantes das características socioculturais e econômicas de Umuarama-Pr, em uma escala de intervenção e reurbanização.

1.2 ABORDAGEM E TIPO DE PESQUISA

A abordagem desta pesquisa é de cunho monográfico e foi orientada, inicialmente, pelas seguintes questões: como identificar e analisar o ruído de tráfego em áreas específicas e consolidadas? Qual a importância do monitoramento do ruído em relação ao planejamento urbano? Quais são as características da paisagem sonora no Município de Umuarama?

Também é considerada uma pesquisa aplicada, que gera conhecimentos para aplicação prática, dirigida à solução de problemas concretos e específicos referentes à poluição sonora, a qual envolve verdades e interesses locais, no contexto dos estudos de caso no Município de Umuarama.

A forma de abordagem da problematização da pesquisa envolve análises de caráter quantitativo e qualitativo. Aquela é a que possui ênfase nos elementos quantificáveis, que analisa e classifica os resultados por meio do uso de recursos e de técnicas estatísticas. Esta tem uma relação dinâmica e interpretativa entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito, que não pode ser traduzida em números, em que o processo e seu significado são os focos principais de abordagem.

Considera-se esta pesquisa como exploratória, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema identificado (ruído urbano), com vistas a torná-lo explícito e a construir cenários alternativos para os estudos de caso. O método dessa pesquisa é o raciocínio indutivo, que considera o conhecimento fundamentado na experiência, cuja generalização deriva de observações pontuais de casos da realidade concreta da cidade de Umuarama. Além disso, é uma pesquisa experimental, na qual se identificam as fontes de ruído que influenciam em diferentes ambientes sonoros nos estudos de caso e se definem as

formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa aplicada é estudar a acústica urbana da cidade de Umuarama, localizada no estado do Paraná. Deste modo, o presente trabalho se enquadra em uma escala de intervenção e reurbanização de áreas urbanas, por meio da seleção, monitoramento, avaliação e análise das problemáticas relacionadas com o ruído urbano.

Para a avaliação dos ambientes sonoros foi elaborada uma sistematização de análise específica, abrangendo a avaliação comparativa dos níveis de ruído, em áreas monitoradas, com os limites estabelecidos pelas normativas vigentes, brasileira e portuguesa, além do mapeamento acústico pelo *software* SoundPLAN[®]. A avaliação dos estudos de caso a partir da normativa portuguesa tem a finalidade de abranger a pesquisa no contexto europeu, o qual possui diretrizes e planos urbanísticos mais consolidados, tanto na área profissional, como na área acadêmica.

Os diferentes ambientes sonoros, para estudo de caso, foram identificados e classificados pelo seu entorno, como zona sensível e zona industrial, compreendendo a Avenida Maringá e o trecho da Rodovia PR323, respectivamente. Como os diferentes ambientes sonoros externos e as relações de controle acústico interferem na forma de apropriação do espaço urbano, essa pesquisa foi realizada sob a ótica da inter-relação do termo reurbanização, que, segundo o *Dictionnaire de la Langue Française* (1989) significa exigir a melhoria física, do conjunto construído, por meio da organização, da reestruturação e da instalação de equipamentos e de infraestrutura adequada, com a finalidade de conservar a identidade e as características da paisagem urbana em questão.

Observa-se a importância de os elementos físicos se enquadrarem no conceito de Paisagem Urbana, a fim de atenuar o ruído. Nesse caso, é a tradução da arte de tornar coerente e organizado, visualmente, o emaranhado de edifícios, ruas e espaços que constituem o ambiente urbano. Tal concepção foi primeiramente formulada por Gordon Cullen, em *The Architectural Review*, vindo posteriormente a dar forma ao livro, em 1961.

Para a proposta de procedimentos de reurbanização, os conceitos abordados na revisão teórica foram fundamentais no desenvolvimento das diretrizes projetuais para o estudo de caso, com o objetivo de compor cenários alternativos para atenuação do ruído urbano, sendo que as análises e as intervenções propostas serão pontuais.

A finalidade é averiguar as respostas à problemática nas intervenções pontuais do

espaço urbano na escala do lugar, portanto, na menor escala territorial. Para isto, adota-se um termo resgatado do século XV, o *Renovatio Urbis*, por Manfredo Tafuri (1980), citado por Secchi (2007, p. 6) *apud* Held (2009), em “*Primeira lição de Urbanismo*”. O autor defende o resgate às políticas de intervenção no ambiente urbano que permitem a aproximação ao objeto, um recorte no tecido para intervenção pontual. Dessa forma, admite *costuras* inter e multidisciplinares dos saberes ideológicos e metodológicos.

De tal modo, os novos parâmetros interpretativos, ligados a padrões qualitativos e quantitativos acústicos no planejamento urbano, em relação ao uso e à ocupação do solo, devem partir de leituras e análises urbanas que organizem a sua identidade e o conforto acústico, na composição da paisagem urbana, dentro do contexto do planejamento urbano.

1.4 ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA

Para garantir o aprofundamento necessário para a análise e avaliação dos ambientes sonoros da cidade de Umuarama, é necessária uma apresentação coerente das diretrizes projetuais urbanísticas para ambientes externos. Assim, adotou-se a separação analítica da dissertação em sete capítulos.

Capítulo I – Introdução. Apresentação da problemática e justificativa do tema pesquisado, assim como a abordagem, o tipo de pesquisa e os objetivos da mesma.

Capítulo II – Revisão teórica, com foco nos conceitos e nos aspectos da acústica dos diferentes ambientes sonoros. Constitui-se no banco de dados de referência, necessário às propostas de cenários alternativos. Serão abordados os temas referentes ao urbanismo e planejamento urbano e acústica urbana. Divide-se em noções de acústica, o ruído e sua relação com a saúde, a importância do monitoramento do ruído, a inclusão dos princípios e normas reguladoras da poluição sonora, a propagação sonora no ambiente externo, e a redução do ruído na fonte, no meio de propagação, na fonte na construção e manutenção (ruídos temporários).

Capítulo III – O terceiro capítulo descreve os métodos empregados na concretização da pesquisa. Trata-se da sistematização de análise específica de análise dos estudos de caso.

Capítulo IV – No quarto capítulo apresenta-se a caracterização das áreas pesquisadas, com apresentação dos mapas de uso e ocupação espacial, análise da morfologia urbana, contagem veicular e caracterização da paisagem sonora.

Capítulo V – É apresentada a análise dos resultados a partir do mapeamento sonoro dos estudos de caso. São abordados os critérios de avaliação do ruído ambiental, com a

análise do ruído urbano pelos equipamentos 01dB[®] e DL4200 e o mapeamento sonoro e avaliação do ruído urbano, em ambos os estudos de caso.

Capítulo VI – Serão apresentados os cenários alternativos, a partir da esquematização de diretrizes projetuais urbanísticas, tendo como base as revisões teóricas.

Capítulo VII - Trata das considerações finais e conclusões da pesquisa, com observações e sugestões para futuros trabalhos na área.

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1. URBANISMO E PLANEJAMENTO URBANO

Urbanismo é a Ciência da organização de cidades, descrita na Carta de Atenas², de 1933. Segundo Bardet (1990), este termo surgiu por volta de 1910, na França, no *Bulletin de la Société Géographique* para denominar uma “nova ciência” que se diferenciava das artes urbanas anteriores, por seu caráter crítico e reflexivo e pela sua pretensão científica, sendo epistemologicamente o estudo da cidade (*urbe*, do latim, significa cidade).

O autor Alfred Agache, arquiteto-urbanista, conceitua o Urbanismo como

Uma ciência, e uma arte e, sobretudo uma filosofia social. Entende-se por urbanismo o conjunto de regras aplicadas ao melhoramento das edificações, do arruamento, da circulação e do des congestionamento das artérias públicas. É a remodelação, a extensão e o embelezamento de uma cidade, levados a efeito, mediante um estudo metódico da geografia humana e da topografia urbana sem descurar as soluções financeiras (AGACHE, 1930).

Sob uma visão mais aberta, necessita-se aplicar o conceito de Urbanismo como o conjunto de ações voltadas ao planejamento, à gestão da cidade e ao ordenamento do uso e a ocupação do solo urbano, em várias escalas, local a regional, em integração com o conforto ambiental sonoro. Inclui uma abordagem multidisciplinar acerca da região, sob seus aspectos históricos, culturais, econômicos, de forma multireferencial, várias áreas do conhecimento e, sobretudo, as ações políticas, de maneira que se possa alcançar a sustentabilidade socioambiental urbana.

Contudo, a idéia de que a cidade absorve as nossas culturas e registra nossos conhecimentos, representados nos edifícios e nas intervenções urbanas, está além da possibilidade de compreender e evocar os novos desenvolvimentos e as rápidas transformações que incidem sobre o fenômeno urbano.

Os planos de desenvolvimento integrado são exemplos que incluem toda a cidade, com diretrizes para toda a área do Município, e não apenas para alguns locais específicos. Buscam a articulação entre o centro e os bairros, e destes entre si, através de sistemas de vias e de transportes (LEME, 1999, p. 25). As vias não são pensadas apenas em termos de

² Nome dado à carta de urbanismo que resume a doutrina dos Congressos Internacionais de Arquitetura Moderna (CIAM), e que contém as conclusões do IV CIAM sobre "A cidade funcional", realizado em Atenas, em 1933, segundo o Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement, sous la direction de Pierre Merlin et Françoise Choay, Presses Universitaires de France, 2ème édition, 1996.

embelezamento, mas também em termos de transporte (VILLAÇA, 1999).

O plano de Agache pode ser considerado o pioneiro dos “superplanos”. Elaborado para o Rio de Janeiro, em 1930, marca uma transição dos planos de embelezamentos, para os “superplanos”, que viriam a ser desenvolvidos nas décadas de 60 e 70 (VILLAÇA, 1999). Apresenta também a ideia de cientificismo à elaboração de planos urbanos, de que os problemas da cidade só podem ser solucionados com o auxílio da ciência e da técnica (VILLAÇA, 1999). Com efeito, uma das características mais importantes desse plano são a extensa análise e diagnóstico realizado.

O ordenamento da cidade é apresentado especialmente por meio da utilização do zoneamento³, e também pela legislação urbanística. O zoneamento é o principal instrumento de intervenção adotado (LEME, 1999, p. 362). Tanto o diagnóstico, como a metodologia clássica do zoneamento, devem ser aplicados aos ambientes sonoros urbanos, por meio de mapeamentos. Porém, sustenta-se o reflexo da nossa sociedade, a cidade contemporânea, que desloca o foco da modernidade, que dava à categoria *tempo* o papel central em suas propostas e formulações, e o lança sobre a categoria *espaço*. Isabel Margato e Renato Cordeiro Gomes (2008), *apud* Maia (2009), em livro que reúne ensaios que têm exatamente o *espaço* como protagonista, em uma perspectiva transdisciplinar, resume assim o quadro em questão:

[...] Elege-se o espaço como categoria privilegiada para pensar-se o mundo contemporâneo. Há mesmo nos discursos das mais variadas disciplinas uma recorrência (muitas vezes como “termos da moda”) a essa categoria e seus correlatos, a exemplo de lugar, não-lugar, entre-lugar, território, limite, (des)territorialização, globalização, mundial e local, centro e periferia, margem, Estado-nação, cosmopolitismo, entre outros [...] (MARGATO; GOMES, 2008, p. 7) *apud* (MAIA, KRAPP, 2009).

O planejamento urbano, segundo um ponto de vista contemporâneo, tanto como disciplina acadêmica, quanto como método de atuação no ambiente urbano, lida basicamente com os processos de produção, estruturação e apropriação do espaço urbano. A interpretação destes processos serão exemplificados nesta pesquisa pelos estudos de caso, os quais serão apresentados no decorrer desse trabalho. Porém, o grau de alteração de seu encadeamento varia, de acordo com a posição a ser tomada no processo de planejamento e, principalmente, com o poder de atuação do órgão planejador.

Neste planejamento urbano é dada grande importância à proteção do meio ambiente contra a poluição e impactos. O dicionário da Língua Francesa aponta o que é o planejamento urbano:

³ Instrumento de política urbana, a qual não é uma vertente separada da elaboração de planos diretores urbanos.

O planejamento urbano tem por objeto a conservação e valorização do patrimônio nacional, o desenvolvimento da infraestrutura e a criação de equipamentos destinados a favorecer o desenvolvimento econômico do país, considerando as necessidades socioeconômicas da nação. Há que se criar metrópoles de equilíbrio, destinadas a oferecer aos habitantes de grandes aglomerações um nível de serviços suficiente, e cidades novas, destinadas a desacelerar o desenvolvimento das grandes cidades, reanimarem as cidades de médio porte e renovar o espaço rural. O planejamento territorial visa melhorar a infraestrutura rodoviária e de auto estrada, as vias navegáveis, o transporte aéreo e as telecomunicações. (DICTIONNAIRE DE LA LANGUE FRANÇAISE, 1989)

Nesse contexto, o planejamento urbano deve envolver o planejamento acústico, que é o projeto de controle do ruído futuro, por meio da adoção de medidas programadas. Como exemplo, temos o ordenamento do território, a engenharia de sistemas para a gestão do tráfego, o planejamento da circulação e a redução do ruído por medidas adequadas de isolamento sonoro e de controle do ruído na fonte.

O urbanista não pode “apagar” todas as histórias para construir inteiramente uma cidade nova. Ele pode operar no sentido de administrar o aparente caos da realidade, na direção da inteligibilidade de uma ordem aparente, para, em seu interior, situar, de forma equilibrada e harmônica, a complexidade. As identidades urbanas devem garantir uma abordagem da cidade de maneira multidisciplinar, com a preocupação voltada para a organização ambiental, para os processos sociais e as intervenções urbanas articuladas entre si, a fim de eliminar os ruídos e turbulências que ameaçam a ordem constituída, a qual é destinada a reencontrar e classificar as regularidades. Essa política deve se relacionar à problemática do ruído urbano ao planejamento urbano local e intermunicipal.

2.2. ACÚSTICA URBANA

Neste tópico far-se-á a exposição de noções de acústica, comportamento e características do som, origem e controle do ruído, o que permitirá a compreensão do fenômeno acústico envolvido e facilitará o entendimento dos capítulos subsequentes. Deste modo, apresentam-se os conceitos e as terminologias mais utilizadas no domínio da Acústica Ambiental, como também a noção básica das características do som. Pela diversidade dos termos envolvidos, pondera-se adequada a abordagem conceitual e técnica em relação à atenuação urbana.

Acústica é a ciência que estuda o som, a sua propagação, tanto em meio fluido, como

sólido, e as suas inter-relações com o ser humano, num aspecto de efeitos causados, tenham eles caráter de agradabilidade (música, voz) ou não (ruído) (PATRÍCIO, 2010).

Segundo Henrique (2002), é uma ciência, um ramo da física por meio do qual se investigam as vibrações mecânicas e os fenômenos ondulatórios, em um meio material elástico, que analisa a produção, o controle, a transmissão e a recepção do som, bem como os efeitos do ruído no fenômeno da audição.

Segundo Lazzarini (1998), os estudos científicos do fenômeno sonoro estão interligados, mas cada um enfoca um aspecto específico do fenômeno. A *acústica física* estuda a parte material do fenômeno sonoro, enquanto a *psicoacústica* trata da percepção do fenômeno sonoro pelos sentidos. Ainda ressalta que o som é uma percepção auditiva que resulta da vibração das moléculas de um meio, em certo espaço de tempo. Esses distúrbios, por sua vez, apresentam-se em forma de ondas em sua propagação pelo meio, através de um sistema composto de três elementos: emissor, meio e receptor.

Nas sociedades contemporâneas, grande parte do som é percebido desagradavelmente pelo ouvidor, como um incômodo ou perturbação, sem conteúdo informativo, sendo definido como ruído (PATRÍCIO, 2010). O ruído, como "subconjunto" do som, não depende somente das suas características físicas (amplitude, frequência e duração), mas também da atitude que o ser humano tem, relativamente à sua percepção.

O conceito literal de ruído, segundo o Dicionário Aurélio - Século XXI (1999) é “toda fonte de erro, distúrbio ou deformação de fidelidade na transmissão de uma mensagem visual, escrita, sonora, etc.; sinal indesejado que não pertence à mensagem intencionalmente transmitida”. “Qualquer som indistinto, sem harmonia”.

O conceito exato de ruído, segundo o Dicionário HOUAISS (2009) é:

Som ou conjunto de sons, frequências desagradáveis ao ouvido, causado por queda, choque, pancada, etc.; barulho, estrondo, estrépito; rumor contínuo e prolongado; som confuso, indistinto (como o de muitas vozes reunidas); tumulto ou desordem; grande alarido; escândalo, repercussão, escarcéu; som constituído pela superposição aleatória de vibrações de amplitudes e frequências diversas, sem relações harmônicas entre si; qualquer distúrbio que ocasiona perda de informação na transmissão da mensagem; qualquer efeito acústico de articulação que não depende dos órgãos ressoadores e não apresenta, por isto, vibrações harmônicas; na produção dos sons linguísticos, o som produzido pela obstrução total ou parcial da passagem da corrente expiratória, como na articulação das consoantes; som oriundo de certos órgãos percebido por meio de ausculta (p. ex., o ritmo de galope); sinal elétrico não desejado, que interfira nas comunicações; ruído gerado pela agitação térmica dos elétrons condutores de corrente elétrica, num componente que apresenta resistência. (Dicionário HOUAISS, 2009).

Bistafa (2006) aponta que o som é a sensação produzida no sistema auditivo, enquanto ruído é um som sem harmonia, geralmente de conotação negativa. Segundo o autor, o som pode ser definido como uma variação da pressão ambiente, detectável pelo sistema auditivo. Desta forma, o ruído é um “barulho provocado pela queda de um corpo; qualquer estrondo, barulho, estrépito, fragor; rumor contínuo e prolongado, bulício (...)”. Ou seja, é todo som percebido, mas não desejado pelo receptor. Também pode ser definido como um som puro ou mistura de sons, com dois ou mais tons, capazes de prejudicar a saúde, a segurança ou o sossego público (RIO DE JANEIRO, 1977). O parâmetro físico-matemático para a descrição do ruído ambiente que tenha uma possível relação com um efeito prejudicial é denominado indicador de ruído. Todo som que se torna desagradável ou indesejável ao receptor é denominado ruído. O que permite distinguir o conceito de som é o agente perturbador, desagradável, que muitas vezes pode variar de uma pessoa para outra, de acordo com fatores psicológicos de tolerância, formação sociocultural e seu estado emocional.

Deste modo, som e ruído são caracterizados por grandezas físicas mensuráveis, às quais são associadas grandezas ditas "fisiológicas", que correspondem à sensação auditiva. No que diz respeito à poluição, apesar de a legislação ambiental não estar sistematizada em um código, há uma lei que tem servido como diretriz em relação ao meio ambiente. É a Lei de Política Nacional do Meio Ambiente. Além disto, há resoluções e normas específicas sobre a poluição sonora, como será exposto adiante, segundo Machado (2009).

Na Lei n. 6.938, de 1981, conhecida como Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, em seu artigo 3º, inciso III, encontra-se um conceito útil e abrangente de poluição:

[...] a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que, direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente o ambiente; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981).

A poluição sonora define as características do ruído no seu entorno, considerando todos os sons perturbadores e indesejados, e que podem ser classificados segundo as possíveis fontes. As fontes de ruído são atividades permanentes ou temporárias, equipamentos, estruturas ou infraestruturas que produzam esse ruído nocivo para quem habite ou permaneça

em locais onde se faça sentir o seu efeito. Os dois tipos de poluição sonora são as fontes naturais e as fontes artificiais, que se subdividem em fontes pontuais e difusas.

As fontes naturais, segundo Monroy (2006), são o ruído do vento e os efeitos aerodinâmicos na construção; o ruído do mar quebrando na costa; os sons produzidos pelos seres vivos, animais ou vozes humanas.

As fontes artificiais se dividem. A fonte de ruído pontual, segundo Brüel e Kjær (2000), é quando a dimensão da fonte sonora, em relação ao seu receptor, localizado a uma distância “d”, se pode assemelhar a um ponto. Quando uma fonte desta natureza se localiza próxima do solo, a energia emitida propaga-se segundo um semi-hemisfério e o nível de pressão sonora diminuirá, de acordo com a distância da fonte (Figura 2.1).



Figura 2.1 - Exemplo de fonte pontual
Fonte: Brüel e Kjær, 2000.

Monroy (2006) cita como fontes artificiais e pontuais as grandes instalações (aeroportos, centrais elétricas), áreas industriais ou áreas específicas (lojas, fábricas), como também as atividades e serviços comunitários (escolas, recreação ao ar livre, mercados).

O tráfego rodoviário é, comumente, a principal causa de poluição sonora nas cidades, sendo praticamente impossível erradicar a necessidade de acesso de veículos aos edifícios ou suas imediações. É também uma atividade pública, anônima e permanente. Conforme Monroy (2006), a sua emissão ocorre difusamente, ao longo do eixo de circulação de edifícios vizinhos. O nível de ruído depende de variáveis, como os horários das atividades, intensidade e volume do tráfego e pontos de conflito, a proporção de veículos pesados, tipo de pavimento e da inclinação da estrada.

A fonte de ruído é linear difusa, segundo os autores Brüel e Kjær (2000), quando a origem do som se assemelha a uma linha. O tráfego rodoviário, por exemplo, resulta da junção de múltiplas fontes pontuais, que emitem ruído num período simultâneo (Figura 2.2). Neste caso, a energia acústica propaga-se, segundo um semi-tronco cilíndrico, e o nível de

pressão sonora diminuirá 3 dB quando se duplica a distância da fonte.



Figura 2.2 - Exemplo de fonte linear
Fonte: Brüel e Kjør, 2000.

Desta forma, a poluição sonora se dá por meio do ruído, considerado uma das formas de agressão ao homem. Os fatores determinantes para mensurar a intensidade da poluição sonora são o tempo de exposição e o nível do barulho a que se expõe a pessoa. Essa situação pode ser revertida aplicando-se as tecnologias de controle de ruído urbano existentes, que envolvem o desenvolvimento de produtos específicos, recursos para identificação e análise das fontes de ruído, previsão da redução de ruídos através de programas de simulação e o desenvolvimento de máquinas menos ruidosas.

As características mais acentuadas das fontes externas de ruído é que são intermitentes e possuem variados níveis, podendo atingir valores de cerca de 90 dB(A). Entre as fontes mais comuns nas áreas urbanas podem-se incluir os mercados e comércio, a coleta de lixo, as ruas e as praças com apropriação de espaço, as escolas, playgrounds e áreas de lazer, e o entretenimento noturno.

As três grandezas físicas que podem definir o nível de um som, isto é, a manifestação auditiva que nos permite dizer se ele é mais ou menos forte, em linguagem coloquial, são: a potência acústica “W”, a intensidade acústica “I” e a pressão acústica “A”. A pressão acústica é expressa em pascais (Pa). A frequência permite definir a altura do som, do grave ao agudo. A unidade da frequência é o hertz (Hz).

Segundo Souza et al. (2006), a frequência mais baixa de uma fonte é chamada fundamental ou primeiro harmônico. Assim, cada fonte sonora tem sua capacidade própria de vibrar em determinada frequência. A forma como se combinam as frequências de um som complexo, que permitem definir sua composição, constituindo o espectro, é chamada timbre.

A medida usada para calcular a intensidade dos sons é o Nível de Pressão Sonora,

NPS ou SPL (*sound pressure level*), expresso em “decibels”⁴. O decibel (dB) é uma medida da razão entre duas quantidades, sendo usado para uma grande variedade de medições em acústica, física e eletrônica. É uma unidade de medida adimensional, obtida com o uso do logaritmo. Esta medida retrata a quantidade de energia existente na onda sonora e, segundo Schultz (1972), pode ser usada para expressar níveis de quaisquer potências em relação a um nível básico de referência. Segundo Seep (2002) decibels não são unidades que se relacionam linearmente com uma grandeza. Decibels têm a característica de comprimir uma ampla faixa de variação da escala linear de potências por transformação destas em escala logarítmica. Desta forma, o som de dois decibels é dez vezes mais intenso que o som de um decibel.

O ouvido humano é capaz de captar uma faixa de pressões sonoras que varia desde o limiar da audição, correspondente à pressão de $0,00002 \text{ Nm}^{-2}$ ou $20 \mu\text{Pa}$, até o limiar da dor cuja pressão é aproximadamente 200 Nm^{-2} ou 200 Pa (GERGES, 1992; ROSSING, 1990). Assim, para se expressar os valores das pressões sonoras na faixa da audibilidade humana de forma linear, como por exemplo, em Nm^{-2} , seria necessária uma escala muito ampla e, portanto, de difícil utilização. O recurso matemático adotado para resolver este problema foi a utilização do conceito de nível de pressão sonora, ou seja, utiliza-se a escala Bel.

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente - SMAC do Rio de Janeiro (2009), explica que a noção de decibel, ainda que leve em conta a totalidade do sinal sonoro, é insuficiente para constatar a sensação sonora efetivamente percebida pelo ouvido humano. Deste modo, o nível sonoro expresso em dB é corrigido nos aparelhos de medida de ruído e esse sistema de correção chama-se "filtro de ponderação" ou "curva de ponderação ou "escala de compensação". O mais comumente utilizado é a escala de compensação A – nível sonoro expresso em dB(A) – que representa a sensação de ruído efetivamente percebido pelo ouvido.

A medição do ruído é realizada segundo o procedimento indicado na norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 10.151, seja o ruído estacionário ou ruído intermitente⁵, como será apresentado adiante, neste capítulo.

Como o ouvido humano não é sensível a pequenas variações de frequência, o espectro sonoro é dividido em bandas de oitava⁶. A análise espectral permite a identificação da quantidade de energia contida nas diferentes frequências. Uma oitava abrange um intervalo em que as frequências máximas e mínimas se encontram na razão de 2:1. As faixas ou bandas

⁴ Utiliza-se também a nomenclatura coloquial “decibéis”.

⁵ Ruído estacionário (como o ruído da chuva) sem caráter impulsivo ou tons audíveis, é classificado pelo nível sonoro em dB(A), medido por meio de um medidor de nível sonoro. Ruído estacionário com características impulsivas (como martelagens ou rebitagens) ou com impulsos discretos é classificado pelo nível sonoro em dB(A) acrescido da correção dada na NBR 10151: 2000.

⁶ Gama de frequências que compreende uma certa frequência e outra igual ao dobro da anterior.

de oitava normatizadas (medidas em Hertz) são as seguintes: 31,5/ 63/125/ 250/ 500/ 1000/ 2000/ 4000/ 8000/ 16000.

Na vida normal, as pessoas são submetidas a uma grande variedade de níveis de ruído, geralmente entre 20 e 140 dB(A). A Figura 2.3 ilustra como a escala logarítmica é capaz de comprimir uma ampla faixa de frequências em apenas duas ordens de grandeza.

Segundo Bistafa (2006), no contexto da avaliação das grandezas de ruídos não-estacionários, define-se ruído ambiente como uma superposição de ruídos, normalmente de naturezas diferentes e origens distintas, próximas ou remotas. Nenhum deles, porém, é objeto de interesse, ou consideração específica.

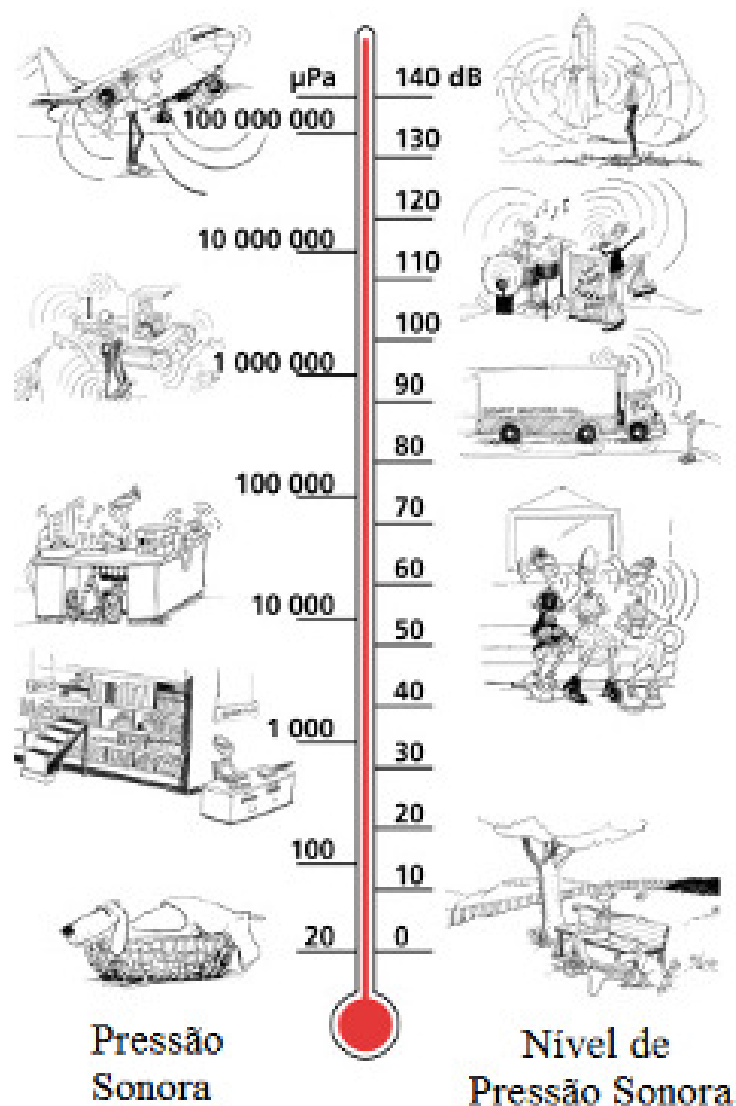


Figura 2.3 - Escala linear versus escala logarítmica
Fonte: Brüel e Kjær (2007)

Ainda segundo o autor, não é possível caracterizar facilmente ruídos não-estacionários, por meio de registros de níveis sonoros em função do tempo, porque esses contêm muitos pormenores. É preciso então, descrever esse ruído de uma forma mais simples e resumida. Por exemplo, os registros dos níveis sonoros em função do tempo podem ser distinguidos utilizando grandezas estatísticas, que serão explicadas a seguir.

2.2.1. Descritores de ruído

São níveis de pressões sonoras que são ultrapassados durante uma determinada fração do tempo total de medição. De acordo com Bistafa (2006), esses níveis sonoros são denominados *níveis estatísticos* ou *níveis de excedência*, e os mais usuais são o L_{90} , L_{50} e L_{10} .

Os níveis estatísticos de maior interesse para estudos de ruído de tráfego, por exemplo, são L_{10} e L_{90} (SCHULTZ, 1972) que são os níveis excedidos durante, respectivamente, 10% e 90% do tempo de medição (BISTAFA, 2006).

Para o estudo de ruído de tráfego rodoviário, o nível estatístico L_{10} pode ser aceito, aproximadamente, como valores de pico, pois ele indica valores que foram excedidos durante apenas 10% do tempo total de medição. Representa o nível que causa mais desconforto.

O nível estatístico L_{90} pode ser aceito como sendo um ruído de fundo, posto que indica o nível de ruído que ultrapassa durante quase todo o tempo de medição de cinco minutos. O L_{01} significa 1% do tempo de medição, cujos valores são maiores ou iguais a L_{01} , e o L_{50} , no mesmo sentido, significa que em 50% do tempo de medição os valores são maiores ou iguais a L_{50} .

Os dados coletados com medidor de nível de pressão sonora - MNPS da 01dB[®] Stell Brasil Eng. e Comércio Ltda (Sonomètre – *Sound Level Meter* – NF EN 60651/ NF EN 60804 Model SdB02+ Class 2), com filtro de oitava, disponibilizado pela Universidade Estadual de Maringá - UEM, além de proporcionar os índices apresentados, oferece os valores de S (maior nível de intensidade sonora instantânea medida), L (nível equivalente sonoro), L_{eq} (medido desde o início da medição), M (máximo valor de L_{eq} , com tempo de aquisição curto; 0,125 segundos, medido desde o início da medição) e m (mínimo valor de L_{eq} , com tempo de aquisição curto; 0,125 segundos, medido desde o início da medição).

O potencial de danos à audição de um dado ruído depende não somente de seu nível, mas também de sua duração (GERGES, 1992). Normalmente, os registros dos níveis de ruído podem variar durante um determinado intervalo de tempo, possibilitando calcular o nível

médio durante esse período. De tal modo, segundo Bistafa (2006), é definido um valor único, chamado nível equivalente de pressão sonora, L_{eq} , que é dado em dB, calculado pela seguinte Equação 2.1:

$$L_{eq} = 10 \log \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T 10^{L_p(t)/10} dt \right\} \quad (2.1)$$

Onde $L_p(t)$ é o nível sonoro no instante t e T é o intervalo de tempo de registro. Quando $L_p(t)$ é o nível sonoro A-ponderado, a unidade de L_{eq} será dB(A) igual a $(t_2 - t_1)$, tempo total de medição.

A Equação 2.1 mostra que o nível equivalente é representado então por um valor constante que, durante o mesmo tempo T , resultaria na mesma energia acústica produzida pelos valores instantâneos variáveis de pressão sonora. Logo, um nível equivalente L_{eq} tem o mesmo potencial de lesão auditiva que um nível variável, considerado no mesmo intervalo de tempo.

Consoante entendimento de Bistafa (2006), o nível chamado dia e noite (L_{dn}) é uma grandeza desenvolvida pela Agência de Proteção Ambiental norte-americana (*EPA – Environmental Protection Agency*) para a avaliação do ruído de todas as fontes em comunidades. O L_{dn} é uma medida similar ao nível equivalente, calculado durante um período de 24 horas.

Pode-se encontrar o L_{eq} a partir da obtenção de uma previsão do L_{10} , por meio da seguinte relação empírica entre ambos (ALEXANDRE et al., 1975 *apud* MAIA, 2003), conforme Equação 2.2:

$$L_{eq} = L_{10} + 3 \text{dB} \quad (2.2)$$

Outra forma de avaliar, de forma indireta, a perturbação causada pelo ruído de tráfego, assim como o ruído urbano global, é pelo índice de ruído de tráfego TNI (*Traffic Noise Index*), parâmetro desenvolvido no Reino Unido, que mede o grau de incomodidade gerado pelo tráfego rodoviário. Uma expressão empírica que representa o ruído de 24 horas é usada por propiciar a melhor correlação com o efeito de incômodo provocado pelo ruído, apresentada na Equação 2.3:

$$\text{TNI} = 4 (L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30, \text{dB(A)} \quad (2.3)$$

A diferença $(L_{10} - L_{90})$ é tomada como uma indicação da variabilidade dos picos de

ruído (SZOKOLAY, 1980 *apud* MAIA, 2003).

Uma das variáveis que condicionam a qualidade ambiental, juntamente com o sistema de transportes, devido aos inúmeros efeitos diretamente relacionados, como a urbanização incompatível com a rede viária, congestionamentos e falta de mobilidade da população, é a poluição sonora, principalmente em áreas de expansão urbana. A estimativa do ruído, em função do volume de tráfego ($L_{\text{tráfego}}$) é por meio da Equação 2.4:

$$L_{\text{tráfego}} = L_{\text{eq}} = 52 + 10 \log \left(\frac{Q}{d} \right) \quad (2.4)$$

Onde, Q é o volume de veículos por hora; d é a distância do eixo das vias até o receptor; e o valor 52 apresentado na equação significa que foi considerado o ruído de fundo.

Outro método de avaliação do ruído urbano é o cálculo do Nível de Poluição Sonora, calculado em função da constante K baseada na distribuição normal Gaussiana e desvio padrão, conforme se apresenta a Equação 5 (GERGES, 1998). O cálculo simplificado do nível de poluição sonora pode ser efetuado pelas Equações 2.5 e 2.6:

$$L_{\text{ps}} = L_{\text{eq}} + K \sigma, \text{ dB(A)} \quad (2.5)$$

$$L_{\text{ps}} = L_{\text{eq}} + L_{10} - L_{90}, \text{ dB(A)} \quad (2.6)$$

Onde:

L_{ps} = nível de poluição sonora, L_{eq} = nível de pressão sonora equivalente, L_{10} = nível de pressão sonora percentual 10%, L_{90} = nível de pressão sonora percentual 90%, K = constante igual a 2,56, baseada na distribuição normal Gaussiana, σ = desvio padrão em dB(A).

2.2.2. Ruído e sua relação com a saúde

Quanto aos efeitos do ruído em relação à saúde, um estudo publicado pela *Organisation Mondiale de la Santé* (2009) exemplifica a deficiência na audição, a interferência na comunicação, a perturbação do sono, os efeitos cardiovasculares e psicofisiológicos, o comprometimento da qualidade do trabalho, as mudanças no comportamento social.

As atividades de uma sociedade humana, como, por exemplo, economia, produção de bens, transporte e consumo, afetam o ambiente. Todos os estágios dessas atividades contribuem, direta ou indiretamente, para a poluição atmosférica. Assim, o monitoramento e o controle da qualidade do ar incluem todas as atividades focadas no ambiente, inclusive os diferentes ambientes sonoros. O objetivo do controle da qualidade do ar é a manutenção do ar

ambiente limpo o bastante, para ser seguro para a saúde pública e o meio ambiente.

Neste contexto, o *World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen* cita que esse processo de monitoramento e controle da qualidade do ar é liderado pelas funções da economia e da sociedade no geral, em relação aos efeitos da poluição do ar na saúde, que são descritos no sentido força-pressão-estado, exposição-efeito e cadeia de ação, conforme a Figura 2.4.

A cadeia enfatiza a ação que a sociedade pode fazer para minimizar os danos à saúde. O papel do controle da qualidade do ar é fornecer informações das concentrações de poluição no meio ambiente. Esses, posteriormente, são usados para alertar a população sobre os efeitos contra a saúde causados pela poluição do ar. Se os riscos a saúde são considerados muito altos, uma ação é necessária para controlar as emissões e melhorar o meio ambiente.

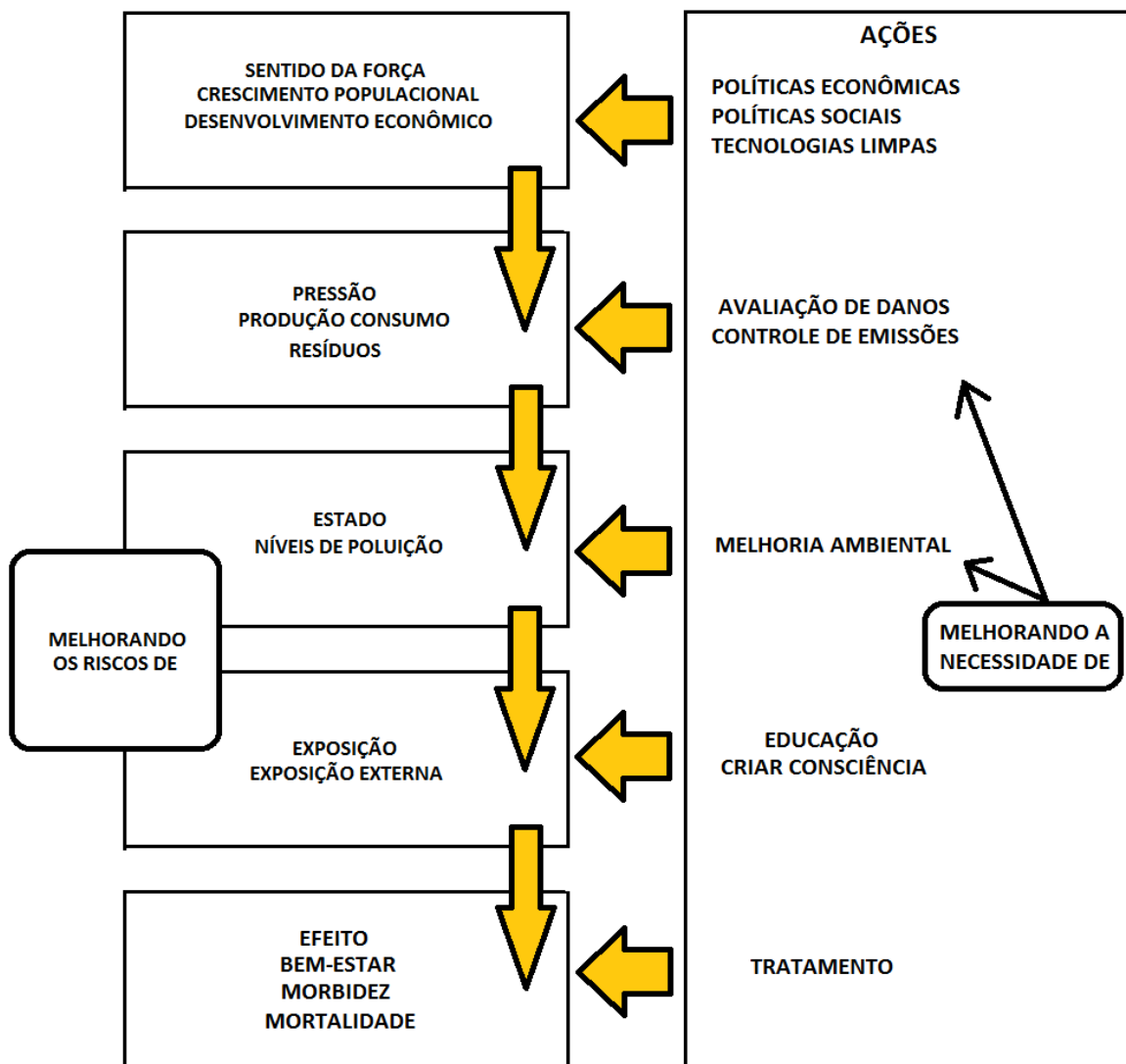


Figura 2.4 - Monitoramento da qualidade do ar para a avaliação de impacto na saúde
Fonte: Adaptado de World Health Organization Regional - Office for Europe - Copenhagen (2010).

Medidas podem ser tomadas para se prevenir contra os danos da poluição à saúde. O método estabelecido é trabalhar para melhorar o meio ambiente, para controlar as emissões e monitorar e controlar os níveis de poluição no ambiente, inclusive a poluição sonora.

O ruído ambiental pode diminuir o poder restaurador do sono, por meio de repetidas fragmentações do sono, que afetam, entre outros, o desempenho psicomotor, a consolidação da memória, a criatividade, o desempenho de detecção de sinais e o risco de acidente, conforme Basner et al. (2010).

O organismo humano reconhece, avalia e reage a sons ambientais, mesmo durante o sono (OSWALD et al., 1960). Estas reações são parte integrante de uma ativação do organismo que se expressa, por exemplo, como alterações em estrutura do sono ou aumento da pressão arterial e frequência cardíaca.

Os estudos de Babisch (2006) sugerem que a exposição ao ruído do tráfego noturno aumenta o risco de doenças cardiovasculares. A gravidade dos distúrbios do sono, induzida pelo ruído depende da magnitude da exposição ao ruído.

Induzidos pelo ruído, os distúrbios do sono podem prejudicar a recuperação e levar a consequências em curto e longo prazo para o desempenho, o bem-estar e a saúde das pessoas. Por isso, Basner et al. (2010) afirmam que é importante avaliar o impacto do nível de exposição ao ruído sobre o sono da população. Os mapas de ruído recomendam o L_{eq} noturno como uma variável para avaliar esse ruído.

A duração da exposição diária a níveis sonoros elevados é muito variável, essencialmente, atendendo à sua intensidade e composição. Uma regra simples, que se traduz graficamente na Figura 2.5, segundo Carvalho e Rocha (2008), é que para cada aumento de 10 dB(A) do nível sonoro se deve reduzir 10 vezes a respectiva duração da exposição máxima diária.






85 dB(A)	90 dB(A)	100 dB(A)	110 dB(A)	120 dB(A)
				
8 horas	3 horas	20 minutos	2 minutos	12 segundos

Figura 2.5 - Duração máxima admissível de exposição diária aos níveis sonoros indicados sem repercussões na saúde

Fonte: adaptado de Carvalho e Rocha, 2008.

Também há uma ilusão frequentemente difundida, que é a adaptação ao ruído, ou

seja, os efeitos nocivos do ruído são graves, mesmo quando se dorme. A *Organisation Mondiale de la Santé* (2009) estima que 120 milhões de pessoas apresentem dificuldades auditivas que poderão invalidar a audição. Uma exposição prolongada ou excessiva ao ruído ambiente no local de trabalho, por exemplo, pode provocar patologias permanentes, como hipertensão ou cardiopatias, além de prejudicar a concentração e, possivelmente, causar acidentes.

Nos países ditos desenvolvidos, as deficiências auditivas decorrem, em sua maioria, do meio profissional. Nos países em desenvolvimento, como o Brasil, tal deficiência é agravada pelo ruído ambiente, conforme abordado também na pesquisa de Zannin et al. (2002). Tal ruído ambiente não provém somente de atividades industriais, mas do ambiente ou vizinhança.

Consoante opinião de Bistafa (2006), os ruídos geram diversos efeitos indesejáveis. Em níveis suficientemente elevados, podem causar perda da audição e aumento da pressão arterial (efeitos fisiológicos); incômodos (efeitos psicológicos), como perturbação do sono, estresse, tensão, queda do desempenho; interferência com a comunicação oral, que, por sua vez, provoca danos e falhas estruturais (efeito mecânico), conforme ilustra a Figura 2.6.

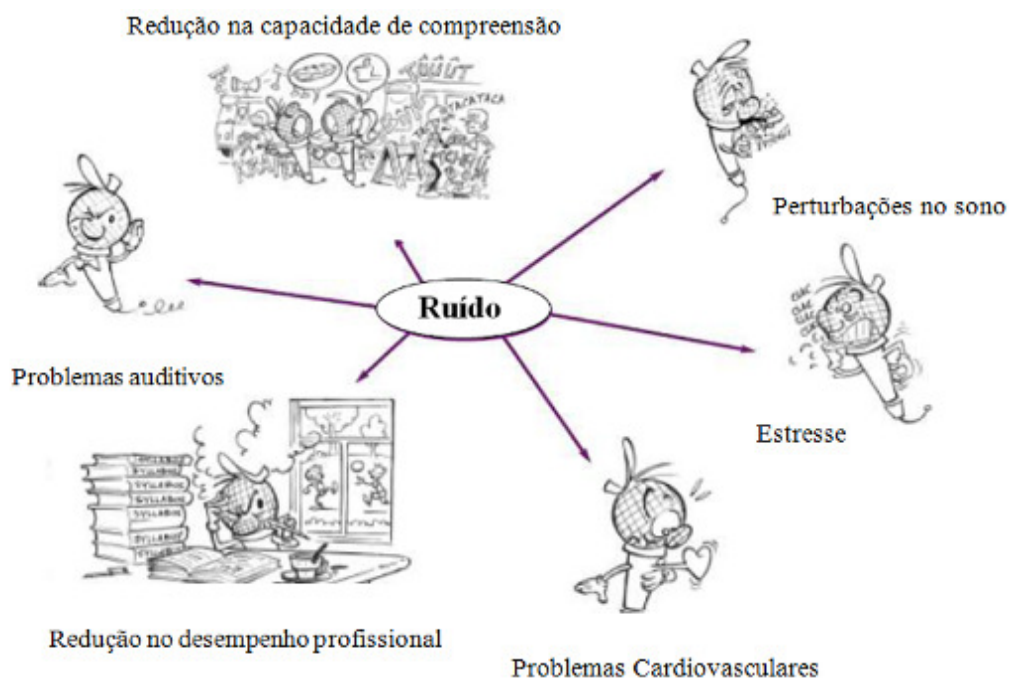


Figura 2.6 - Resumo dos efeitos genéricos do ruído na saúde da população afetada

Fonte: Carvalho e Rocha (2008).

Ainda conforme Bistafa (2006), o principal fator que torna sem sentido a completa eliminação do ruído é que, com frequência, sobrepõe-se ao ruído principal o ruído de fontes

secundárias, denominado ruído de fundo⁷, que normalmente não pode ser eliminado. Deste modo, a redução do ruído principal só terá sentido até o ponto em que deixe de ser percebido acima do ruído de fundo, pois reduções adicionais, embora normalmente possíveis, tendem a elevar o custo da solução, sem gerar mais benefícios para o receptor. Assim, o objetivo normalmente se fixa no controle de ruído e não na sua completa eliminação.

As Organizações das Nações Unidas (ONU) considera a poluição sonora como o terceiro principal agente de poluição ambiental. No mesmo sentido, o Anexo 1, da Norma Regulamentadora N° 15, da portaria 3214/78, do Ministério do Trabalho e Emprego, estabelece que o nível de ruído máximo tolerável ao ouvido humano é de 85 d(B) durante oito horas de exposição ao ruído, sem que este cause prejuízos à audição (BRASIL, 1978). Desta forma, numerosos países adotaram regras para o ruído emitido por trens, carros, construções e usinas, com base nas normas de emissão. Entretanto, o fato de não se conhecerem tão bem os efeitos do ruído no ser humano, são poucas as tentativas de prevenir e combater os problemas. O desenvolvimento incessante dos meios de transporte, que passam diariamente pelas rodovias e aeroportos, traz um aumento do ruído.

A *Organisation Mondiale de la Santé* (2009) reagiu ao problema, desenvolvendo diretrizes para o ruído do ambiente, pois os países que estão em desenvolvimento, muitas vezes, não possuem documentação suficiente. A OMS publicou o *Guidelines for Community Noise*, que foi fruto do trabalho de um grupo especial da Organização, reunido em março de 1999, contendo tais diretrizes, como por exemplo, as que se seguem resumidamente no Quadro 2.1. A preocupação acústica não é apenas uma questão de condicionamento acústico do ambiente, mas também de controle de ruído e preservação da qualidade ambiental.

Meio ambiente	Efeitos críticos para a saúde	Nível Sonoro dB(A)	Tempo em horas
Espaços exteriores	Incômodo	50-55	16
Interior dos locais de habitação	Compreensibilidade da palavra	35	16
Dormitórios	Problemas no sono	30	8
Salas de aula	Perturbação da comunicação	35	Durante o curso
Zonas industriais e comerciais e áreas de circulação	Deficiências auditivas	70	24
Música através de fones de ouvido	Deficiências auditivas	85	1
Festas e lazer	Deficiências auditivas	100	4

Quadro 2.1 - Diretrizes para o ruído do ambiente em relação aos efeitos críticos para a saúde
Fonte: Adaptado de Organisation Mondiale de la Santé (2009).

⁷ Entende-se como ruído de fundo, o conjunto de sons e ruídos que ocorre conjuntamente com o fato sonoro. É a média dos níveis de ruído mínimos no local e hora considerados na ausência da fonte emissora em questão.

2.2.3. Ruído de Comunidades

O ruído gerado por serviços, como espetáculos, comércio, encontros, lojas, entre outros, é totalmente aleatório, e tem uma procedência estritamente pontual. Conforme Llinares et al. (1991), as atividades de lazer têm características únicas para cada caso, que devem ser monitoradas e analisadas de acordo com a incidência do ruído em horários e dias específicos.

As pessoas escutam e reagem diferentemente em relação aos sons e ao mesmo ruído, que pode incomodar uma pessoa e para outra passar despercebido. A resposta das pessoas a situações de incomodidade depende de inúmeros fatores e tem um caráter muito subjetivo. Porém, ações que promovem a saúde e sustentabilidade atraem investimento, transmite singularidade cultural/ diversidade e aumentam a qualidade de vida.

Kang et al. (2009) avaliam o conforto acústico em espaços públicos urbanos, por meio de questionários e entrevistas. Como sinal de comunicação e conforto acústico, Kang (2009) afirma que o nível de som de fundo encontrado em sua pesquisa é um índice importante para a avaliação da paisagem sonora urbana em espaços públicos. Ainda que o nível mais baixo de fundo tenda a tornar as pessoas se sentirem mais confortáveis.

Neste contexto, em relação à avaliação do efeito do ruído de tráfego veicular, além das diversas atividades que perturbam as áreas residenciais e sensíveis, Bistafa (2006) cita diversos estudos que foram desenvolvidos com a finalidade de avaliar o ruído nessas áreas e estimar a reação comunitária, conforme se resume no Quadro 2.2.

L_{dn}	% Habitantes
50	1,3
55	3,9
60	8,5

Quadro 2.2 – Correlação entre o L_{dn} e a porcentagem de pessoas severamente perturbadas pelo ruído de tráfego, predominante, em função de L_{dn} .

Fonte: Peterson e Gross (1978) *apud* Bistafa (2006).

Segundo Bistafa (2006), a metodologia para identificar a reação comunitária em relação ao nível de ruído é constituída, primeiramente, pela medição do nível sonoro A - ponderado no ponto de interesse na área específica, onde se estima a reação comunitária por meio do Quadro 2.3.

Nível sonoro dB(A)	Reação esperada
< 45	Não há reação
45 - 55	Reclamações esporádicas
50 - 60	Reclamações generalizadas
55 - 65	Ação da comunidade
> 65	Forte reação da comunidade

Quadro 2.3 - Reação comunitária ao nível de ruído.

Fonte: Peterson e Gross (1978) *apud* Bistafa (2006).

Segundo a pesquisa de Kang (2009)⁸, somente a redução do nível sonoro e o foco da política de ruído ambiental não levam necessariamente à melhoria da qualidade de vida nas zonas urbanas e zonas rurais. Uma nova abordagem multidisciplinar é essencial. A investigação da paisagem urbana representa esta mudança de paradigma, pois não envolve apenas medições físicas, mas também a cooperação de outras pesquisas e estudos das ciências sociais, como a psicologia, sociologia, arquitetura, antropologia, medicina, para dar conta da diversidade de sons em diferentes países e culturas. Embora não exista uma significativa atividade de investigação, este novo paradigma deve ser abordado nesta pesquisa em uma sistemática abordagem interdisciplinar entre Engenharia Urbana, Arquitetura e Urbanismo, Direito e Computação, com a finalidade de considerar a subjacente paisagem urbana sonora, caracterizada por meio da arquitetura vernacular e a cultura de determinada sociedade.

2.2.4. Monitoramento do ruído

O conceito dos mapas de ruído está em desenvolvimento há muitos anos, cujas pesquisas mais avançadas foram realizadas em países europeus. Kang-Ting Tsai et al. (2009), por exemplo, citam que na Alemanha há uma pesquisa relevante, sobre o ruído do tráfego, frequentemente identificado como a principal fonte de ruído. As áreas urbanas próximas aos sistemas rodoviários geralmente são ocupadas sem o devido planejamento e continuação do traçado original das cidades, ou seja, uma expansão urbana sem diretrizes urbanísticas.

Em 2002, o Parlamento Europeu (União Europeia) aprovou a *Directiva 2002/49/CE, de julho de 2008*, para a avaliação e gestão do ruído ambiente, que estipula que todos os membros da UE devem elaborar mapas de ruído estratégicos para as principais áreas de adensamento populacional. Além disso, os planos de ação para a gestão do ambiente sonoro são obrigatórios. Em seguida, no ano de 2004, foi publicado na Inglaterra, em Londres, o primeiro mapa de ruído, confeccionado por um governo nacional, como uma referência para

⁸ Refere-se à pesquisa *Soundscape of European Cities and Landscapes*, do Professor Jian Kang (2009). Disponível no site da University of Sheffield: <<http://www.acoustics.group.shef.ac.uk/projects.php>>. Acesso em: 08 fev. 2010.

os cidadãos londrinos evitarem a poluição sonora (KANG-TING TSAI et al., 2009). Comparado a outras questões ambientais, mapeamento de ruído é uma questão recente e emergente, que está atraindo a atenção de público substancial.

Antes de propor políticas de controle de ruído, os mapas de ruído são necessários para o levantamento das distribuições dos níveis de ruídos existentes, para facilitar a identificação e análise do nível de ruído, de acordo com as normativas regulamentares, e identificar as principais fontes de ruído. O mapeamento de ruído é uma das melhores maneiras de compreender o ruído ambiental. O mapa de ruído pode ser utilizado para as seguintes finalidades, segundo o DEFRA - *Department for Environment, Food and Rural Affairs* (2001):

- a) quantificar as principais fontes de ruído;
- b) ilustrar claramente a exposição ao ruído ambiente, para proporcionar uma referência para os urbanistas e políticos;
- c) facilitar o desenvolvimento de políticas de controle do ruído e sua aplicação;
- d) projeto de um plano de custo-benefício para ajudar os municípios que pretendam reduzir níveis de ruído;
- e) examinar o efeito do ruído, para adotar planos de melhoramento;
- f) executar e/ou melhorar a execução de planos regionais ou nacionais, para diminuir o ruído, bem como para proteger áreas sensíveis;
- g) monitorar os regimes de redução de ruído e respectiva eficácia durante o processo de execução das propostas de amenização;
- h) monitorar as mudanças nas tendências e normativas de ruído ambiental;
- i) proporcionar uma plataforma de pesquisa para estudar os efeitos do ruído sobre o corpo humano.

Steele (2001) defendeu que os pesquisadores que conduzem as Declarações de Impacto Ambiental devem considerar não só os níveis de ruído, mas também outros fatores potenciais, como o uso e a ocupação do solo.

Lee et al. (2008) propuseram o conceito de avaliação de impacto do ruído e desenvolveram uma ferramenta para a análise de mapas de ruído tão complexa quanto os fenômenos acústicos que surgem, devido às configurações complexas da topografia do entorno dos edifícios. Eles concluíram que os mapas de ruído podem ajudar a determinar o principal impacto de fontes de ruído e são extremamente úteis para uma avaliação mais detalhada de suas influências no ambiente urbano. Uma vez que os mapas de ruído foram produzidos e divulgados ao público, ficou claro que medidas devem ser tomadas, a fim de melhorar o ambiente global acústico. Inevitavelmente, isto levará à introdução de diversas medidas mitigadoras de ruído para uma área. Alguns exemplos de medidas de mitigação, consoante King e Rice (2009), são a inclusão da construção de barreiras acústicas, a

introdução da estrada de baixo ruído ou a redução das superfícies de ruído, através da utilização de sistemas de gestão tráfego.

Contudo, foi relatado por Den Boer e Scrotten (2007) *apud* King e Rice (2009) que a melhor relação custo-benefício dos métodos de redução dos níveis de exposição do ruído em estradas envolve medidas tomadas quanto ao tráfego dos veículos. Estas medidas corresponderiam a uma mudança na fonte do ruído. Consequentemente, os planos de ação que envolvem esse tipo de mudança podem ser avaliados apenas por cálculos da variação dos níveis de ruído na fonte. O objetivo final do monitoramento do ruído não é apenas coletar dados, mas fornecer as informações requeridas pelos pesquisadores, políticos e planejadores urbanos, que lhes permitam tomar decisões sobre a gestão e melhoria dos ambientes sonoros. Assim, o monitoramento desempenha um papel central neste processo, fornecendo a base científica necessária para o desenvolvimento de políticas e estratégias, para definir objetivos, avaliar o cumprimento das propostas para o planejamento, além da ação de execução, conforme se apresenta na Figura 2.7.

No entanto, o monitoramento, ainda segundo o *World Health Organization – Regional Office for Europe*, tem limitações. Em muitas circunstâncias, as medições podem ser insuficientes ou impraticáveis. Assim, enfatiza-se o acompanhamento combinado com outras técnicas de avaliação objetiva, incluindo modelagem, medição e os inventários de emissões e mapeamento.

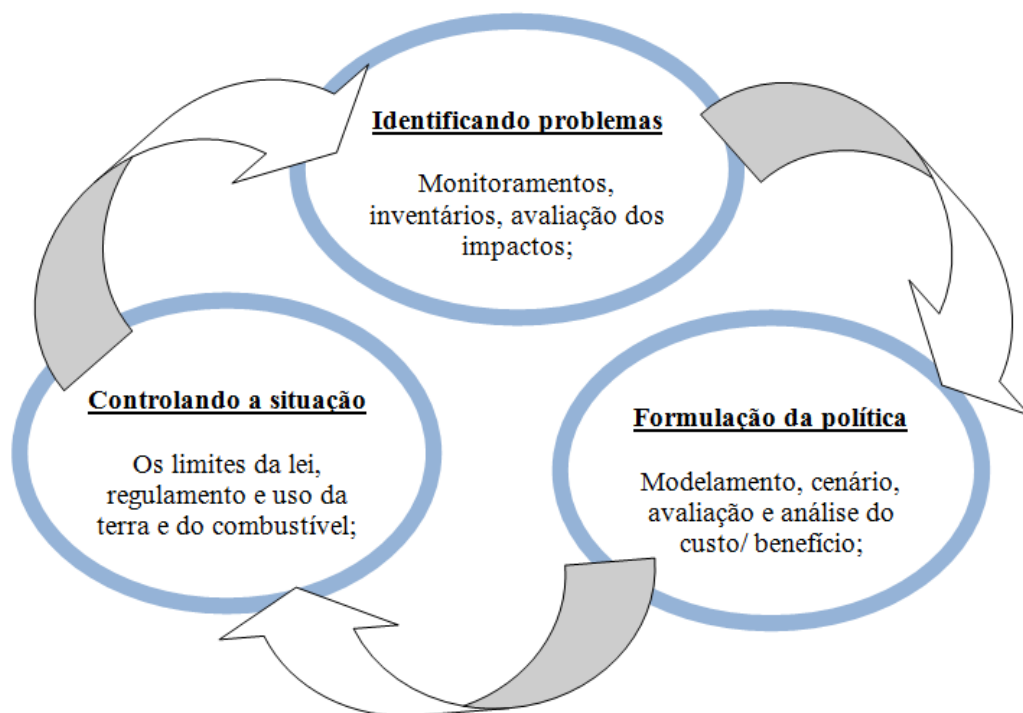


Figura 2.7 - O papel do monitoramento na gestão da qualidade do ar
Fonte: adaptado de World Health Organization – Regional Office for Europe.

É neste contexto que se deve introduzir os planos municipais de redução de ruído - PMRR que, em articulação com os mapas de ruído e a carta de classificação de zonas, dentro do planejamento urbano municipal, permitem:

- a) identificar as áreas em que os níveis de exposição ao ruído ultrapassam os limites estabelecidos nas normativas vigentes e podem conduzir a efeitos nocivos à saúde;
- b) definir as necessidades primárias de redução de ruído, independentemente dos agentes causadores desse incômodo;
- c) selecionar e implementar medidas de redução sonora prioritárias, cuja fiscalização é de responsabilidade do município.

No contexto do planejamento urbano inter-relacionado com o PMRR, as medidas de caráter preventivo para preservação da qualidade do ambiente acústico devem estar integradas a objetivos de atenuação do ruído ambiente em longo prazo. Ruído ambiente se define como um ruído global, observado numa dada circunstância, num determinado instante, devido ao conjunto das fontes sonoras que fazem parte da vizinhança próxima ou longínqua do local considerado.

2.2.5. Princípios e normas reguladoras da poluição sonora

Destaca-se a importância da interdisciplinariedade no presente trabalho, uma vez que é necessário socorrer-se de outras ciências, a fim de se solucionar a problemática da poluição sonora. Para isto, utiliza-se, por exemplo, a ciência jurídica, tanto em seu âmbito teórico, fazendo uso de seus conceitos e teses, como sua legislação específica e, principalmente, as normas de direito comparado de alguns países considerados “desenvolvidos”, que dizem respeito à acústica.

Para o Direito, o tema proposto pela presente dissertação é abrangido pela subárea do Direito Ambiental, que é complexo, pois, no Brasil, a legislação pertinente ao tema se encontra de forma esparsa, com diversas leis e resoluções de órgãos ambientais a serem seguidos, além do Direito Urbanístico, pertinente ao tema pelas disposições do Estatuto da Cidade. No que se refere às normas de direito comparado, elas são úteis, na medida em que alguns dos países pesquisados possuem legislação específica sobre acústica, prevendo em

seus planejamentos urbanos a submissão a tais normas nas intervenções, construções e reabilitações do ambiente sonoro urbano.

Também há que se ressaltar as normas internacionais (ISO), que são diretivas internacionais, com aplicabilidade nos mais diversos países, como a ISO 1996, da “*International Organization for Standardization*” (Organização Internacional de Normalização), intitulada “*Acoustics: description, measurement and assessment of environmental noise*” (Acústica: descrições, medições e avaliação do ruído ambiental). Tal normativa divide-se em duas partes. A primeira (ISO 1996-1), intitulada “*Basic quantities and assessment procedure*” (Conceitos básicos e procedimentos de avaliação) define os elementos básicos a serem utilizados para descrever o ruído em ambientes comunitários e procedimentos de avaliação, além de especificar métodos de avaliação dos vários tipos de ruídos ambientais, não especificando, entretanto, os limites de ruído ambiental, utilizando como norma de referência a IEC 61672-1, norma da “*International Electrotechnical Commission*” (Comissão Eletrotécnica Internacional), que fornece ajuste para avaliação de níveis de diferentes fontes sonoras.

A segunda (ISO 1996-2), “*Acquisition of data pertinent to land use*” (Aquisição de dados pertinentes ao uso do solo) fornece métodos para a aquisição de dados que descrevam o ruído ambiental. Deste modo, autoridades podem estabelecer um sistema para selecionar o apropriado uso do solo, conforme os níveis de ruído existentes em determinada área, ou planejar locais com níveis de ruído apropriados ao uso do solo já existente. Para tal aquisição deve ser considerada a descrição geográfica da área a ser avaliada, assim como caracterizadas as fontes principais, e a descrição da situação do receptor, como localização, ocupação, uso e caracterização do entorno imediato.

2.2.5.1. Direito comparado: normas de países considerados desenvolvidos

A apreciação contida nesse tópico explora um grande banco de dados em relação às normas de países considerados desenvolvidos, inicialmente recolhido de acordo com Machado⁹ (2009), para efeitos de reflexão sobre as normativas brasileiras. Portanto, a seguir serão apontadas as normativas estrangeiras segundo este autor.

Primeiramente, a legislação dos Estados Unidos da América afirma ser dever da *Environmental Protection Agency (EPA)* desenvolver e publicar critérios com respeito ao

⁹ Paulo Affonso Leme Machado é considerado o “pai” do Direito Ambiental Brasileiro.

ruído, que devem refletir os conhecimentos científicos, indicando a espécie e extensão de todos os efeitos identificáveis para a saúde pública e bem-estar relativo a quantidades e qualidades diferentes de ruído.

Ao se estabelecerem as normas de emissão e padrões de ruído, a saúde pública e o bem-estar devem ser protegidos com a aplicação do princípio da precaução, preconizado pela "Declaração do Rio de Janeiro/92", da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento. A fundamentação desses critérios é oriunda da Lei de Ar Limpo (*Clean Air Act*). “Não basta que temporalmente existam normas, mas a qualidade dessas exigências tem que evitar, com adequada margem de segurança, os danos da poluição sonora” (MACHADO, 2009).

Também no direito norte-americano, a Lei de Moradias e Desenvolvimento Urbano de 1968 (conhecida pela sigla *HUD - Housing and Urban Development Act*), possibilitou a edição de diretrizes ambientais. Assim, a chave da circular sobre ruído é a proibição da HUD de dar apoio para as construções em locais em que haja exposição inaceitável ao ruído, estabelecendo três categorias de exposição a ruído: aceitável, discricionária e inaceitável. A categoria discricionária é subdividida em "normalmente aceitável" e "normalmente inaceitável". A circular adotou as seguintes normas para exposições gerais externas, em dB(A), conforme apresentado no Quadro 2.4.

Tolerância	Limite
Inaceitável	excede 80 dB(A) - 60 minutos em 24 horas
	excede 75 dB(A) - 8 horas em 24 horas
Discricionária	excede 65 dB(A) - 8 horas em 24 horas
Normalmente aceitável	não deve exceder 65 dB(A) - mais que 8 horas em 24 horas
Aceitável	não deve exceder 45 dB(A) - mais que 30 minutos em 24 horas.

Quadro 2.4 - Limites para as exposições gerais externas – HUD

Fonte: Adaptado de Machado (2009).

No Direito alemão, tem-se a lei *HImSchG* - Lei sobre a Proteção contra os Efeitos Nocivos no Meio Ambiente Causados pela Poluição do Ar, do Ruído, da Trepidação e outros Fenômenos Análogos, de 1974.

O planejamento do desenvolvimento é um dos mais importantes instrumentos de proteção popular diante do ruído e das vibrações. A redução do ruído nas áreas residenciais e de recreação e nas

instalações de produção de ruído é o fim prioritário dos planos ambientais e de desenvolvimento (MACHADO, 2009).

A regulamentação está contida no *TA Larm (Technische AnteilUri zum Achutz gegen Larm)* - instrução técnica para controle do ruído, oriunda do Governo Federal, em 1968. O máximo de emissão estipulada da pelo *TA Larm* é o seguinte para o período diurno e o período noturno, respectivamente:

- a) áreas com apenas instalações comerciais e industriais, casas para proprietários e gerentes de fábricas e para supervisores - 70 dB(A) / 70 dB(A);
- b) áreas com predominância de instalações comerciais – 65 dB(A) / 50 dB(A);
- c) áreas com residências e instalações comerciais, e nenhuma das duas é predominante - 60 dB(A) / 45 dB(A);
- d) áreas contendo predominantemente casas privadas - 55 dB(A) / 40 dB(A);
- e) áreas contendo apenas casas privadas - 50 dB(A) / 35 dB(A);
- f) áreas com spas, hospitais, berçários e casas de repouso - 45 dB(A) / 35 dB(A);
- g) áreas com residências que estruturalmente estão ligadas a instalações comerciais - 40 dB(A) / 30 dB(A).

No Direito japonês, a norma de 25 de maio de 1971 estabeleceu, para áreas gerais, os valores em decibéis na curva de ponderação A – dB(A), conforme se apresenta no Quadro 2.5.

Categoria da área	Período diurno	Período vespertino	Período noturno
AA= Áreas as quais requerem particular silêncio. Áreas onde os equipamentos médicos estão concentrados	45 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)
A= Áreas primariamente dedicadas a residências;	50 dB(A)	45 dB(A)	40 dB(A)
B= Áreas onde um substancial número de residências está localizado entre casas comerciais e fábricas;	60 dB(A)	55 dB(A)	50 dB(A)

Quadro 2.5 - Limites para as exposições gerais no Direito japonês

Fonte: Adaptado de Machado (2009).

No Direito grego, uma portaria conjunta do Ministro do Meio Ambiente, do Ordenamento do Território e dos Trabalhos Públicos e, eventualmente, de outro Ministério tendo o meio ambiente em suas atribuições, instaura:

Restrições à produção, à importação, à venda e à utilização de todos os gêneros de veículos, de máquinas ou de instrumentos que, quando de seu funcionamento, provoquem perturbação sonora, ou seja,

destinados a produzir ruído (art. 14, § 2, da Lei 1.650/86) (MACHADO, 2009 p. 671).

Na *Itália*, conforme citam Piccolo et al. (2005), os limites admissíveis para o nível de som contínuo equivalente - Leq dB(A) estabelecidos pela legislação italiana em relação à exposição ao ruído e as definições para as classes, são apresentados no Quadro 2.6.

Tipo de área		Período	
		Dia (06h00min-22h00min)	Noite (22h00min-06h00min)
I	Áreas particularmente protegidas	50	40
II	Áreas residenciais	55	45
III	Áreas mistas	60	50
IV	Áreas de atividades humanas intensas	65	55
V	Áreas predominantemente industriais	65	55
VI	Áreas exclusivamente industriais	70	70

Quadro 2.6 - Exposição ao ruído: limites estabelecidos pela legislação italiana
Fonte: Adaptado de Piccolo et al. (2005).

2.2.5.2 Regulamento sobre ruído em Portugal

O controle do ruído em Portugal tem como base o Regulamento Geral do Ruído – RGR, aprovado pelo Decreto-Lei nº 9/2007, de 17 de janeiro, (que revoga o Decreto-Lei nº 292/2000, de 14 de novembro), que aprova o Regime Legal sobre Poluição Sonora. Houve a necessidade de se proceder à revisão do RLPS, para harmonizar a legislação portuguesa com os novos indicadores de ruído ambientes e os novos períodos de referência estabelecidos pela Diretiva 2002/49/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de julho, conhecida como DRA – Diretiva do Ruído Ambiente.

O Decreto-Lei 292/2000 de 14 de novembro – Regime Legal Sobre Poluição Sonora, veio introduzir na Legislação Portuguesa uma série de obrigações, numa perspectiva de melhorar a qualidade de vida das populações.

De acordo com o artigo 4º – Instrumentos de Planeamento Territorial do Capítulo II, “As Câmaras Municipais devem promover a elaboração de mapas de ruído, de forma a enquadrar a preparação dos respectivos instrumentos de ordenamento do território”. O mesmo artigo refere ainda que a classificação das zonas sensíveis e mistas é da competência das Câmaras Municipais, devendo estar delimitadas e disciplinadas no respectivo plano de

ordenamento do território.

Segundo o artigo 4º, do Anexo do Regulamento Geral do Ruído, Decreto-Lei 292/2000, as zonas sensíveis são áreas definidas para usos habitacionais, existentes ou previstos, bem como para escolas, hospitais, espaços de recreio e lazer e outros equipamentos coletivos, prioritariamente utilizados pelas populações como de recolhimento, existentes ou a instalar. As zonas industriais são aquelas cuja ocupação é nomeadamente industrial e de serviços ou predominantemente industrial.

Os níveis sonoros limite nestas zonas são indicados pelo valor do parâmetro LA_{eq} do ruído ambiente exterior, de acordo com as disposições do Decreto-Lei. Os valores limite para os dois tipos de zona são apresentados no Quadro 2.7.

Zona	Período	
	Período Diurno (07h00min - 22h00min)	Período Noturno (22h00min - 07h00min)
Sensível	55 dB(A)	45 dB(A)
Mista	65 dB(A)	55 dB(A)

Quadro 2.7 - Níveis máximos de exposição ao ruído ambiente exterior, LA_{eq} , dB(A)

Fonte: Decreto-Lei nº 292/2000, de 14 de novembro.

Como integrante da Comunidade Europeia, a Diretiva Comunitária 2002/49/CE de 25.06.2002, relativa à Avaliação e Gestão de Ruído Ambiente, que entrou em vigor em 18 de julho de 2002, faz várias referências à elaboração de Mapas de Ruído. Entre estas referências constam a definição de Mapa Estratégico de Ruído e o estabelecimento de datas para a elaboração destes mapas, preconizando, no seu art. 7º, que

[...] até 30 de junho de 2007, os Estados-membros assegurarão a elaboração e aprovação, pelas autoridades competentes, de mapas de ruído¹⁰ para todos os aglomerados populacionais com mais de 250.000 habitantes e para todos os grandes eixos rodoviários, ferroviários e aeroportos situados no seu território.

Em outubro de 2001, a Direção Geral do Ambiente (DGA), e a Direção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano (DGOTDU) emitiram um documento com princípios orientadores para a Elaboração de Mapas de Ruído, referindo que estes instrumentos de Gestão Ambiental deverão ser integrados nos Planos Municipais de

¹⁰ Os Mapas de Ruído são instrumentos de apoio ao planeamento e identificação de zonas críticas. São obrigatórios para a elaboração dos Planos Diretores Municipais de dos Planos de Urbanização; porém são facultativos para os Planos de Pormenor, para os quais devem sempre ser elaborados relatórios sobre recolha de dados acústicos. Assim, sempre que nas zonas sensíveis ou mistas não sejam cumpridos os valores limite de exposição máxima, as Câmaras Municipais devem elaborar Planos de Redução de Ruído.

Ordenamento do Território (PMOT): Planos Diretores Municipais (PDM); Planos de Urbanização (PU); Planos de Pormenor (PP). Neste documento, afirmam-se que os estudos de ordenamento devem apoiar-se na informação disponível nos Mapas de Ruído, constituindo este último um elemento fundamental para a informação acústica das zonas, objeto de estudo de âmbito municipal.

Por meio da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR), a Norma Portuguesa NP-1730 (Acústica: descrição e medição do ruído ambiente), define os procedimentos para caracterização do ruído ambiente, sendo constituída por três partes: grandezas fundamentais e procedimentos; recolha de dados relevantes para o uso do solo; aplicação aos limites do ruído (PORTUGAL, 1996).

A política e o planeamento urbano do local, conforme proposta da Directiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, de 25 de junho de 2002, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente, apresenta os seguintes princípios:

- a) monitoramento do problema ambiental, exigindo que as autoridades competentes elaborem mapas estratégicos de ruído para as principais estradas, ferrovias, aeroportos e aglomerações, utilizando indicadores de ruído, com a finalidade de avaliar o número de pessoas perturbadas em cada região, município ou bairro;
- b) informação e consulta ao público sobre a exposição ao ruído, seus efeitos e as medidas consideradas para tratar do ruído;
- c) abordar as questões do ruído local, elaborando planos de ação para reduzir o ruído quando necessário e manter a qualidade do ambiente sonoro, de acordo com os valores-limite estabelecidos pelas normativas vigentes, que permaneçam no poder das autoridades competentes;
- d) desenvolver estratégias, que incluam objetivos de reduzir o número de pessoas afetadas pelo ruído, a longo prazo, e fornecer um quadro para o desenvolvimento da política comunitária existente sobre a redução de ruído da fonte.

2.2.5.3 Normas internacionais vigentes em Portugal

Há outros regulamentos que vigem em Portugal, como o Regulamento Geral do Ruído, diretiva 2002/49/CE, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro, retificado pela Declaração de Retificação n.º 18/2007, de 16 de março, e alterado pelo Decreto-Lei n.º 278/2007, de 1 de agosto. Estabelece o regime de prevenção e controle da poluição sonora, visando a salvaguarda da saúde humana e o bem-estar das populações e se aplica às atividades ruidosas permanentes e temporárias e a outras fontes de ruído susceptíveis de causar incômodo. Contém disposições no âmbito do planeamento municipal e da regulação da produção de ruído, com incidência em planos municipais de ordenamento do

território, operações urbanísticas, instalação e exercício de atividades ruidosas permanentes, exercício de atividades ruidosas temporárias, infraestruturas de transporte e ruído de vizinhança.

O Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de julho, retificado pela Declaração de Retificação n.º 57/2006, de 31 de agosto, transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2002/49/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente, aplicável ao ruído ambiente, aos quais os seres humanos se encontram expostos em zonas que incluam usos habitacionais, escolares, hospitalares ou similares, espaços de lazer, em zonas tranquilas de uma aglomeração, em zonas tranquilas em campo aberto e noutras zonas, cujo uso seja sensível ao ruído.

Contém disposições que determinam a elaboração de mapas estratégicos de ruído relativos à exposição ao ruído ambiente exterior, com base em métodos de avaliação harmonizados ao nível da União Europeia; a prestação de informação ao público sobre o ruído ambiente e seus efeitos; a aprovação de planos de ação baseados nos mapas estratégicos de ruído, a fim de prevenir e reduzir o ruído ambiente, sempre que necessário e em especial quando os níveis de exposição sejam susceptíveis de provocar efeitos prejudiciais para a saúde humana; preservar a qualidade do ambiente acústico.

Em tal diretiva (2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho), ambos os órgãos, tendo em conta o tratado que instituiu a União Europeia, a proposta da Comissão, os pareceres do Comitê Económico e Social e do Comitê das Regiões, à luz do projeto comum aprovado pelo Comitê de Conciliação em 8 de abril de 2002, fornecem diretrizes no que diz respeito à avaliação e gestão do ruído ambiente. Tal diretiva leva em consideração a política comunitária, que em parte se constitui na meta de atingir um elevado nível de proteção da saúde e do ambiente, tendo a proteção contra o ruído como um dos seus objetivos. O ruído é, assim, identificado pela Comissão no Livro Verde Sobre a Futura Política de Ruído¹¹ como um dos principais problemas ambientais na Europa.

Ademais, encontra-se descrito no próprio texto da diretiva que o seu dever é proporcionar uma base para desenvolver e completar o conjunto de medidas comunitárias em vigor, em matéria de ruído emitido pelas principais fontes, em especial veículos e infraestruturas rodoviárias e ferroviárias, equipamento industrial e de exterior e maquinaria móvel, além de desenvolver medidas adicionais, a curto, médio e longo prazo. O ruído

¹¹ Na resolução de 10 de junho de 1997, sobre o citado livro verde da Comissão, o Parlamento Europeu manifestou o seu apoio a esse livro verde, reiterou a sua exigência de que as medidas e ações concretas nele contidas fossem incluídas numa diretiva que vise à redução do ruído ambiente e verificou a falta de dados fiáveis e comparáveis sobre as diferentes fontes de ruído.

proveniente de ambientes domésticos não é abrangido pela diretiva.

Ressaltam-se alguns dos objetivos da diretiva 2002/49/CE. O primeiro deles é definir uma abordagem comum para evitar, prevenir ou reduzir, numa base prioritária, os efeitos prejudiciais da exposição ao ruído ambiente, incluindo o incomodo dela decorrente, sendo progressivamente postas em prática as seguintes medidas para se obter o referido objetivo:

- a) determinação da exposição ao ruído ambiente, através da elaboração de mapas de ruído, com base em métodos de avaliação comuns aos Estados-Membros;
- b) informação do público sobre o ruído ambiente e seus efeitos;
- c) aprovação, pelos Estados-Membros, de planos de ação baseados nos resultados da elaboração de mapas de ruído, a fim de prevenir e reduzir o ruído ambiente, sempre que necessário e em especial quando os níveis de exposição forem susceptíveis de provocar efeitos nocivos para a saúde humana, e preservar a qualidade do ambiente acústico, quando seja boa.

Em função das normativas apresentadas e de um estudo geral sobre a legislação portuguesa de ruído, percebe-se a necessidade de planejamento, de precaução, em relação à poluição sonora, como a elaboração de mapas estratégicos de ruído relativos à exposição ao ruído ambiente exterior, que é fundamental para o controle do ruído urbano. Assim, há que se espelhar em tais normativas, principalmente as que se utilizam, mesmo que de forma implícita, do princípio da precaução, evitando o sério dano denominado “ruído”.

2.2.6. Regulamento sobre ruído no Brasil

A poluição sonora, pertinente a essa pesquisa, constitui crime no ordenamento jurídico brasileiro, consoante o disposto no artigo 54 da Lei dos Crimes Ambientais (Lei n. 9.605 de 12.2.98). Conforme entendimento de Carneiro (2004, p.50-53), o tipo penal, ao utilizar a expressão “poluição de qualquer natureza”, abrange a poluição sonora, não sendo suficiente o veto presidencial ao artigo 59 da referida lei, que tratava da matéria de forma mais específica. Este bem jurídico possui, inclusive, caráter difuso, não tendo apenas menor potencial ofensivo, como dispõe o artigo 42 da Lei de Contravenções Penais, que diz respeito a perturbar o trabalho ou o sossego de alguém.

Há que se destacar que o dispositivo em questão, artigo 54 da Lei de Crimes Ambientais, se constitui norma penal em branco, que necessita de complementação legislativa. Ocorre que, como não há esta complementação, a poluição sonora muitas vezes é

considerada somente como ilícito administrativo e não como crime com a pena prevista no referido artigo. Entretanto, o presente trabalho é no sentido de concordar com a possibilidade de inclusão da poluição sonora entre os crimes previstos na lei de crimes ambientais.

Consoante o disposto na Resolução 001/90, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), os problemas dos níveis excessivos de ruído estão sujeitos ao Controle da Poluição Sonora, uma vez que a deterioração da qualidade de vida, causada pela poluição, está sendo continuamente agravada nos grandes centros urbanos. E, por entender o CONAMA que os critérios e padrões deverão ser abrangentes e de forma a permitir fácil aplicação em todo o Território Nacional, proporciona as diretrizes que deverão ser obedecidas no que diz respeito à emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas.

Segundo Carneiro (2004), a resolução considera como prejudiciais à saúde e ao sossego público os níveis de ruído superiores aos considerados aceitáveis pela norma NBR 10151, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), *Acústica: avaliação do ruído em áreas habitadas*, visando ao conforto da comunidade, como também os procedimentos de medições dos ruídos. A emissão de ruídos produzidos por veículos automotores, por exemplo, obedecerá às normas expedidas pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN).

A Resolução CONAMA n. 002/90 institui, em caráter nacional, o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora (“Lei do Silêncio”), que tem os seguintes objetivos:

- a) promover cursos técnicos para capacitar pessoal e controlar os problemas de poluição sonora nos órgãos de meio ambiente estaduais e municipais em todo o país;
- b) divulgar, junto à população, através dos meios de comunicação disponíveis, matéria educativa e conscientizadora dos efeitos prejudiciais causados pelo excesso de ruído;
- c) introduzir o tema "poluição sonora" nos cursos secundários da rede oficial e privada de ensino, através de um Programa de Educação Nacional;
- d) incentivar a fabricação e uso de máquinas, motores, equipamentos e dispositivos com menor intensidade de ruído quando de sua utilização na indústria, veículos em geral, construção civil, utilidades domésticas, etc;
- e) incentivar a capacitação de recursos humanos e apoio técnico e logístico dentro da política civil e militar para receber denúncias e tomar providências de combate à poluição sonora urbana em todo o Território Nacional;

- f) estabelecer convênios, contratos e atividades afins com órgãos e entidades que, direta ou indiretamente, possam contribuir para o desenvolvimento do Programa “SILÊNCIO”.

Compete aos Estados e Municípios o estabelecimento e implementação dos programas estaduais de educação e controle da poluição sonora, em conformidade com o estabelecido no referido Programa Nacional, além da definição das sub-regiões e áreas de implementação nele previstas e da possibilidade de fixação de valores mais rígidos para os limites máximos de emissão.

O crescimento demográfico descontrolado, ocorrido nos centros urbanos acarreta uma concentração de diversos tipos de fontes de poluição sonora, tornando imprescindível o estabelecimento de normas e métodos para controlar o ruído excessivo que possa interferir na saúde e bem-estar da população. A resolução CONAMA 002/90, fixou tal programa em consideração aos problemas de poluição sonora que se agravam ao longo do tempo, nas áreas urbanas, visando ao conforto ambiental.

Como se infere do texto anteriormente explanado, a norma NBR 10.151 fixa as condições de exigência para a avaliação do ruído aceitável em comunidade, independentemente da existência de reclamações, conforme o Quadro 2.8. Ademais, especifica o método para a medição do ruído, que leva em conta vários fatores, e especifica correções nos níveis medidos, se o ruído apresentar características especiais.

Quanto às medições do ruído, devem ser efetuadas com medidor de nível sonoro, como especificado na a Norma IEC 651 - Sound Level Meters, devendo ser utilizada a escala de compensação A e respostas de leitura rápida. O nível sonoro deve ser medido no local e hora de ocorrência do incômodo, segundo NBR 10.151/2000.

Classificação	Período	
	Diurno dB(A)	Noturno dB(A)
Área de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Quadro 2.8 - Nível de Critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)

Fonte: ABNT- NBR 10151/2000.

Ainda segundo a normativa, nos estudos de caso, a metodologia a ser aplicada no levantamento do ruído urbano, no ambiente externo, deve ser efetuada a 1,2 m acima do solo e, no mínimo, a 1,5 m de paredes, edifícios e outras superfícies refletoras. Deve-se tomar cuidado para evitar a influência de sons não desejados, como vento no microfone de equipamento de medição, e com as condições climáticas extremas, quando a fonte do ruído é distante.

De acordo com a NBR 10.151/2000, a análise estatística pode ser baseada em registros analógicos ou digitais do nível sonoro. Para fins de estimativa, pode ser suficiente, em certos casos, determinar-se a distribuição estatística, observando-se as leituras do medidor do nível sonoro a intervalos de tempo, por meio de uma técnica de amostragem. Deve-se observar que os intervalos de classe para o nível sonoro devem ser escolhidos de acordo com as características do ruído; na maioria dos casos, intervalos de até 5 dB são apropriados, e o nível sonoro equivalente é calculado através de uma equação baseada no princípio de igual energia. A NBR 10.152/2000, da ABNT, fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos, ressaltando, entretanto, ambientes internos.

Assim, ressalta-se que as normas e resoluções brasileiras anteriormente apontadas estabelecem as diretrizes para a emissão de ruído, estando interligadas umas às outras, de maneira que podemos fazer uma interpretação sistemática em suas análises. E, apesar de tais normas visarem ao maior conforto acústico possível para o homem, há que falar que a NBR 10.151, por exemplo, não cita nenhuma norma ISO (*International Organization for Standardization*), citando como referência as normas IEC (*International Electrotechnical Commission*), como IEC-60651:1979 – *Sound level meters*, IEC-60804:1985 – *Integrated averaging sound level meters* e IEC-60942:1988 – *Sound calibrators*, isto é, ainda faltam elementos de integração com as normativas internacionais. Ademais, podem-se encontrar normativas mais rígidas em outros países, como as normativas citadas, sendo recomendável reunir e comparar tais legislações, a fim de melhorar o controle de ruído no Brasil, não olvidando, por óbvio, as suas peculiaridades.

2.2.6.1 Lei Federal - Estatuto da Cidade: estudo de impacto de vizinhança

O Estatuto da Cidade (Lei Nº 10.257, de 10 de julho de 2001), que institui a política urbana tratada nos artigos 182 e 183 da Constituição da República de 1988 (artigo 1º do Estatuto), criou um sistema que tem, em sua essência, a ordem urbanística, com fundamento no texto da Carta Magna, na tentativa de possibilitar a construção de um conceito de cidade

sustentável. Tal normativa leva em conta os diversos agentes que constroem a cidade e tende a reconhecer que há o dever de se avaliar as necessidades urbanas, mas, também, de estabelecer os limites para a vida em sociedade.

O disposto no artigo parágrafo único, do artigo 1º do Estatuto, estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental, ou seja, visa ao bem de toda a população, não se admitindo posturas individualistas que possam prejudicar outras pessoas, uma vez que tais atitudes, no que diz respeito ao meio ambiente, podem ter consequências irreversíveis. Compete à União legislar a respeito das normas gerais de direito urbanístico, consoante o artigo 3º do Estatuto.

Em se tratando de política urbana, conforme o disposto no artigo 2º do Estatuto, o objetivo primordial é ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana. As diretrizes gerais estão apontadas no Anexo A.

Importante se faz, para o presente estudo, a análise do Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), previsto nos artigos 36 a 38 do estatuto, pois é um dos instrumentos de gestão que depende de regulamentação no âmbito municipal e que permite a avaliação dos impactos causados por atividades urbanas. A partir dessa análise, é possível definir a pertinência da implantação de um empreendimento em determinado local.

Com a incidência de múltiplas fontes sonoras, há que se destacar que a poluição sonora é um dos grandes problemas nas cidades. No entanto, de acordo com Ventura et. al (2008), há que se ressaltar a ausência da abordagem da problemática do ruído no Estudo de Impacto de Vizinhança, item obrigatório no Estatuto da Cidade. O que não se justifica, uma vez que todas as atividades urbanas que causam poluição sonora deveriam estar sujeitas ao Estudo de Impacto de Vizinhança. Os instrumentos de gestão urbana ambiental devem ser utilizados, tanto para avaliação dos impactos decorrentes dos ruídos excessivos, quanto para mitigar e compensar a existência de tais ruídos.

Deste modo, o Estatuto da Cidade direciona a política urbana para o interesse social e para levar em conta a participação popular, consoante uma gestão democrática da cidade (artigos 43-45). Ressalte-se, porém, que ainda há carência em relação a algumas previsões realizadas pela Lei, como a questão da obrigatoriedade de plano diretor no âmbito municipal e, principalmente, no que se refere à ausência da problemática da poluição sonora no Estudo de Impacto de Vizinhança.

2.2.7. Propagação sonora no ambiente externo

Os ambientes sonoros são específicos e individualizados dentro da malha urbana de uma cidade, devido às formas urbanas que assinalam sua marca aos espaços. Niemeyer e Slama (1998) relatam:

[...] a morfologia urbana torna os espaços abertos com características acústicas específicas. Os projetos da cidade e de seus edifícios devem sempre considerar que a ambiência sonora de um local é sensível às intervenções arquitetônicas sobre ele – o ruído emitido pelas fontes é filtrado pela malha urbana, sofrendo modificações sensíveis (nível sonoro e composição espectral). A compreensão dos mecanismos de propagação do som através da malha urbana é, portanto, elemento fundamental para o controle do ruído nas cidades”. Durante sua propagação no ambiente externo a energia originada pelas diversas fontes sonoras sofre alterações ao encontrar limitações, tais como: distância percorrida, edifícios, topografia, muros, barreiras, tipo de solo, vegetação, absorção atmosférica, efeitos da temperatura, do vento, da umidade e precipitações em seu caminho de propagação. A energia sonora incidente é parcialmente refletida, voltando ao meio de incidência; parcialmente absorvida pelo obstáculo; a energia restante é transmitida ao meio de propagação posterior ao obstáculo (NIEMEYER e SLAMA, 1998 p.76).

Niemeyer e Slama (1998) citam que a energia acústica pode ainda ser difratada, “contornando” o obstáculo ou passando através de frestas e pequenos vãos. Para explicar de que maneira ocorrem estas modificações, é necessário considerar como o ruído é emitido pela fonte, como se propaga pelo ar e, ainda, como chega até o receptor (BRÜEL E KJÆR, 2000; GERGES, 2000). Para tanto, observe-se a Figura 2.8.

Podem-se considerar todas as obras feitas pelo homem e sua interação com os agentes naturais, gerando fenômenos que interferem diretamente na composição e individualização dos ambientes sonoros. As condicionantes construtivas dependem de seu posicionamento no sítio, materiais de acabamento e a forma das edificações, assim como seu entorno. A seguir serão abordados os conceitos e as medidas minimizadoras dentro do contexto do ruído ambiental.

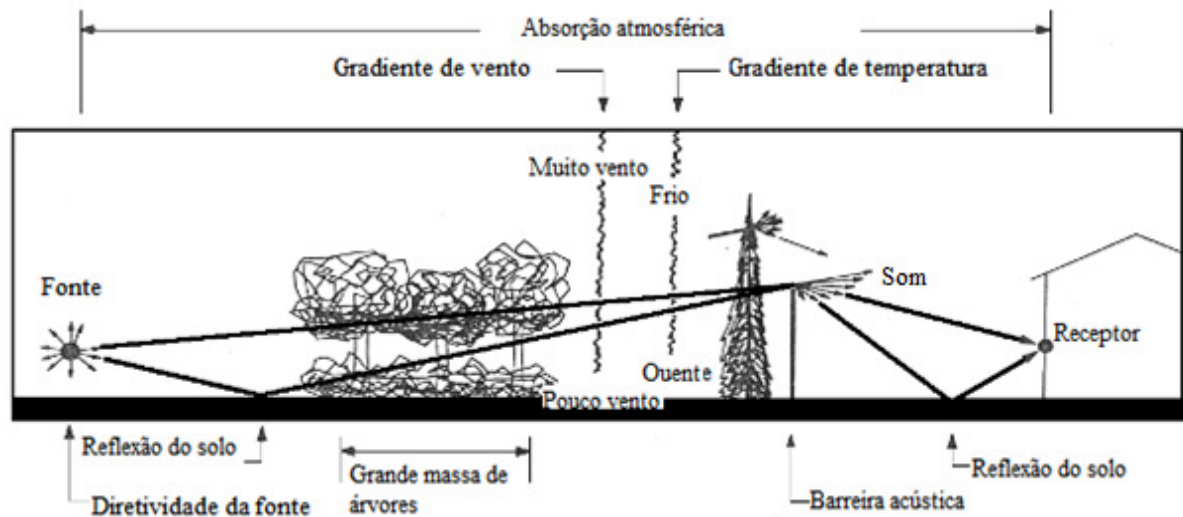


Figura 2.8 - Representação de alguns dos principais mecanismos de propagação sonora
 Fonte: Adaptado de Beranek e Vér (1992) *apud* Bistafa (2006).

2.2.8. Redução do ruído na fonte

A atenuação do ruído na fonte é a forma mais funcional de se controlar a propagação sonora, que pode ser obtida com o desempenho de medidas, simultaneamente ou não, conforme apontam Carvalho e Rocha (2008), por meio de diversos mecanismos, sendo possível salientar: adotar formas urbanas que protejam os usuários mais afetados pelas fontes sonoras; aplicar medidas de gestão de tráfego; alterar o tipo de pavimento; adotar outras medidas projetuais urbanísticas para ambientes externos.

O ruído de tráfego se caracteriza pelo deslocamento de diferentes tipos de veículos, como super leves, leves e pesados, ou seja, motocicletas, automóveis e caminhões, em vias urbanas ou em rodovias. Este ruído pode apresentar dois componentes: o ruído devido à linha principal de veículos (linha de tráfego), que se comporta como fonte linear; e o ruído gerado por cada veículo, assemelhando-se a uma fonte pontual (OUIS, 2001). Ao longo de todo o dia e à noite as pessoas realizam atividades diferentes, em lugares diferentes e, portanto, ficam expostas a uma ampla gama de ambientes sonoros. Como Sommerhoff et al. (2006) notaram, o ruído do tráfego é a principal fonte de perturbação na cidade.

Conforme alertam Alberola et al. (2005), no artigo “*Variability in road traffic noise levels*”, os níveis de ruído do tráfego rodoviário variam no tempo e no espaço, mas não há consenso sobre de que forma essa variação deve ser tida em conta. Uma característica importante a ser observada e levada em consideração, na etapa de medição dos níveis de ruído, é que há uma variação do ruído em dias úteis e finais de semana. Isso foi apontado na pesquisa social sobre os efeitos do ruído ambiental na população residente em Pamplona,

Espanha, pois as medições ocorreram na mesma hora, em um local relativamente calmo. Uma enorme percentagem das pessoas entrevistadas, cerca de 90%, pensa que ruído ambiental é um fator muito importante na qualidade de vida nas cidades, cuja principal fonte de ruído é o tráfego rodoviário (ARANA; GARCIA, 1998). Deste modo, os valores de nível de ruído dependem das características específicas de cada localidade.

O incômodo associado ao ruído de transportes é fortemente influenciado pelo modo de transporte. Conforme se pode observar na Figura 2.9, em função do nível de pressão sonora, para um mesmo valor do L_{eq} a percentagem de população que se manifesta altamente incomodada é muito distinta, consoante o modo de transporte a que estão sujeitas. Por exemplo, para um $L_{eq} = 70$ dB(A), 15% da população exposta sente-se fortemente incomodada pelo ruído ferroviário, 25% pelo ruído rodoviário e 55% para o ruído aéreo.

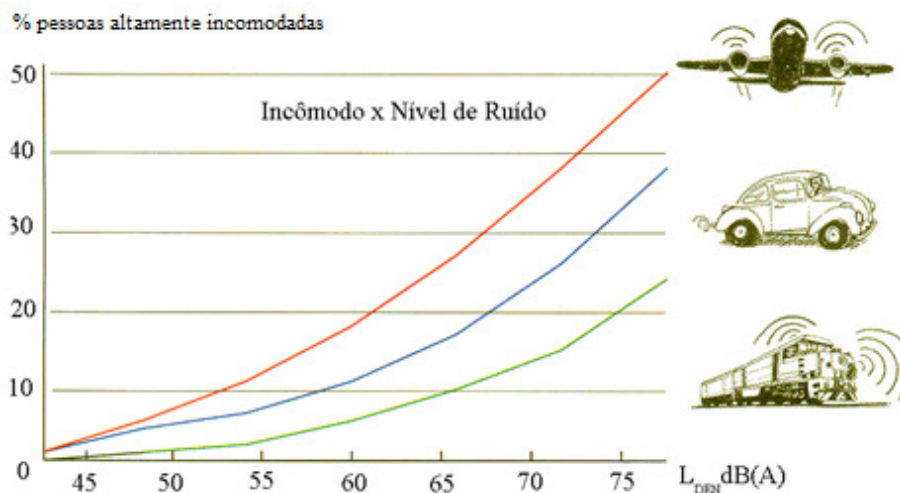


Figura 2.9 - Incômodo face aos diferentes modos de transporte
Fonte: adaptado de Brüel e Kjær, 2003.

O que deve ser levado em consideração é que os automóveis, caminhões e motocicletas emitem diferentes níveis sonoros, com diferentes conteúdos espectrais. Assim, é necessário considerá-los de forma independente. O ruído de tráfego é caracterizado como de baixa frequência (Figura 2.10), fato que se traduz em uma grande capacidade de contornar obstáculos. Este aspecto, aliado às características das partes e componentes dos veículos, produz significativas interferências no ruído gerado pelo tráfego (HARRIS, 1979).

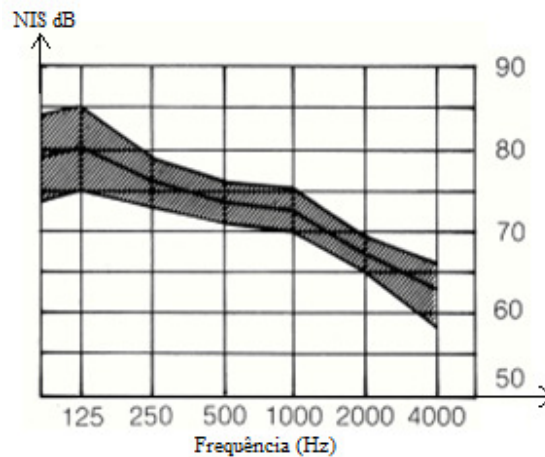


Figura 2.10 - Espectro típico do ruído de tráfego com os níveis acústicos (dB) emitidos em cada frequência (Hz)

Fonte: Monroy (2006).

Como exemplo do espectro sonoro do ruído de tráfego, apresenta-se na Figura 2.11 o gráfico de evolução temporal do ruído, com intervalos de 15 minutos, no qual se observam os níveis pico máximo e mínimo, durante cada intervalo. O L_{eq} , em azul, corresponde o nível equivalente contínuo, sendo um dos melhores índices para refletir o grau de percepção subjetivo pela população.

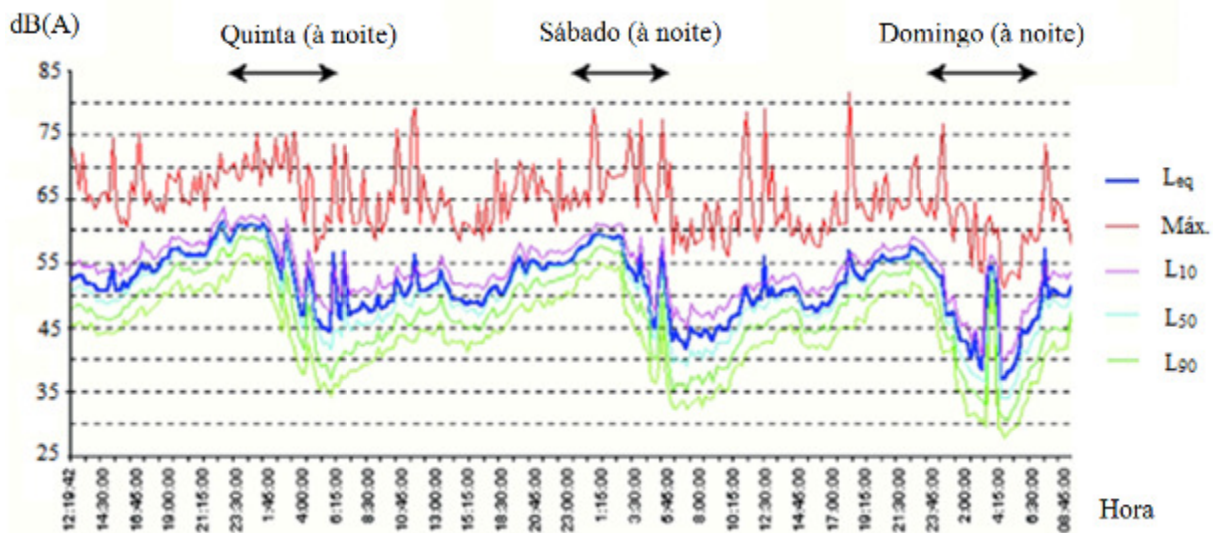


Figura 2.11:1 Exemplo histórico do ruído na Rua Luis Morote de Las Palmas, de Gran Canaria, Islas Canarias.

Fonte: Monroy (2006).

Para que os indivíduos consigam distinguir objetivamente essas mudanças significativas em relação aos níveis de ruído, na Figura 2.12 apresenta-se a relação da variação do nível de ruído com a redução do volume de tráfego. Por exemplo, conforme explicam *U.S. Department of Transportation Federal* (1995) e Santos (2007), quando o

volume de tráfego diminui para metade, o nível de pressão sonora poderá diminuir em 3 dB. Quando uma pessoa sente, subjetivamente, que há uma redução de 50% do ruído, esta redução significa que o nível de pressão sonora terá diminuído aproximadamente 10 dB, o que seria equivalente a uma redução do tráfego em 90%.

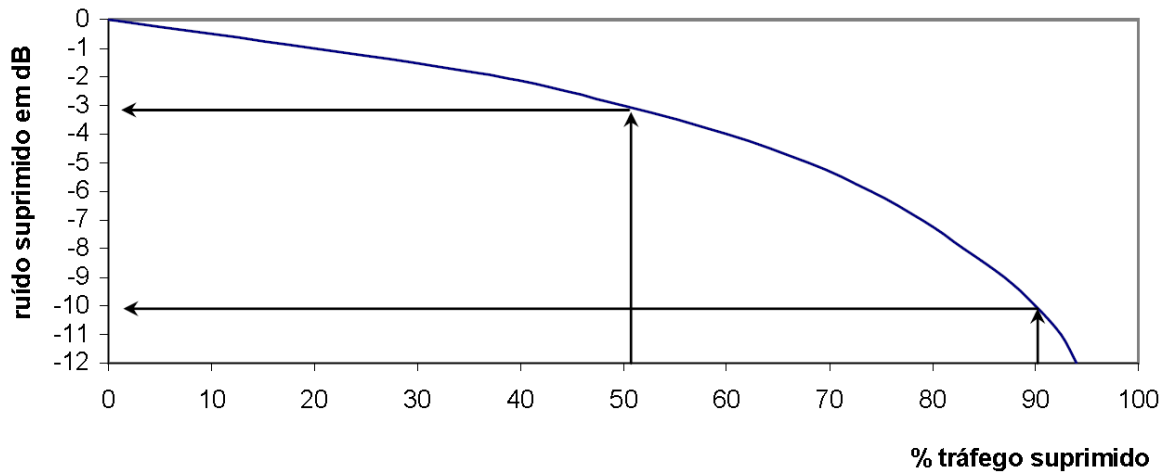


Figura 2.12 - Decréscimos do nível de pressão sonora em função do decréscimo de volume de tráfego
Fonte: adaptado de Raitanen, 2005.

Os principais fatores que influenciam no ruído de tráfego são: tipo e características dos veículos, postura dos motoristas, composição do tráfego, características das vias, além das condições atmosféricas. Ressalte-se ainda a ocorrência, durante a propagação sonora, de mudanças no campo acústico resultante, por conta das características geométricas locais, quais sejam: alinhamento da rodovia, espalhamento por obstáculos e reflexões em edifícios ou demais superfícies (BELDERRAIN, 1995).

A natureza e as características físicas das fontes de ruído mais importantes devem ser objetivamente determinadas e avaliadas. No entanto, o incômodo produzido em uma determinada comunidade ou grupo depende também de uma série de outros fatores, como atitudes pessoais, problemas de ruído, avaliação das necessidades de um veículo ou serviço, entre outros.

O veículo, em relação ao ruído, deve ser considerado como um todo, ou seja, tendo todas as componentes que se podem identificar como fontes de emissão sonora, como ruído aerodinâmico, ruído do motor e interação pneu-estrada. A contribuição para a redução dessa emissão sonora é difícil, porque não se pode imediatamente exigir e/ou alterar as características dos veículos.

Assim, a melhoria das características técnicas dos veículos está ligada à pesquisa e ao avanço tecnológico efetuado pela indústria automobilística, que tem sido solicitada pela

União Europeia, com o estreitamento dos limites de emissão dos diferentes tipos de veículos, publicados nas mais diversas Normas e Diretivas Europeias vigentes, e apoiados por toda a comunidade, como forma de melhorar o bem-estar e o meio ambiente sonoro urbano (CARVALHO; ROCHA, 2008). Essa situação tem progressivamente melhorado com a substituição, dos veículos mais antigos e ruidosos, por outros mais recentes e com tecnologia e equipamentos menos ruidosos.

A principal fonte de ruído é constituída pela interação pneu-estrada, mesmo em condições de reduzida velocidade de circulação, tanto em áreas rurais, rodovias, como em áreas urbanas, a exemplo das vias arteriais ou coletoras.

As características das vias, de forma muito significativa, as vias de circulação em relação à topografia, intervêm no ruído ambiental de uma dada área. Não só no contexto da sua utilização, mas muito especialmente, no das suas características superficiais de rolamento. Considerando que os veículos cumprem todas as condições legais de circulação (técnicas, de manutenção e de velocidade) e que, segundo, Freitas (2006) as superfícies de desgaste se apresentam em boas condições de conservação, na maior parte das situações o ruído dominante passa a ser a partir do rolamento resultante da interação pneu-estrada.

As peculiaridades do tráfego e das condições geométricas das vias podem gerar altos níveis sonoros, mesmo com um fluxo pequeno de veículos. Por conseguinte, nem sempre maiores volumes de tráfego correspondem a maiores níveis de ruído (VALADARES e GERGES, 1998). Nas médias e altas velocidades dos veículos, o ruído que predomina é o da interação pneu-estrada e o aerodinâmico. Nas baixas velocidades, é advindo do motor, do escape e da admissão de ar (ARRUDA et al., 2000, p.411).

A forma de propagação desses ruídos é influenciada, não somente pela emissão sonora, como pelo próprio material do pavimento, por meio da rugosidade e textura da camada de desgaste, pela porosidade e absorção, composição e estrutura, além da sua própria deformabilidade, conforme apontam Carvalho e Rocha (2008). Ainda segundo os autores, como exemplo da influência da deformabilidade, pode-se referir a pavimentos cuja camada de desgaste envolve a incorporação de materiais resilientes, como por exemplo, borrachas, provenientes de pneus reciclados que, por serem mais deformáveis do que os pavimentos tradicionais, atuam não só na redução direta do ruído de rolamento, como na moderação das ondas refletidas, reduzindo o ruído final propagado.

Nos países considerados desenvolvidos, como por exemplo, em Portugal, também se utiliza outro tipo de pavimento com características menos ruidosas, denominado betume modificado com borracha (BMB). Esse pavimento possui um tipo de superfície resultante da

adição de borracha reciclada de pneus, cerca de 22%, ao concreto tradicional, o que torna a sua resistência à fadiga cerca de 10 vezes superior à de um concreto tradicional, além de possuir maior resistência às deformações permanentes. A redução sonora proporcionada para o ruído do tráfego rodoviário se situa na ordem dos 5 a 6 dB(A), segundo Recipav (2004).

2.2.8.1 Influência da forma urbana no ambiente sonoro

A forma urbana consiste na maneira como se organizam as partes físicas ou elementos morfológicos que constituem e definem o espaço urbano (LAMAS, 2000), e que possui grande influência sobre a propagação sonora no meio urbano. São aspectos fundamentais para prevenir o ruído por meio do planejamento das vias urbanas principais, como também pelo uso e a ocupação do solo.

Niemeyer e Slama (1998) e Niemeyer e Santos (2001) apontam que a propagação sonora ao ar livre e o ambiente sonoro urbano são influenciados pela malha e formas urbanas, por meio de suas características físicas específicas e suas inter-relações, como densidade construtiva, perfis de ruas, áreas verdes, divisão e disposição fundiária, relação de cheios e vazios, topografia e forma volumétrica das edificações e, sobretudo, o modo como esses elementos se inter-relacionam. A concepção da forma urbana é tridimensional e relaciona-se também, com a morfologia urbana, contribuindo para a caracterização do ambiente sonoro urbano.

Neste contexto, é imprescindível caracterizar o entorno imediato da fonte, para identificar se o ruído principal intensifica ou não a atenuação e para balizar a precisão de planos de ação estratégica no combate ao ruído em determinadas áreas específicas da cidade. Para atenuar o ruído no interior dos edifícios considerados sensíveis, é necessário operar no planejamento das formas urbanas, como será explanado adiante, no aumento da distância entre a fonte e o receptor, na implantação dos edifícios, como barreiras, por exemplo, entre outras medidas.

Segundo Brito et al. (2010), os benefícios dessas avaliações espaciais da geomorfologia urbana são classificar claramente as áreas ruidosas e tranquilas, preservá-las, desenvolver estratégias para redução do ruído, aprimorar o planejamento urbano e nortear a tomada de decisões para investimentos.

No que se refere ao efeito da distância percorrida pelo som, que em campo livre, sem a influência do vento e do solo, o ruído emitido pelas fontes lineares e pontuais sofre atenuações de 3dB e 6dB, respectivamente, quando se duplica a distância entre a fonte sonora

e o receptor.

Daí a importância de buscar uma máxima distância possível entre vias de tráfego e alinhamentos de prédios, para garantir menores níveis sonoros nas proximidades ou nos interiores dessas edificações. Niemeyer e Slama (1998) comentam que, muitas vezes, por causa do tamanho do terreno, do custo do solo ou, ainda, da consolidação do tecido urbano, a utilização desses recursos é dificultada, adotando-se, em alguns casos, a implantação de barreiras acústicas.

Com a finalidade de se atenuar o ruído na superfície das fachadas dos edifícios, durante a concepção do projeto das zonas consideradas sensíveis, é importante, primeiramente, localizar as fontes sonoras, priorizando quais fachadas não ficarão expostas à poluição sonora.

Se uma parcela da população é afetada pela poluição sonora gerada por áreas industriais ou atividades comunitárias (mercados, áreas de lazer, entre outras fontes), devem-se aplicar critérios semelhantes para preservar o conforto acústico dos usuários. Segundo Monroy (2006), neste caso é mais eficaz o distanciamento das fontes, pelo seu caráter pontual, sendo o nível sonoro reduzido cerca de 6 dB, cada vez que se dobrar a distância do foco.

A partir dessas últimas referências, serão abordados os conceitos voltados à acústica e à análise de como a percepção sonora é afetada pelos elementos morfológicos e físicos do espaço urbano, com a finalidade de se contribuir para um melhor entendimento da influência da forma urbana no ambiente sonoro, o qual será a base para as diretrizes projetuais urbanísticas.

Os ambientes sonoros, segundo Niemeyer e Slama (1998), se qualificam em dois tipos de espaços acústicos: os abertos e os fechados. Os abertos são os que se caracterizam pela existência de um campo sonoro direto ou campo livre, em que a propagação de um ruído acontece num meio sem obstáculos significativos que possam interagir com o seu nível sonoro. Deste modo, a atenuação do som emitido por uma fonte varia de acordo com a distância entre fonte e receptor. Nesses espaços, o som se dispersa na atmosfera, sem retornar (Figura 2.13(a)).

Nos espaços acústicos fechados, o nível sonoro aumenta quando a fonte se aproxima e decresce quando se afasta. O nível sonoro no receptor depende não só da onda sonora emitida pela fonte, mas também do nível sonoro das ondas refletidas no meio de propagação, chamado campo difuso. Assim, nos ambientes urbanos se estabelece um campo sonoro reverberante (Figura 2.13(b)), que apresenta um exemplo de propagação sonora em edifícios paralelos à via. A atenuação se processa pela perda de energia sonora a cada reflexão, ou

quando, finalmente, a onda sonora encontra um ângulo de escape.

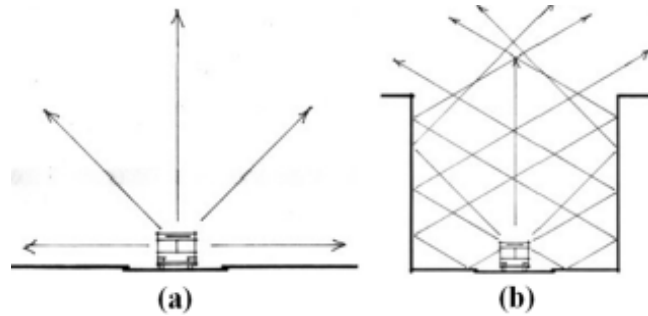


Figura 2.13 - Espaços acústicos: (a) Aberto e (b) Fechado

Fonte: Adaptado de Niemeyer e Slama (1998).

Nesses ambientes fechados, a pressão sonora é a mesma em todos os pontos do espaço e podem prejudicar a inteligibilidade dos sons desejáveis, porque o nível do ruído de fundo é elevado. Beranek e Vér (1992) destacam que, nos espaços acústicos fechados, denominados de cânions urbanos, ocorre o fenômeno da reverberação¹², devido às diversas reflexões das ondas sonoras nas fachadas paralelas dos edifícios, amplificando o ruído proveniente do tráfego.

Porém, Niemeyer e Slama (1998) ainda citam que a caracterização sonora não estabelece inter-relação direta com a comunicação visual, sendo que ambientes visualmente fechados podem ser permeáveis ao ruído.

O conceito de permeabilidade se refere às trajetórias percorridas pelo som na escala urbana ou do edifício, sendo relevante para o entendimento da relação entre a configuração urbana e suas tipologias arquitetônicas diante do ruído.

Esse conceito, dentro do contexto urbano, é exemplificado pela Figura 2.14, em que uma maior ou menor permeabilidade de um tecido urbano depende do posicionamento das edificações em relação às fontes sonoras, no caso as via de tráfego.

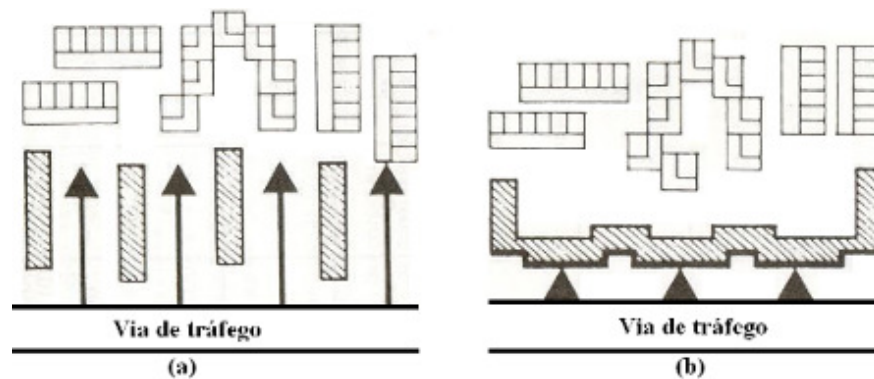


Figura 2.14 - Maior (a) e menor (b) permeabilidade ao ruído da via de tráfego.

Fonte: Adaptado de Niemeyer e Slama (1998).

¹² Fenômeno representado pela permanência do som por um determinado intervalo de tempo após a fonte sonora ser extinta.

Nas regiões de clima quente-úmido, ao introduzir grandes aberturas e ventilação cruzada, é inevitável que o ruído aéreo também se propague pelo interior da edificação. A permeabilidade na escala do edifício está relacionada não somente ao número e posicionamento e implantação das aberturas nas fachadas, mas também, às propriedades físicas dos materiais utilizados.

A leitura da Figura 2.15 exemplifica a importância da disposição e implantação dos edifícios na malha urbana em relação ao ruído de tráfego. Na situação (b), as fachadas do edifício situado na parte posterior do lote estão expostas a níveis sonoros inferiores, em relação ao edifício na situação (a).

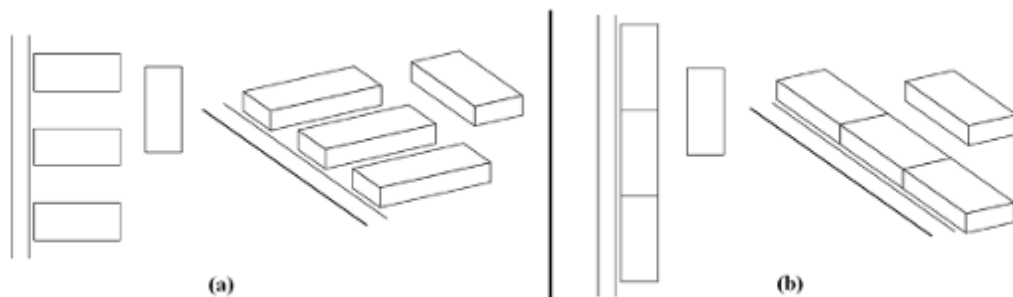


Figura 2.15 - Edifícios perpendiculares (a) e paralelos (b) à via.
Fonte: Adaptado de Niemeyer e Slama (1998).

Assim, a situação (a) se mostra mais permeável ao ruído. Porém, dependendo do nível de ruído, a situação (b) expõe as fachadas voltadas para a rua a níveis sonoros mais elevados. Essa situação é mais comum em ruas de bairros antigos, onde também os próprios edifícios atuam como uma barreira acústica. A situação (a) corresponde a um urbanismo contemporâneo, em que o ruído se espalha sobre os espaços vazios, conforme apontam Niemeyer e Slama (1998). A implantação dos edifícios com uma forma paralela à via é preferível à edificação perpendicular à via, sendo que o ruído não encontra impedimentos à sua propagação, invadindo todas as fachadas, como apresentado na Figura 2.16.

Carvalho e Rocha (2008) sugerem que, se implantarem as maiores fachadas dos edifícios paralelamente à via, apesar de se obter níveis sonoros mais elevados, também se permite que a fachada oposta esteja orientada para uma área mais tranquila. Desta forma, nessa área organiza-se a implantação da habitação, tendo em prudência esta diferença de ruído, tentando-se colocar na zona mais calma as áreas mais sensíveis, como os quartos de dormir e de estudos, como as salas de estar.

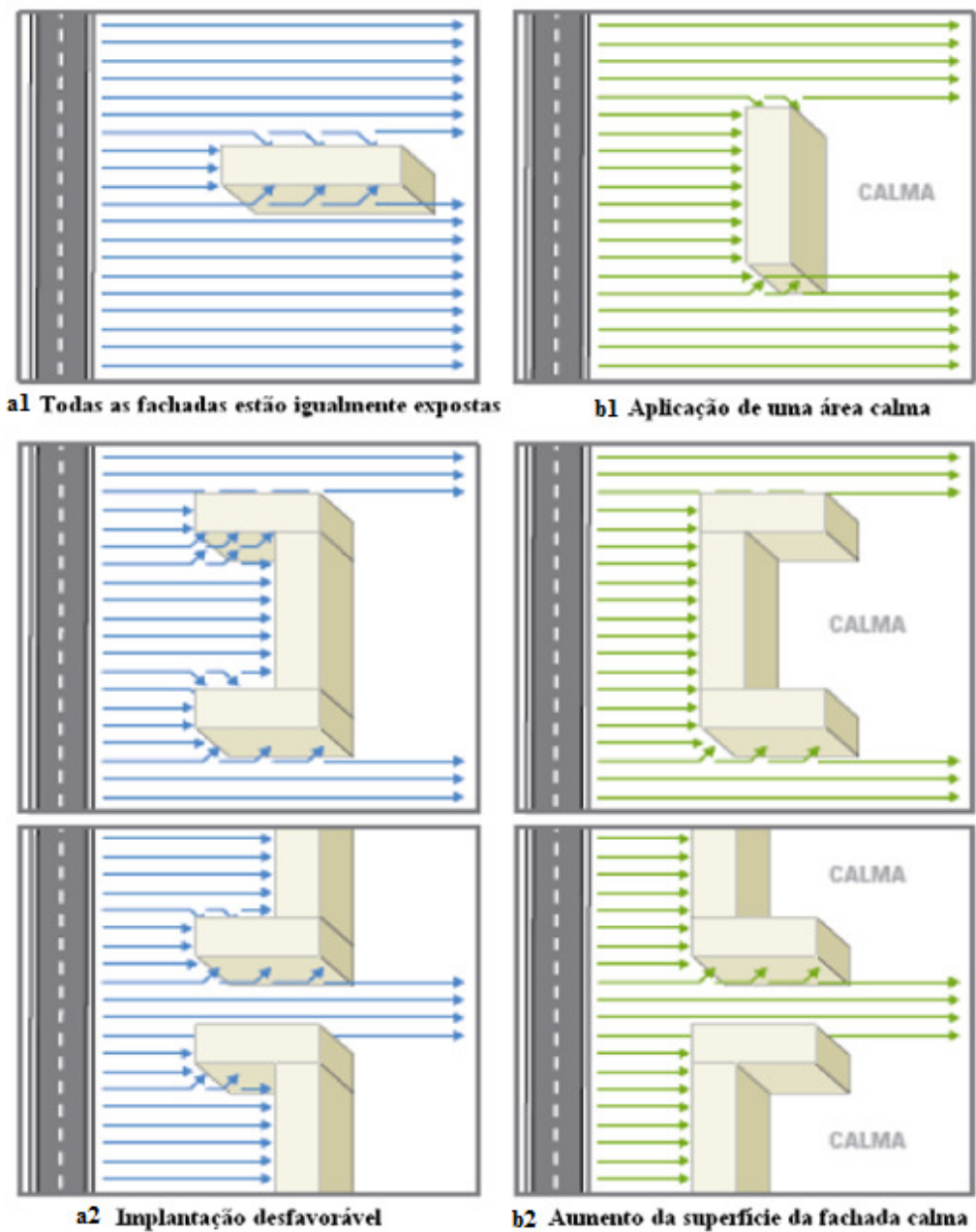


Figura 2.16 - Comparação acústica da disposição de edifícios em relação à via
Fonte: PORTUGAL (2004)

É importante tentar, sempre que possível, localizar os edifícios de uso comercial, industrial, garagens, ou qualquer uso não sensível, perto das vias, colocando também espaços verdes e vegetação (Carvalho e Rocha, 2008). Assim, é empregada uma zona de proteção para os edifícios sensíveis, que funciona como uma barreira, como também espaços de lazer à população, que caracterizam ambientes confortáveis (Figuras 2.17, 2.18 e 2.19).



Figura 2.17 - Proposta de desenho urbano para a proteção ao ruído rodoviário – Plano de ocupação do solo urbano
Fonte: PORTUGAL (2004)

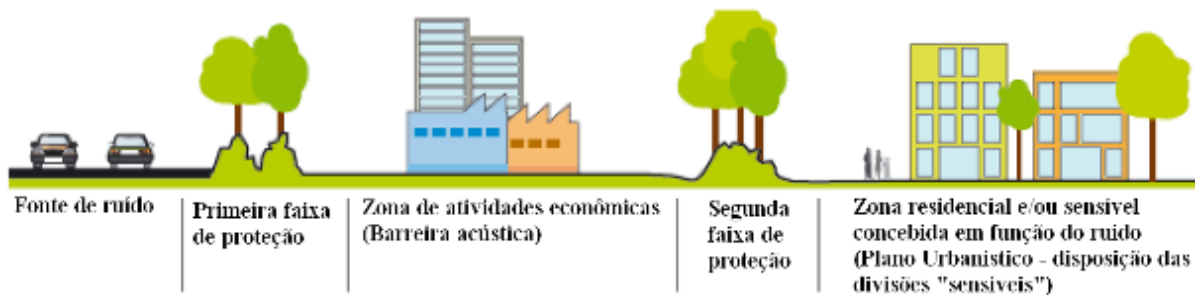


Figura 2.18 - Proposta de perfil transversal em zona de influência de ruído rodoviário
Fonte: PORTUGAL (2004).

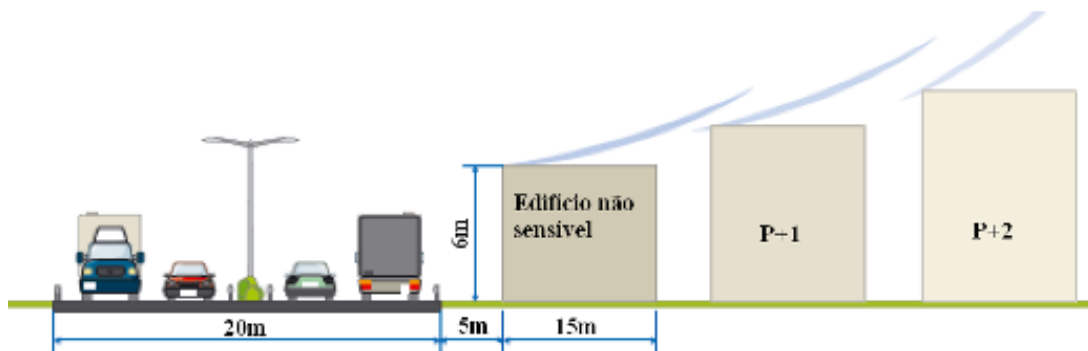


Figura 2.19 - Proposta de perfil transversal em zona de influência de ruído rodoviário com escalonamento dos edifícios
Fonte: PORTUGAL (2004)

Segundo ICF Jones & Stokes (2009), a atenuação proporcionada pelas linhas de edifícios depende do tamanho dos espaços entre os prédios. Atenuação de 3 dB(A) é permitida para a primeira linha de edifícios, quando ocupam 40 a 65% da linha (lacunas de 35 a 60%). Atenuação de 5 dB(A) é permitida quando os edifícios ocupam 65 a 90% da linha (lacunas de 10 a 35%). A fileira de prédios por trás da primeira linha sofre uma atenuação de 1,5 dB(A) cada.

Niemeyer e Slama (1998) entendem a *via* como sendo a pista para a circulação dos veículos, isto é, a fonte sonora, propriamente dita. Diferem entre si em função de sua largura, do tipo e composição do tráfego existente, além da relação entre os veículos leves e pesados, como se apresenta na Figura 2.20 (a).

Ainda segundo o mesmo autor, a rua consiste não somente da via de circulação, mas também do seu entorno imediato, englobando o espaço entre a calçada e alinhamento das fachadas. O ruído emitido nesses espaços é influenciado pelo tipo de pavimentação nas vias e calçadas; pelo revestimento, alinhamento e movimentação das fachadas. A fonte e o receptor estão no mesmo local, Figura 2.20 (b).

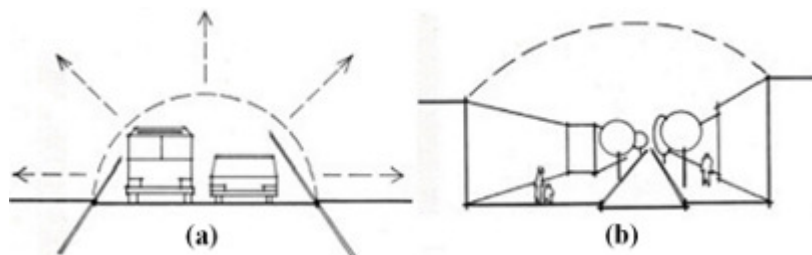


Figura 2.20 - Representação: Via (a) e Rua (b)
Fonte: Adaptado de Niemeyer e Santos (2001)

As ruas, dependendo do seu perfil, podem apresentar duas configurações básicas: (a) rua em “U”, ou em tecido aberto: limitada, em ambos os lados, por edifícios altos, como barreiras contínuas, nas quais a relação da altura dos edifícios (h) e a distância entre as fachadas (L) é superior a 0,2. O campo acústico reverberante é apresentado na Figura 2.21 (a).

A rua em “L”, ou tecido fechado, é quando as edificações funcionam como barreiras apenas de um lado da rua ou apresentam a relação $h \div L < 0,2$, Figura 2.21 (b). Aproxima-se, em termos de propagação sonora, ao campo livre ou direto.

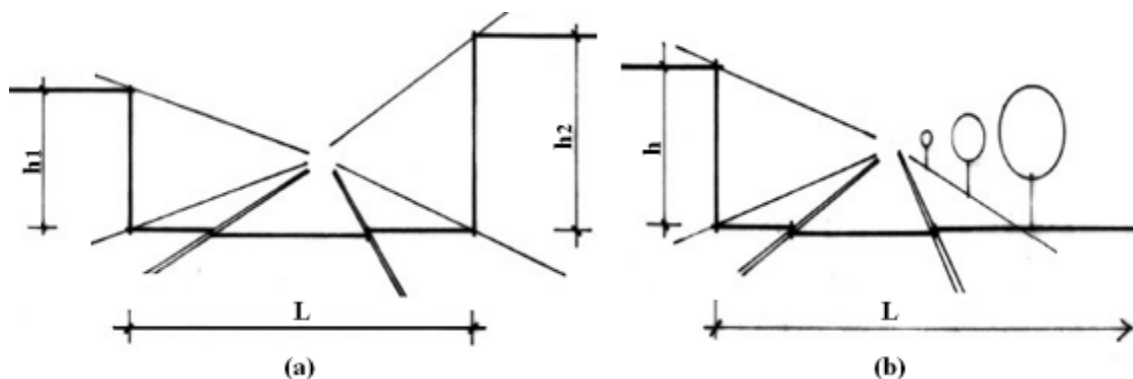


Figura 2.21 - Representação: Rua em perfil “U” (a) e Rua em perfil “L” (b)
Fonte: Adaptado de Niemeyer e Santos (2001)

Baring (1990) aponta que, em ruas de perfil “L”, os ruídos gerados pelo tráfego nas vias atingem as fachadas dos edifícios, normalmente, de baixo para cima. Nesses casos, a

existência de elementos como platibandas, marquises, varandas ou sacadas nos prédios podem colaborar para a atenuação do ruído que penetra o interior dos seus apartamentos. Nas ruas tipo “U”, esses elementos não apresentam o mesmo desempenho, pois as parcelas de ruído, devido às múltiplas reflexões, incidem quase perpendicularmente às fachadas.

Em trabalho desenvolvido por Hincu (2003) *apud* Guedes (2005), foram analisados perfis de ruas na cidade de Bucareste (Romênia), por meio de medições acústicas e métodos computacionais. Ressaltou-se que a variabilidade de alguns aspectos físicos do espaço urbano, como altura dos edifícios, distância entre fachadas, composição de fluxo de veículos, entre outros, produziam diferenças nos níveis sonoros do tráfego nas vias estudadas. A Figura 2.22 apresenta os perfis das ruas estudados.

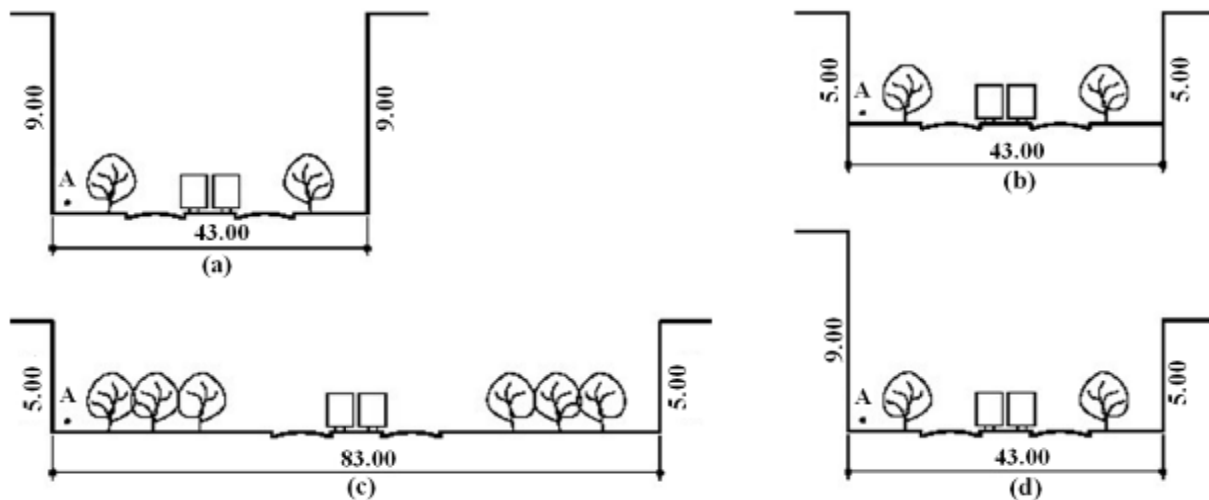


Figura 2.22 - Perfis de ruas analisados na cidade de Bucareste (Romênia)

Fonte: Adaptado de HINCU, 2003 *apud* Guedes (2005)

Alguns dos resultados obtidos foram: a redução de 9 pavimentos, perfil (a), para 5 pavimentos, perfil (b) na altura das edificações, às margens das ruas tipo “U” levou a um decréscimo de 10 dB(A) no nível de ruído. Comparando-se os níveis sonoros de ruas margeadas de um lado por edifícios com 9 pavimentos e do outro com 5 pavimentos, perfil (d), com ruas tipo “U” margeadas por edifícios de 9 pavimentos em ambos os lados, perfil (a), verificou-se para a primeira situação valores de níveis sonoros cerca de 12 a 15 dB(A) menores do que os níveis encontrados na segunda situação. Constatou-se também que o aumento da largura de 43 m para 83m, perfil (c), na largura da rua foi acompanhada por uma redução de 2 a 3 dB(A).

Nas ruas tipo “U”, com a presença de duas paredes paralelas na via de tráfego, se produzem reflexões múltiplas e um notável aumento no nível de ruído típico, conhecido como

efeito cânion. O nível de ruído aumenta dependendo da relação largura e altura do perfil da rua, como se apresenta na Figura 2.23.

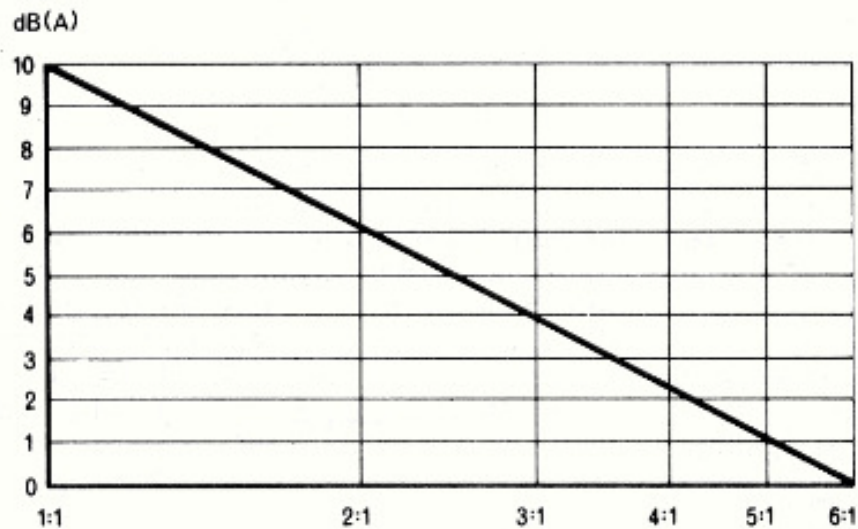


Figura 2.23 - Aumento do ruído em uma via na proporção largura / altura
Fonte: Monroy (2006)

Niemeyer e Slama (1998) definem quadras como unidades do espaço urbano, delimitadas pelas vias de circulação, constituídas por lotes, em geral, retangulares. No contexto dos conceitos da acústica, podem ser entendidas como porções desse espaço limítrofe ao local de emissão de ruído (vias), e seus edifícios desempenham papel de barreiras, protegendo seus ambientes internos dos níveis sonoros externos. A depender da distribuição dessas edificações, a quadra tende a ser exposta ao ruído de tráfego, conforme as configurações apresentadas na Figura 2.24.

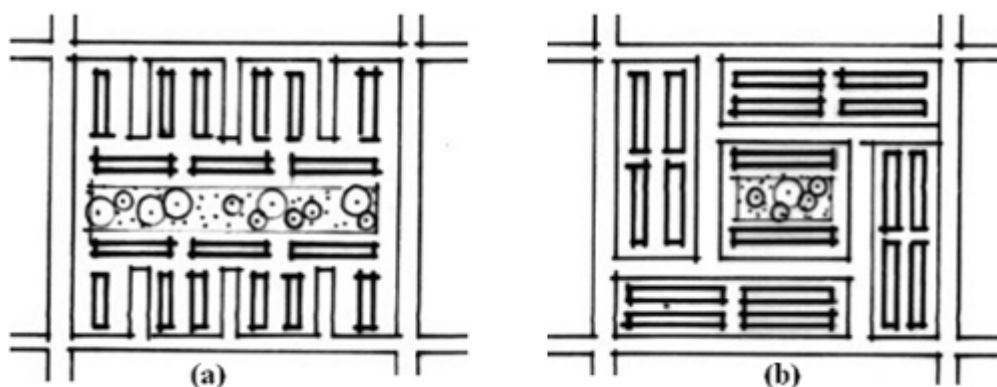


Figura 2.24 - Quadra mais exposta (a) e menos exposta (b) ao ruído de tráfego
Fonte: Adaptado de Niemeyer e Santos (2001).

O som pode “atravessar” uma parede, ainda que esta não apresente nenhuma abertura. O som que nela incidiu fez com que ela vibrasse, tornando-se uma nova fonte sonora

que transmite o som para os dois lados da parede. Assim o som é retransmitido no plano das fachadas, por exemplo.

No contexto urbano, a espessura dos edifícios encontra-se relacionada à implantação das edificações, em relação ao limite de uma quadra, funcionando como barreiras ao ruído externo. Ou ainda, pela existência de espaços de transição, como pátios ou jardins, os quais possibilitam atenuações sucessivas desse ruído, sem a necessidade do uso de elementos, como as barreiras, as quais podem comprometer outros aspectos do conforto ambiental, como a ventilação natural.

A utilização dos elementos de transição, como escadas externas, pórticos, sacadas ou varandas com parapeitos fechados, além da utilização de materiais absorventes, contribuem para a atenuação do nível sonoro e deformam o espectro de frequências, laborando como “filtros” (NIEMEYER e SLAMA, 1998).

Brito et al. (2010) avaliaram a interferência da geomorfologia urbana na amplificação da intensidade sonora, considerando a localização e características de elementos morfológicos das avenidas, que interferem de forma significativa na propagação do som e, sob uma base empírica, desenvolveram uma metodologia que permite relacionar o nível de amplificação sonora com as características do entorno imediato das fontes sonoras nas vias.

Na pesquisa citada observou-se que as vias locais e coletoras podem apresentar níveis de ruído iguais ou semelhantes aos registrados nas vias arteriais, com grandes dimensões da caixa da via e pouco adensamento na ocupação do solo, ratificando os efeitos dos condicionantes acústicos que configuram o perfil “U” e “L” da via estudados por Josse (1975); PORTUGAL(2004) e Guedes (2005). Assim, avaliação espacial do ruído urbano, como fonte de dados para uma análise do impacto sonoro anterior ao levantamento de campo, possibilitou prever situações favoráveis ou não para a atenuação e a amplificação do ruído no meio ambiente urbano.

2.2.8.2 Gestão do tráfego e pavimentação

As medidas de gestão do tráfego são o conjunto de soluções de atenuação do ruído, com a forma de aplicação mais simples e com menor impacto econômico. Algumas das técnicas abrangem a reorganização da circulação urbana rodoviária, tentando fazer uma repartição primária do tráfego entre aquele inerente às movimentações internas do município e do tráfego de passagem.

No final da década de 1960, moradores de uma pequena cidade da Holanda, chamada

Delft, se aborreceram com o ruído das ruas e tiveram a idéia de transformar suas ruas em “*estaleiros de vida*”, utilizando a idéia de jardins e obstáculos colocados estrategicamente nas ruas, para que os veículos diminuíssem a velocidade e, conseqüentemente, o nível de ruído. A idéia foi difundida nas décadas seguintes, e algumas leis foram modificadas para serem utilizadas em outros países, como Alemanha, Suíça, Dinamarca, Inglaterra, França, Japão, Israel, Áustria e Noruega (ITE, 2009). A moderação do tráfego, em particular, pode ser determinada como um conjunto de medidas redutivas de veículos, tendo como equivalência uma redução no nível dos acidentes, no ruído e na poluição do ar e, também, na melhoria no ambiente das ruas para os pedestres (BARBOSA, 1995).

Assim, pode ser entendida como uma política de planejamento e adequação do transporte, que tem como objetivo um equilíbrio entre os diversos modos de deslocamento e uma melhor distribuição do espaço público, em benefício dos usuários da via local e entorno.

Sá (1995), com base na experiência da Dinamarca, dos Países Baixos e da Alemanha Ocidental, define que o termo moderação do tráfego aplica-se a qualquer esquema, onde mudanças físicas dentro do ambiente das vias, como quebra-molas, ilhas de tráfego e expansão das calçadas, têm sido introduzidas com um ou mais dos seguintes propósitos: a) restringir a velocidade veicular por razões de acidentes ou preservação do meio ambiente; b) aumentar o espaço disponível para pedestres e/ou ciclistas, reformando as vias; c) criar mais ambientes agradáveis, com menos ruído de tráfego e poluição do ar e mais atrativo visualmente.

Grava (1993) apresenta a moderação do tráfego ou *traffic calming* como sendo ações de controle de tráfego que servem para minimizar os indesejáveis impactos dos veículos nos locais de atividades humanas. Desta forma, o tráfego não é eliminado, mas acalmado. Segundo Carvalho e Rocha (2008), a promoção do uso de transportes públicos também favorece, de um modo importante, a redução do ruído de tráfego rodoviário. Apesar de os transportes públicos serem veículos pesados (originam em geral um nível ruído superior ao de um transporte ligeiro, exceto soluções como metrô de superfície, veículos elétricos ou a gás), são um meio de transporte que acomoda dezenas de pessoas simultaneamente, tornando a comparação do nível sonoro global ponderado favorável aos transportes públicos. Além disso, se suas rotas forem bem definidas, pode-se controlar com muito maior exatidão quais zonas serão afetadas pelo seu ruído e em que períodos do dia.

Ainda comentam que outras formas de combate à produção de ruído, com o auxílio de uma gestão do tráfego, são o incentivo ao uso dos meios de transporte alternativos como as bicicletas e os percursos a pé. Estas medidas normalmente necessitam que se façam obras de

beneficiação/adaptação das vias públicas, com o alargamento dos passeios e criação de ciclovias ou ciclofaixas, de forma a não existirem conflitos com o tradicional tráfego urbano.

Por exemplo, na gestão do tráfego, segundo o *U.S. Department of Transportation* (1995), as medidas a seguir devem ser incluídas na avaliação: proibição de certos tipos de veículos em determinadas vias; restrições, em determinados prazos, de alguns tipos de veículos em vias; limites de velocidade modificados; uso e ocupação do solo urbano; dispositivos de controle de tráfego; combinações das medidas citadas.

As medidas de gestão de tráfego podem ser divididas em dois grandes grupos. Uma técnica é o controle de velocidade através das alterações no alinhamento vertical e/ou horizontal da estrada ou mesmo no perfil transversal da via. Outra medida é o controle do volume de tráfego por intervenção nos movimentos e sentidos de tráfego que dificultam a circulação de alguns veículos, favorecendo a utilização de rotas alternativas. Apesar de se poder fazer esta distinção de medidas, a sua utilização pode ter efeitos duplos, posto que as medidas de controle de velocidade por vezes induzem à procura de outros percursos, sendo a situação inversa também verdadeira (medidas de controle do volume de tráfego potenciam a redução da velocidade de circulação), segundo Carvalho e Rocha (2008).

Para o tráfego de passagem são, frequentemente, mencionadas as variantes urbanas, que são novas vias e/ou desvios melhor preparados para receber este tipo de tráfego, retirando-o de zonas classificadas sensíveis ou residenciais, ou ainda de interesse especial. As medidas de moderação de tráfego são indicadas para as ruas classificadas como locais, não mais de duas faixas de tráfego; não sendo a principal via de resposta a emergências ou de rota de ônibus.

No caso das movimentações internas, a minimização do problema passa por um estudo para caracterização da situação existente e posterior análise das diversas alternativas de atuação, uma vez que a sua implementação irá influenciar na mobilidade dos veículos e em todo o entorno da zona problemática de ruído.

Além da reorganização do sistema viário municipal, outra medida para atenuação do ruído rodoviário consiste na limitação da velocidade por meio das medidas de controle da velocidade. Essas não são somente pela sua redução, como também através de medidas que adaptem uma circulação menos rápida, mas mais fluida, sem movimentações bruscas de parada e aceleração.

Outra das preocupações quanto ao excesso de poluição sonora está relacionada ao número de veículos pesados que atravessam ou abastecem o município. Carvalho e Rocha (2008) citam que esses veículos emitem um nível de ruído superior ao dos veículos ligeiros e

apresentam fraca mobilidade, podendo originar situações de conflito no trânsito citadino. Devem por isso ser estudadas soluções de restrição à circulação parcial ou total de veículos pesados, principalmente em zonas sensíveis ou residenciais.

As medidas de redução de volume e velocidade de tráfego, segundo o *Institute of Transportation Engineers* – ITE (2009) podem ser os *cul-de-sacs* e encerramento parcial da via. As medidas verticais são as lombadas, ou plataformas de velocidade arredondadas, com materiais diferenciados, bandas sonoras e cromáticas. Como medidas horizontais apresentam-se as curvas horizontais, como as rotatórias e as mini-rotatórias. Dentre outras medidas, apontam-se a utilização de meios de transporte alternativos, como bicicletas ou andar a pé, uma correta sinalização e a aplicação de semáforos em cruzamentos.

Podem, ainda, ser citadas como medidas, as chincanas, que são estreitamentos formando curvas em “S”, podendo ser feitas com jardins, ilhas, estacionamentos ou ainda, a diminuição de uma via dupla para simples, sendo indicadas para áreas residenciais com baixo fluxo de veículos pesados, como também intersecções em “T” modificadas, como estreitamento de vias e restrições de largura na entrada de intersecções. E, por último, os limites de velocidade.

O uso do paisagismo, segundo o ITE (2009), é uma medida aceitável e de efeito psicológico importante, como medida permanente. Em pesquisas de preferências visuais, com cenas de paisagismo e outros elementos naturais, as laterais de ruas ajardinadas, suavizam o fluxo de tráfego.

Na decisão da aplicação das técnicas de pavimentação que contribuem para a atenuação do ruído gerado pelo tráfego há fatores que devem ser tomados em consideração, como forma de aperfeiçoar o seu desempenho. Esses aspectos estão relacionados à envolvente da estrada, ao alinhamento horizontal e vertical da estrada, à velocidade de circulação, e à composição do tráfego rodoviário, como apontam Carvalho e Rocha, 2008.

Em seu conjunto, o pavimento necessita, simultaneamente, resistir e distribuir ao solo os esforços verticais produzidos pelo tráfego; melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade, à segurança e ao conforto; resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento. Um pavimento é bem projetado e construído quando for capaz de suportar as cargas de tráfego, dimensionado com número de camadas e espessuras de componentes adequados, segundo o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, no Manual de Pavimentação (1996).

Um pavimento silencioso é uma superfície que, quando interagindo com um pneu rodando, influencia no ruído total do veículo de tal forma que, no mínimo, 3dB(A) são

reduzidos em relação às superfícies das vias rurais tradicionais. Assim, pode-se chegar a uma atenuação de 8 dB(A), conforme apontam Carvalho e Rocha (2008).

A eficiência de *pavimentos absorventes*¹³, como os pavimentos porosos, aumenta, em comparação com pavimentos de concreto tradicionais, quando na envolvente da via existem fachadas de edifícios, túneis ou semi-coberturas, segundo Carvalho e Rocha (2008).

Ainda segundo os mesmos autores, quando há edificações apenas num dos lados da via, a redução pode chegar aos 4 dB(A), enquanto que, nos casos em que existem paramentos verticais dos dois lados da via, com perfil “U”, essa melhoria pode variar entre 1 dB(A) e 5 dB(A). Em casos de total enclausura, como túneis, a redução pode chegar aos 10 dB(A). E pode ser aplicado, tanto em estradas planas, como em estradas com inclinações.

Assim, o uso de superfícies absorventes porosas é mais benéfico em situações de vias fechadas e com fachadas sem tratamentos com materiais absorventes, apesar de não se poder desprezar a sua eficácia em meios abertos, tanto em termos de redução sonora, como de segurança na circulação.

Para a mistura de concreto com agregados de 5 mm utilizados, ou sejam, superfícies finas, nos pavimentos novos obteve-se uma redução de 3 de dB(A) a 50 km/h e de 7 dB(A) a 80 km/h. Porém, devido ao seu alto uso, o ruído aumentou significativamente após um ano (FEHRL, 2006). As superfícies de concreto modificado com borracha são superfícies que, devido à junção de borracha reciclada de pneus (cerca de 22%) ao concreto tradicional, aumentam a sua elasticidade, a resistência ao envelhecimento e à propagação de fendas, além de diminuírem a distância de travagem e o ruído de circulação de tráfego. Carvalho e Rocha (2008) apresentam que a utilização deste tipo de pavimentos é possível em vias novas e em situações de reurbanização, tanto para estradas de elevada velocidade em vias rurais¹⁴, como em vias de menor velocidade de circulação. Em casos de vias existentes, com problemas de fissuração ou de ruído elevado, são soluções aconselháveis, sendo a redução sonora proporcionada na ordem dos 5 a 6 dB(A).

2.2.9. Redução do ruído no meio de propagação

As barreiras acústicas são definidas por Bistafa (2006) como qualquer estrutura ou obstáculo que impeça a visão da fonte pelo receptor, inclusive o próprio solo, quando este se eleva, interferindo na linha de visão. Bertulani (2004) define barreiras acústicas como

¹³ Tal fato deve-se ao acréscimo de reflexões na superfície da estrada, por parte das fachadas envolventes que, apesar de elevar o nível de energia sonora produzido, facilita a sua absorção pelo pavimento poroso.

¹⁴ Denominação de *auto-estradas* mais utilizadas na Europa, e os termos *vias rurais* ou *rodovias* no Brasil.

dispositivos de massa e altura mínima necessária instaladas entre a(s) fonte(s) do ruído e o receptor, de forma a provocar uma redução do nível de pressão sonora (NPS), por meio da difração.

As barreiras acústicas são elementos construídos em diversos materiais, na envolvente de uma fonte sonora, por exemplo, via rodoviária ou ferroviária, para criar uma zona mais calma na parte posterior. Estes materiais são especificados em função das necessidades e das características do local de instalação das barreiras. Souza et al. (2007) apontam que a relação geométrica entre a fonte, o meio e o receptor influem na proteção acústica da barreira.

No que se refere ao ruído de tráfego, buscam-se intervenções no meio que possam diminuir a intensidade dos sons que atingem o receptor, que é a população em geral. A utilização de barreiras acústicas tem se difundido como uma alternativa para o controle de ruído. No Brasil esta prática ainda é incipiente, mas no exterior é muito utilizada, segundo Lisot (2008).

As barreiras acústicas têm como objetivo servir de anteparo para as ondas sonoras. Estes elementos construtivos geram regiões de sombra acústica, onde os níveis sonoros são reduzidos, por serem gerados apenas pelas reflexões nas bordas dos elementos, como ilustra a Figura 2.25.

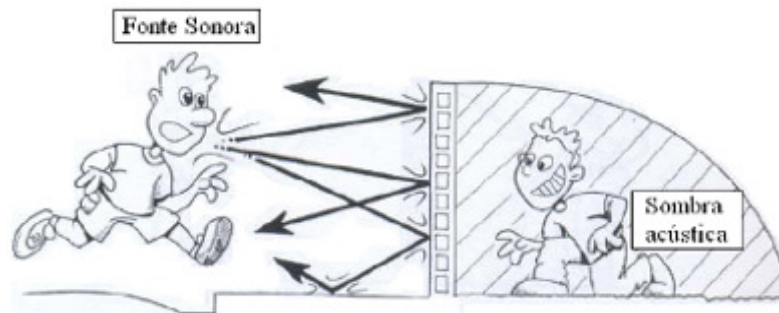


Figura 2.25 - Intensificação sonora de barreiras na região voltada para a fonte

Fonte: Souza et al. (2007, p.73)

Esses sistemas construtivos reduzem o nível sonoro entre uma fonte emissora de ruído e um receptor, através de fenômenos de absorção, transmissão, reflexão e difração, como apresenta a Figura 2.26. O fenômeno de difração das ondas sonoras à volta de um obstáculo pode ocorrer pelo topo da barreira ou pelos seus contornos laterais, existindo diferenças de acordo com a frequência da onda sonora emitida.

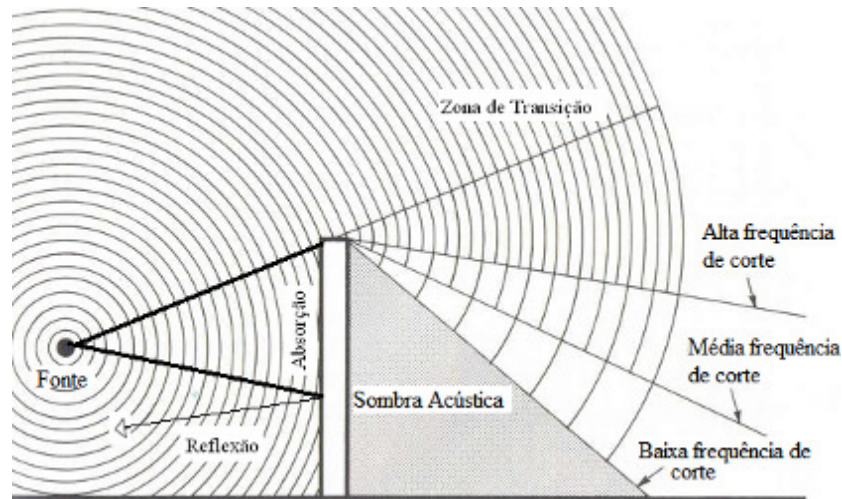


Figura 2.26 - Fenômenos de absorção, transmissão, reflexão e difração numa barreira acústica

Fonte: adaptado de Decimin Control Systems, 2005.

Neste contexto, Klingner et al. (2003) citam que, ao interromper o trajeto da onda sonora, admite-se uma atenuação de aproximadamente 5 dB(A). Logo, construir barreiras mais altas faz com que o som curse uma trajetória maior, antes de abranger o receptor e, desta forma, pode-se obter uma diminuição adicional de pelo menos 3 dB(A).

As barreiras acústicas eficazes, segundo a Federal Highway Administration (FHWA, 2001) reduzem os níveis de ruído em torno de 5 a 10 decibels, o que diminui o ruído do tráfego aproximadamente pela metade.

Os fatores determinantes para a escolha de uma barreira e sua eficácia, segundo Carvalho e Rocha (2008), são os seguintes:

- a) A distância entre a estrada e a barreira, entre a barreira e o receptor e a altura da barreira. A altura é a base de todo o dimensionamento (quanto mais alta a barreira, maior será a sua eficácia). Outra condição relevante é a distância entre fonte-barreira-receptor, que deve ser a menor possível, de forma a maximizar a sua eficácia. De fato, a colocação de uma barreira a meia distância entre o emissor e o receptor é a menos eficaz;
- b) A intensidade e espectro do som a atenuar. Uma dada barreira garante uma maior eficácia para sons com uma componente aguda mais significativa (ruído de veículos super leves, por exemplo) do que para sons com uma componente grave mais acentuada (como o ruído produzido por veículos pesados);
- c) Propriedades de absorção da barreira. A superfície absorvente¹⁵ das barreiras é importante quando são colocadas de ambos os lados da fonte sonora, ou quando

¹⁵ Aquela que absorve parte ou a totalidade da energia recebida e a converte em calor.

existem edifícios do lado oposto ao da colocação da barreira, como forma de evitar reflexões entre a fonte e as barreiras;

- d) Peso por m^2 da barreira. Uma barreira deve ter uma massa mínima de $10kgm^2$ que lhe permita ser eficaz na atenuação do ruído, tendo de evitar a existência de aberturas ou fendas, para não se reduzir essa eficácia.
- e) A forma da barreira. Uma barreira inclinada, como um talude, é menos eficaz que uma barreira vertical com a mesma altura.
- f) O perfil transversal da estrada. Uma estrada em escavação induz um ruído ambiente menos importante, dado que os taludes atuam como barreiras naturais, se, mesmo assim, for necessária a colocação de uma barreira, esta deve ser colocada no topo do talude.

Segundo Bistafa (2006), a intensidade sonora absorvida degrada-se em calor, no meio material que compõe a superfície. Em materiais porosos e fibrosos, usualmente empregados como absorvedores, a absorção se dá essencialmente pela dissipação da energia sonora por atrito, devido ao movimento das moléculas do ar no interior do material, por ocasião da passagem da onda sonora.

Segundo ICF Jones & Stokes (2009), o ruído transmitido através da barreira não irá contribuir para o ruído difratado (ou seja, é pelo menos 10 dB(A) menos do que o ruído difratado por cima da barreira). Para que isso seja verdade, a perda de transmissão da barreira deve ser pelo menos 10 dB(A) mais do que a atenuação de ruído de difração. Por exemplo, se a atenuação de barreira desejada é de 10 dB(A), a perda de transmissão do material de barreira deve ser de pelo menos 20 dB(A), conforme Figura 2.27.

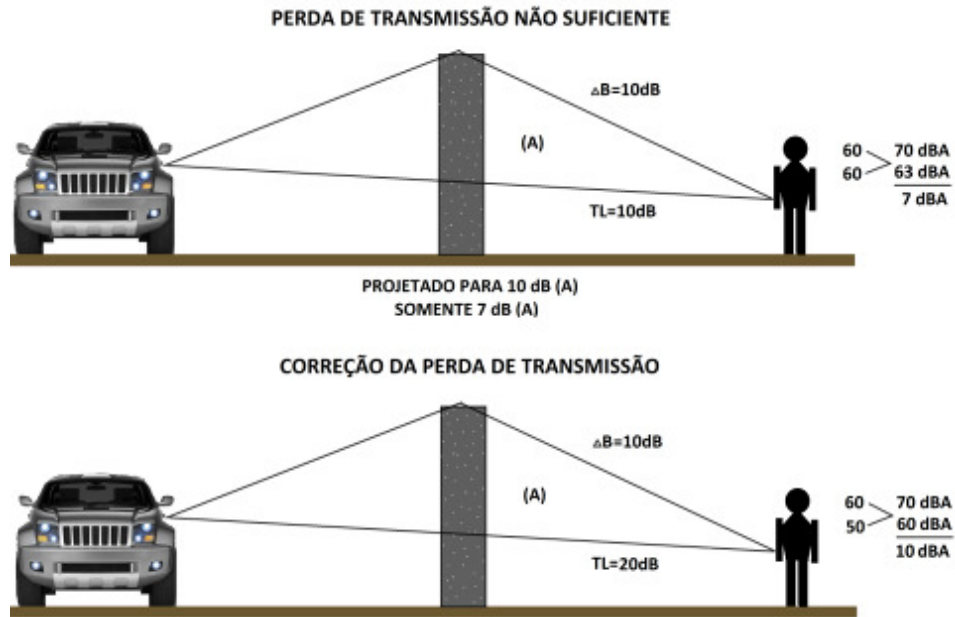


Figura 2.27 - Perda de transmissão por barreiras
 Fonte: adaptado (ICF Jones & Stokes, 2009)

O impacto visual de barreiras acústicas nas comunidades vizinhas e nas vias rurais é uma consideração importante no projeto de barreiras acústicas. Uma barreira alta também pode criar sombras indesejáveis, impedir correntes de ar natural, ou bloquear vistas panorâmicas.

Em geral, segundo ICF Jones & Stokes (2009) o domínio visual de muros altos perto de residências é reduzido quando a barreira está localizada a uma distância de pelo menos duas a quatro vezes a sua altura, a partir do receptor. Observa-se, na Figura 2.28, que o impacto visual é diferenciado com a introdução do paisagismo. No entanto, em muitos locais, eles não são adequados, devido às limitações de espaço.

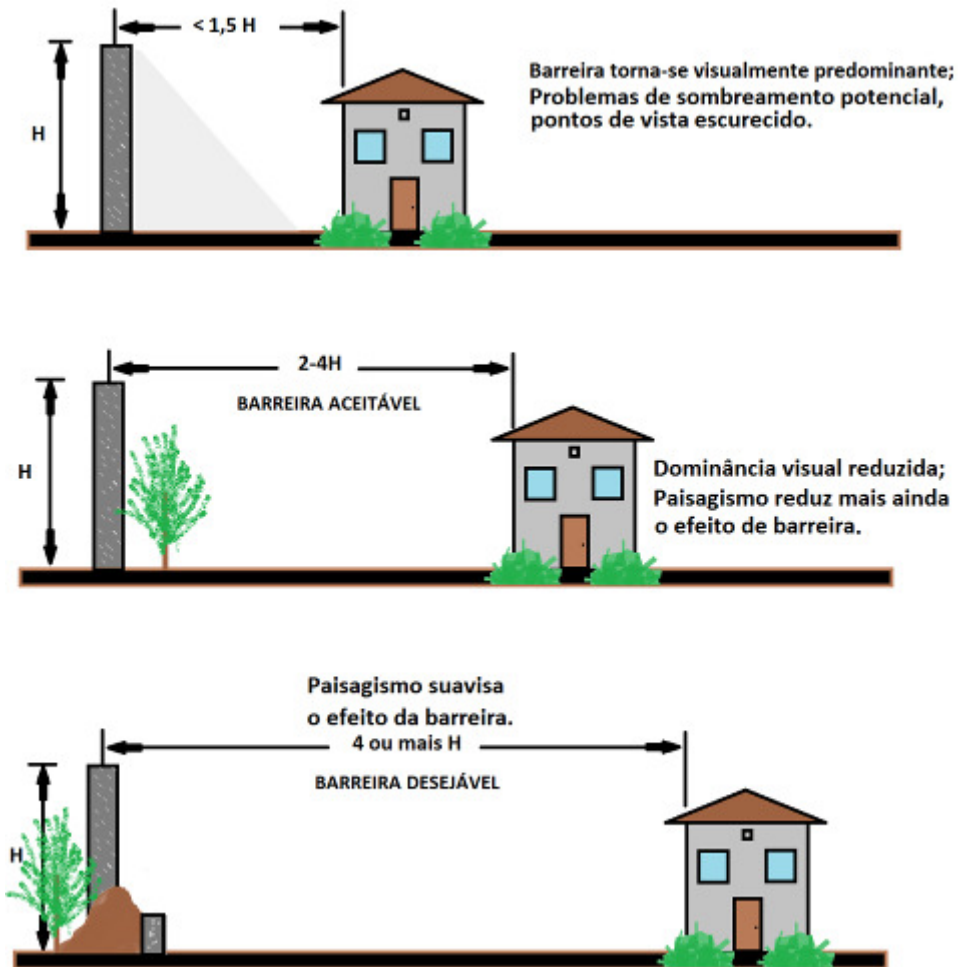


Figura 2.28 - Perda de transmissão por barreiras
 Fonte: adaptado (ICF Jones & Stokes, 2009)

As paredes devem refletir o caráter do entorno, tanto quanto possível, de acordo com a linguagem estética da arquitetura de determinada comunidade, bairro, via, por exemplo. Ainda segundo ICF Jones & Stokes (2009), pequenos detalhes nas barreiras não serão notados nas rodovias, em velocidades normais. Em vez disso, a ênfase deve ser evitar um efeito de túnel, através de diversas formas e tratamentos visuais. O paisagismo pode ser utilizado de forma eficaz, para atingir essa meta.

Portanto, as barreiras devem ser projetadas para minimizar o impacto do ruído proveniente do tráfego rodoviário ou ferroviário, por meio de estratégias que dependerão da linguagem da paisagem da área, que depende da tipologia (rurais ou urbanas). Um resumo das formas de se alcançar este objetivo é apresentado a seguir, começando com o mais eficaz, conforme se apresenta na Figura 2.29.

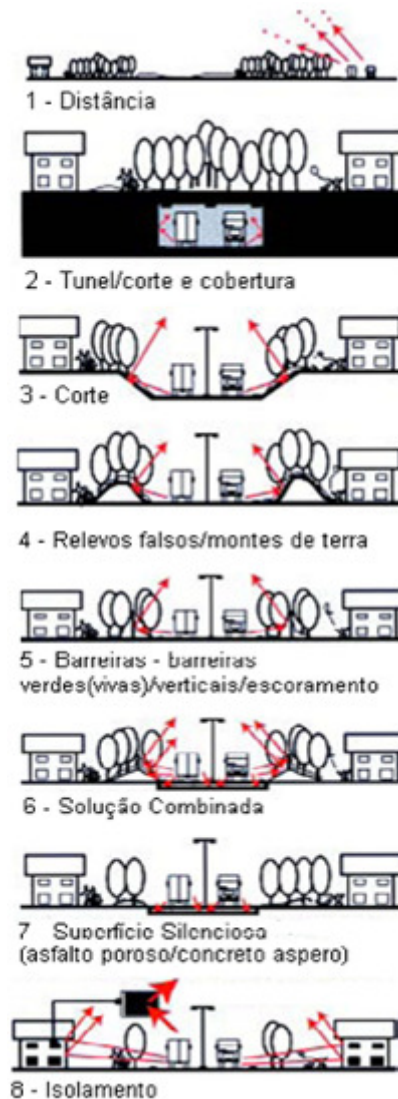


Figura 2. 29 - Opções de mitigação de ruído
Fonte: adaptado de Kotzen e English (2001)

A implantação de barreiras acústicas é uma técnica versátil, eficaz, quase imediata e de relativa facilidade de previsão da redução sonora, podendo ser utilizada ao longo de vias rodoviárias e ferroviárias, ou na envolvente de zonas industriais, cada qual com as suas características específicas (CARVALHO; ROCHA, 2008). As barreiras podem ser de diversos materiais, como concreto, alvenaria (blocos de argila expandida, blocos de concreto, tijolo cerâmico etc.), painéis metálicos (simples refletor, absorvente numa face ou absorvente em dupla face), madeira, painéis transparentes (placa acrílica), plásticos (diversos tipos), borracha reciclada, taludes, vegetação densa, aterros.

Podem funcionar, como barreiras acústicas, edificações pré-existentes, ocupadas com utilizações não sensíveis ao ruído, como as zonas industriais. Como exemplo prático, Carvalho e Rocha (2008) consideram que um conjunto de edifícios paralelos a uma via pode

diminuir, até cerca de 13 dB(A), o nível sonoro na correspondente zona de sombra.

É também possível utilizar barreiras acústicas para controlar o ruído de vias ferroviárias, sendo uma medida facilmente aplicável, tanto em vias em projeto, como em vias já existentes. Carvalho e Rocha (2008) apresentam que, neste caso, uma vez que o ruído mais significativo se encontra no contato entre a roda e o trilho, as barreiras apenas precisam ter uma pequena altura e ser colocadas perto dos trilhos. Assim, o ruído não é refletido da barreira para o trem, e deste para os edifícios próximos. São aconselháveis barreiras acusticamente absorventes nas faces interiores. A redução típica deste tipo de soluções é de cerca de 10 dB(A), sendo bastante difícil a obtenção de reduções superiores a 15 dB. Logo, depende de algumas variáveis como a altura da barreira, distância entre a fonte e o receptor, e a absorção sonora da própria barreira.

Uma descrição mais detalhada a respeito da extensão mínima das barreiras acústicas é em relação ao nível de redução sonora atingida por uma barreira que depende, não só da sua altura e localização entre o receptor e a fonte ruidosa, mas também do comprimento da barreira.

Carvalho e Rocha (2008) apresentam uma regra empírica, no que se refere ao comprimento da barreira, que deve ser o suficiente para que a distância entre o receptor e a extremidade da barreira seja pelo menos 4 vezes a distância, medida na perpendicular, entre o receptor e a barreira. Nestas condições, o ângulo formado entre o receptor e cada extremidade vertical da barreira será superior a 75° , figura 2.30 e figura 2.31.

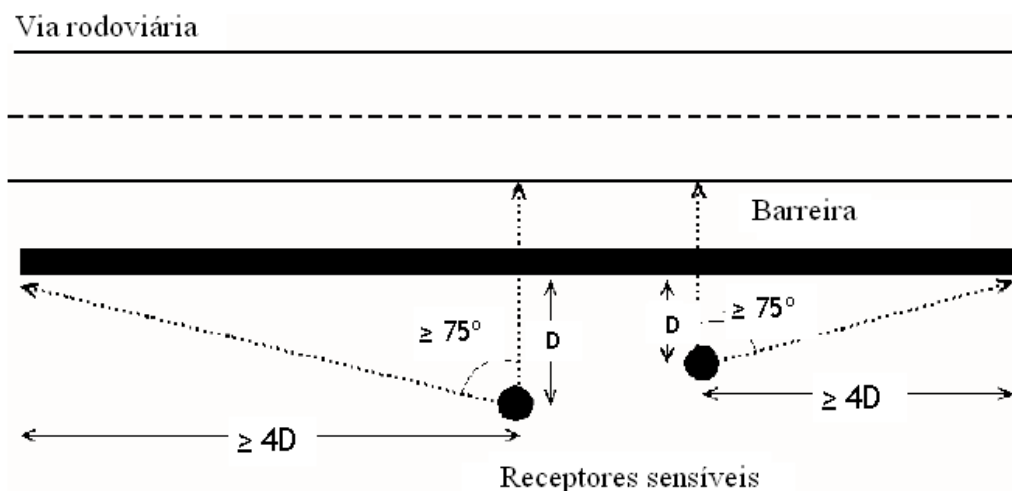


Figura 2.30 - Esquema com regras empíricas para determinação do comprimento mínimo de uma barreira

Fonte: adaptado (FHWA et al., 2000)

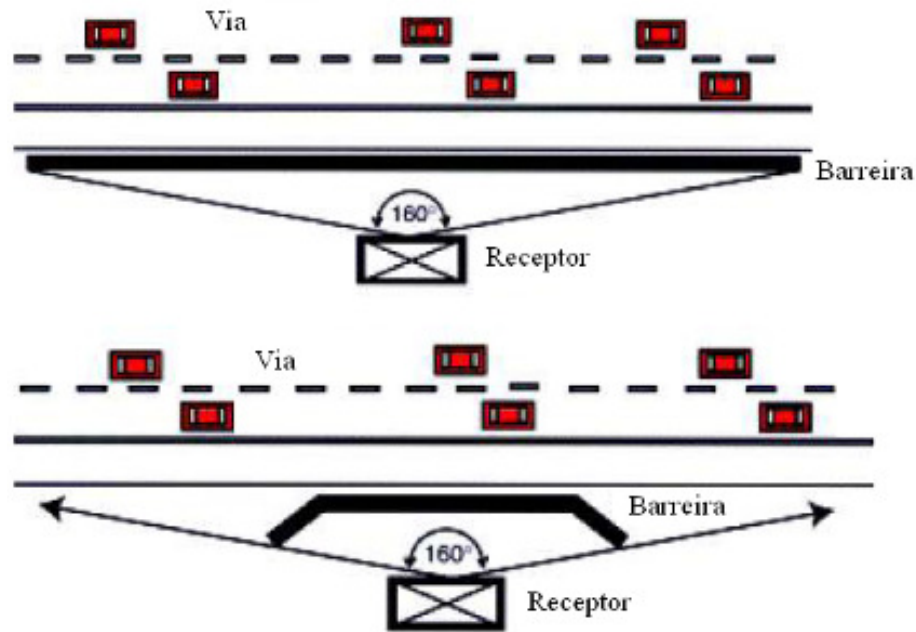


Figura 2.31 - Esquema com minimização do comprimento da barreira por inclinação das partes finais da barreira

Fonte: adaptado de Kotzen e English (2001)

Algumas considerações, de acordo com Carvalho e Rocha (2008), devem ser expostas na concepção projetual, conforme a seguir, a qual se inter-relaciona com as diretrizes projetuais urbanísticas propostas para ambientes externos nesse trabalho.

Em situação normal é de acreditar uma atenuação sonora de 5 dB(A) nos receptores cuja linha de visão para a fonte ruidosa seja obstruída pela barreira, observa-se o Quadro 2.9.

Perda por inserção da barreira	Facilidade de concepção	Redução da energia sonora	Redução perceptível da sonoridade
5 dB(A)	Simple	68%	Mínimo imediatamente perceptível
10 dB(A)	Atingível	90%	“Metade” do ruído
15 dB(A)	Muito complicada	97%	“Um terço” do ruído
20 dB(A)	Quase impossível	99%	“Um quarto” do ruído

Quadro 2.9 - Relação entre a perda por inserção da barreira e a facilidade de concepção

Fonte: adaptado de FHWA et al. (2000)

Estipula-se, como regra empírica, conforme citam Carvalho e Rocha (2008), que por cada acréscimo de 1 m na altura da barreira, existe um acréscimo de 1,5 dB(A) na atenuação sonora proporcionada aos receptores alocados na zona de sombra.

As barreiras devem ser suficientemente altas e compridas, de forma a evitar, o mais possível, a difração do som pelas suas extremidades. Quando não é possível um comprimento

desejado da barreira, devem prever-se anteparos laterais, de forma a evitar que o ruído atinja o receptor pelo contorno lateral, conforme se pode observar na Figura 2.32.



Figura 2.32 - Exemplo de terminação de barreira
Fonte: FHWA et al. (2000)

A decisão de se optar por uma barreira acústica vertical ou por um talude de terra depende, essencialmente, da área e material disponível, dos custos associados, das características estéticas. No contexto da acústica, tendo, as duas soluções possíveis, a mesma altura e comprimento, um talude tem cerca de 1 a 3 dB(A) de atenuação suplementar, devido ao patamar existente no topo, normalmente plantado com diversas espécies arbóreas e arbustivas. Além de possibilitar uma dupla difração de ambos os lados do patamar, permite a atenuação e mascaramento do som. No entanto, devido à maior área e quantidade de material de aterro e ao fato de a atenuação suplementar não ser facilmente perceptível pelo ouvido humano, normalmente só é utilizada em situações de excesso de terras e com espaço de desapropriação suficiente (CARVALHO; ROCHA, 2008, p. 218).

A colocação de barreiras paralelas, em lados opostos da estrada, também pode enfraquecer a atenuação possível das barreiras entre 2 a 6 dB(A). As altas frequências sofrem mais reflexões que as baixas frequências, são as mais audíveis e, portanto, as mais incômodas. Este tipo de problema pode ser diminuído pela ação nos seguintes domínios, conforme apontam Carvalho e Rocha (2008):

- a) uso de materiais absorventes nas faces das barreiras voltadas para a via;
- b) durante a implantação da barreira, deve-se ter uma inclinação mínima de 5° para o exterior da via;
- c) assegurar que a distância entre as duas barreiras paralelas seja pelo menos 10 vezes a sua altura. Quanto maior a relação distância (d) /altura (h), menor a perda de eficácia da atenuação das barreiras, como se observa no Quadro 2.10.

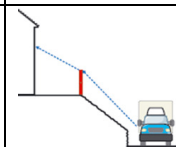
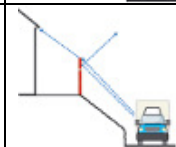
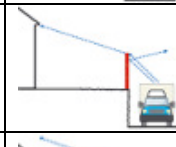
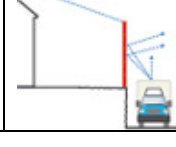
Relação distância/ altura	Máxima variação na perda por inserção em dB(A)	Recomendação
< 10:1	≥ 3	Necessária ação para minimizar a perda de eficácia.
10:1 – 20:1	0 – 3	Perda de eficácia pode ser quase imperceptível, na maior parte das situações não é necessário tomar medidas complementares.
> 20:1	Sem perda apreciável da eficácia	Nenhuma ação é necessária.

Quadro 2.10 – Relação entre a distância de barreiras paralelas e a sua perda de eficácia

Fonte: adaptado de FHWA et al. (2000)

Para tornar mínimos os efeitos de difração pelo topo, podem-se considerar o emprego de acabamentos absorventes em “T”, que poderão acomodar um rendimento de eficácia máximo de 2,5 dB(A), por comparação com barreiras de topo vertical. Outra configuração para melhorar essa eficácia, sem alterar a forma da barreira, consiste na instalação de um acabamento vertical absorvente, com cerca de 0,5 m, cuja diminuição suplementar poderá chegar aos 2 dB(A).

O Quadro 2.11 proporciona um exemplo de uma moradia localizada próxima de uma via rural. A solução para diminuir o desconforto sonoro causado por essa via é explicada com quatro soluções de colocação e altura de uma barreira acústica.

Solução	Resultado	Esquema de propagação do ruído
1 Barreira implantada a meio caminho entre a fonte e o receptor, com duas unidades de altura.	Objetivo não alcançado.	
2 Barreira semelhante à anterior, mas com três unidades de altura.	Proteção insuficiente para o piso superior da edificação.	
3 Barreira semelhante à anterior, mas implantada a beira da via.	Proteção idêntica a anterior, porém, com um desempenho melhor para o piso superior.	
4 Barreira semelhante à anterior, mas com cinco unidades de altura.	Maior eficácia, mas muito mais dispendiosa e claramente pouco integrada à paisagem.	

Quadro 2.11 - Exemplo de instalação de barreiras junto a edifícios

Fonte: Adaptado de PORTUGAL (2004)

A presença da vegetação como bordadura nas vias de tráfego pode ter efeito

significativo na ambiência sonora de um espaço urbano. Isso se deve à capacidade de absorver as ondas sonoras, principalmente as de alta frequência, segundo Niemeyer e Slama (1998).

No entanto, a implantação da vegetação pode servir, significativamente, como eficaz barreira acústica, para espessuras superiores a 25 m, segundo Monroy (2006), especialmente para as altas frequências. Pode-se também restringir o corte de uma densa vegetação em determinada área de interesse, a fim de assegurar o conforto acústico. Um dos métodos possíveis de prever essa atenuação é descrito numericamente no Quadro 2.12.

Segundo Brown et al. (2004), um cinturão verde, ou seja, uma faixa de solo menos edificada no plano da cidade, que corresponde a uma das premissas projetuais da CMNP, estabelece efeito de barreira para os ventos fortes, além do microclima urbano, como se nota na Figura 2.33. Valques et al. (2006) citam que a vegetação tem a característica de amenizar o ruído urbano, estabelecendo uma zona de supressão e criando um “oásis” no caos sonoro urbano.

Espessura da Vegetação – EV (m)	Atenuação sonora em função da frequência									
	31	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	Hz
$10 \leq EV \leq 20$	0	0	0	1	1	1	1	2	3	d(B)
$20 \leq EV \leq 200$	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,12	d(B) /m
$EV \geq 200$	4	4	6	8	10	12	16	18	24	d(B)

Quadro 2.12 – Atenuação sonora proporcionada por um maciço de vegetação
Fonte: Adaptado de Carvalho e Rocha (2008)

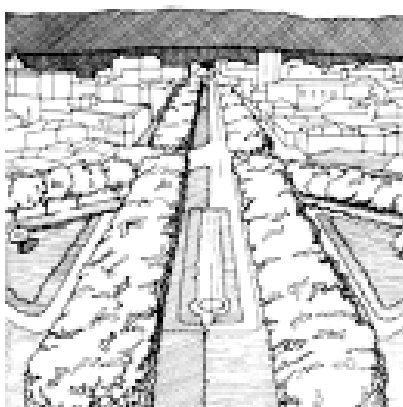


Figura 2.33 - Perspectiva artística mostrando a Avenida Boulevard, arborizada com função de proteção solar e acústica, na cidade de Belo Horizonte, Brasil

Fonte: Brown et al. (1990)

Bistafa (2006) aponta que o valor máximo de diminuição, que se pode obter por meio de vegetação densa, é de 10 dB, sendo que o processo de espalhamento do som tem maior

importância que a absorção na determinação do poder de atenuação do cinturão verde. Lisot et al. (2006) citam que a absorção sonora do cinturão só se torna significativa para valores elevados de frequência do som incidente.

Segundo o *U.S. Department of Transportation* (1995), a vegetação ampla e densa o suficiente para que não se possa ver através dela, pode diminuir o ruído do tráfego rodoviário. Porém, não se considera o plantio de vegetação uma medida apreciável de redução do ruído. O paisagismo e arbustos fornecem apenas benefícios psicológicos, privacidade ou tratamento estético, sem redução significativa do ruído.

Segundo ICF Jones & Stokes (2009), a atenuação em relação às plantações, matas e vegetação, corresponde a 5 dB(A) a cada 100 metros. A altura das árvores deve se estender, pelo menos, a 16 metros acima da linha de visão, e as árvores devem ser densas o suficiente para bloquear completamente a visão do tráfego, a partir do receptor. Para ser eficaz ao longo do ano, as árvores devem ser perenes, em sua maioria.

A atenuação de gradientes de temperatura, ventos e absorção atmosférica não são contabilizados. ICF Jones & Stokes (2009) citam que eles podem variar de acordo com hora e local, e que seus efeitos não são considerados permanentes, embora eles se tornem muito importantes quando se fazem as medições.

2.2.9.1 Uso e ocupação do solo

Uma das opções de atenuação, ou mesmo eliminação, do ruído passa pela ação da área do planejamento urbano, na classificação das classes de uso e ocupação do solo, relacionado com a prospectiva dos possíveis ambientes sonoros, uma vez que essa situação correta de prevenção ainda está em andamento nos países considerados desenvolvidos.

Assim, o objetivo de eliminar ou reduzir os efeitos prejudiciais do ruído de tráfego por meio do mapeamento sonoro do uso e da ocupação do solo, por meio da classificação das zonas, permite uma qualidade adequada do nível sonoro, de acordo com os níveis aceitáveis, na proximidade dos usos mais sensíveis.

As condicionantes de uso e ocupação do solo urbano, inter-relacionado com os ambientes sonoros, serão descritos a seguir. A fixação de tais condicionantes de uso, primeiramente, consiste na análise e identificação das classes sensíveis ao ruído. Destes usos podem-se salientar o emprego dos setores industrial, de serviços ou comercial, que se constituem barreiras acústicas edificadas entre a fonte de ruído e as zonas sensíveis.

Convém ressaltar que, neste domínio, os ganhos obtidos serão significativamente

destacados, pela redução dos custos de investimento (por exemplo, em barreiras acústicas) e a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

Outra forma de os municípios atuarem na organização do uso e a ocupação do solo urbano, por meio do mapeamento sonoro, de forma a combaterem o problema de ruído em áreas críticas, é por meio de restrições ao uso do solo. Isso pode ocorrer em situações em que seja impossível reduzir o ruído ambiental para níveis aceitáveis. Assim, o município tem a garantia de que um determinado terreno apenas irá ter o uso que foi previamente definido. É, portanto, uma medida eficaz e sem os custos associados à compra ou expropriação de terrenos.

Sempre que as medidas enunciadas no ponto anterior não tornem eficazes, ou que se considere a sua aplicação inconveniente ou inadequada, uma boa prática alternativa consiste na aquisição de terrenos adjacentes à fonte produtora de ruído, por parte da Administração Pública (ou entidades gestoras de infraestruturas públicas).

Podem existir situações em que uma área sensível fique situada perto de uma via com elevado nível sonoro, e seja possível realocar o(s) edifício(s) para mais longe, diminuindo o nível sonoro nos eventuais receptores.

Apenas será razoável pensar neste tipo de soluções em áreas rurais e não em zonas urbanas, quando existirem terrenos suficientemente vastos, de maneira a se poder mudar de local uma habitação ou uma escola, ou quaisquer outros edifícios classificados como sensíveis, uma vez que, para se conseguir uma redução de cerca de 3 dB(A) ao ruído rodoviário, é necessário um aumento significativo da distância entre a fonte de ruído e o receptor.

2.2.10. Redução do ruído no receptor

Uma onda sonora, quando encontra um obstáculo amplo e plano em seu caminho de propagação, é refletida segundo um ângulo de reflexão igual ao de incidência. O som emitido por uma fonte linear também pode ser, total ou parcialmente, refletido por obstáculo de largura limitada. A quantidade de energia acústica refletida varia em função da natureza mais ou menos absorvente do plano refletor. Quanto maior o coeficiente de absorção do material, menor será a energia refletida. Nos ambientes urbanos abertos, os materiais mais utilizados para revestimento externo das fachadas (concreto, cerâmica e vidro) possuem baixo coeficiente de absorção sonora.

Nesse contexto, a quantidade de energia sonora contida na onda refletida depende das características do tipo de solo, além da topografia. O som, ou o ruído, se propaga pelo ar

em forma de ondas curvas, fenômeno denominado difração, que se debatem e refletem, sofrendo interferência do relevo, ocasionando os fenômenos de reverberação e reflexão, comprometendo os chamados Níveis de Pressão Sonora (NPS).

Com a finalidade de se resolver ou diminuir as situações de incômodo existentes em relação à poluição sonora, quando não se resolvem os problemas de ruído unicamente através de medidas de redução do ruído na fonte e no meio de propagação, em alguns casos é possível tomar diretrizes e medidas de último recurso (em conjugação com as anteriores) nos edifícios mais expostos, com receptores classificados como sensíveis.

Esse tipo de atuação nos edifícios existentes engloba o reforço exterior, especialmente nos considerados pontos frágeis das fachadas, ou seja, os vãos exteriores e os sistemas de ventilação.

No entanto, é importante ressaltar, segundo Carvalho e Rocha (2008), que esta solução de acréscimo de isolamento sonoro de fachada de receptores sensíveis é viável após se esgotarem todos os outros tipos de medidas possíveis e quando o nível sonoro do ruído ambiente não exceda em mais de 5 dB(A) os valores definidos como limite para Zonas Mistas e Sensíveis.

O desempenho mínimo de uma janela deve assegurar um diferencial de 30 dB(A) entre o ruído ambiente exterior e o ruído no interior, dependendo, não só das características da parte envidraçada, como da própria estrutura das esquadrias.

As medidas de reforço acústico poderão constituir formas de amenizar o incômodo sonoro, por exemplo, a partir da tomada de valor do índice acústico, L_{eq} , do ruído no interior dos locais de recepção igual ou inferior a 27 dB(A), como valor limite para não ocorrer incômodo no interior dos espaços sensíveis (CARVALHO; ROCHA, 2008).

Podem ser estudadas soluções de reforço acústico que baixem os níveis sonoros no interior dos espaços onde se localizem esses receptores. Porém, na maioria das situações correntes revela-se quase impossível aumentar o isolamento sonoro da fachada em mais do que 6 dB.

Como forma de aprimorar o isolamento sonoro das fachadas dos edifícios, existem diversas alternativas de atuação, mas podem ser sintetizadas em dois grupos: reforço das paredes e reforço dos vãos envidraçados exteriores (CARVALHO; ROCHA, 2008).

O aumento do isolamento sonoro de envoltentes opacas obtém-se por duas formas: aumentando a massa do elemento (solução apenas válida até um limite físico de 500 kg/m², por motivos econômicos e funcionais) ou, mais facilmente, pela duplicação dos paramentos verticais (paredes duplas).

Em cada situação, é imprescindível avaliar o valor do nível sonoro do ruído exterior, o nível sonoro no interior dos edifícios e o valor do índice de isolamento sonoro de cada elemento construtivo a ser aplicado, de forma a poder ser estudada uma solução de colocação ou substituição dos elementos construtivos por outros com melhores características de isolamento sonoro.

A absorção sonora dos revestimentos externos dos edifícios, segundo Monroy (2006), não irá afetar o isolamento acústico do compartimento interior para o local, mas pode reduzir a reflexão do ruído no espaço e melhorar a acústica, ou seja, o microclima.

Nos pátios e ruas relativamente estreitas se pode reduzir o ruído de reverberação, absorvendo painéis, colocados, por exemplo, na parte inferior das edificações ou no teto falso de varandas e galerias. Eles têm a vantagem adicional de reduzir a reflexão do ruído da rua.

A existência de massas de vegetação, como árvores frondosas e áreas ajardinadas, incluindo o solo, ajudam a reduzir a reverberação do som em espaços públicos ou nos pátios, e mesmo nos pátios internos, com a conseqüente redução do nível de ruído.

O acréscimo do isolamento sonoro de vãos, janelas ou portas envidraçadas, alcança-se por duplicação dos elementos de vidro. Tal pode ser realizado pela substituição da janela, por uma janela dupla, ou substituindo o vidro existente por outro duplo. Dentre as duas opções, a da janela dupla é a mais eficaz e aconselhável.

Monroy (2006) cita que as condições extremas de ruído urbano e aéreo podem ser amenizadas, segundo o Quadro 2.13, indicando a atenuação do ruído em dB(A), com diferentes espessuras de vidro (mm). A espessura que se considera é a média das espessuras quando são vidros duplos e a câmara de 16 mm, ou a soma das espessuras e câmaras maiores que 16mm.

Espessuras (mm)		Peso	Zona industrial	Zona Mista	Zona sensível
(vidro+câmara+vidro)		Kg/ m2	dB(A)	dB(A)	dB(A)
Simple 4	Duplo 4+10+4	15 - 20	< 15	23	28
Simple 6	Duplo 6+10+6	15 - 30	< 15	25	30
Simple 8	Duplo 4+16+4	20	< 15	26.5	31.5
Simple 10	Duplo 5+16+5	25	< 15	28	33
Simple 12	Duplo 6+16+6	30	< 15	28	34
Laminado 4+4		20	-	29.5	34.5
Laminado 6+6		30	-	32	37
Vidro simples		50	--	30	--
Vidro duplo		90	--	35	--

Quadro 2.13 – Atenuação do ruído em dB(A), com diferentes espessuras de vidro (mm)

Fonte: Adaptado de Monroy (2006)

Em relação à estrutura das esquadrias, são necessários alguns procedimentos determinados especiais, como quanto à estanquidade das juntas, ao sistema de fecho e ao sistema de fixação dos vidros. Em relação à parte envidraçada, são de utilização corrente os vidros simples, duplos com corte térmico e duplos com tratamento acústico.

Todos os vidros têm uma frequência crítica, na qual o ruído se transmite com maior facilidade, originando uma anulação no isolamento sonoro, que pode atingir de 10 a 15 dB. É importante ter materiais, no caso, o vidro, que apresentem uma frequência crítica em valores reduzidos. Portanto, devem ser usados sempre vidros de espessuras diferentes (MONROY, 2006).

Necessita-se de uma precaução quanto ao efeito de eventuais varandas ou outras saliências significativas nas fachadas, que podem aumentar ou diminuir o isolamento sonoro do conjunto, assim como distâncias, materiais dos fechamentos externos (grades e muros), vegetação, entre outros fatores. No Quadro 2.14 apresentam-se valores meramente indicativos de isolamentos sonoros potenciais para diversos tipos de vidros.

Especificação do vidro	Índice de redução sonora (dB)
Vidro simples (6 mm) com caixilho (pesado)	29
Vidro simples (8 mm) com caixilho (pesado)	31
Vidro simples (4 mm)	29
Vidro simples (5 mm)	30
Vidro simples (6 mm)	31
Vidro laminado (6 mm)	32
Vidro laminado (8 mm)	33
Vidro duplo 4 mm – (6 a 16 mm vazio) – 4 mm	29
Vidro duplo 6 mm – (6 a 16 mm vazio) – 4 mm	32
Vidro duplo 6 mm – (6 a 16 mm vazio) – 6 mm	31

Quadro 2.14 - Isolamento Sonoro de diversos tipos de vidro

Fonte: Adaptado de Carvalho (2007)

2.2.11. Redução do ruído na construção e manutenção – ruídos temporários

Os trabalhos de construção e manutenção são fundamentais para o desenvolvimento, reconstrução e reurbanização das áreas urbanas edificadas e consolidadas. Porém, toda construção e reforma causam, comumente, perturbações à população e aumento do ruído ambiental.

Em relação a esse aumento do ruído, Carvalho (2007) cita que pode ser um ruído local, provocado pela execução da própria obra ou um ruído mais distante, originado por ocasionais desvios de tráfego, que irá alterar o ambiente sonoro das novas regiões ou áreas. Em alguns casos, mostra-se impraticável a realização das construções durante o período diurno. Encontram-se, nesta situação, aqueles casos em que a interrupção diurna do trânsito não é viável, optando-se, então, pela concretização de trabalhos durante o período noturno, uma situação que não é favorável à população, que deve tomar medidas de proteção que minimizem o impacto, como a atuação na fonte, restringindo o horário de trabalho da obra, alterar os equipamentos e métodos construtivos, substituindo-os por outros geradores de menor ruído.

Em relação à atuação no meio de propagação, a solução é a implantação de barreiras acústicas removíveis. Na atuação ao nível do receptor, e como situação de último recurso, pode-se optar pelo realojamento temporário dos residentes afetados.

3. METODOLOGIA

Munari (1998) aborda, em *Das Coisas Nascem Coisas*, que saber projetar é fácil, quando se conhece a metodologia para se conseguir a solução de algum problema, e mesmo quando se aprende a afrontar pequenos problemas, aprende-se também a pensar em resolver maiores problemas. O que ocorre é que ao invés de resolver o problema sozinho, passa a ser imprescindível adaptar o método a nova situação ou problemática.

A metodologia deste trabalho científico, apresentada de forma esquematizada no Quadro 3.1, por meio do fluxograma adaptado de Munari (1998), apresenta as etapas para o desenvolvimento da pesquisa com o desígnio de apresentar a organização e a esquematização do sistema de análise específica e solução do problema proposto.

Desenvolvimento da Pesquisa		Organização e Esquematização
Problema	➡	Ruído ambiente da cidade de Umuarama-Pr
↓		
Definição do problema	➡	Estudo e análise de diferentes ambientes sonoros Estudos de caso: zona industrial e zona sensível
↓		
Componentes do problema	➡	Seleção, monitoramento, avaliação e análise do ruído urbano para ambas as zonas
↓		
Coleta de dados	➡	Revisão teórica, medições e monitoramento <i>in loco</i> , estudos de caso, simulação das situações reais
↓		
Análise dos dados	➡	Mapeamento sonoro e comparativo dos resultados com as normativas vigentes, brasileira e portuguesa
↓		
Criatividade	➡	Sistematização de análise específica de análise
↓		
Materiais e tecnologia	➡	Mapeamento sonoro pelo <i>software</i> SoundPLAN®
↓		
Experimentação	➡	Análise dos estudos de caso
↓		
Modelo	➡	Escala de intervenção e reurbanização
↓		
Verificação	➡	Comparativos das medições <i>in loco</i> em relação ao mapeamento
↓		
Desenho de construção	➡	Tabulação de dados, mapas, quadros e gráficos
↓		
Solução	➡	Proposta de cenários alternativos- diretrizes projetuais

Quadro 3.1 - Fluxograma da metodologia da pesquisa

Fonte: Adaptado de Munari (1998)

O presente trabalho de pesquisa tem uma abordagem sob a escala de intervenção e reurbanização de áreas urbanas, dentro do contexto das problemáticas relacionadas com o

ruído ambiental. Para análise e diagnóstico dos ambientes sonoros, sejam para quaisquer áreas, zonas ou estudos de caso, a elaboração de uma sistematização específica deve abranger todas as etapas sistematizadas na Figura 3.1, as quais serão descritas em seguida, de acordo com a ordem estabelecida.

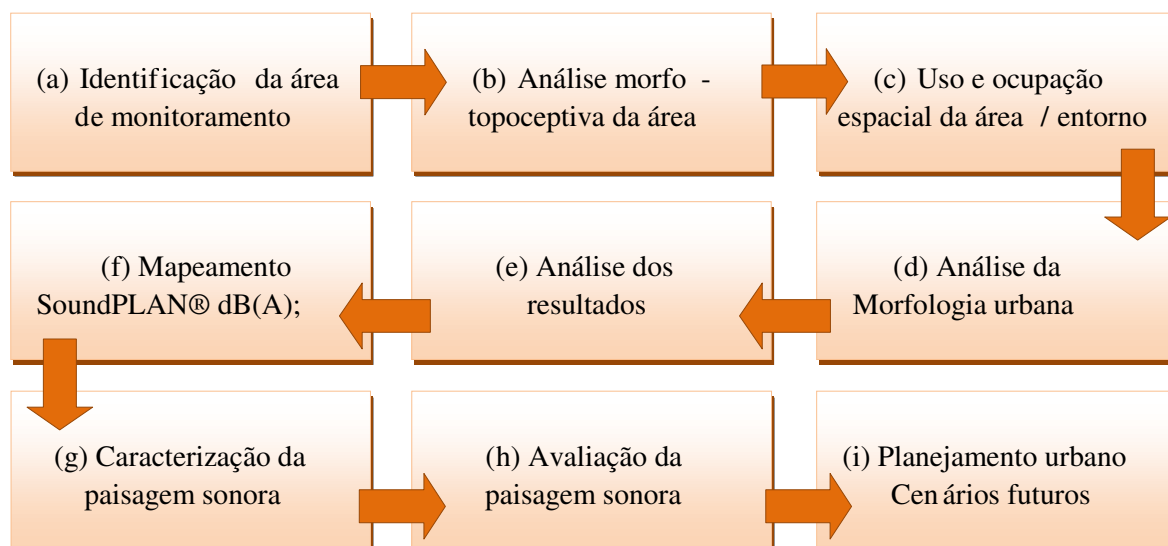


Figura 3.1 - Fluxograma da sistematização específica da pesquisa para avaliação dos ambientes sonoros

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Na identificação e classificação da área de monitoramento (a), empregam-se os seguintes requisitos:

- contextualizar historicamente a cidade e a área de monitoramento, com a finalidade de caracterizar, desde o macroambiente até o entorno imediato da área de monitoramento;
- localizar e identificar as áreas de monitoramento no mapa do Município;
- classificar as vias de tráfego e/ou área, como urbana, rural (rodovias) ou mista;
- listar as principais características da cidade onde estão localizadas as áreas de monitoramento, como origem do município, área territorial, número de distritos, número de habitantes, densidade populacional;
- classificar as áreas definidas em instrumentos de planejamento urbano, para usos em zonas sensíveis (estritamente habitacionais, educacionais, sanitários, religiosos, espaços de recreio e lazer e outros equipamentos coletivos, prioritariamente, utilizados pelas populações como locais de recolhimento, existentes ou previstos), zonas mistas (predominantemente habitacionais, com vocação comercial e administrativa existente ou prevista), ou zonas industriais

(predominantemente industrial);

- classificar a área de monitoramento, segundo a NBR 10151/2000, da ABNT, em área de sítios e fazendas, área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas, área mista, predominantemente residencial, área mista com vocação comercial e administrativa, área mista com vocação recreacional, área predominantemente industrial;
- classificar as vias de tráfego em rodovias (rural), vias arteriais, vias coletoras e vias perimetrais, dentro do contexto da vocação da via ou da área a estudar, apontando quais as principais apropriações do espaço urbano, como apropriação do espaço no período noturno por bares e lanchonetes, apropriação do espaço no período vespertino pela feira dos agricultores, entre outras situações pré-existentes, que caracterizam pontualmente cada área;
- realizar uma pré-análise das atividades e as fontes de ruído que mais afetam e contribuem para a caracterização do ambiente sonoro global, a partir da leitura da apropriação do espaço urbano;
- identificar em mapa ou imagem de satélite os grupos de exposição, considerados edifícios sensíveis ao ruído ambiental.

A análise morfotopoceptiva da área e seu entorno (b) consiste em estudos de observação do comportamento social, interligados às análises morfológicas do ambiente urbano sonoro, dentro do contexto da percepção ambiental, que se conduz à legibilidade e identidade urbana, tanto da área de monitoramento, como do seu entorno imediato:

- caracterizar e identificar o ambiente sonoro dentro da paisagem urbana, por meio da análise morfo-topoceptiva¹⁶, partindo essa análise das referências de Lynch (1997, 1999), Cullen (1971) e Kohlsdorf (1996), para conhecimento e contexto da problemática do ruído urbano na área de estudo;
- identificar as principais fontes sonoras e pólos geradores de ruído ou das principais fontes.

Uso e ocupação espacial da área e entorno (c):

- mapa de uso e ocupação do solo da área analisada - Plano Diretor do Município;
- mapa de uso e ocupação do solo da área analisada - situação existente –

¹⁶ Expressa o conjunto de preocupações relacionadas à forma física do espaço, morfologia, e à capacidade dos indivíduos de identificar-se e orientar-se nos lugares, onde a autora correlaciona esta análise nos ambientes sonoros.

levantamento in loco;

- gráfico dos usos proporcionais por quantidade de lotes do perímetro avaliado;
- análise e comparativo dos mapas de uso e ocupação do solo.

Análise da morfologia urbana (d) é o conhecimento da propagação do nível sonoro produzido por uma fonte, em que o ruído emitido pelas fontes é filtrado pela malha urbana, sendo necessário, nomeadamente, a análise dos seguintes fatores:

- densidade construtiva;
- áreas verdes;
- divisão e disposição fundiária;
- relação de cheios e vazios;
- topografia;
- forma volumétrica das edificações;
- ambientes sonoros: aberto e fechado;
- permeabilidade: edifícios perpendiculares à via ou paralelos à via.
- perfil da rua;
 - perfil em “U”, ou em tecido aberto - relação $H/L > 0,2$
 - perfil em “L” - Relação $H/L < 0,2$ (H é a altura dos edifícios, em relação ao nível da via, e L é a largura da via).

Caracterização da paisagem sonora (e):

- identificar as principais fontes sonoras e pólos geradores de ruído ou das principais fontes;
- analisar e contar veículos nos períodos de “pico”;
- planejar as medições – tempo mínimo x número de veículos por hora, conforme Figura 3.2.

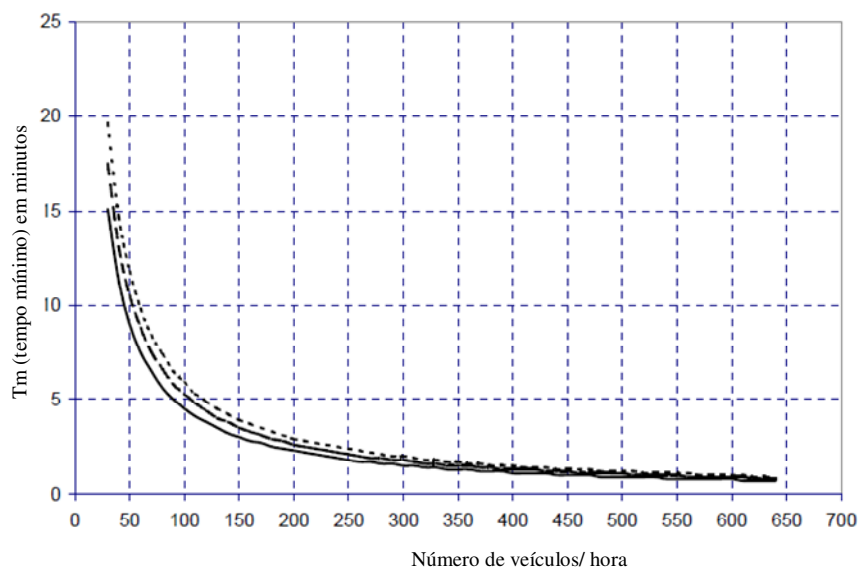


Figura 3.2 - Relação do tempo mínimo necessário para medições em função do número de veículos por hora

Fonte: Adaptado de Donato et al. (2006)

- planejamento e medir em pontos específicos - mapeamento dos pontos de monitoramento;
- realizar os procedimentos de monitoramento conforme recomendação da NBR 10151/2000, da ABNT (Avaliação do ruído em áreas habitadas visando ao conforto da comunidade);
- realizar as medições em cada ponto de monitoramento no mínimo três vezes, em horários de “pico”;
- definir período e horário das medições que caracterizem tipicamente o local a ser mapeado, de forma a possibilitar uma maior confiabilidade nos dados coletados:
 - especificar as condições climáticas no período das medições;
 - especificar e coletar os dados com medidor de nível de pressão sonora;
 - obter os índices acústicos L10, L50, L90, LMAX, LMIN, Leq, TNI, Lps.

O modelamento e simulação no *software* SoundPLAN® (f) necessita dos seguintes requisitos:

- dados de entrada (cartografia e dados acústicos);
- tratamento dos dados;
- cálculo da potência sonora e modelação;
- elaboração do mapa de ruído;
- elaboração do mapa hipsométrico ou identificação/ mapa das curvas de nível.

- mapa acústico da situação real.

Análise dos resultados (g)

- análise da contagem veicular;
- análise do ruído urbano, que consiste na análise de cada ponto de monitoramento com os gráficos dos valores de Leq, em relação aos horários de medição, e a apresentação do quadro com os índices acústicos, em relação aos dias/ horários de monitoramento;
- critérios de avaliação do ruído ambiental, United States Department of Housing and Urban Development – HUD e Organização Mundial da Saúde –OMS.

A avaliação da paisagem sonora (h) consiste no comparativo com NBR 10151/2000 - Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade.

Planejamento urbano (i) é o projeto de estratégias de amenização do ruído urbano, a partir de diretrizes projetuais na área do urbanismo com a projeção de cenários futuros.

3.1. ANÁLISE MORFOTOPOCEPTIVA DA ÁREA

A cidade é o horizonte da sociedade, produzindo as aglomerações urbanas, metrópoles, zonas industriais e grandes conjuntos habitacionais. A história mostra que arquitetos, urbanistas e engenheiros, em conjunto com a população, no contexto do planejamento territorial, têm sido protagonistas na modificação da paisagem urbana e do ambiente sonoro construído. Assim, compreender a natureza das transformações de uma cidade, através das modificações historicossociocomportamentais, é importante para o campo do urbanismo e do planejamento urbano e, conseqüentemente, para o conforto acústico.

Nesta linha, somam-se os estudos de observação do comportamento social, interligados às análises morfológicas do ambiente urbano e do uso e a ocupação do solo. As novas abordagens, a partir da análise comportamental¹⁷, dos valores e imagens públicos, tendo como referência a obra de Lynch¹⁸ (1997) e Lynch (1999), com a teoria sobre a boa forma

¹⁷ Pesquisa realizada pela autora em 2006, na disciplina Urbanismo II, do Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Paranaense, ministrada pela Prof. Ms. Regina de Held Silva.

¹⁸ O seu livro "*A Imagem da Cidade*" (1960), é o resultado de estudos de como as pessoas percebem e organizam informações aleatórias quando trafegam pelo espaço urbano. Assim, a principal conclusão de Lynch é a identificação dos elementos utilizados para estruturar sua imagem da cidade.

urbana, somada às categorias de análise de Cullen¹⁹ (1971) em *Townscape* e Kohlsdorf (1996), em *A apreensão da forma da cidade*.

Firma-se que o critério de escolha dos locais, como estudos de casos desta pesquisa, baseia-se no fato de que as mudanças socioespaciais possuem características quanto aos efeitos topoceptivos na percepção ambiental, que se conduz à legibilidade e à identidade urbana, correlacionadas ao ambiente sonoro.

O método usado para esta etapa foi considerado, principalmente, a partir do levantamento qualitativo, com base nos procedimentos técnicos de coleta e análise morfotopoceptiva dos dados, que serão descritos particularmente, para cada estudo de caso. O método adotado leva em consideração o entorno próximo pertinente à problemática da paisagem sonora.

Os efeitos dos objetos físicos perceptíveis e as manifestações externas do espaço urbano devem ser entendidos através das características dos diversos níveis cognitivos. Em princípio, pelos ícones urbanos e arquitetônicos de uma cidade, sendo uma organização espacial ou um objeto arquitetônico, para entender o potencial informativo e comunicativo da cidade. Além disso, compreender as múltiplas dimensões, tanto simbólica, humana, arquitetônica, urbana e ambiental, que caracterizam os elementos que completam a estruturação da linguagem da cidade.

A importância de se considerar que os ambientes sonoros devem ser analisados e caracterizados, de acordo com os conceitos dos autores que postulam sobre a análise morfotopoceptiva, é para o conhecimento e contexto da problemática do ruído urbano nos estudos de caso. Para tanto, alguns termos são criados, no intuito de caracterizar e identificar o ambiente sonoro dentro da paisagem urbana.

3.2. CONTAGEM VEICULAR

Os meios de transporte são os que mais afetam as comunidades. Devido às suas características, este tipo de ruído é o que apresenta menor dificuldade quanto à quantificação e previsão (LLINARES et al., 1991).

As medições em pontos de monitoramento visaram avaliar e analisar principalmente o ruído global, com influência do tráfego veicular, em conjunto com os demais ruídos

¹⁹ Conceito de Paisagem Urbana, orientada pela leitura de imagens, é uma concepção formulada por Gordon Cullen em 1971, que veio a dar origem à publicação do seu livro *Townscape* (1961), traduzido para Português com o título Paisagem Urbana.

ambientais nas áreas de estudo, compondo a paisagem sonora da cidade de Umuarama. A finalidade foi caracterizar e avaliar pontualmente os dois tipos de ambiente sonoros apresentados como estudos de caso nessa pesquisa. As etapas descritas a seguir consistiram em uma metodologia para ambos os estudos.

A contagem do volume de tráfego, nos estudos de caso, foi realizada através do levantamento do fluxo de tráfego, baseada no método de pesquisa da Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo – CET (1982)²⁰. Para melhor compreensão do processo de pesquisa de fluxos, é necessário mostrar as suas características mais gerais, que serão descritas e quantificadas para cada local de estudo de caso. Avaliou-se que a pesquisa deveria ser desenvolvida em curto espaço de tempo e com custos reduzidos.

Foram contados os veículos nas categorias super leves, leves e pesados, que caracterizam as motocicletas, os automóveis e os caminhões respectivamente. Bicicletas e pedestres, de acordo com a observação no estudo de caso da zona industrial, durante o planejamento da pesquisa, não representaram uma contagem significativa, pois não há faixas para pedestres, nem fluxo significativo.

O volume horário foi determinado no período básico de referência para esta pesquisa, na variação dentro de uma hora, para as vias das interseções de cada estudo de caso. A pesquisa foi realizada por meio de contagem manual, nos períodos de “pico” de fluxo, no período da tarde para a zona industrial e no período noturno para a zona sensível, em dias que caracterizam o ruído urbano. A contagem foi realizada por colaboradores postados nos locais mais representativos da área, nos cruzamentos e trechos, utilizando formulários presos em pranchetas, para marcação dos dados, com mapas e fichas pré-estabelecidas.

As planilhas foram devidamente consolidadas, com a apresentação de fatores importantes: volume por categoria e total dos veículos; volume horário; volume diário; “Fator Pico Horário”; “Hora pico” da interseção como um todo; veículos equivalentes, com suas análises e apresentações em quadros.

O fluxo de veículos que passa pelas interseções e pelos trechos analisados, em ambos os estudos de caso, não é uniforme no tempo, podendo-se comparar as contagens de 4 períodos consecutivos de 15 minutos e verificar que são diferentes entre si, caracterizando a variação de fluxo dentro da hora. Para tal, pode-se estabelecer o “Fator de pico horário” (FPH), que mede a variação entre os intervalos de 15min dentro de uma hora e mostra o grau de uniformidade da demanda observada.

²⁰ Trabalho da disciplina Engenharia de Tráfego ministrada pela Professora Fernanda Antonio Simões, na Pós-Graduação em Engenharia Urbana na Universidade Estadual de Maringá, em 2009.

A desacumulação visa à determinação, em cada período de tempo estipulado, no caso 15 minutos, do volume registrado pela pesquisa. Para tal, devem-se somar os valores mistos de todos os tipos de veículos, dentro do mesmo intervalo de tempo. De posse destes valores, existe a necessidade de agrupar os valores em períodos corridos de uma hora, a fim de localizar a hora de pico do movimento. Para tal, somam-se volumes de tráfego de períodos de 15 minutos consecutivos.

As diferenças físicas entre os veículos que compõem o fluxo de tráfego são responsáveis pelas diferenças na performance individual de cada veículo. Os efeitos provocados por um ônibus, um caminhão, ou um carro de passeio, no tráfego, são diferentes entre si, quando trafegam em regime de fluxo contínuo de tráfego.

Para uniformização do fluxo de tráfego, adota-se a unidade de carro de passeio, trafegando em regime de fluxo de tráfego direto, como unidade de veículo padrão, chamado veículo equivalente. Para isso, utiliza-se um índice, denominado fator de equivalência veicular, que expressa o número de veículos do tipo padrão, que produzem a mesma interferência no fluxo de tráfego que um determinado veículo diferente do padrão (SANTOS, 2007). A seguir, apresenta-se o Quadro 3.2, com os valores adotados para a equivalência veicular.

Categoria	Fator equivalente
Caminhão*	2*
Automóvel de passeio	1
Motocicletas (super leves)	0,33

*Média aproximada entre os caminhões leves (1,25), caminhões médios e pesados (1,75), caminhão conjugado (2,50) e ônibus (2,25).

Quadro 3.2 – Valores adotados para a equivalência veicular

Fonte: Adaptado de CET (1979)

Para ambos os estudos de caso, serão apresentados os quadros com o resumo dos volumes observados, agrupados em intervalos de 15min., representação dos movimentos e contagem classificada em mapa com suas respectivas análises e a equivalência veicular.

3.3. ACÚSTICA URBANA

Primeiramente foi realizada a coleta de dados com medidor de nível de pressão sonora - MNPS da 01dB[®] Stell, Modelo SdB02+ Classe 2, Figura 3.2, com filtro de oitava nos

pontos de medição previamente estabelecidos e identificados individualmente, posteriormente. Em cada ponto, a coleta estendeu-se por dezoito minutos, com aquisição de dados a cada três segundos.



Figura 3.2 - Medidor de nível de pressão sonora, 01dB®
Fonte: Acervo da autora

O equipamento usado tem a aptidão de realizar simultaneamente varias avaliações de diferentes índices acústicos, como o nível de pressão sonora equivalente contínuo ($L_{A_{eq}}$), os níveis sonoros estatísticos L_{10} , L_{50} e L_{90} , o nível sonoro máximo (L_{MAX}), e o nível sonoro mínimo (L_{MIN}). Para realização dos estudos, os cálculos adotados para a análise dos resultados foi o do nível equivalente médio (L_{eq}), que equivale ao nível médio de pressão sonora durante o período de medição.

O segundo medidor de nível de pressão sonora utilizado foi o decibelímetro digital portátil, modelo DL4200, da ICEL, com interface USB e com exatidão de 1,4 dB, conforme apresentado na Figura 3.3. Além disso, possui microfone do tipo capacitivo, com 12,5mm de diâmetro (½ polegada), na escala de 30 a 130 dB, em modo dBA (curva de resposta A), modo F (Rápido) e tempo de resposta de 125mS. Ambos os equipamentos foram disponibilizados pela Universidade Estadual de Maringá e utilizados de acordo com seus respectivos manuais.



Figura 3.3 - Medidor de nível de pressão sonora modelo DL4200
Fonte: Acervo da autora

A metodologia de amostragem envolveu períodos escolhidos em relação à

circunstância de cada estudo de caso. Pondera-se para o monitoramento descrito que, em cada ponto, repetiu-se no mínimo por três vezes as medições, em dias e horários escolhidos aleatoriamente. Pode-se concluir que os valores coletados simulam de maneira satisfatória o ruído monitorado.

Como o desígnio desta pesquisa é avaliar ambientes sonoros no contexto da reurbanização, por meio de medidas corretivas para os problemas provenientes do ruído gerado pelo tráfego de veículos e por outras fontes, em ambientes externos, como a vizinhança, o monitoramento foi realizado e avaliado conforme recomendação da NBR 10151/2000 da ABNT. Na revisão teórica, foram abordados os procedimentos recomendados pela NBR 10151 para a caracterização do ruído. Posiciona-se o medidor de nível de pressão sonora (MNPS) no ponto especificado previamente, ou seja, na calçada, a um metro do meio-fio, voltado para a via de tráfego, a 1,20 m (um metro e vinte centímetros) de altura.

Gaja et al. (2003) *apud* Lisot (2008) verificaram, após vários levantamentos de campo, que, se forem efetuadas medidas por três dias escolhidos ao acaso, a probabilidade de ter-se erros de 1 dB a mais ou a menos em relação ao valor real é de 75%. Caso permitam-se erros de ± 2 dB, a probabilidade dos valores coletados estarem dentro desta margem é de 95% e, para erros de ± 3 dB, a probabilidade é de 97%.

Outros equipamentos utilizados na pesquisa foram um tripé para apoio do MNPS, o *software* Microsoft Excel[®] para processamento dos dados estatísticos e gráficos, o *software* 8852, do DL4200, para o descarregamento dos dados armazenados e uma máquina fotográfica digital Sony DSC-W90 para o registro de imagens.

Com base no planejamento estabelecido, os dados de campo foram levantados dentro das condições consideradas normais, com tempo limpo, sem ventos, sem chuva e sem interferências. Realizou-se uma inspeção nos locais de coleta de dados, oportunidade em que foram esclarecidos detalhes e fornecidas instruções complementares, particularmente no que diz respeito à consolidação e tabulação dos dados. As planilhas de contagem veicular e dos dados acústicos oriundos do campo foram revisadas e as informações foram devidamente armazenadas em planilhas do Excel.

Existem três modalidades de percepções do espaço sonoro: a visual, que é a percepção imediata global da paisagem; a quinestésica, que funciona com base na experimentação; a auditiva, que está ligada à percepção de pormenores²¹, segundo os conceitos da Programação Neurolinguística (PNL) *apud* Silva (2009). As análises dos ambientes sonoros são baseadas nos resultados do equipamento DL4200, por apresentar

21 Estes pormenores são informações de localização espacial, temporal, social, entre outros.

menores erros, devido à recente calibração.

Cada ponto de monitoramento apresenta uma planilha dos níveis globais de ruído, com medições realizadas a cada 0,5 segundos. Assim, apresentam-se entre 400 a 500 dados em dB(A), conforme o exemplo do ponto de monitoramento, do Anexo A. Com a finalidade de caracterizar os níveis de pressão sonora, ou seja, a paisagem urbana do Município de Umuarama, para cada planilha foram calculados no Excel os seguintes descritores acústicos:

- a) L_{eq} ;
- b) L_{10} ;
- c) L_{50} ;
- d) L_{90} ;
- e) $L_{tráfego}$;
- f) TNI (Traffic Noise Index);
- g) L_{ps} (Nível de Poluição Sonora).

De acordo com os seguintes fatores:

- a) Intensidades $i=10^{(NIS/10)}$; Somatório; Ruído global;
- b) Volume total dos veículos;
- c) Porcentagem dos veículos pesados;
- d) Frequência Absoluta F;
- e) Frequência Absoluta Acumulada F_A ;
- f) Frequência Relativa $F_r(\%)$;
- g) Frequência Relativa Acumulada $F_{rA}(\%)$;
- h) L_i (i% dos valores de ruído são maiores ou iguais a este para o período medido "T").

Para efeitos de comparação com as normativas brasileira e portuguesa, foi utilizado o índice L_{eq} , segundo o índice estatístico L_i . No subtópico “caracterização da paisagem sonora” serão apresentadas a localização dos pontos de monitoramento em cada estudo de caso.

3.3.1. Simulação e mapeamento sonoro

O programa SoundPLAN[®], desenvolvido por Braunstein e Berndt em 1986, e posteriormente atualizado, é um pacote computacional para avaliação de ruído e poluição do ar, que permite otimizar o controle de ruído, mensura e visualiza o efeito da propagação do ruído em plantas fabris de qualquer tamanho, atenuadores, ou ao longo de rodovias e

ferrovias. Esse programa permite que se criem cenários, sejam eles reais ou de projeto e, em uma locação virtual, se descreve o comportamento de ondas sonoras no ambiente (LISOT, 2008).

De uma forma geral, a forma mais indicada para a elaboração de mapas de ruído é por meio do *software*, recorrendo apenas a medições de ruído pontuais para aferição do modelo, para caracterização de fontes de ruído do tipo industrial ou outras que não sejam facilmente modeláveis com base nas suas características e parâmetros de funcionamento.

Os resultados desse *software* são mapas dos níveis de ruído, com uma escala de cores relacionada aos níveis sonoros. Igualmente é possível identificar os níveis de ruído em qualquer ponto da área delimitada, por meio de leitura direta no mapa do ruído.

As simulações realizadas caracterizam a poluição sonora das áreas de estudo deste trabalho. O intuito é diagnosticar o ruído ambiente e comparar os resultados com as normatizações vigentes. A metodologia para elaboração de mapas de ruído se resume na obtenção dos dados de entrada (cartografia e dados acústicos); tratamento dos dados; cálculo da potência sonora e modelação; verificação dos dados de entrada; elaboração e análise do mapa de ruído. Para tanto, primeiramente inseriu-se no ambiente do programa, individualmente, os mapas das áreas onde foram realizados os monitoramentos do ruído.

Em seguida, caracterizou-se cada objeto, de acordo com suas propriedades. As fontes sonoras foram definidas como fontes lineares, já que se trata, principalmente do ruído de tráfego a uma distância de aproximadamente 18 metros do primeiro receptor, e foram caracterizadas de acordo com o espectro sonoro e a potência. Para cada receptor, foi necessário informar o correto posicionamento, bem como a altura. Também foram inseridas as edificações presentes na área de simulação, sendo necessário apenas fornecer suas características geométricas. Primeiramente, efetuaram-se as simulações com o intuito de analisar a situação real, ou seja, a situação existente. Os resultados de cada estudo de caso serão apresentados no Capítulo V – Análise dos Resultados.

4. ESTUDO DE CASO

Umuarama é um município brasileiro que se localiza na região fisiográfica conhecida por Ivaí, no Noroeste do Estado do Paraná, da Região Sul do Brasil, conforme ilustrado na Figura 4.1.

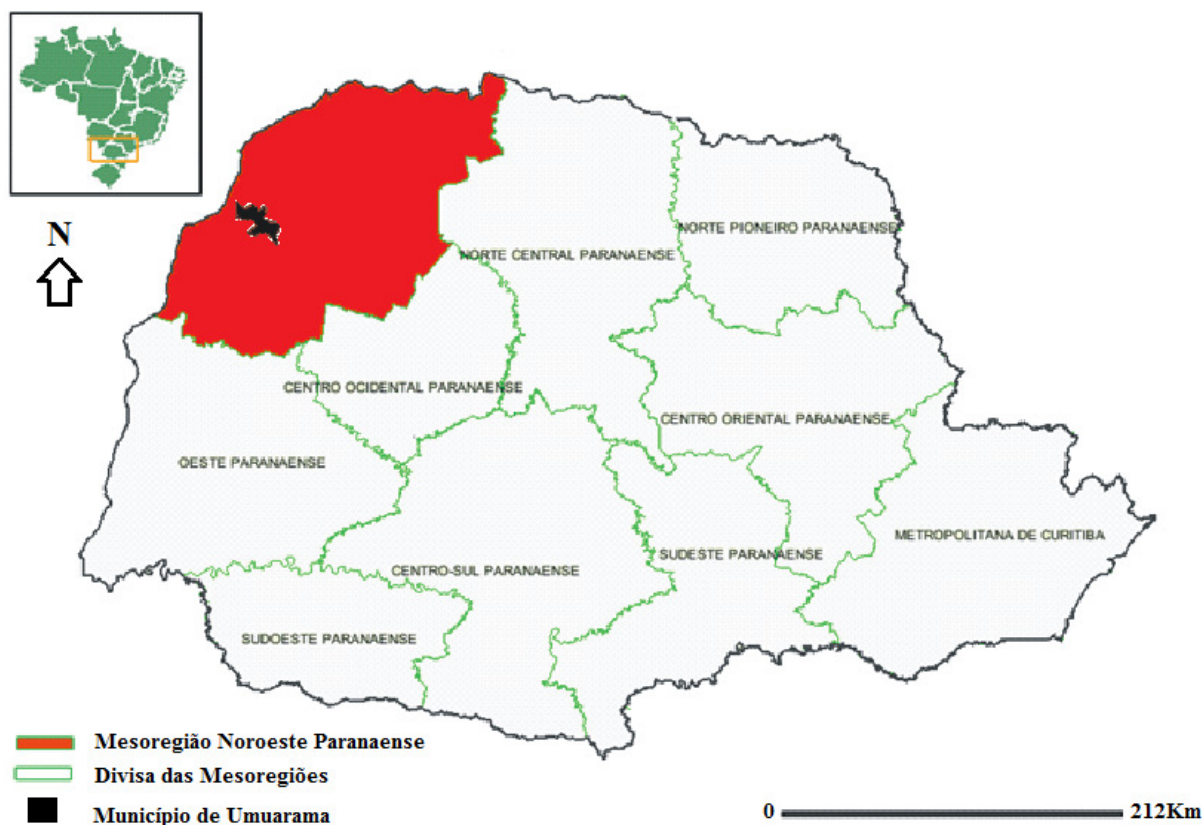


Figura 4.1 - Mapa do Estado do Paraná, destacando a Mesoregião Noroeste
Fonte: IBGE (2005)

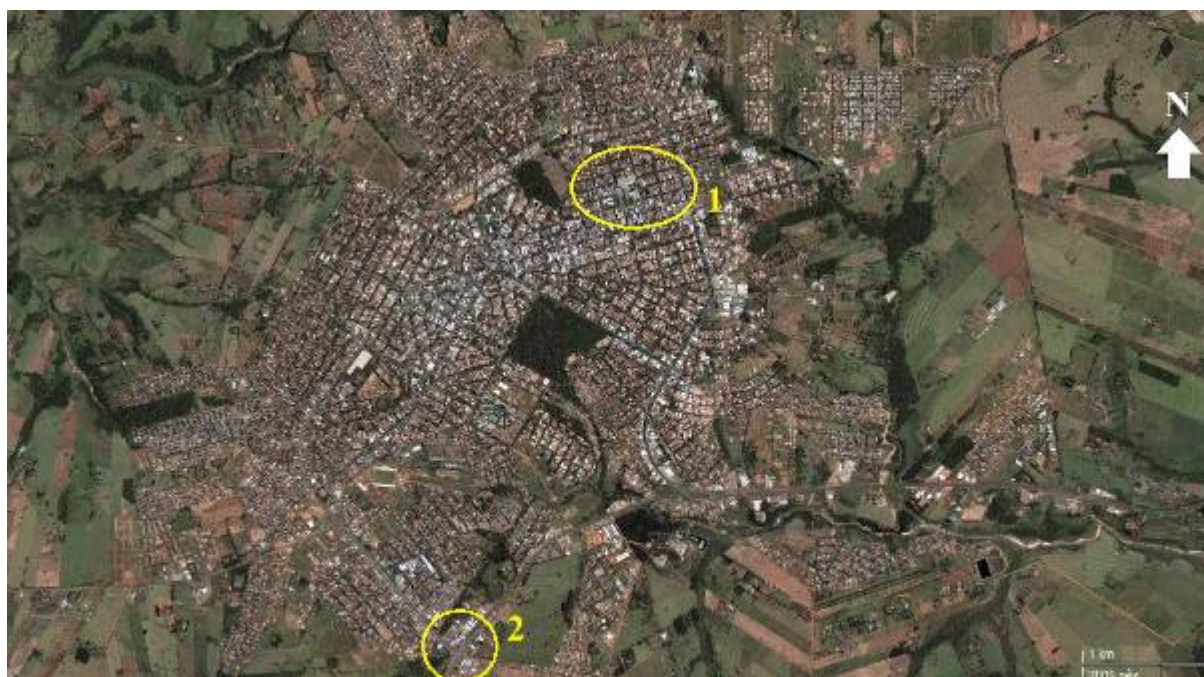
O Quadro 4.1 apresenta as principais características da cidade de Umuarama, que tem como origem o desmembramento do Município de Cruzeiro do Oeste.

Item identificado	Dados
Área territorial	1.227,42 km ²
Número de distritos administrativos	5
Número de habitantes	99.60 hab.
Densidade populacional	81,15 hab./km ²

Quadro 4.1 – Características da cidade de Umuarama-Pr
Fonte: IPARDES (2010)

Dos elementos tupis *umu*: lugar; *ara*: dia, luz, claridade; e *ama*: sufixo coletivo que indica muitos, reunião, ajuntamento de pessoas ou coisas. Umuarama significa "lugar ensolarado para encontro de amigos", assim, é conhecida como a Capital da Amizade.

A Figura 4.2 apresenta a localização dos locais de estudos no macro ambiente. Posteriormente serão apresentados os mapas de cada estudo de caso.



Legenda:
1 - Zona sensível - Avenida Maringá
2 - Zona industrial - Rodovia PR323

Figura 4.2 - Imagem de satélite da macroárea do Município de Umuarama, em destaque a localização dos ambientes sonoros de estudo

Fonte: Adaptado de Google Earth (2010)

O conhecimento das causas dos níveis de ruído ambiental que se espera alcançar, e outras características que definem o ambiente sonoro, são essenciais para tomar medidas em matéria de urbanismo, planejamento, aspectos arquitetônicos e construtivos.

Para análise dos ambientes sonoros, a presente pesquisa explora um banco de dados de medições que foi inicialmente coletado para efeitos de planejamento e de avaliação do impacto acústico dos estudos de caso. A metodologia utilizada nessa etapa de levantamento *in loco* para cada estudo de caso é apresentada na Figura 4.3.

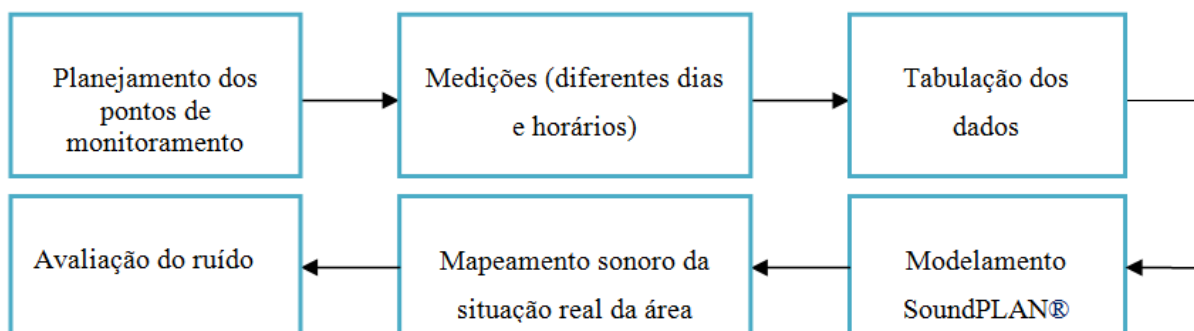


Figura 4.3 - Fluxograma da metodologia das medições dos ambientes sonoros como estudos de caso
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Os mapas de ruído elaborados para as referidas áreas são ferramentas importantes para preparar e monitorar as diretrizes projetuais de redução de ruído. Assim, as medições foram efetuadas em locais específicos para avaliação e caracterização do ambiente sonoro. Foram consideradas as principais fontes de ruído e a topografia do local, incluindo os edifícios.

4.1. CRITÉRIO E DEFINIÇÃO DOS LOCAIS DE ESTUDO

Como validação prática dessa pesquisa, apresentam-se neste tópico dois estudos de caso distintos, que serão diagnosticados e analisados para caracterizar o ruído urbano de áreas críticas da cidade de Umuarama-PR. A importância de sua realização consiste na verificação da aplicabilidade prática da metodologia e da caracterização dos ambientes sonoros consolidados.

Foram utilizadas duas situações distintas no município de Umuarama, com caráter misto urbano e rural, representando grande parte dos municípios que possuem índices consideráveis de ruído²².

Foi feita uma pré-análise das atividades que mais afetam e contribuem para a caracterização do ambiente sonoro total. Assim, em todos os grupos de exposição, considerados edifícios sensíveis (ambientes educacionais, religiosos e residenciais), localizados na Avenida Maringá, classificada como uma via arterial, o som é maior no período noturno e nos finais de semana. As atividades de lazer noturnas, a circulação dos veículos, além dos bares e lanchonetes, são as principais fontes de ruído, que caracterizam a problemática em relação ao ruído ambiente global, em que os adultos e jovens são submetidos aos mais altos níveis de exposição sonora.

²² A autora considera rural o ruído localizado nas áreas urbanas em vias periféricas que possuem maior índice de veículos pesados e de passagem, caracterizando as rodovias, classificadas como vias rurais.

- a) Zona sensível – Avenida Maringá, classificada como uma via coletora, e caracterizada pela apropriação do espaço por bares noturnos e antiga Praça Mascarenhas de Moraes, onde hoje se localiza a Biblioteca Central e Sede da Universidade Paranaense e seu entorno. Segundo a Norma NBR 10151/2000, da ABNT, essa área é classificada como estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas;
- b) Zona industrial – Rodovia PR323, classificada como uma via rural (rodovia), localizada dentro do perímetro urbano, conhecida como a área do trevo do Gauchão, devido à localização do Restaurante e Churrascaria com esse nome, próxima à interseção da rodovia com uma via urbana, classificada como via arterial, denominada Avenida Ângelo Moreira da Fonseca. Segundo a Norma NBR 10151/2000, da ABNT, essa área é classificada como área predominantemente industrial.

Em vista do aumento considerável da demanda de veículos na interseção e no seu entorno, é necessário o levantamento dos dados do sistema viário e do mapeamento sonoro, sendo o ruído de tráfego o principal ruído nessa área de estudo.

A interseção é um dos principais acessos a Umuarama, pela Avenida Doutor Ângelo Moreira da Fonseca, que suporta o tráfego de veículos que dão acesso às áreas industriais, à Universidade, aos bairros residenciais de média e baixa renda, dentre outros estabelecimentos comerciais. Acrescenta-se à problemática dessa interseção o grande movimento diário de veículos, de pequeno, médio e grande porte, no transporte de passageiros e cargas, no sentido da rodovia.

Os resultados obtidos nestes estudos de caso podem ser úteis para as autoridades locais, no planejamento ambiental, em relação à reurbanização e à expansão urbana. A Figura 4.4 apresenta a localização dos estudos de casos dentro do contexto da identificação das vias no Município de Umuarama.

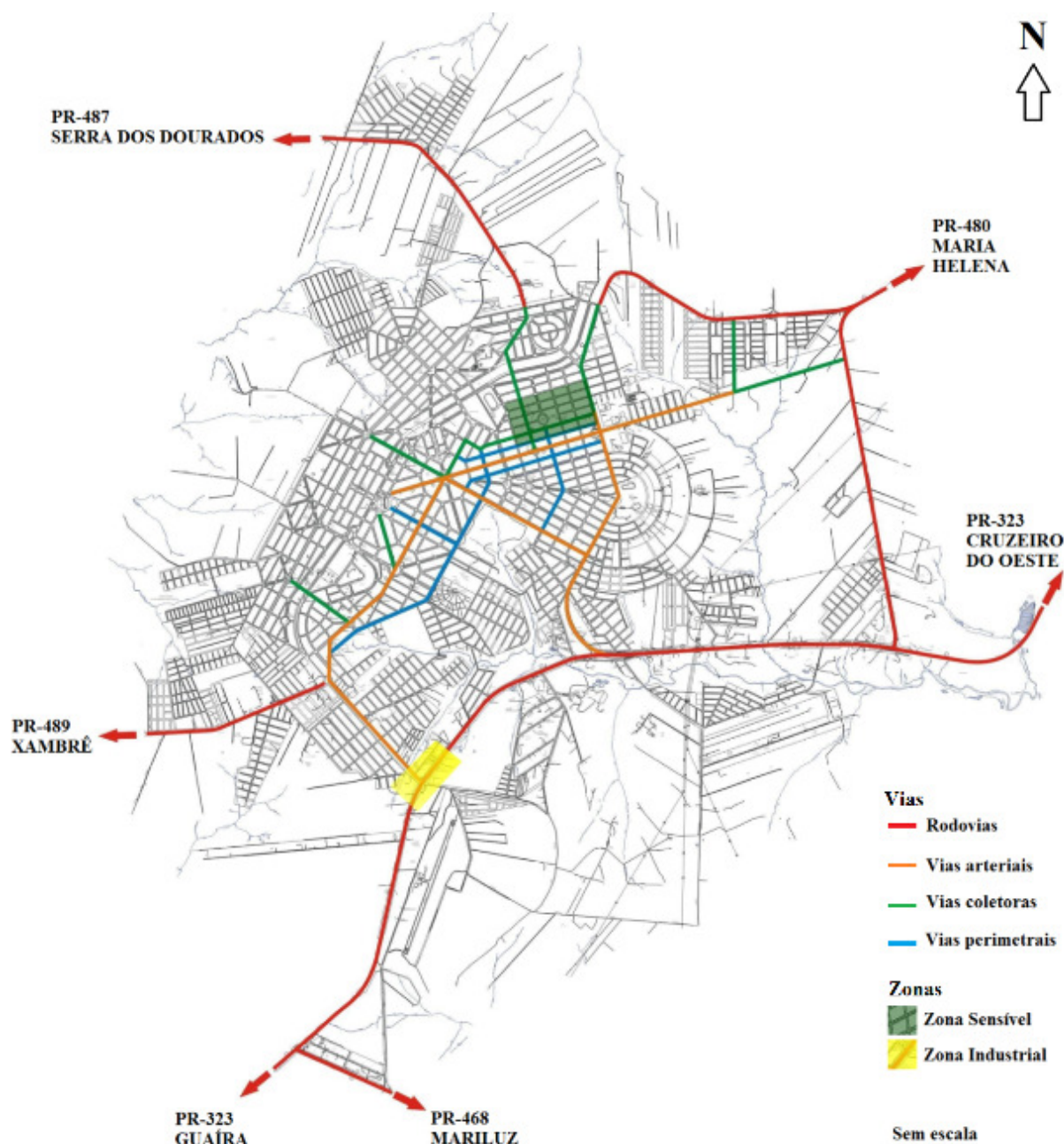


Figura 4.4 - Mapa do Município de Umuarama destacando a localização dos estudos de caso, vias urbanas e rurais e saídas para outros Municípios

Fonte: Adaptado de Ferreira (2005)

4.2. HISTÓRICO

As pesquisas sobre as composições espaciais das cidades de colonização planejadas pela Companhia de Terras do Norte do Paraná (CTNP), denominada Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP), após 1942, realizadas por Barnabé (1989), Yamaki (2003) e Rego et al. (2004), distinguiram a qualidade dos planejamentos urbanos, apresentando uma estrutura com claras definições ideológicas e conceituais, às vezes

perseguindo modelos europeus do início do século, como os de cidade-jardim (REGO; MENEGUETTI, 2006).

Influenciado conceitualmente pela expansão capitalista da produção e exportação cafeeira, os modelos urbanísticos de modernidade foram aplicados na reprodução dos ideais de colonização inglesa nos projetos dos quatro principais núcleos urbanos projetados pela CTNP/CMNP, localizados no Norte e Noroeste do Estado do Paraná, Brasil. Assim surge a rede de cidades implantadas aproximadamente a cada 100 km: Londrina, fundada em 1932; Maringá, em 1947; Cianorte, em 1957; Umuarama, em 1960, interligadas por menores centros de abastecimento distanciados entre si, estruturando uma rede de cidades.

Surge, em 1956, o projeto de Umuarama, no noroeste do estado, elaborado pelo engenheiro geodésico Wladimir Babcov, como resultante da somatória dos conceitos adotados nas cidades paranaenses de Londrina, Maringá e Cianorte (HELD SILVA, 2009). O traçado de Umuarama, último núcleo-polar implantado pela CMNP, sem apresentar o mesmo rigor técnico e adaptação à topografia existente, contraria algumas premissas básicas de planejamento urbano adotadas anteriormente. Em Maringá, por exemplo, o desenho da cidade incorporou princípios formais da cidade-jardim inglesa. As curvas de nível foram determinantes para o desenho da cidade, o que definiu a forma urbana alongada e o traçado orgânico como diretrizes para as principais vias, resultando em uma minuciosa adaptação do traçado ao relevo (REGO, 2001). Em Umuarama, o principal ponto em comum com as demais cidades é o traçado urbano estruturado pelo eixo da linha férrea margeada pela zona dos armazéns/indústrias, seguindo os princípios ingleses de melhor apropriação do relevo.

Quanto ao traçado urbano proposto, observa-se que este conceito não foi aplicado. Embora planejada após Maringá e Cianorte, com projeto contratado pela mesma companhia, seus princípios de implantação diferem-se de todos os anteriores (HULSMEYER et al., 2008).

Em comparação com os princípios de planejamento observados nos traçados da CTNP/CMNP, observa-se, em relação ao relevo, uma incompatibilidade na escolha da implementação da ferroviária, a qual nunca chegou ao Município. Essa deveria estar localizada na área da implementação do eixo monumental para a estruturação e hierarquização dos espaços livres públicos, como se observa na Figura 4.5. Estes por sua vez, estão em áreas que possuem topografia irregular, com inclinações incompatíveis com seus programas e usos previstos.

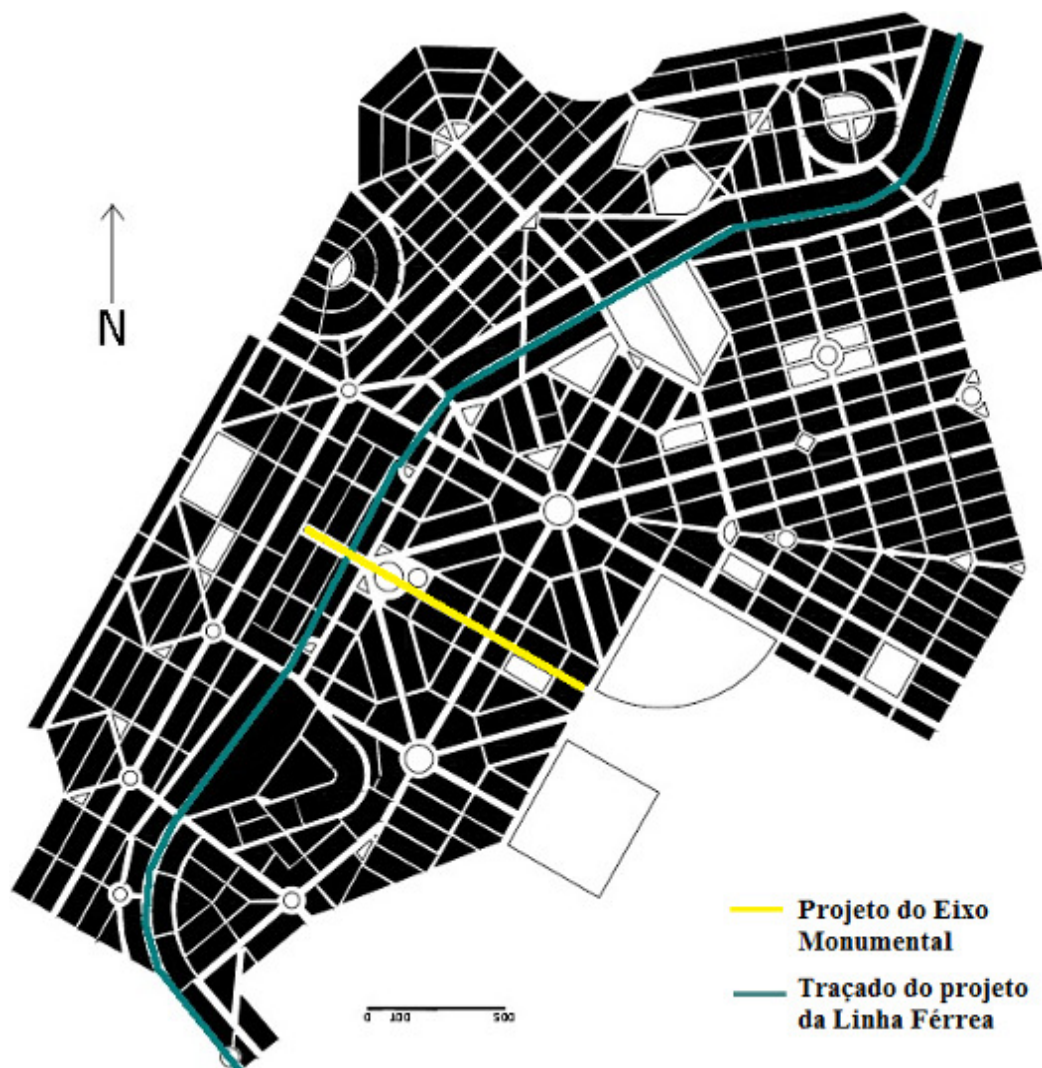


Figura 4.5 - Mapa de Umuarama: espaços públicos e privados
 Fonte: Adaptado de Rego (2004)

Quanto aos aspectos qualitativos, o melhor aproveitamento das características do sítio reforçaria a legibilidade e a pregnância, que conferem qualidades estéticas e a identidade ao traçado urbano, assim como minimizariam os impactos provenientes do processo de urbanização e, conseqüentemente, um melhor ambiente sonoro.

Com exceção do traçado de Londrina, que na década seguinte já apresentava ampliações para atender ao contingente migratório não previsto pela CTNP para a área urbana, as demais não apresentavam possibilidade de expansão prevista de seus traçados (HULSMAYER et al., 2008). Em conformidade com suas referências de planejamento, elas eram circundadas por um limitador espacial, o cinturão verde, que garantiria o equilíbrio entre as ações antrópicas e a capacidade de carga das agressões do urbano ao meio.

Embora os traçados se apresentassem parcialmente harmonizados às curvas de nível, o solo urbano ponderado, com as bacias de contribuição dos recursos hídricos e adequado

distanciamento das nascentes e dos cursos d'água, a faixa agrícola de abastecimento alimentar urbano (cinturão verde) assumia um importante papel neste sistema. Os recursos hídricos dentro da malha urbana estariam delimitados por generosas áreas livres públicas, complementadas pelo cinturão verde. Portanto, as cidades apresentaram um equilíbrio frágil aos processos de expansão urbana ocorrida nos municípios após a década de 60, sem o devido planejamento.

Com a expansão urbana, surge uma nova ordem de subdivisão dos lotes: o parcelamento das faixas agrícolas que compunham os cinturões verdes, fatias estreitas do espigão ao recurso hídrico. As décadas seguintes também não apresentaram um planejamento urbano em relação à expansão urbana, resultando na descontinuidade dos antigos traçados e na sua desconfiguração. Nesse contexto, apresenta-se a malha urbana de Umuarama com as suas devidas expansões, Figura 4.6.



Figura 4.6 - Mapa da malha urbana de Umuarama - PR

Fonte: Prefeitura Municipal de Umuarama-PR (2010)

Apesar de ser fator determinante na configuração do seu traçado urbano, a malha ferroviária não chegou a ser implantada na cidade de Umuarama, cabendo à própria CMNP o reparcelamento do plano original. Dessa forma, alterou-se o traçado para implantar lotes de uso residencial. Outros trechos da linha férrea foram invadidos na década de 80 do século XX, encontrando-se em processo de regularização fundiária junto à Prefeitura Municipal de Umuarama (HELD, 2009).

4.3. ESTUDO DE CASO - ZONA SENSÍVEL

A zona classificada como sensível, estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas, segunda a NBR 10151/2000, compreende a Avenida Maringá, a Avenida Paraná, a Rua Ministro Oliveira Salazar, a Rua Marialva, a Rua Sarandi e a Avenida Rolândia, nomeada como Zona 03. Essa área urbana consolidada e seu entorno imediato compreendem aproximadamente 477.688,68 m², no Município de Umuarama, caracterizada também por edificações comerciais ou de prestação de serviço, ou seja, uma área mista.

No trecho da Avenida Maringá, local de estudo desta pesquisa, encontram-se edifícios classificados como sensíveis ao ruído urbano, como a Universidade Paranaense, a escola Estadual Isa Mesquita, uma escola primária particular, a Igreja São Francisco de Assis, além das residências unifamiliares e multifamiliares. Esse trecho possui vegetação arbórea, não é semaforizado e possui ruído urbano proveniente dos veículos, bares e lanchonetes em funcionamento no período noturno (Figura 4.7).

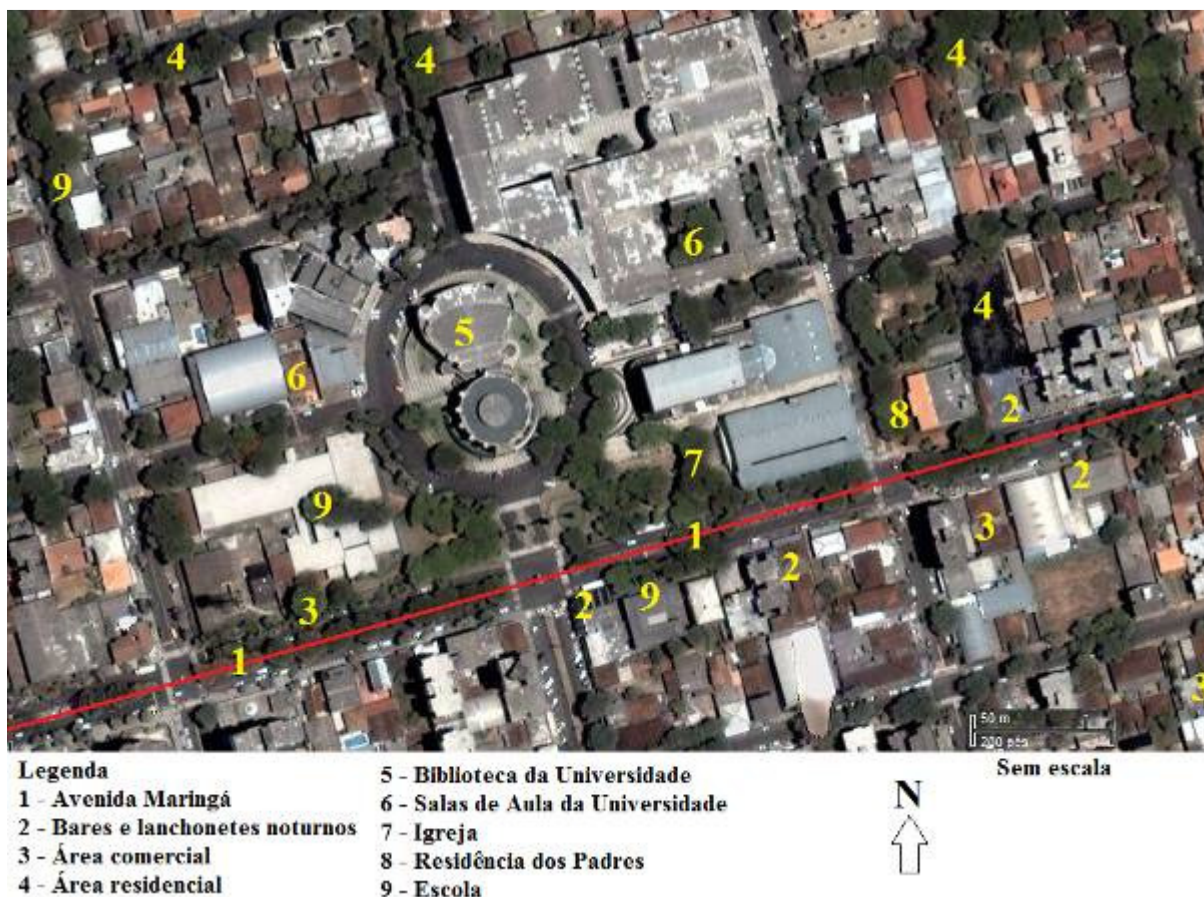


Figura 4.7 - Vista aérea dos principais edifícios expostos ao ruído na zona sensível
Fonte: Adaptado de Google Earth (2010)

A Figura 4.8 apresenta a interseção da Avenida Maringá com a Rua Cambé, no período diurno. A área de estudo, com seu entorno, tem como limites as Ruas Mandaguari e Belém e as Avenidas Paraná e Londrina, conforme se apresenta na Figura 4.9, com a imagem de satélite da área de estudo, seu entorno e destaque das principais avenidas.



Figura 4.8 - Imagem do trecho da Avenida Maringá
Fonte: Acervo da autora, 2010



Figura 4.9 - Apresentação da Zona Sensível e seu entorno no mapa do Município de Umuarama
Fonte: Adaptado do Google Earth (2010)

No centro do traçado urbano idealizado pela Companhia de Melhoramentos Norte do Paraná CMNP localiza-se a igreja, assim como a Acrópole no ponto culminante do sítio (SILVA et al., 2007), conforme apresenta a Figura 4.10, em destaque a Avenida Maringá.

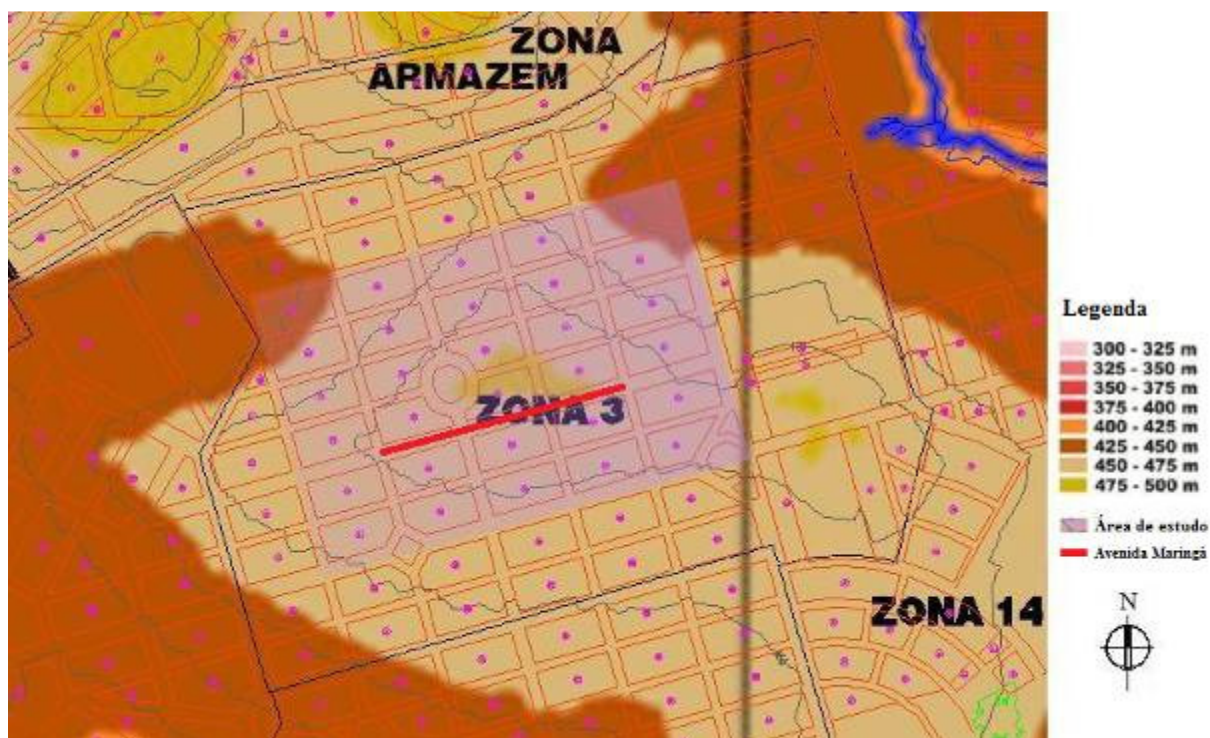


Figura 4.10 - Mapa hipsométrico da área de estudo
Fonte: Silva et al. (2007)

Quanto aos efeitos topológicos do campo visual da Avenida Maringá, no percurso de acesso principal aos edifícios predominantes, a avenida apresenta a noção de alargamento ou amplidão, em seguida de estreitamento, devido ao fechamento lateral dos edifícios comerciais e das projeções dos toldos sobre o passeio.

A Avenida Maringá é qualificada por trechos. O espaço da pesquisa, dentro do limite identificado anteriormente, possui características de individualidade, pelas suas diferentes apropriações do espaço, que ocorrem nas calçadas dos bares noturnos, além da entrada e da saída dos estudantes universitários.

A *apropriação do espaço* que ocorre, principalmente, nos pontos e bares noturnos, que se caracterizam pelo movimento intenso de veículos leves e super leves, conversas e divertimento dos adolescentes e adultos, resulta em reclamações pela vizinhança e na presumível poluição sonora.

A análise morfotopoceptiva, identifica a sensação de estar, e saber onde se está, nesse mesmo trecho, onde há aglomeração estática de pessoas, termo ligado ao comportamento humano: *compartimento e recintos exteriores*. Ao mesmo tempo há a *apropriação pelo movimento*, outra forma de apropriação do espaço exterior pelo movimento, que pode ser ocupado por pessoas em movimentos e caracteriza uma ocupação não estática, identificada pela circulação das pessoas e dos veículos.

Nas Avenidas Rolândia, Paraná e Maringá, os percursos de acesso apresentam os efeitos de *estreitamento*, resultante do fechamento lateral dos edifícios comerciais no alinhamento predial, das projeções dos toldos sobre o passeio público e do efeito visual de *envolvimento*, provocado pelas copas das árvores.

Nessa linha de análise, um determinado edifício, como ícone urbano e arquitetônico de uma cidade, é considerado como potencial informativo e comunicativo da cidade, além de pesquisar e compreender as múltiplas dimensões, como simbólica, humana, arquitetônica, urbana, que fazem do ícone um dos elementos que participam da estruturação da linguagem da cidade. Neste contexto, a Igreja São Francisco de Assis apresenta *dominância*, por apresentar diferente tipologia, edifício com características de arquitetura sacra, em relação ao seu entorno. Além de ser um *marco*, que se individualiza como uma referência externa, considerada um ponto comum, na memória coletiva da população na cidade. Nesses mesmos termos, a localização da Universidade, ao lado desse edifício, na antiga Praça Mascarenhas de Moraes, apresenta, além da análise morfotopoceptiva mudanças espaciais do local que influenciaram o entorno.

A Praça Mascarenhas de Moraes, Figuras 4.11 e 4.12, foi radicalmente alterada com

a implantação da Biblioteca e do Teatro da Universidade Paranaense, Figura 4.13. Segundo Huslmeyer (2004), a praça, que era o elemento centralizador de um módulo de quadrilátero, formado por quatro quadras simétricas, perdeu sua característica de espaço livre de edificações e de acesso público. O papel simbólico responsável pela sua centralidade foi reforçado pelas características das atividades desenvolvidas neste espaço.



Figura 4.11 - Vista aérea da Praça Mascarenhas de Moraes em 1997, antes da implantação da Unipar (Fotografia aérea, Governo do Paraná, 1997)
Fonte: Huslmeyer, 2004.



Figura 4.12 - Situação anterior. Ao fundo, à direita, a igreja São Francisco de Assis e, à esquerda, Campos Sede da Unipar
Fonte: Huslmeyer, 2004.



Figura 4.13 - Vista da Biblioteca e Teatro da Unipar, e parcialmente a Igreja São Francisco de Assis, e ao fundo a Universidade
Fonte: Huslmeyer, 2004.

Ao lado da Igreja São Francisco, a Praça Mascarenhas de Moraes deixou de ser um referencial simbólico de uma época importante da cidade, mas pode-se considerar que devido à importância da Universidade para a cidade, a sua nova função contribuiu para a identidade do local, distinto como um espaço universitário.

O acesso principal a esses dois edifícios é por um portal, conforme Figura 4.14, considerado um *ponto nodal* e um local de *dominância*, um lugar estratégico e de interligação dos edifícios com as Avenidas Maringá e Rolândia. O portal é considerado também um *limite*, que identifica a entrada da Universidade, além de romper a continuidade da Avenida Rolândia.



Figura 4.14 - Vista do Portal da Universidade
Fonte: Acervo pessoal, 2005.

O efeito de *estreitamento*, resultante do fechamento lateral dos edifícios do bloco das salas de aula e da biblioteca da universidade é apresentado na Figura 4.15, a qual ainda é ocupada pelo estacionamento, tornando esta como um “corredor” de circulação.



Figura 4.15 - Sensação de estreitamento pelos edifícios
Fonte: Acervo pessoal, 2005.

4.3.1. Uso e ocupação espacial – Zona Sensível

A zona sensível e seu entorno apresentam uma concentração excessiva de atividades, educacionais, religiosas, comerciais, serviços, residenciais e principalmente, os edifícios destinados a lazer, os quais não foram previstos na fase de planejamento e implantação dos edifícios. Na área de estudo em análise tem-se a demanda crescente dos bares e lanchonetes noturnos e sua movimentação em uma região consolidada, somada ao aumento do tráfego rodoviário, em demasia durante os finais de semana no período noturno.

O levantamento do uso e ocupação do solo é importante para a caracterização do estudo de caso, identificando a situação real da área. Comparam-se as Figuras 4.16 e 4.17, que apresentam o mapa de uso e ocupação espacial do contexto urbano da área de estudo, de acordo com o mapa de zoneamento do Plano Diretor, do Município de Umuarama-PR e o levantamento realizado *in loco*, ou seja, a identificação dos lotes foram realizados manualmente.



Figura 4.16 - Mapa de uso e ocupação do solo da situação existente – levantamento *in loco*
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

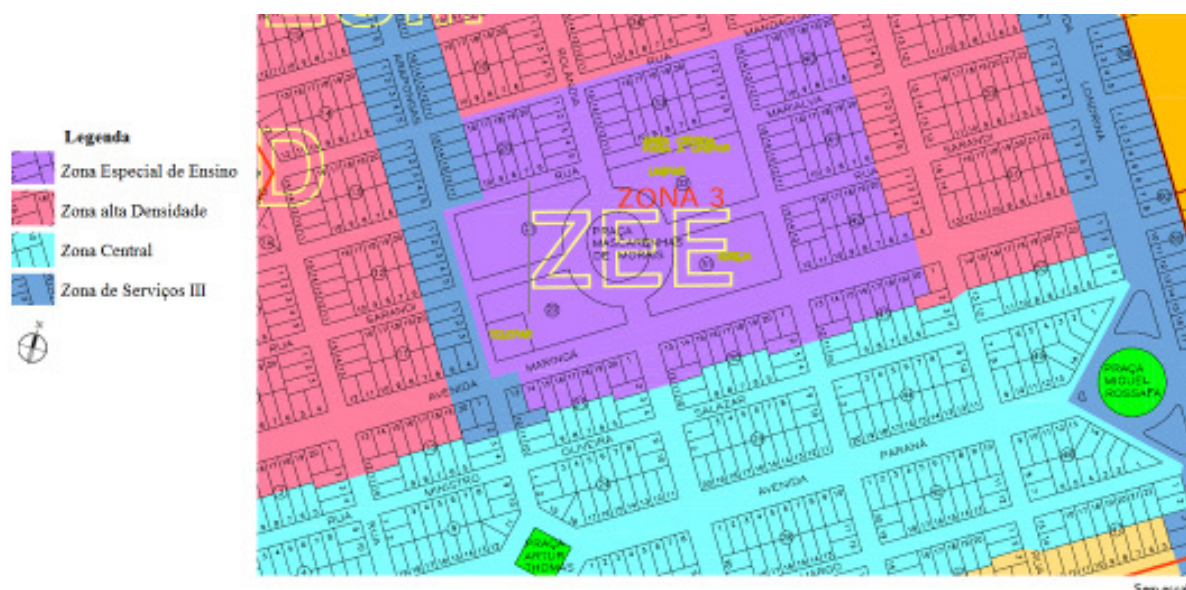


Figura 4.17 - Mapa de uso e ocupação do solo do perímetro analisado
Fonte: Zoneamento da sede municipal de Umuarama –
 Plano Diretor do Município de Umuarama, PR, 2006.

Comparando-se as Figuras 4.16 e 4.17, observa-se que o zoneamento apresentado pelo Plano Diretor do Município de Umuarama é compatível com o levantamento realizado *in loco*, como, por exemplo, o uso público institucional é apresentado na mesma área, como zona especial de ensino. Conforme os dados desse levantamento realizado *in loco*, observou-se que 42% e 33% da área, conforme apresenta o Gráfico 4.1, contida dentro do limite observado, é prioritariamente de uso residencial unifamiliar e comercial, respectivamente, atingindo os maiores valores. A área identificada como uso público institucional corresponde aos edifícios educacionais, com 2%. Vale destacar que os cálculos de porcentagem levam em consideração a quantidade de lotes e não a área de cada lote urbano.

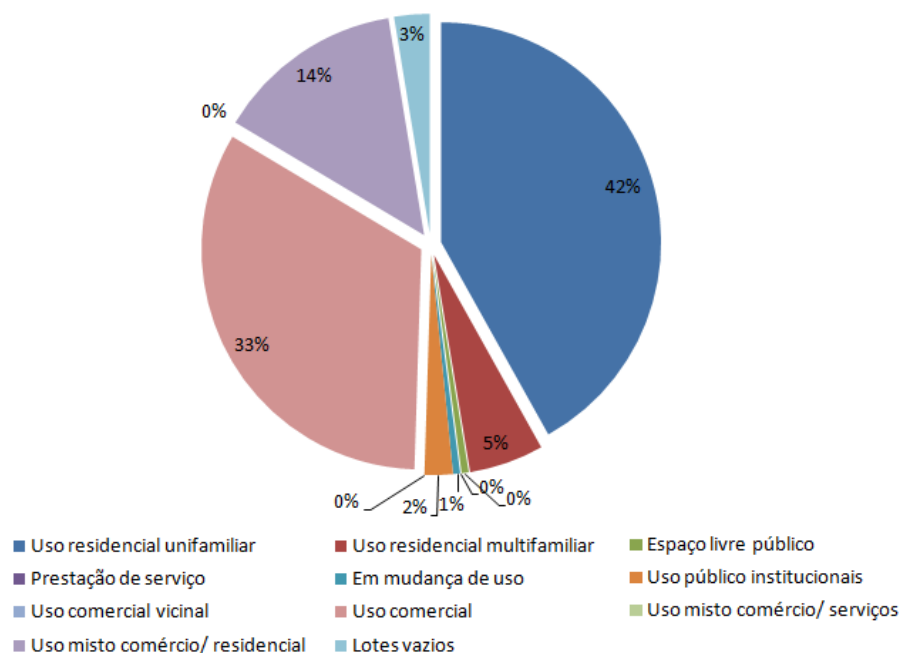


Gráfico 4.1 – Uso e ocupação proporcionais por quantidade de lotes do perímetro avaliado.

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Como se observa na Figura 4.17, o trecho da Avenida Maringá em análise neste estudo de caso é enquadrado na zona especial de ensino, pelas edificações educacionais existentes, justificando a sua classificação como zona sensível. O seu entorno caracteriza-se na zona residencial de alta densidade, zona de serviços e zona central.

4.3.2. Análise da morfologia urbana

a) Densidade construtiva (proporção entre área livre pública e área privatizada):

- a maioria dos lotes são privatizados, compreendendo 95%.

b) Áreas verdes:

- todas as ruas e avenidas da área de estudo e entorno imediato possuem arborização no passeio público e/ou canteiro central, predominando a espécie Sibipiruna (Figura 4.18);
- como observado no mapa de uso e ocupação do solo do perímetro analisado, não há uma zona de controle ambiental ou áreas verdes de grandes dimensões, como bosques ou parques.



Figura 4.18 - Avenida Paraná – entorno imediato da zona sensível

Fonte: Acervo da autora, 2010

c) Divisão e disposição fundiária:

- as quadras possuem 140 metros de comprimento e 70 metros de largura e, assim, os lotes possuem 10 metros de testada e 35 metros de profundidade;
- a Figura 4.19 apresenta a disposição dos lotes e quadras da zona sensível.

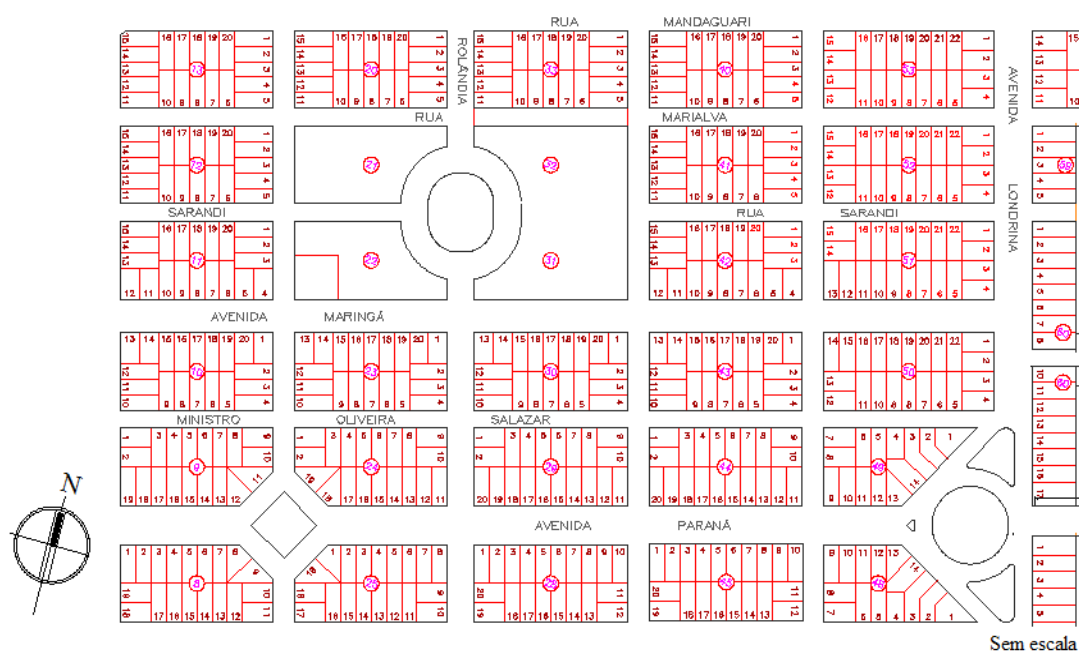


Figura 4.19 - Disposição fundiária da zona sensível

Fonte: Adaptado da Prefeitura Municipal de Umuarama (2010).

d) A relação de cheios e vazios;

- A Figura 4.20 apresenta o mapa da relação entre cheios e vazios, que evidencia a forma de ocupação dos lotes, permitindo perceber que 97% das lotes estão

ocupados, caracterizando uma área consolidada.

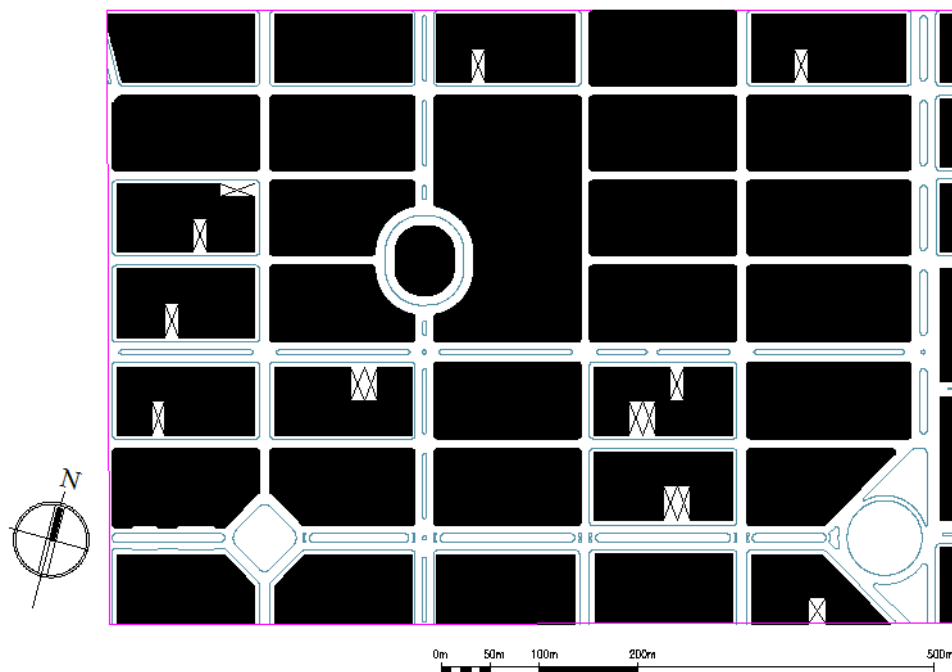


Figura 4.20 - Mapa – relação entre cheios e vazios - zona sensível

Fonte: Adaptado da Prefeitura Municipal de Umuarama (2010)

e) Forma volumétrica das edificações:

- predominam edificações com tipologia arquitetônica mista (residencial e comercial).

f) Ambientes sonoros, abertos e fechados:

- a malha urbana é servida por uma rede de comunicação viária, a qual constitui uma fonte constante de perturbação, pelos níveis sonoros do ambiente;
- a zona sensível se classifica como um ambiente fechado, pela distância entre os edifícios, que são perpendiculares à via, que varia entre 20 metros nas áreas residenciais e 30 metros nas áreas comerciais, como a Avenida Maringá e a Avenida Paraná.

g) Permeabilidade

- os edifícios são perpendiculares à via, permitindo observar uma área consolidada e de alta densidade no espaço urbano analisado.

h) Perfil da rua

- perfil em “L”, com relação H/L (H é a altura dos edifícios em relação ao nível da via, e L é a largura da via) superior a 0,2, caracterizando um campo fechado.

4.3.3. Contagem veicular

A contagem veicular foi realizada manualmente, considerando-se as categorias motocicletas (super leves), automóveis (leves) e ônibus e caminhões (pesados), no período de 22h30min e 23h30min, horário de pico do fluxo da noite, no dia 10 de setembro de 2010, sexta-feira, movimento característico dos finais de semana. É importante destacar que a contagem veicular foi realizada em período normal das aulas da universidade.

As condições climáticas durante o período da contagem foram normais, assim como a situação considerada habitual, porque a contagem foi realizada durante o período regular das aulas universitárias e o dia da contagem não precedeu a um feriado.

A contagem veicular na zona sensível foi utilizada para o cálculo do índice $L_{\text{tráfego}}$, o qual mantém o mesmo resultado nos períodos de medição de cada ponto de monitoramento, como será apresentado no Capítulo V – análise dos resultados. Para a obtenção dos dados de entrada foi realizada a contagem manual dos veículos pelo período de uma hora, na interseção da Avenida Maringá com a Rua Cambé, apresentada na Figura 4.21

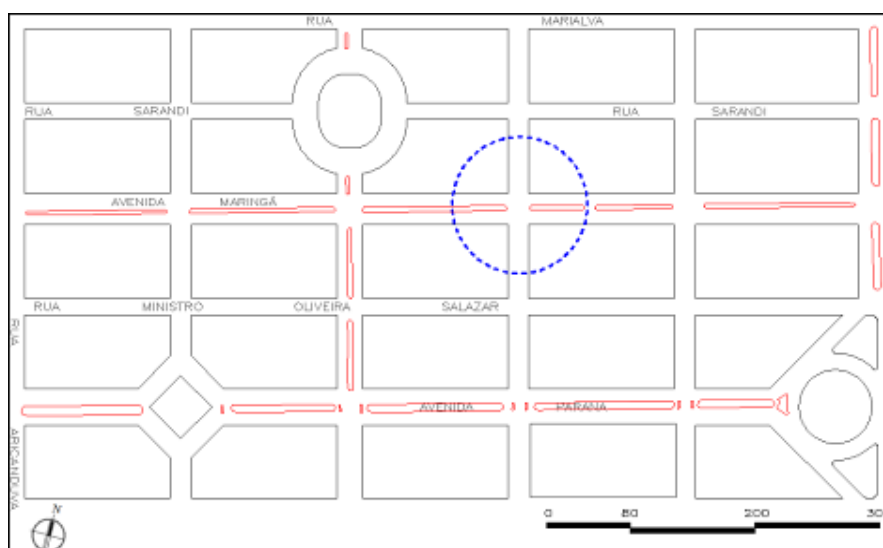


Figura 4.21 - Localização da interseção da contagem manual veicular na zona sensível

Fonte: Adaptado da Prefeitura Municipal de Umuarama (2010)

A contagem foi realizada individualmente, por categoria, com anotação do

movimento por faixa. A Figura 4.22 apresenta os movimentos nas quatro aproximações da interseção e a Tabela 4.1 apresenta a contagem veicular classificada.

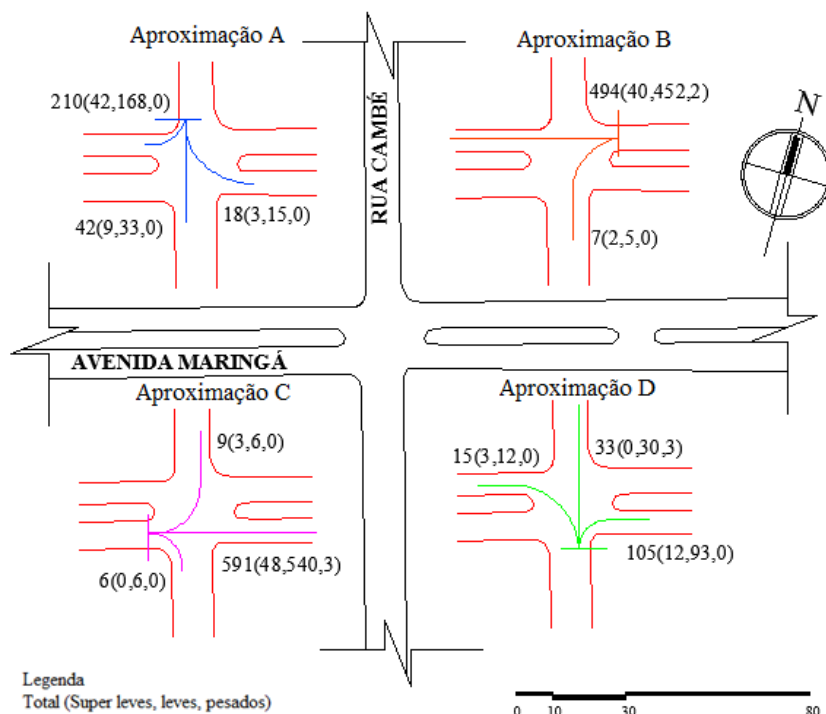


Figura 4.22 - Representação dos movimentos e quantitativo por categoria nas quatro aproximações, localizadas na interseção

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Tabela 4.1 - Contagem veicular classificada da zona sensível.

Aproximação	Classificação dos veículos				FPH
	Super-leves	Leves	Pesados	Total	
A (Rua Cambé)	54	216	0	270	
B (Avenida Maringá)	42	457	2	501	
C (Avenida Maringá)	51	552	3	<u>606</u>	0,63
D (Rua Cambé)	15	135	3	153	
Somatório =	162	1360	8	1530	

Nota: FPH = Fator Pico Horário.

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Pode-se notar que o valor encontrado para o Fator Pico Horário - FPH da área é de 0,63, o que significa uma demanda parcialmente uniforme. No volume horário de pico foram registrados 1530 veículos mistos, sendo que 10,59% são representado por super leves, 88,89%

leves e apenas 0,52% de pesados. A Figura 4.23 exemplifica o movimento de veículos na interseção da zona sensível.



Figura 4.23 - Registro do movimento veicular na zona sensível às 23h00min

Fonte: Acervo da autora, 2010

Por meio do levantamento realizado, apresenta-se a análise do trecho da Avenida Maringá, localizada na zona sensível:

- os movimentos a partir das aproximações da Avenida Maringá (B e C) possuem maior volume de veículos, 72% do total (1107 veículos), sendo 91,15% destes classificados como leves (1009 automóveis), devido às características de apropriação do espaço urbano por bares e lanchonetes;
- nos movimentos a partir da Avenida Maringá e da Rua Cambé observa-se que a quantidade dos veículos da categoria super leves é proporcional ao das aproximações A, B e C;
- os movimentos de faixas não identificados na Figura 4.22 não obtiveram nenhuma passagem de veículos durante o período da contagem;
- em relação ao volume total misto de 1530 veículos, observa-se um volume menor (423 veículos), que representa 28% do total, no sentido das aproximações A e D (Rua Cambé).

Para o estudo de caso classificado como zona sensível foram analisados 07 pontos, próximos aos estabelecimentos educacionais e habitacionais, como também próximos dos estabelecimentos de lazer noturno que causam perturbação sonora, conforme se apresenta na Figura 4.24, os quais são caracterizados pelos pontos de referências, Quadro 4.2.

Ponto	Avenida ou Rodovia	Referência
Ponto 1	Avenida Paraná	Farmácia
Ponto 2	Avenida Maringá	Residência dos Padres
Ponto 3	Avenida Maringá	Casa Noturna By Night e Universidade
Ponto 4	Avenida Maringá	Panificadora
Ponto 5	Avenida Rolândia	Universidade
Ponto 6	Rua José Honório Ramos	Residência unifamiliar
Ponto 7	Avenida Londrina	Praça Miguel Rossafa e Edifício multifamiliar

Quadro 4.2 – Referências de localização de cada ponto de monitoramento

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

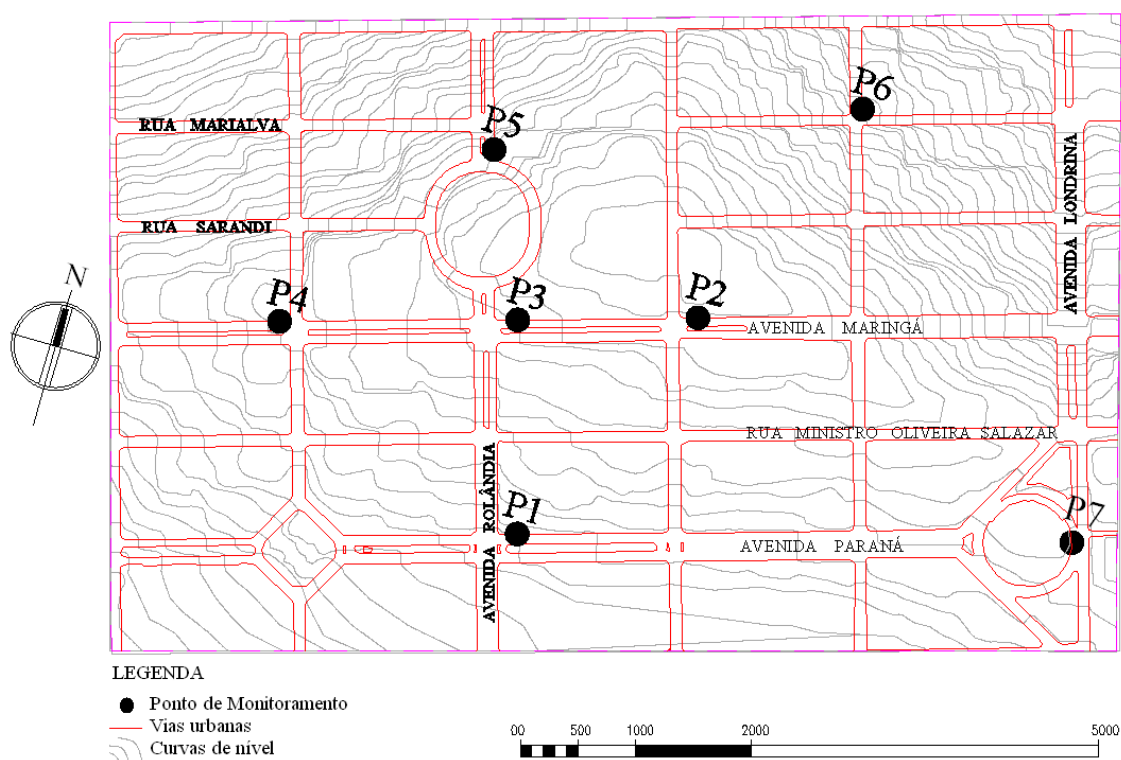


Figura 4.24 - Pontos de monitoramento de Nível de Pressão Sonora – Zona Sensível

Fonte: Adaptado da Prefeitura Municipal de Umuarama (2010)

Os pontos 1 e 7, Avenida Paraná e Avenida Londrina, respectivamente, caracterizam-se pelo intenso tráfego veicular. Outro enfoque para análise são os principais pontos (2, 3 e 4), localizados na Avenida Maringá, com características peculiares pela movimentação noturna, próximos aos edifícios educacionais e residenciais. O ponto 5 localiza-se na Avenida Rolândia, ao lado da Universidade, com um movimento veicular e de vizinhança menor que na Avenida Maringá. O ponto 6 foi escolhido como ponto de controle, localizado em uma área estritamente residencial.

4.3.4. Paisagem sonora

Com a finalidade de se caracterizar o ruído urbano global desse estudo de caso, o monitoramento na zona sensível foi realizado no período noturno, nos finais de semana, devido à intensa aglomeração e circulação de pessoas e veículos, em função dos bares e lanchonetes, e durante o período normal das aulas da universidade, nos pontos de monitoramento identificados anteriormente na Figura 4.24.

As Figuras 4.25 e 4.26 apresentam a localização e o posicionamento dos equipamentos, medidores de nível de pressão sonora, na zona sensível, de acordo com as exigências da NBR10151/2000, da ABNT. Nas imagens estão os pontos de monitoramento n°s 1 e 3.



Figura 4.25 - Localização do medidor de nível de pressão sonora – P3 (Avenida Maringá)
Fonte: Acervo da autora, 2010



Figura 4.26 - Localização do medidor de nível de pressão sonora – P1 (Avenida Paraná)
Fonte: Acervo da autora, 2010

As medições foram realizadas com base nas exigências normativas e sem interferências de pedestres ou mesmo de veículos estacionados defronte aos locais de medição. A obtenção do indicador do ruído equivalente contínuo (L_{eq}), conforme NBR 13369/1995, foi realizada com as avaliações dos medidores de nível de pressão sonora:

- 01dB[®], com filtro de oitava, disponibilizado pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), tendo a coleta sido estendida, em cada ponto, por dezoito minutos, com aquisição de dados a cada três segundos;
- DL4200, disponibilizado pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Em cada ponto a coleta estendeu-se por cinco minutos, com aquisição de dados a cada 0,5 segundos. Nesse caso, os dados foram disponibilizados individualmente em uma planilha do Excel. Cada ponto de monitoramento possui em torno de 500 a 600 dados, em dB(A).

As planilhas de medição com os dados oriundos do campo foram revisadas, e as informações foram devidamente consolidadas, com a apresentação dos índices e dos descritores acústicos. O Quadro 4.3 apresenta os níveis sonoros obtidos com o equipamento 01dB[®], em dB, em cada ponto de monitoramento em seus respectivos horários.

Ponto	data/hora/nível sonoro				Ruído Global
1	12/fev	12/fev	13/fev	20/fev	79,55
	18:00	22:30	22:00	21:50	
	70,6	77,9	71,2	71,8	
2	12/fev	12/fev	14/fev	22/fev	82,23
	18:30	22:30	20:45	18:40	
	79,1	76,5	66,9	81,6	
3	12/fev	12/fev	14/fev	20/fev	71,92
	19:00	21:00	20:00	23:00	
	64,50	65,80	66,10	72,90	
4	22/fev	12/fev	13/fev	20/fev	76,36
	18:00	21:30	22:30	22:30	
	71,60	72,90	69,10	66,80	
5	14/fev	20/fev	22/fev	23/fev	64,19
	19:30	23:30	19:15	19:05	
	57,50	58,10	60,40	61,10	
6	12/fev	14/fev	20/fev	23/fev	66,19
	22:30	21:30	00:15	19:40	
	55,50	63,30	54,70	67,40	
7	20/fev	20/fev	21/fev	23/fev	77,33
	19:55	00:45	21:35	18:30	
	69,80	70,50	73,50	76,40	

Quadro 4.3 – Nível Sonoro por trechos da interseção (zona sensível) – Equipamento 01dB[®]

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

A partir do equipamento 01dB[®] extraiu-se o espectro do ruído gerado pelo tráfego, o qual foi inserido como característica da fonte sonora linear na simulação. Os valores dos espectros foram aferidos no passeio público a uma distância de um metro do meio-fio. Estes valores são apresentados para a zona sensível, na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Índices acústicos (zona sensível) – Equipamento 01dB[®].

Índices	Pontos de Monitoramento							Ruído Global	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7		
A	79,26	78,32	75,49	73,62	68,22	63,65	78,06	74,89	dBA
C	91,56	93,57	88,45	87,94	85,21	76,60	92,26	88,37	dBC
LIN	94,10	97,27	90,91	89,15	87,80	75,16	93,13	90,19	dB
31,5	89,79	86,13	83,95	82,92	79,78	67,47	90,37	85,68	dB
63	90,87	91,81	90,58	85,39	82,21	76,98	91,57	87,95	dB
125	84,60	86,79	82,42	83,39	74,59	66,74	84,59	81,56	dB
250	79,53	77,35	78,91	79,21	68,73	64,27	77,27	76,52	dB
500	75,11	73,05	70,43	72,66	65,01	58,97	74,70	71,34	dB
1K	70,73	74,24	70,49	68,71	63,38	60,10	73,15	68,90	dB
2K	67,74	68,01	63,78	65,64	57,95	51,92	69,06	64,74	dB
4K	63,16	67,08	59,82	62,92	53,10	50,71	63,81	60,42	dB
8K	64,00	89,03	60,64	55,90	54,87	55,40	61,09	59,33	dB
S	102,61	104,16	95,79	98,98	87,11	90,01	100,81	97,93	dB
L	79,55	82,23	71,92	76,36	64,19	66,19	77,33	74,77	dB
M	93,36	93,36	85,52	89,64	83,36	84,24	95,66	90,36	dB
m	65,60	72,10	67,20	63,04	55,58	48,99	68,40	64,16	dB
L01	87,61	85,51	79,66	86,28	72,88	81,08	85,30	83,54	dB
L10	79,53	80,90	74,89	79,18	66,42	67,69	79,30	76,30	dB
L50	81,44	82,21	69,34	72,18	60,80	59,91	74,45	74,44	dB
L90	70,30	78,53	64,16	66,39	58,04	53,84	70,79	66,40	dB

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

A Tabela 4.3 apresenta os índices/ descritores acústicos para cada ponto de monitoramento do estudo de caso 1 – zona sensível obtidos com o equipamento DL4200.

Tabela 4.3 – Índices / descritores acústicos (zona sensível) – Equipamento DL4200.

Ponto de Monitoramento	Índices / descritores acústicos							
	Nível Sonoro Global*	L _{eq} dB(A)	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	Ltráfego	TNI	Lps
P1	71,31	71,23	62,08	65,63	74,26	69,64	81,10	83,52
P2	68,88	69,75	60,78	65,15	70,59	70,93	74,26	79,21
P3	68,34	70,99	59,38	63,22	74,31	70,47	90,83	86,13
P4	67,32	67,61	58,79	63,59	70,78	71,63	77,21	79,42
P5	59,53	55,95	46,62	51,79	59,54	71,19	71,55	69,04
P6	53,83	52,95	42,66	47,26	57,47	71,86	74,29	68,38
P7	72,00	75,74	65,92	69,13	78,92	70,38	91,46	89,53
<i>Ruído global</i>	<i>68,58</i>	<i>70,53</i>	<i>60,80</i>	<i>64,49</i>	<i>73,49</i>	<i>70,93</i>	<i>86,11</i>	<i>83,90</i>

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

4.4. ESTUDO DE CASO - ZONA INDUSTRIAL

A zona classificada como industrial, conhecida como o “Trevo do Gauchão”, compreende uma área de aproximadamente 171.870,15 m². É classificada como uma interseção ou entroncamento da via rural (Rodovia PR323), com uma via urbana (Avenida Ângelo Moreira da Fonseca), que é continuação da Avenida Umuarama, localizada dentro do perímetro urbano da cidade. Ou seja, uma rodovia em área urbana, de acordo com a classificação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (2007).

Essa interseção não possui vegetação arbórea, apenas gramado, não é semaforizada e está em nível, onde as vias se cruzam usando uma área comum, conforme se apresenta na Figura 4.27.



Figura 4.27 - Imagem da interseção da zona industrial em outubro de 2009

Fonte: Acervo da autora, 2010

O projeto de Umuarama, assim como das outras cidades planejadas pela Companhia Melhoramentos Norte do Paraná CMNP, tem sua estrutura organizacional sobre o planejamento meticuloso do eixo de circulação, que seria composto pelo binário linha férrea e rodovia, paralelamente, margeada pela zona dos armazéns e indústrias (SILVA et al., 2007).

Entretanto, como citado anteriormente, a linha férrea não chegou até Umuarama, o que corresponde à localização da Avenida Doutor Ângelo Moreira da Fonseca. A Rodovia PR323, que possui características predominantemente industriais, apresentando uma continuidade pela tipologia arquitetônica, conhecida como Parque Industrial II, é considerada um limite para a área urbana.

Nesse contexto, é considerada uma referência lateral, que separa uma região da outra (Figura 4.28), as quais se relacionam e se interligam em uma interseção, um ponto *nodal*, na área rural, dentro da conjunção da análise morfotopoceptiva do ambiente sonoro.



Figura 4.28 - Foto aérea da área de estudo e seu entorno, classificada como zona industrial
Fonte: Adaptado do Google Earth (2005)

Outra condição ambiental de leitura visual urbana é a *apropriação pelo movimento* do espaço exterior, em vista do aumento considerável da demanda de veículos pelos pólos geradores em seu entorno, que caracteriza a principal fonte de ruído.

Os pólos geradores de tráfego são o acesso ao centro de Umuarama, pela Avenida Doutor Ângelo Moreira da Fonseca, porque a PR323 suporta o tráfego de veículos que dão acesso às áreas industriais, à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), em construção, ao aeroporto, aos bairros residenciais de média e baixa renda e aos estabelecimentos comerciais.

Acrescenta-se à problemática dessa interseção o grande movimento diário de veículos, de pequeno, médio e grande porte, no transporte de passageiros e cargas, no sentido de Guaíra, Foz do Iguaçu, Curitiba, Porto de Paranaguá, Maringá, Londrina, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraguai.

Outra característica do tráfego do local pesquisado é a circulação entre as cidades

vizinhas (Mariluz, Alto Piquiri, Iporã, Cafezal do Sul, Perobal, entre outras), com acesso a Umuarama - Cianorte – Maringá, além da circulação dos estudantes dos municípios vizinhos em direção às Universidades que se localizam na cidade.

4.4.1. Uso e ocupação espacial – Zona Industrial

Em sua maioria, as cidades se caracterizam por apresentarem uma concentração excessiva de atividades ou direcionamento equivocado do zoneamento do uso e da ocupação do solo em determinados locais, não previstos na fase de planejamento. Nessa área de estudo, tem-se a demanda crescente do tráfego rodoviário, somada à parcela de veículos com destino e origem urbana, também em fase progressiva de aumento da demanda por meio de pólos geradores de tráfego, que caracterizam a via como urbana.

O levantamento do uso e a ocupação do solo é importante para a caracterização do estudo de caso, identificando a situação real da área. Observam-se e comparam-se as Figuras 4.29 e 4.30, que apresentam o mapa de uso e ocupação espacial do contexto urbano da área de estudo, de acordo com o mapa de zoneamento do Plano Diretor do Município de Umuarama-PR e o levantamento realizado *in loco*.

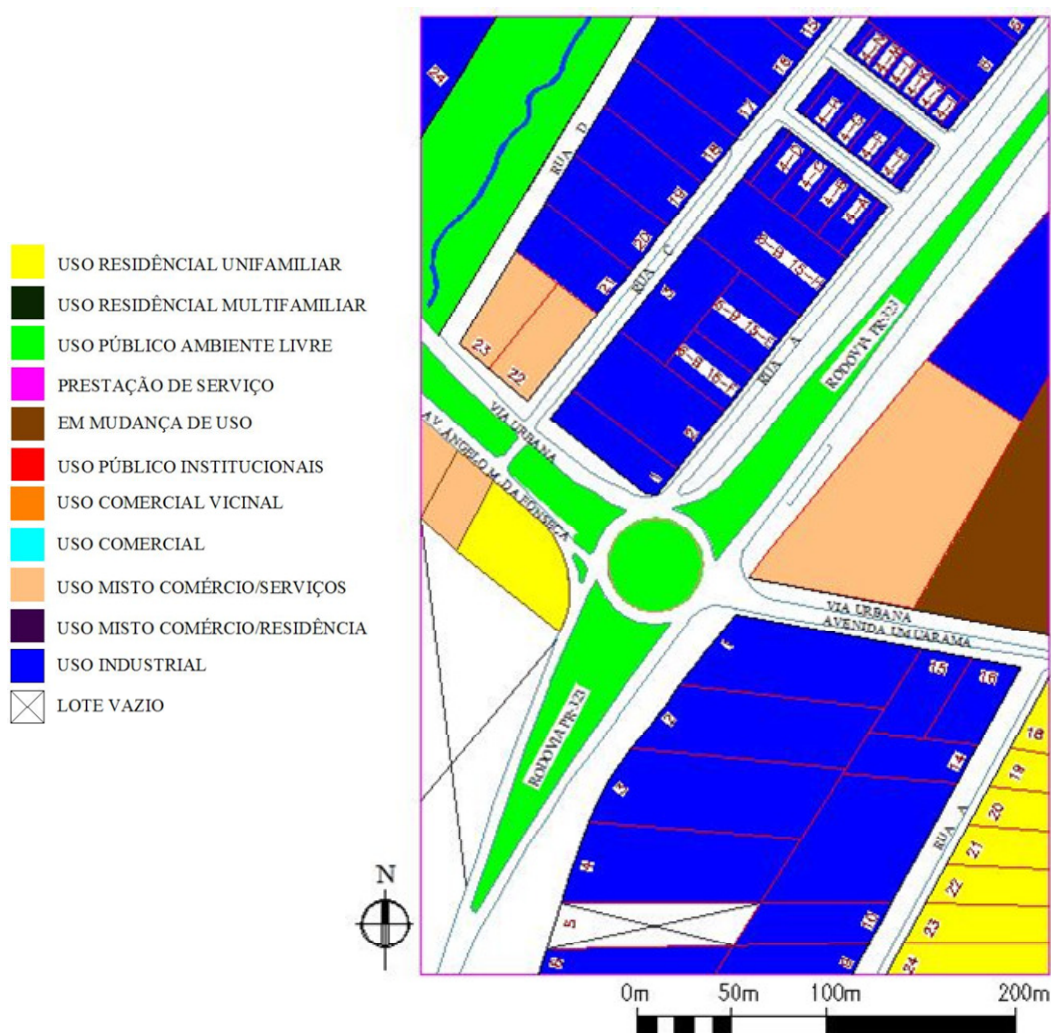


Figura 4.29 - Mapa de uso e ocupação do solo da situação existente – levantamento *in loco*
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Conforme os dados desse levantamento realizado *in loco*, observou-se que 72% da área, conforme apresenta o Gráfico 4.2, contida dentro do limite observado é prioritariamente de uso industrial. A área identificada como zona residencial de média densidade, no momento, é uma área livre de edificações. O processo de mudança levantado é devido à consideração de ser uma área de expansão urbana, com cognação para uso residencial, área identificada também como uso residencial. Existe e está localizada em loteamentos após a via rural, caracterizando 14% do total.

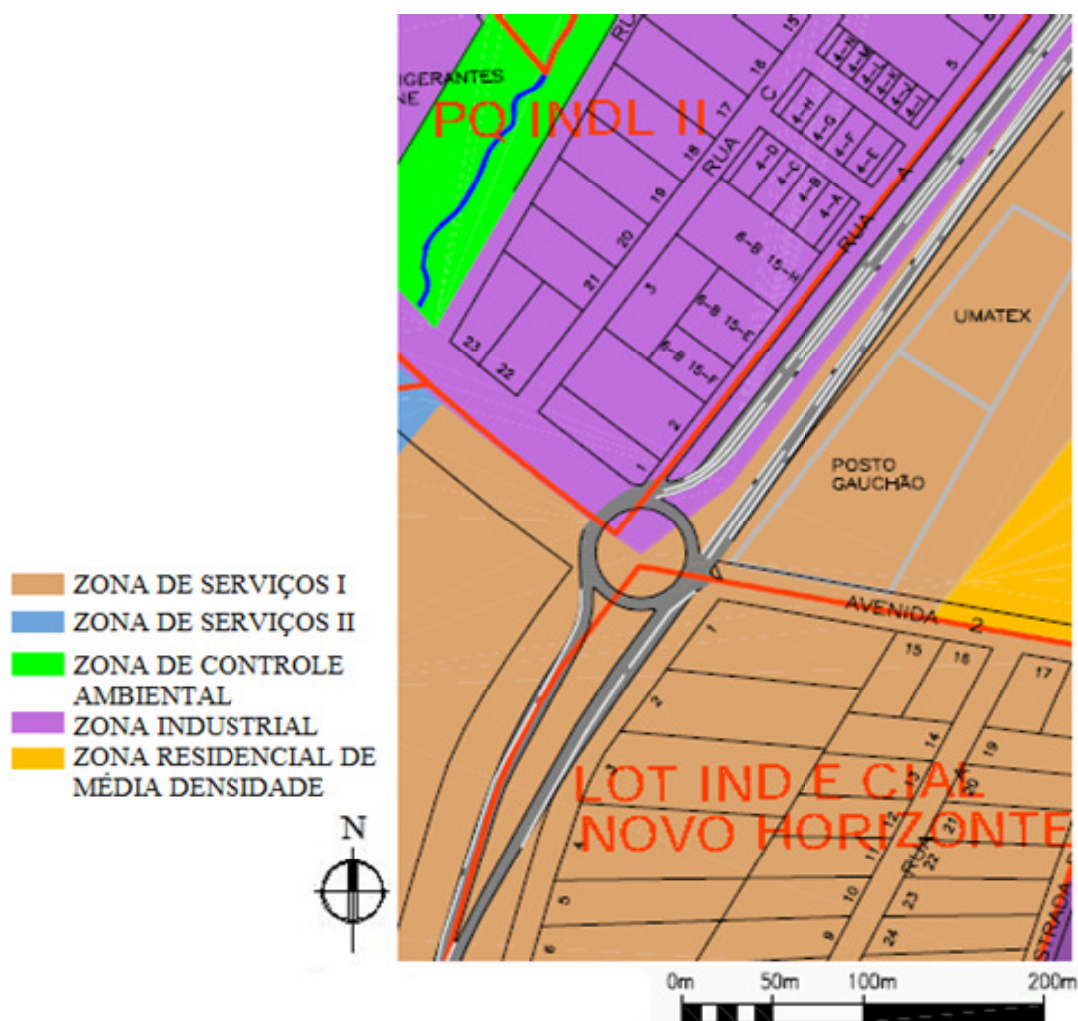


Figura 4.30 - Mapa de uso e ocupação do solo do perímetro analisado

Fonte: Zoneamento da sede municipal de Umuarama – Plano Diretor do Município de Umuarama, PR (2006)

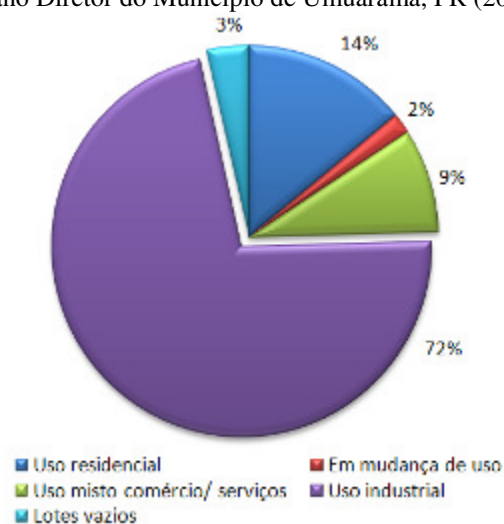


Gráfico 4.2– Uso e ocupação proporcionais por quantidade de lotes do perímetro avaliado.

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Essa interseção se caracteriza predominantemente como industrial. Os dados indicam que a área apresenta vocação para este uso, pois seu entorno também é prioritariamente comercial e de prestação de serviços. Porém, uma atenção se deve à mudança de uso prevista para a área residencial, por meio da expansão urbana, em relação à representação da totalidade urbana.

4.4.2. Análise da morfologia urbana

- a) Densidade construtiva (proporção entre área livre pública e área privatizada)
 - todos os lotes são privatizados, ou seja, na área de estudo da zona industrial não há lotes públicos.

- b) Áreas verdes
 - há uma interseção, rotatória e canteiro central da PR323 que está livre de edificações, com apenas um gramado, como pode ser observado na Figura 4.11, havendo uma zona de controle ambiental, com córrego e arborização, o que contribui como um filtro para o ruído de tráfego.

- c) Divisão e disposição fundiária

- d) A relação de cheios e vazios
 - no mapa da Figura 4.31, a relação entre cheios e vazios evidencia a forma de ocupação dos lotes, percebendo-se que 96% das quadras estão ocupadas, com predominância para as edificações industriais, que correspondem a 72%.

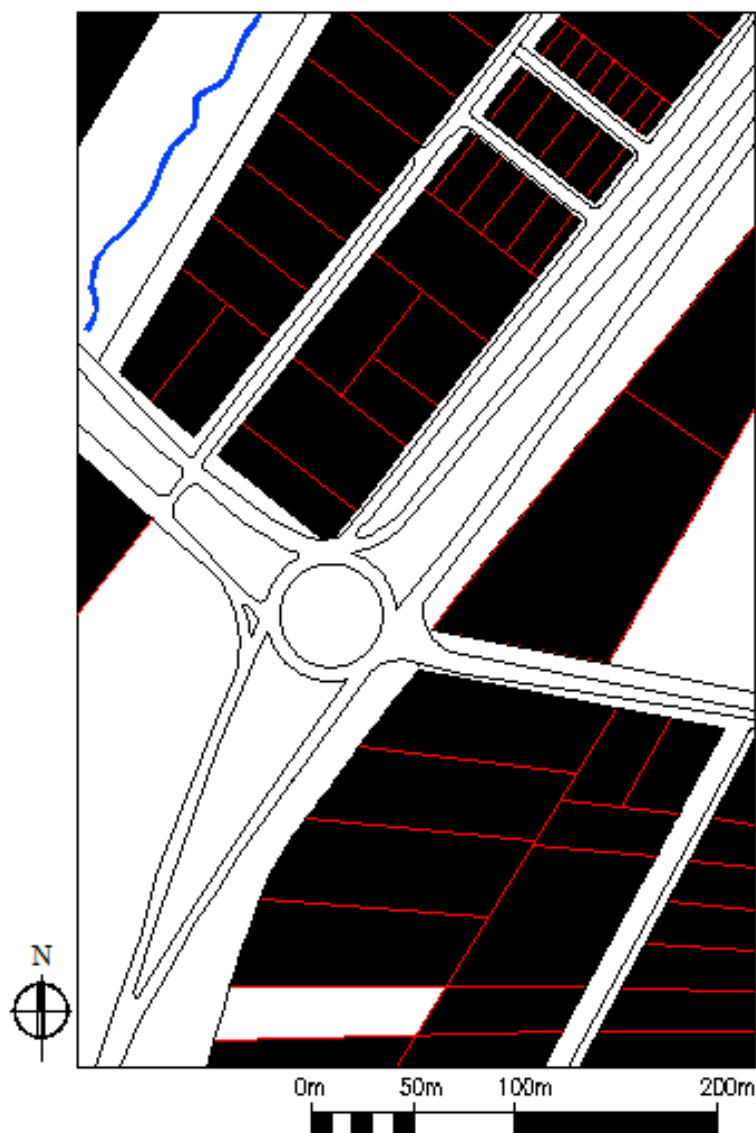


Figura 4.31 - Mapa – relação entre cheios e vazios
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

e) Forma volumétrica das edificações

- as edificações neste estudo de caso se caracterizam predominantemente com tipologia arquitetônica industrial, com volumetria simples retangular, conforme Figuras 4.32 e 4.33.



Figura 4.32 - Tipologia arquitetônica – restaurante e posto de combustível
Fonte: Acervo da autora, 2010



Figura 4.33 - Tipologia arquitetônica industrial
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

f) Ambientes sonoros: aberto e fechado

- a zona industrial classifica-se como um ambiente aberto, pela distância entre os edifícios, que são perpendiculares à via, e que varia entre 70 e 80 metros.

g) Permeabilidade

- edifícios perpendiculares a via, observando-se uma distância considerável entre os edifícios e sua relação com o espaço urbano.

h) Perfil da rua

- perfil em “L”, com relação $H/L < 0,2$ (H é a altura dos edifícios, entre 6 e 8m em relação ao nível da via, e L é a largura da via, que varia entre 50 e 65m), caracterizando um campo aberto.

4.4.3. Contagem veicular

A contagem manual abordou as categorias motocicletas (super leves), automóveis (leves) e caminhões e ônibus (pesados), no período de 17h45min e 18h45min, “pico da tarde” nos dias 22 e 23 de outubro de 2009, quinta e sexta-feira.

Desta forma, com base no planejamento estabelecido, os dados de campo foram levantados dentro das condições climáticas consideradas normais. A contagem veicular na zona industrial foi utilizada para o cálculo do índice $L_{\text{tráfego}}$, o qual manteve o mesmo resultado nos três períodos de medição de cada ponto de monitoramento.

Para a obtenção dos dados de entrada foi realizada a contagem manual dos veículos por hora. No intervalo de tempo pesquisado, o volume misto maior (rural e urbano) é de 631 veículos, o que corresponde a 29% do total, no intervalo das 18h00min às 18h15min. A Tabela 4.4 resume os volumes de tráfego observados, agrupados em intervalos de 15min.

Tabela 4.4 - Contagem veicular classificada da zona industrial.

Classificação	Período	Classificação dos veículos			Volume Misto	Total Hora	FPH (15 min.)
		Super-leves	Leves	Pesados			
Via rural (rodovia)	17h45min - 18h00min	53	158	73	284	1444	0,85
	18h00min - 18h15min	121	244	58	423		
	18h15min - 18h30min	83	216	69	368		
	18h30min - 18h45min	64	219	86	369		
Via urbana	17h45min - 18h00min	68	113	15	196	742	0,89
	18h00min - 18h15min	58	131	19	208		
	18h15min - 18h30min	48	90	19	157		
	18h30min - 18h45min	52	112	17	181		
Somatório =		547	1283	356	2186		

Notas: “Hora pico” da interseção como um todo = 2186; FPH = Fator Pico Horário.

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Pode-se notar que o valor encontrado para Fator Pico Horário (FPH) da área rural é próximo do da área urbana, sendo respectivamente 0,85 e 0,89, próximos a 1,0, o que significa uma demanda uniforme. Tal fato se dá por ser um dos horários que mais concentram veículos no dia: o pico do horário da tarde, além de o resultado estar na faixa entre 0,75 a 0,90, que resulta nos casos mais comuns, segundo a classificação da CET (1982). No volume horário de pico registraram-se 2186 veículos mistos, sendo que 58,70% são representados por super leves, 25% leves e 16,30% pesados. As Figuras 4.34 e 4.35 exemplificam o movimento de veículos na interseção da zona industrial.



Figura 4.34 - Registro do movimento veicular na zona industrial às 17h55min
Fonte: Acervo da autora, 2010



Figura 4.35 - Registro do movimento veicular na zona industrial às 17h54min
Fonte: Acervo da autora, 2010

A contagem foi realizada individualmente, por categoria, com anotação do movimento por faixa, sendo que a Figura 4.36 apresenta os movimentos nas quatro aproximações da interseção. Durante a contagem não houve imprudências dos motoristas em mudar de faixas com movimentos não esperados ou precipitados.

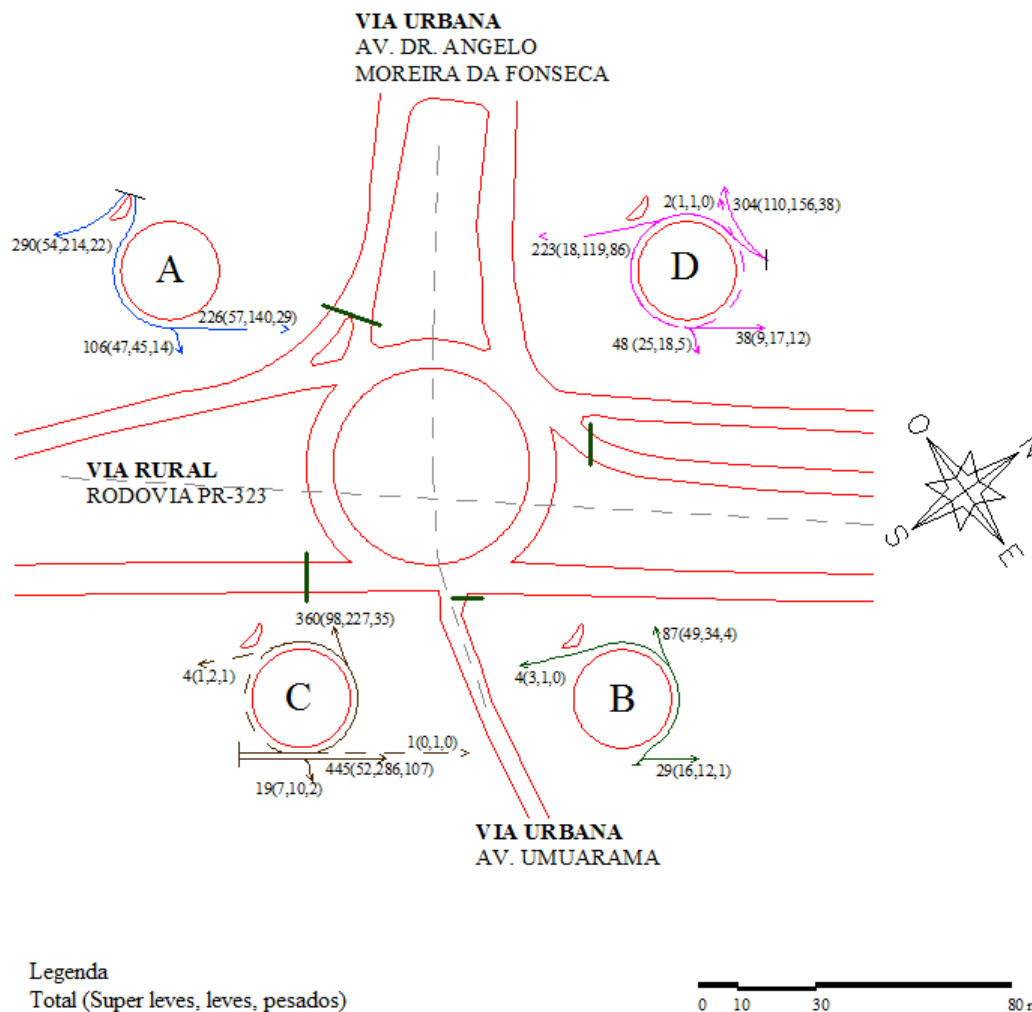


Figura 4.36 - Representação dos movimentos e quantitativo por categoria nas quatro aproximações, localizadas na interseção

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Por meio do levantamento realizado, apresenta-se a análise da via urbana:

- nos movimentos a partir da aproximação da Avenida Dr. Ângelo Moreira da Fonseca, à direita e à esquerda (A) são separados por um canteiro central. À direita, sentido PR323 (Guaíra), passou o maior volume de veículos, totalizando aproximadamente 47% do total de 622 veículos, sendo a maioria automóveis (74% do total de 290), devido ao término do horário comercial e a interligação com as cidades circunvizinhas;
- nos movimentos a partir da Avenida Dr. Ângelo Moreira da Fonseca e da PR323 (Guaíra) para a Avenida Umuarama (A e C) observa-se que a maioria dos veículos são da categoria super leves, porque essa avenida dá acesso aos bairros residenciais de baixa renda;
- a aproximação a partir da Avenida Umuarama (B) possui três movimentos, o mais

significativo é em continuação na via urbana para a Avenida Dr. Ângelo Moreira da Fonseca, com um total de 87 veículos, sendo 56% automóveis, seguido de 41% de caminhões, devido à área industrial, localizada atrás da Ford Caminhões;

- ainda, a partir da aproximação anterior (B), passou um total de 120 veículos. Observa-se um volume pequeno no sentido para PR323 (Guaíra) com apenas 3%, e para o sentido PR323 (Maringá) passou um total de 24% do volume. Ressaltando que a partir desse movimento o fluxo é urbano.

Em continuação, na via rural tem-se a seguinte análise:

- o movimento PR323 (Guaíra) / PR323 (Maringá) (C) possui duas faixas e o movimento PR323 (Maringá) / PR323 (Guaíra) (D) possui apenas uma faixa para os veículos;
- o movimento PR323 (Guaíra) / PR323 (Maringá) (C) é o que possui maior volume, com um total de 445 veículos, sendo os automóveis a maior quantidade 64%, e por segundo os caminhões, 24%. Um dos motivos é a facilidade em utilizar o sentido Maringá-Cascavel- Foz do Iguaçu (passando pela interseção), por não possuir pedágios;
- nos movimentos PR323 (Guaíra) / PR323 (Maringá) (C) e PR323 (Maringá) / PR323 (Guaíra) (D) há um maior fluxo de veículos da categoria automóveis, totalizando 286 e 119, respectivamente;
- o movimento que se destaca com o maior número de veículos a partir da aproximação da PR323 (Maringá) (D) é para a direita, acesso à cidade pela Avenida Dr. Ângelo Moreira da Fonseca, com um total de 49% dos veículos, sendo 51% automóveis, provenientes provavelmente da área industrial e do comércio;
- o movimento à esquerda do sentido PR323 (Guaíra) / PR323 (Maringá) (C) foi o mínimo, com apenas 1 automóvel. Por meio da rotatória, 360 veículos no total fizeram o movimento de PR323 (Guaíra) sentido Avenida Dr. Ângelo Moreira da Fonseca, caracterizando 63% de automóveis, a grande maioria são os estudantes que chegam à cidade e os trabalhadores retornando das cidades circunvizinhas e apenas 4 veículos retornaram para o mesmo sentido PR323 (Guaíra), o que não influenciou significativamente nos resultados.
- no movimento PR323 (Maringá) / PR323 (Maringá) (D), ou seja, no retorno

foram totalizados 38 veículos, ou seja, 6% do total de 615 veículos, em direção ao Restaurante e Posto Gauchão, ao comércio e à indústria localizada na PR323;

4.4.4. Paisagem sonora

No contexto do levantamento de dados acústicos, para o estudo de caso classificado como zona industrial foram analisados 09 pontos, escolhidos por se encontrarem próximos aos estabelecimentos industriais e de prestações de serviços, devido ao intenso tráfego de veículos urbanos e de passagem.

Os pontos 01 e 02 localizam-se na rodovia PR323, classificada como uma via rural, no sentido das cidades de Cianorte e Maringá, ambas localizadas no Paraná. As medições realizadas nos pontos 03 e 07, localizados na interseção das vias rural e urbana, tem a finalidade de diferenciar o fluxo da interseção. Os pontos 04 e 05 localizam-se na via urbana, Avenida Ângelo Moreira da Fonseca, e o ponto 06 na Avenida Umuarama, a qual dá acesso aos bairros residenciais de baixa renda. E os pontos 08 e 09 localizam-se também na rodovia PR323, sentido Guaíra. A Figura 4.37 apresenta a localização dos pontos de monitoramento do nível sonoro para a zona industrial, e também as curvas de nível da área em análise.

Dos pontos apresentados, quatro se localizam nas vias urbanas, quatro na via rural e dois pontos na interseção. O Quadro 4.4 apresenta as referências de localização dos pontos de monitoramento da zona industrial, estudo de caso.

Ponto	Avenida ou Rodovia	Referência
Ponto 1	Rodovia PR-323 Sentido Maringá	Posto de combustível
Ponto 2	Rodovia PR-323 Sentido Maringá	Indústrias
Ponto 3	Rodovia PR-323 Sentido Guaíra	Interseção - rotatória
Ponto 4	Avenida Ângelo Moreira da Fonseca	Área comercial / serviços
Ponto 5	Avenida Ângelo Moreira da Fonseca	Área comercial / serviços
Ponto 6	Avenida Umuarama	Ao lado do Restaurante Gauchão
Ponto 7	Rodovia PR-323 Sentido Maringá	Interseção - rotatória
Ponto 8	Rodovia PR-323 Sentido Guaíra	Área livre
Ponto 9	Rodovia PR-323 Sentido Guaíra	Área residencial (Barraca de frutas)

Quadro 4.4 – Referências de localização de cada ponto de monitoramento

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

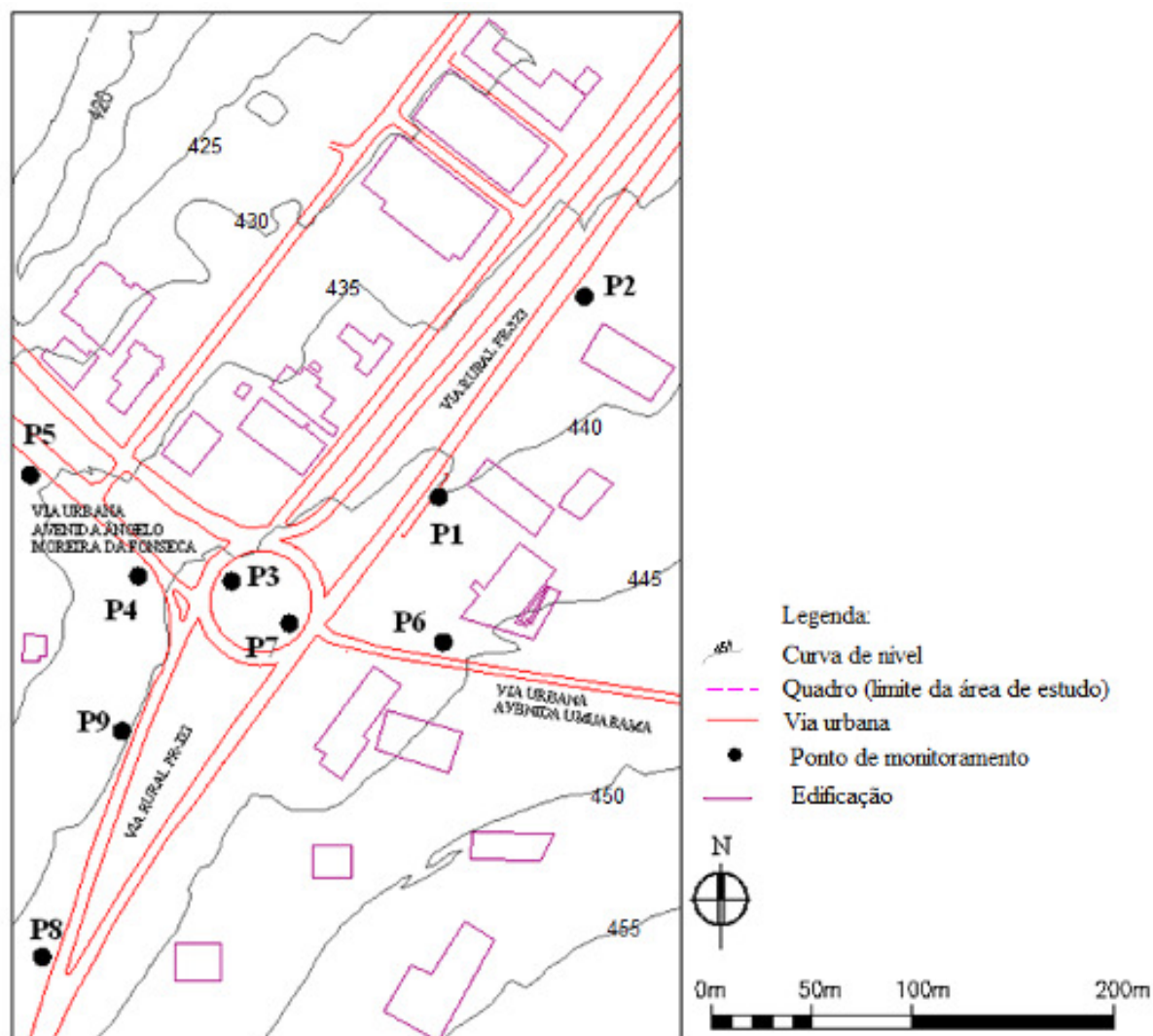


Figura 4.37 - Pontos de monitoramento de Nível de Pressão Sonora – Zona Industrial
 Fonte: Adaptado da Prefeitura Municipal de Umuarama, 2010.

As Figuras 4.38 e 4.39 apresentam a localização e o posicionamento dos equipamentos, medidores de nível de pressão sonora, na zona industrial, de acordo com as exigências da NBR10151/2000 – ABNT, nas imagens estão os pontos de monitoramento P2 e P3.



Figura 4.38 - Localização dos medidores de nível de pressão sonora – P2 (Via rural – sentido Maringá)

Fonte: Acervo da autora, 2010



Figura 4.39 - Localização dos medidores de nível de pressão sonora – P3 (Interseção)

Fonte: Acervo da autora, 2010

As medições foram realizadas com base nas exigências normativas e sem interferências de pedestres ou mesmo de veículos estacionados defronte aos locais de medição. A obtenção do indicador do ruído equivalente contínuo (Leq), conforme NBR 13369/1995, foi realizada com as avaliações dos medidores de nível de pressão sonora.

- Decibelímetro modelo 1325, da marca Minipa, disponibilizado pela Universidade Estadual de Maringá – UEM. As leituras das medições foram realizadas com intervalos de 10 minutos em uma hora no total, segundo a metodologia de Donato et al (2006), que indica a evolução do tempo mínimo de integração no número de veículos / hora.
- 01dB®, com filtro de oitava, disponibilizado pela Universidade Estadual de Maringá – UEM. Em cada ponto a coleta estendeu-se por dezoito minutos, com aquisição de dados a cada três segundos.

- DL4200, disponibilizado pela Universidade Estadual de Maringá – UEM. Em cada ponto a coleta estendeu-se por cinco minutos, com aquisição de dados a cada 0,5 segundos. Nesse caso, os dados foram disponibilizados individualmente, em uma planilha do Excel. Cada ponto de monitoramento possui em torno de 600 dados, em dB(A).

As planilhas de medição com os dados oriundos do campo foram revisadas, e as informações foram devidamente consolidadas, com a apresentação dos índices e dos descritores acústicos. O nível sonoro (L_{eq}), calculado em dB(A) a partir do equipamento decibelímetro modelo 1325, é apresentado no Quadro 4.5, com total de 121 amostras realizadas em quatro trechos. As Tabelas 4.5 e 4.6 apresentam os dados referentes ao equipamento 01dB[®], em dB.

Tabela 4.5 - Nível Sonoro por trechos da interseção (zona industrial) – Equipamento Decibelímetro 1325 Minipa.

Ponto	Identificação da Via	Nível Sonoro L_{eq} dB(A)
Via Urbana (P3)	Avenida Ângelo Moreira da Fonseca	81,14
Via Urbana (P6)	Avenida Umuarama	74,40
Via Rural (P1)	PR323 (Sentido Maringá)	90,79
Via Rural (P7)	PR323 (Sentido Guaíra)	81,43

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Tabela 4.6 – Nível Sonoro por trechos da interseção (zona industrial) – Equipamento 01dB[®].

Ponto	Nível Sonoro L_{eq} dB		
	12h00min	18h00min	Ruído global
P1	93,1	91,4	92,33
P2	95,7	89,7	93,66
P3	95,1	89,1	93,06
P4	90,7	88,2	89,63
P5	87,5	86,5	87,03
P6	85,4	86,6	86,04
P7	91,0	90,5	90,76
P8	89,4	87,9	88,71
P9	89,0	90,8	89,99

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

A partir do equipamento 01dB[®] extraiu-se o espectro do ruído gerado pelo tráfego, o qual foi inserido como característica da fonte sonora linear na simulação. Os valores dos espectros foram aferidos no passeio público, a uma distância de um metro do meio-fio. Estes valores são apresentados para a zona industrial, na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Índices acústicos (zona industrial) – Equipamento 01dB[®].

Índices	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Ruído global
A	74,26	74,99	76,26	68,87	76,36	69,16	83,07	74,62	75,70	85,97 dBA
C	84,93	84,57	86,15	87,90	83,10	81,99	87,88	84,15	87,39	94,66 dBC
LIN	92,33	93,66	93,06	89,63	86,90	86,04	90,76	88,71	89,99	99,96 dB
31,5	81,93	84,19	84,63	78,52	89,49	86,95	81,08	76,13	78,42	93,69 dB
63	85,43	82,25	87,16	80,56	80,29	78,91	84,41	85,67	80,95	93,00 dB
125	79,66	79,10	84,24	78,06	77,73	75,15	80,45	78,81	78,81	88,98 dB
250	75,04	75,42	78,37	73,80	72,75	70,19	74,80	80,11	76,47	85,14 dB
500	73,99	72,25	69,30	67,06	68,08	66,55	73,39	70,36	69,12	80,00 dB
1K	71,25	70,58	69,10	65,96	69,91	63,16	72,36	68,37	66,10	78,65 dB
2K	69,71	71,05	69,99	61,98	66,57	61,43	67,06	67,22	64,23	77,01 dB
4K	63,36	65,46	64,90	59,70	59,65	58,48	64,87	63,81	64,81	72,34 dB
8K	55,86	63,84	54,18	53,62	55,24	54,36	64,06	55,36	58,71	68,37 dB
S	108,61	110,25	106,88	106,12	104,85	102,36	108,92	109,18	110,66	116,90 dB
L	78,41	79,66	76,68	75,92	74,65	72,20	78,75	78,98	80,10	86,62 dB
M	97,43	100,86	95,63	95,87	93,66	94,29	104,85	102,49	106,07	109,19 dB
m	58,81	59,98	58,76	59,05	57,12	58,33	61,10	55,82	59,85	67,98 dB
L01	89,11	89,53	88,75	86,11	84,75	80,75	87,75	89,00	91,00	96,83 dB
L10	81,11	82,75	78,53	77,00	74,50	73,00	80,11	80,53	81,53	88,57 dB
L50	72,11	73,75	69,53	70,53	75,50	68,45	72,75	73,11	74,45	81,62 dB
L90	65,75	67,45	64,00	65,53	62,11	64,45	67,75	64,45	67,45	74,65 dB

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

A Tabela 4.8 apresenta os índices/ descritores acústicos para cada ponto de monitoramento do estudo de caso 2 – zona industrial, com o equipamento DL4200.

Tabela 4.8 – Índices / descritores acústicos (zona industrial) – Equipamento DL4200.

Ponto de Monitoramento	Índices / descritores acústicos							
	Nível Sonoro Global*	L _{eq} dB(A)	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	L _{tráfego}	TNI	L _{ps}
P1	74,18	74,06	62,27	68,93	79,44	68,33	103,94	91,29
P2	75,52	78,48	62,81	70,02	84,14	69,46	125,46	100,62
P3	73,81	74,34	63,29	69,89	76,96	68,42	89,08	88,00
P4	73,53	72,53	64,86	69,89	76,66	70,83	87,91	85,00
P5	74,33	73,81	63,38	68,25	80,33	70,21	109,94	92,15
P6	68,15	67,42	59,26	64,44	72,46	67,39	83,87	80,84
P7	76,13	74,75	67,89	71,57	78,21	66,69	84,46	86,28
P8	78,23	75,36	64,16	72,42	79,89	64,63	101,19	92,24
P9	73,51	71,28	60,07	70,10	75,96	64,63	95,71	87,59
<i>Ruído global:</i>	<i>74,80</i>	<i>74,40</i>	<i>63,80</i>	<i>69,95</i>	<i>79,34</i>	<i>68,32</i>	<i>116,09</i>	<i>93,07</i>

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

As idéias de ROSSI (1995) fazem referência à “relação singular e o embargo universal que existe entre certa situação local e as construções que estão em qualquer lugar”. Ou seja, a escala de referência para avaliar o impacto da reurbanização vem indicada pelo entorno da área específica em que se opera. A percepção do som admite uma série de apreensões externas que ajudam o indivíduo a localizar-se no mundo, vista a importância das medições e análise dos ambientes sonoros.

Neste tópico far-se-á a análise do levantamento dos dados acústicos, apresentados nos tópicos anteriores da caracterização da paisagem sonora. Deste modo, apresentam-se as análises referentes à contagem veicular, aos índices acústicos obtidos *in loco*, à avaliação da interferência do ruído na comunidade, de ambos os estudos de caso, no contexto da reurbanização. Além da apresentação do mapeamento sonoro pelo *software* SoundPLAN® e do comparativo dos resultados com as normativas brasileira e portuguesa.

5.1. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DO RUÍDO AMBIENTAL

Para avaliar o impacto ambiental causado pelo ruído, foram adotados critérios de comparação para os níveis sonoros identificados e para os descritores acústicos. O primeiro é determinado pelo *United States Department of Housing and Urban Development* - HUD, o segundo pela OMS, além dos limites estabelecidos pelas normativas brasileira e portuguesa, respectivamente NBR 10151 e Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal).

Com a finalidade de proporcionar ambientes adequados para a população americana, onde o conforto pode ser comprometido por excesso de ruído, o HUD desenvolveu um padrão para os critérios de ruído, apresentado, na revisão teórica, no tópico princípios e normas reguladoras da poluição sonora, especificadamente no Quadro 2.4, o qual será descrito a seguir. O fundamento básico desse programa é definido no regulamento de ruído *24 51B CFR Part 51 - Environmental Criteria and Standards - Subpart B - Noise Abatement and Control*²³. Assim, o HUD, regulamento que estabelece as seguintes normas de ruído exterior para a construção de novas moradias assistidas ou apoiadas pelo governo constitui as seguintes normativas de ruído exterior para a construção de novas moradias:

²³ O regulamento e os critérios para a avaliação do ruído encontram-se no <http://www.hudnoise.com/>, associado ao <http://www.acoustics.com/>, acessado em 28 de julho de 2010.

- L_{dn} inferior a 65 dB(A) – Aceitável
- L_{dn} superior a 65 dB(A), mas não superior a 75 dB(A) - Normalmente inaceitável
- Superior a 75 L_{dn} - Inaceitável
- L_{dn} - *Day Night* nível sonoro médio (L_{dn}) é a hora média do nível sonoro-24horas, dB(A), obtido após a adição de 10 dB(A), para os níveis de som que ocorrem entre 22h00 e 07h00.

Barbosa (1992) descreveu os limites do HUD, conforme apresentado sistematicamente a seguir.

a) Níveis equivalentes, L_{eq} dB(A):

- $L_{eq} \leq 49$ Claramente aceitável (*clearly acceptable*),
- $49 < L_{eq} \leq 62$ Normalmente aceitável (*normally acceptable*),
- $62 < L_{eq} \leq 76$ Normalmente inaceitável (*normally unacceptable*),
- $L_{eq} > 76$ Claramente inaceitável (*clearly unacceptable*).

b) Níveis estatísticos, L_{10} dB(A):

- $L_{10} \leq 53$ Claramente aceitável,
- $53 < L_{10} \leq 66$ Normalmente aceitável,
- $66 < L_{10} \leq 82$ Normalmente inaceitável,
- $L_{10} > 82$ dB(A) Claramente inaceitável.

c) Níveis estatísticos, L_{90} dB(A):

- $L_{90} \leq 41$ Claramente aceitável,
- $41 < L_{90} \leq 56$ Normalmente aceitável,
- $56 < L_{90} \leq 71$ Normalmente inaceitável,
- $L_{90} > 71$ Claramente inaceitável.

Calixto (2002) cita que, conforme a OMS, os níveis de ruído equivalente, segundo as faixas mencionadas a seguir, são prejudiciais a saúde. Um nível equivalente de ruído de até 50 dB(A) pode perturbar, mas o organismo se adapta facilmente. A partir de 55 dB(A) pode haver a ocorrência de estresse leve, acompanhado de desconforto. O nível de 70 dB(A) é tido como o nível inicial do desgaste do organismo, aumentando o risco de infarto, derrame cerebral, infecções, hipertensão arterial e outras patologias. A 80 dB(A) ocorre a liberação de endorfinas biológicas, causando uma sensação de prazer momentâneo. No valor de 100 dB(A)

pode haver perda de audição.

A medicina preventiva considera que o limite do nível equivalente do ruído ao qual uma pessoa poderia estar sempre exposta é 65 dB(A), conforme cita Maschke (1999) *apud* Calixto (2002).

5.2. ESTUDO DE CASO 1 – ZONA SENSÍVEL

O resultado da contagem veicular classificada da Avenida Maringá, que caracteriza o tráfego da área de estudo, foi de 1530 veículos mistos por hora no fluxo da noite. Observa-se no Gráfico 5.1, que apresenta a contagem veicular classificada da zona sensível, que a porcentagem dos veículos leves é significativa, sendo aproximadamente 89%, e os veículos pesados não possuem 1% da contagem total.

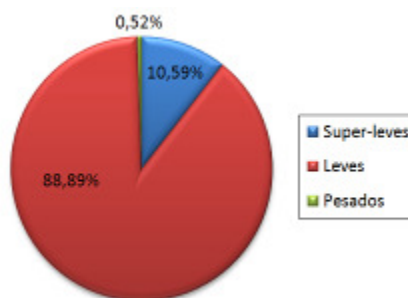


Gráfico 5.1 - Contagem veicular da zona sensível
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

O volume de veículos equivalentes por hora – V_{eq} é de 1430 v_{eq}/h , que caracteriza o número equivalente de carros de passeio por hora - cp/h . Percebe-se que a porcentagem de veículos leves e super leves influenciaram no resultado dos veículos equivalentes, pois o total diminui em relação à contagem veicular classificada, por serem valores significativos.

5.2.1. Análise do ruído urbano – Equipamento 01dB®

Em relação às características morfológicas da zona sensível e do tráfego veicular na Avenida Maringá e nas avenidas do entorno imediato, Avenida Paraná e Avenida Londrina, as características da paisagem sonora referentes às medições do ruído são apresentadas em uma análise geral, a partir do medidor de nível de pressão sonora – MNPS 01dB® e, a seguir, apresentadas por meio das análises pontuais com MNPS DL4200.

O Gráfico 5.2 apresenta o espectro de ruído gerado pelo tráfego, por meio do MNPS da 01dB[®], a partir do ruído global de todos os dados de cada ponto de monitoramento.

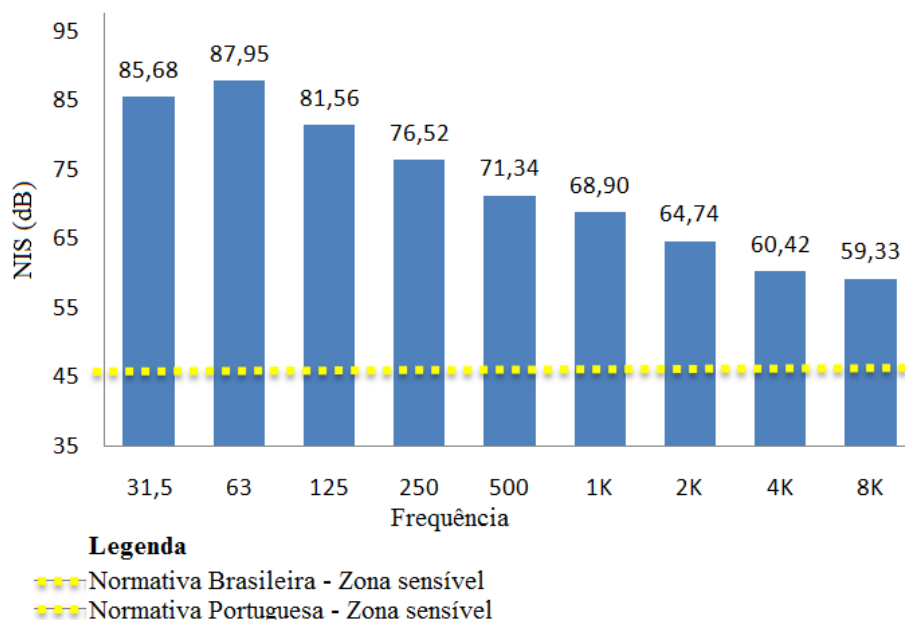


Gráfico 5.2 – Espectro sonoro, dB a partir do ruído global - zona sensível
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

No Gráfico 5.3 se observa que os maiores níveis de ruído se apresentam nas frequências mais baixas de 31,5 Hz, 63 Hz e 125 Hz, com os respectivos valores 85,68 dB; 87,95 dB e 81,56 dB, sendo que o valor absoluto encontrado (59,33 dB) é na faixa de frequência alta (8K). Comparando os níveis obtidos com as normativas brasileira e portuguesa, avalia-se que o ruído está acima do limite máximo permitido que é de 45 dB pela Norma NBR10151/2000 – ABNT e pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal).

O Gráfico 5.4 apresenta os índices acústicos obtidos com medidor de nível de pressão sonora 01dB[®].

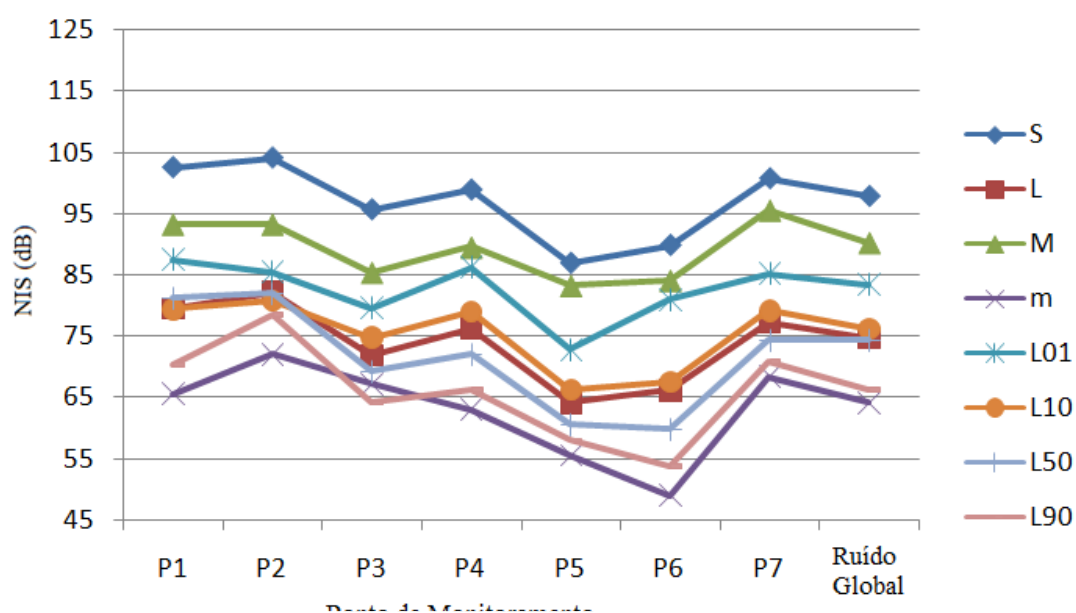


Gráfico 5.3 – Índices acústicos, em dB a partir do Ruído global - zona sensível –Equipamento 01dB®.
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

O ruído global de cada índice é o valor único que representa os respectivos índices acústicos, por meio da média das intensidades calculadas por log. Os valores de L (nível equivalente sonoro, o L_{eq} , medido desde o início da medição) e L_{10} , valor de pico, estão aproximados, sendo os valores mais altos, que correspondem a 82,23 dB e a 80,90 dB, respectivamente, ambos no ponto de monitoramento nº 2, localizado na Avenida Maringá, no ponto de referência da casa dos padres. E os valores mais baixos são, respectivamente, 66,42 dB e 64,19 dB, ambos no ponto de monitoramento nº 5, localizado na Avenida Rolândia, no ponto de referência Universidade. O ruído global de todos os pontos de monitoramento está acima do permitido pelas normativas brasileira e portuguesa.

Os resultados do índice S, que correspondem ao maior nível de intensidade sonora instantânea medida no local, são identificados com os maiores índices de ruído, sendo P1 e P2, localizados respectivamente, na Avenida Paraná e na Avenida Maringá, com 102,61 dB e 104,16 dB. E o menor valor de S encontrado foi no ponto de monitoramento P5, Avenida Rolândia, com 87,11 dB.

O valor maior do nível estatístico L_{90} , um dos índices estatísticos mais baixos, ruído de fundo, é 53,84 dB, no P5 – ponto de controle, localizado na Rua José Honório Ramos. Os índices M (máximo valor de L_{eq}) e o m (mínimo valor de L_{eq}), ambos com tempo de aquisição curto (0,125 segundos), medidos desde o início da medição, são apresentados no Gráfico 5.5, onde se observam os maiores valores nos pontos de monitoramento P7, com 95,66 dB na Avenida Londrina, Praça Miguel Rossafa. Os resultados com os valores mínimos são

observados nos pontos de monitoramento P5 e P6, localizados na Avenida Rolândia e na Rua José Honório Ramos, sendo 55,58 dB e 48,99 dB, respectivamente.

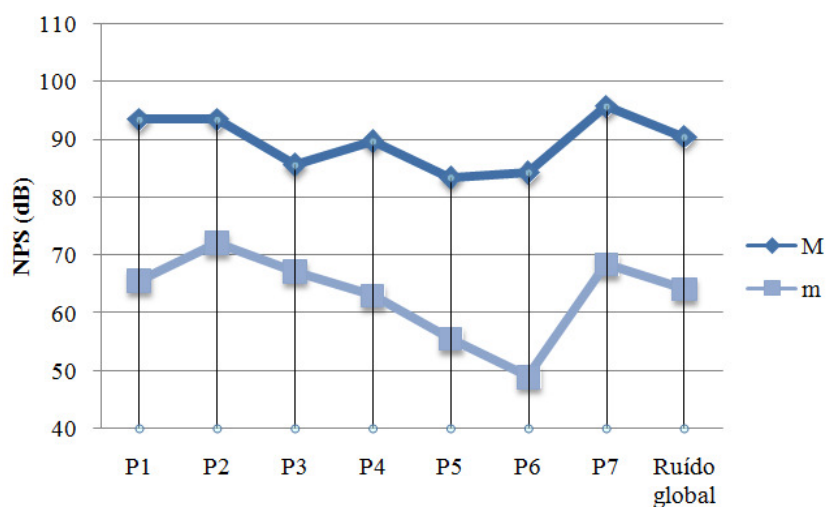


Gráfico 5.4 – Índices acústicos, em dB a partir do Ruído global - zona sensível –Equipamento 01dB®
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

No Gráfico 5.6 apresentam-se os valores do índice acústico L_{eq} , em dB, a partir do ruído global, em cada ponto de monitoramento. Destaca-se o limite de 45 dB estabelecido pelas normativas brasileira e portuguesa, para o período noturno.

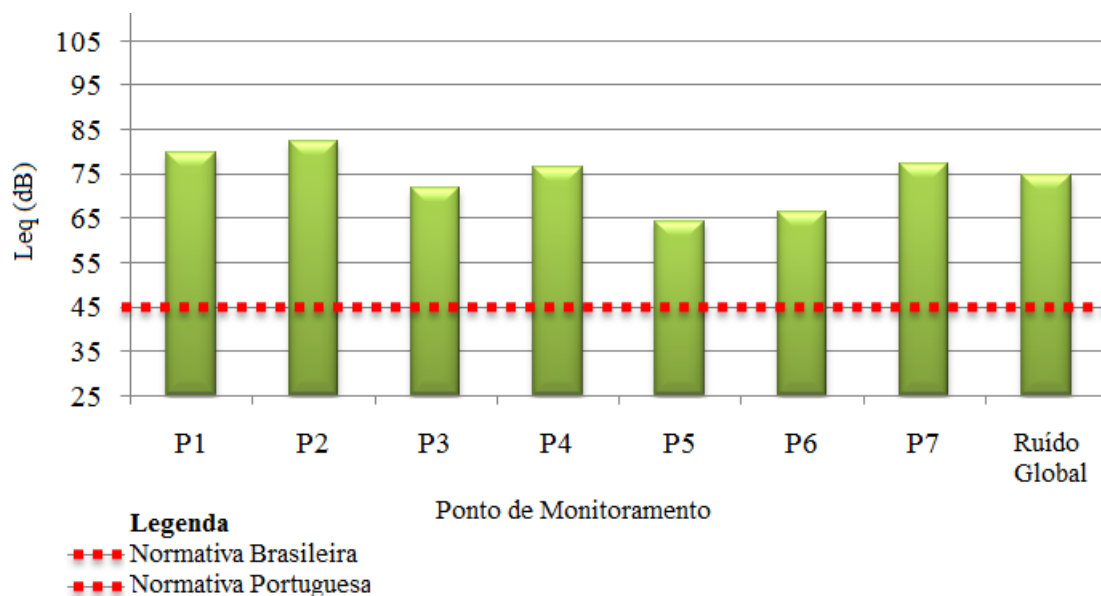


Gráfico 5.5 – Valores de L_{eq} , em dB a partir do Ruído global - zona sensível –Equipamento 01dB®
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Observa-se que os maiores níveis de pressão sonora encontram-se no ponto de monitoramento P2, localizado na Avenida Maringá. O Gráfico 5.7 apresenta os valores de L_{eq} do ponto de monitoramento P2 com os seus respectivos horários de medição.

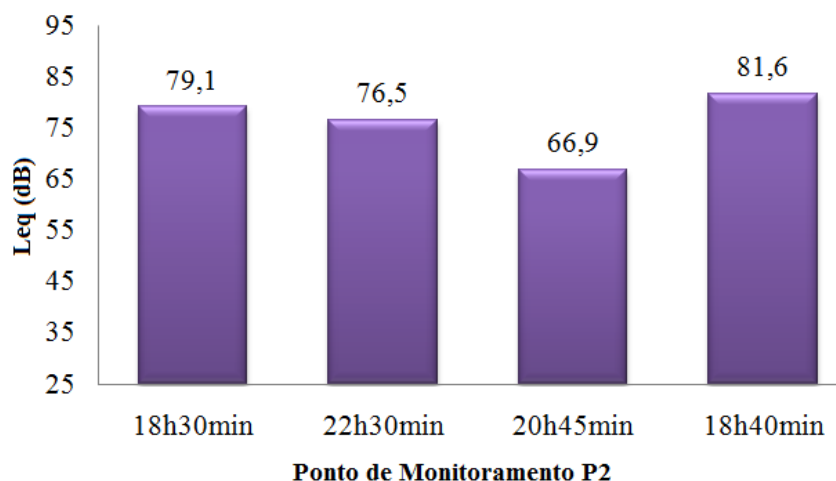


Gráfico 5.6 – Valores de L_{eq} , em dB, do ponto de monitoramento P2- zona sensível –Equipamento 01dB[®]

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

O valor do L_{eq} global no ponto de monitoramento P2, a partir da média calculada por L_{og} , na Avenida Maringá, é de 82,23 dB. Os maiores níveis de pressão sonora encontram-se nos horários das 18h30min e 18h40min, com 79,10 dB e 81,60 dB, respectivamente, devido à chegada dos estudantes à Universidade. Portanto, os maiores índices de ruído estão na Avenida Maringá e todos os pontos de monitoramento estão com os resultados acima dos limites estabelecidos pelas normativas brasileira e portuguesa.

5.2.2. Análise do ruído urbano - Equipamento DL4200

As medições dos níveis de pressão sonora foram realizadas no mês de julho e agosto de 2010, em dias semanais diferentes, como na terça-feira, na quarta-feira, no sábado e no domingo. A Tabela 5.1 apresenta os horários iniciais e finais de cada medição. Os índices e descritores acústicos apresentados na Tabela 5.2 estão resumidos a partir das tabelas apresentadas no tópico Caracterização da paisagem sonora, Estudo de caso 2 – zona sensível, Paisagem sonora. Os resultados são apresentados nas Tabelas 5.1, 5.2 e no Gráfico 5.8, com suas respectivas análises.

Tabela 5.1 – Horários iniciais e finais de cada medição da zona sensível – Equipamento DL4200.

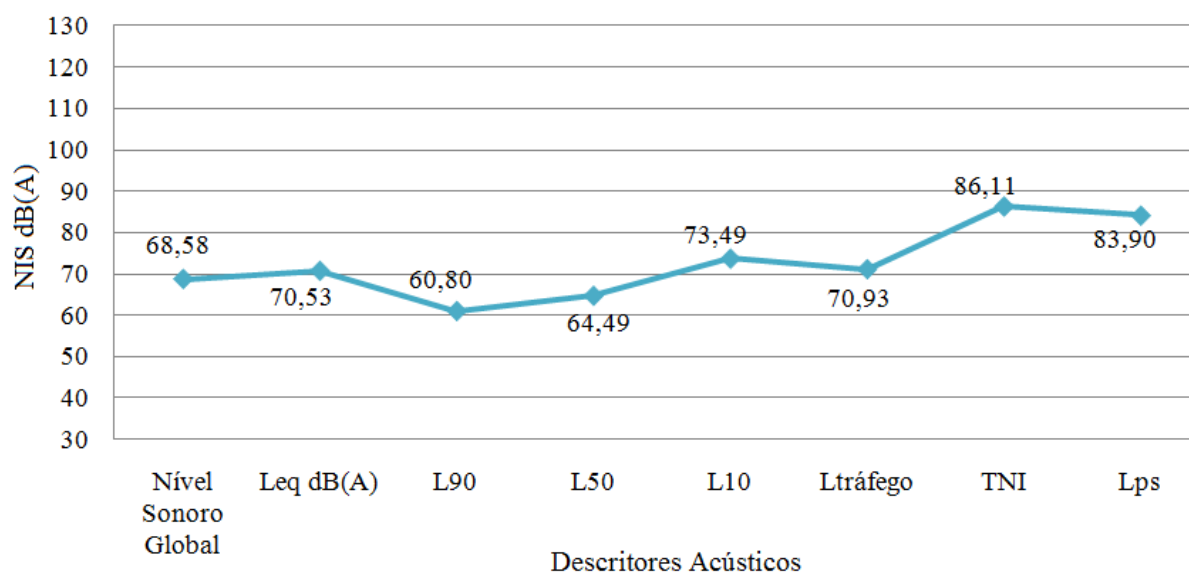
Pontos de Monitoramento							
Medição	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Horário Inicial							
1 ^a	18:04:10	18:46:51	18:26:08	18:17:17	18:55:32	19:06:06	18:36:36
2 ^a	22:13:44	21:50:35	21:42:18	22:22:32	22:32:36	22:02:18	22:46:32
3 ^a	19:39:06	18:25:53	18:32:45	19:49:36	20:09:19	19:59:00	20:19:49
Horário Final							
1 ^a	18:09:05	18:51:46	18:31:03	18:22:12	19:00:27	19:10:96	18:41:31
2 ^a	22:18:39	21:55:30	21:46:90	22:27:27	22:37:40	22:07:13	22:51:27
3 ^a	19:44:01	11:36:49	18:37:40	19:54:38	17:44:04	20:03:55	20:24:54

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Tabela 5.2 - Índices / descritores acústicos (zona sensível) – Equipamento DL4200.

Ponto de Monitoramento	Índices / descritores acústicos							
	Nível Sonoro Global	L _{eq} dB(A)	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	Ltráfego	TNI	Lps
P1	71,31	71,23	62,08	65,63	74,26	69,64	81,10	83,52
P2	68,88	69,75	60,78	65,15	70,59	70,93	74,26	79,21
P3	68,34	70,99	59,38	63,22	74,31	70,47	90,83	86,13
P4	67,32	67,61	58,79	63,59	70,78	71,63	77,21	79,42
P5	59,53	55,95	46,62	51,79	59,54	71,19	71,55	69,04
P6	53,83	52,95	42,66	47,26	57,47	71,86	74,29	68,38
P7	72,00	75,74	65,92	69,13	78,92	70,38	91,46	89,53
Ruído Global	68,58	70,53	60,80	64,49	73,49	70,93	86,11	83,90

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

**Gráfico 5.7** – Descritores acústicos, dB(A) a partir do ruído global – zona sensível

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

O nível estatístico L_{90} , ruído de fundo, tem menor índice que é 60,80 dB(A). Ressalta-se que o nível estatístico L_{10} , considerado como valor de pico, é um dos índices mais altos 70,93 dB(A), que representa o nível que causa mais desconforto. O descritor acústico TNI (*Traffic Noise Index*), que mede o grau de incomodidade gerado pelo tráfego rodoviário é o índice mais alto, 86,11 dB(A). O Gráfico 5.9 apresenta todos os índices e descritores acústicos obtidos e calculados para a zona sensível para cada ponto de monitoramento.

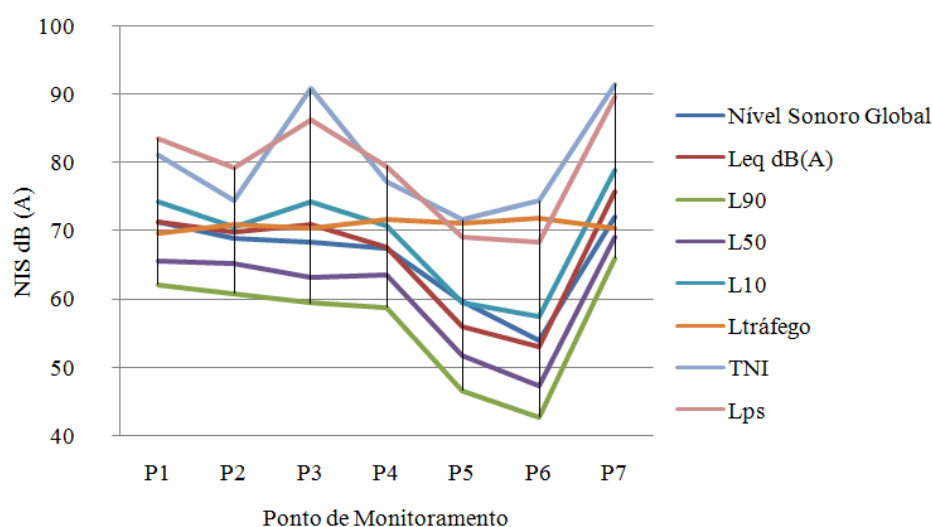


Gráfico 5.8 – Índices e descritores acústicos, dB(A) – zona sensível - Equipamento DL4200

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

A estimativa do ruído em função do volume de tráfego ($L_{\text{tráfego}}$), que consiste em 70,93 dB(A) é constante devido à contagem ser realizada na interseção da Avenida Maringá com a Rua Cambé, que caracteriza o volume de tráfego da área de estudo. O índice que caracteriza o ruído urbano é o L_{eq} , o valor de 70,53 dB(A) foi obtido a partir do ruído global de todos os pontos de monitoramento. Outro método de avaliação do ruído urbano é o descritor do nível de poluição sonora, que tem como base os índices L_{eq} , L_{10} e L_{90} , que consiste em 83,90 dB(A).

O ponto 6, ponto de controle, conforme esperado apresentou o menor índice absoluto, com 53,83 dB(A) como nível sonoro global, e um L_{eq} de 52,95 dB(A), devido ao menor fluxo e movimento de veículos em uma área estritamente residencial. Os pontos de monitoramento que obtiveram maiores valores foram os pontos 1 e 7, localizados na Avenida Paraná e Avenida Londrina, com um L_{eq} de 71,23 dB(A) e 75,74 dB(A), respectivamente. Os pontos 2, 3 e 4 apresentaram valores aproximados, com um L_{eq} de 68,88 dB(A), 68,34 dB(A) e 67,32 dB(A), respectivamente, caracterizando o ruído urbano na Avenida Maringá.

O nível do ruído de fundo (L_{90}), a partir da média realizada por L_{eq} , foi de 60,80 dB(A), o que confirma a característica ruidosa da área de estudo. O nível do ruído de fundo alcançou seu menor índice, 40,20 dB(A) entre 19h59min. e 20h03min., sexta-feira, no ponto de monitoramento P6, Rua José Honório Ramos e está dentro dos critérios estabelecidos pela OMS. No ponto de monitoramento P1, Avenida Paraná, foi registrado o maior nível de ruído (L_{10}) entre 18h04min. e 18h09min., com os valores de 77,10 dB(A).

De acordo com os critérios de comparação HUD, o Quadro 5.1 apresenta a avaliação dos resultados.

Índice acústico	Valores em dB(A)	Critério	Avaliação
L_{eq} dB(A)	70,53	$62 < L_{eq} \leq 76$	Normalmente inaceitável
L_{90}	60,80	$56 < L_{eq} \leq 71$	Normalmente inaceitável
L_{10}	73,49	$66 < L_{10} \leq 82$	Normalmente inaceitável

Quadro 5.1 – Avaliação dos resultados para a zona sensível, de acordo com o critério de comparação HUD.

Comparando os níveis obtidos com as normativas brasileira e portuguesa, pode-se dizer que o nível equivalente de ruído obtido, de uma forma global de 70,53 dB(A), está acima do limite máximo permitido que é de 45 dB(A) pela Norma NBR10151/2000 – ABNT e pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal), para o período noturno.

Segundo Bistafa (2006), estima-se a reação comunitária por meio do Quadro 5.1 apresentado no tópico Ruído de Comunidades, da Revisão Teórica. Com o valor de L_{eq} 70,53 dB(A), acima de 65 dB(A), há forte reação da comunidade. O Gráfico 5.10 apresenta a relação do L_{eq} obtido pelos equipamentos 01dB[®] e DL4200, e o nível sonoro global obtido pelo equipamento DL4200.

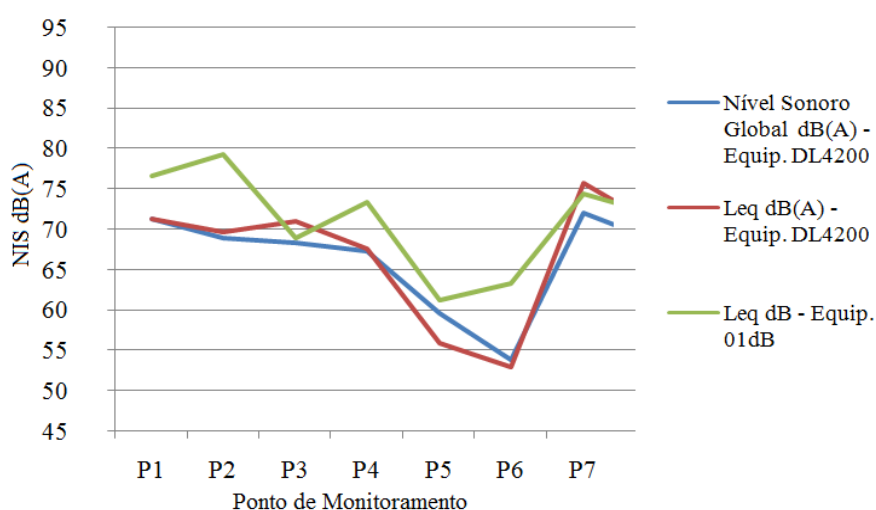


Gráfico 5.9 – Relação entre os L_{eq} e o nível sonoro global, em dB(A) - zona sensível
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Observa-se que as curvas do Gráfico 5.10 possuem a mesma diagramação entre o nível sonoro global, obtido automaticamente pelo equipamento DL4200 e o L_{eq} , calculado a partir dos dados também do equipamento DL4200, ambos em dB(A), que caracteriza a estabilização dos dados. O L_{eq} obtido pelo equipamento 01dB[®] possuem a mesma forma da diagramação da curva, porém com os valores diferenciados.

A seguir são realizadas as análises pontuais, com os resultados calculados a partir dos dados obtidos do equipamento DL4200, calibrado recentemente, que proporciona os principais índices e descritores acústicos, com seus respectivos gráficos, em cada ponto de monitoramento. Observa-se que não há um padrão na manutenção do volume de tráfego, dado, e que esse volume observado é constante nos horários de medição, quando foram realizadas a contagem veicular e as medições do nível de pressão sonora.

5.2.2.1 Análise do Ponto 1

No Quadro 5.2 apresentam-se os descritores acústicos do ponto 1 na zona sensível, obtidos com o equipamento DL4200, com seu respectivo Gráfico 5.11.

	Índices / descritores acústicos						
	L_{eq} dB(A)	L_{90}	L_{50}	L_{10}	Ltráfego	TNI	Lps
	74,6	64,7	68,3	77,1	68,3	84,3	87,0
	68,5	60,2	63,3	72,6	68,3	79,9	80,9
	65,7	59,3	63,2	70,2	71,5	72,9	76,6
Ruído global	71,23	62,08	65,63	74,26	69,64	81,10	83,52

Quadro 5.2 – Índices acústicos – Ponto de monitoramento P1 - Equipamento DL4200.

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

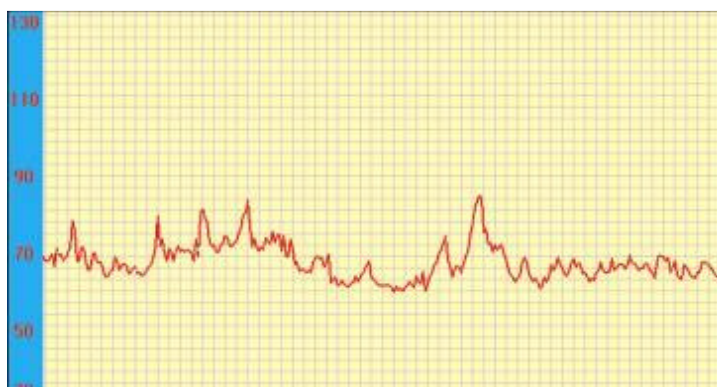


Gráfico 5.10 – P1-Nível sonoro global, em dB(A), domingo, 01 de agosto de 2010
Máximo: 82,3 dB(A) Mínimo: 57,2 dB(A).

No Quadro 5.2 o nível estatístico L_{10} , valor de pico, é um dos índices mais altos, 74,26 dB(A), e o nível estatístico L_{90} , ruído de fundo, é 62,08 dB(A), índice absoluto. O descritor acústico mais alto é o descritor acústico TNI, que mede o grau de incomodidade gerado pelo tráfego rodoviário, sendo 81,10 dB(A) está próximo do nível de poluição sonora (L_{ps}), que consiste em 83,52 dB(A).

A estimativa do ruído em função do volume de tráfego ($L_{tráfego}$), com o valor de 69,64 dB(A) está próxima do valor do L_{50} 65,63 dB(A), próximo do ponto médio. No Gráfico 5.11, observam-se os picos elevados que correspondem exatamente aos momentos em que os veículos passam pelo equipamento. De acordo com os critérios de comparação HUD, o Quadro 5.3 apresenta a avaliação dos resultados.

Índice acústico	Valores em dB(A)	Critério	Avaliação
L_{eq} dB(A)	71,23	$62 < L_{eq} \leq 76$	Normalmente inaceitável
L_{90}	62,08	$56 < L_{90} \leq 71$	Normalmente inaceitável
L_{10}	74,26	$66 < L_{10} \leq 82$	Normalmente inaceitável

Quadro 5.3 – Avaliação dos resultados do P1, de acordo com o critério de comparação HUD.

Comparando-se os níveis obtidos com as normativas brasileira e portuguesa, pode-se dizer que o nível equivalente de ruído obtido, de uma forma global, é de 71,23 dB(A), e ainda está acima do limite máximo permitido, que é de 45 dB(A) pela Norma NBR10151/2000 – ABNT e pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal).

O nível do ruído de fundo (L_{90}) foi de 62,08 dB(A), de acordo com o critério estabelecido pela OMS. Está acima de 55 dB(A), podendo haver a ocorrência de estresse leve, acompanhado de desconforto. Ainda de acordo com esse critério, o valor de L_{eq} , 71,23 dB(A) é tido como o nível inicial do desgaste do organismo, aumentando o risco de infarto, derrame cerebral, infecções, hipertensão arterial e outras patologias, passando do limite considerado pela medicina preventiva, de 65 dB(A). O Gráfico 5.12 apresenta a relação do L_{eq} e os dias/horários de monitoramento do ponto 1.

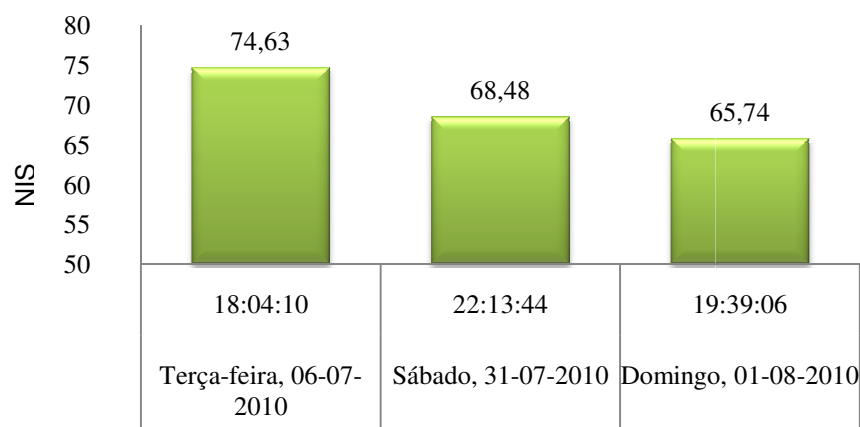


Gráfico 5.11 – Relação entre o L_{eq} dB(A) com os dias e horários de medição - Ponto 1
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Analisando-se o Gráfico 5.12, nota-se que o maior valor do L_{eq} foi obtido no dia 06 de julho de 2010, em uma terça-feira. Constata-se que o valor correspondente é de 74,63 dB(A), por volta das 18h04min., valor acima do nível recomendado pela NBR 10151 e pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal).

O valor absoluto do L_{eq} foi encontrado no domingo, com 65,74 dB(A), porém, pode-se notar, em função dos valores apresentados, que a diferença entre o valor do L_{eq} obtido no sábado e o L_{eq} obtido no domingo é de apenas 2,74 dB(A), diferença que aponta para uma estabilidade nos níveis de ruído equivalente durante o período noturno nessa área de estudo. Assim, o nível sonoro está acima do permitido no ponto de monitoramento P1, localizado na Avenida Paraná, uma das principais avenidas estruturadoras da morfologia urbana do município de Umuarama.

5.2.2.2 Análise do Ponto 2

No Quadro 5.4 apresentam-se os descritores acústicos do ponto 2, localizado na Avenida Maringá, na zona sensível, obtidos com o Equipamento DL4200, com seu respectivo Gráfico 5.13.

	Índices / descritores acústicos						
	L_{eq} dB(A)	L_{90}	L_{50}	L_{10}	Ltráfego	TNI	Lps
	64,3	56,9	62,4	68,7	69,5	74,1	76,1
	73,4	64,0	67,5	72,3	69,5	67,2	81,7
	65,4	57,7	63,9	70,0	72,9	76,9	77,7
*Ruído global	69,75	60,78	65,15	70,59	70,93	74,26	79,21

Quadro 5.4 – Índices acústicos – Ponto de monitoramento P2 - Equipamento DL4200.
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

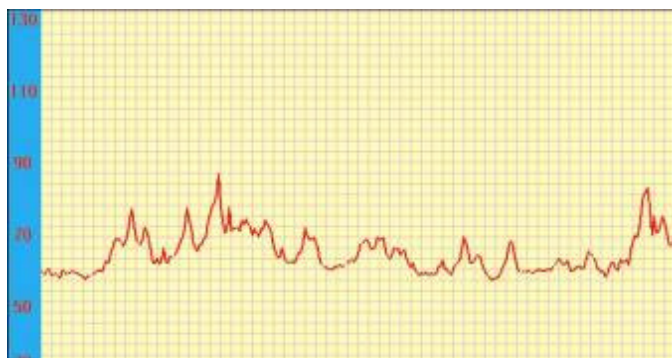


Gráfico 5.12 – P2-Nível sonoro global, em dB(A), terça-feira, 06 de julho de 2010 Máximo: 84,2 dB(A) Mínimo: 54,6 dB(A)

No Gráfico 5.13, observam-se os picos elevados que correspondem exatamente aos momentos em que os veículos passam contínuos pelo equipamento. A estimativa do ruído em função do volume de tráfego ($L_{\text{tráfego}}$), que consiste em 70,93 dB(A), está próximo do valor de pico, o nível estatístico L_{10} 70,59 dB(A), um dos índices mais altos. O nível estatístico L_{90} , ruído de fundo, é 60,78 dB(A), índice absoluto.

Um dos descritores acústicos mais altos é o TNI, que mede o grau de incomodidade gerado pelo tráfego rodoviário, sendo 74,26 dB(A). O descritor acústico mais alto é nível de poluição sonora (L_{ps}), que consiste em 79,21 dB(A). De acordo com os critérios de comparação HUD, o Quadro 5.5 apresenta a avaliação dos resultados.

Índice acústico	Valores em dB(A)	Critério	Avaliação
L_{eq} dB(A)	69,75	$62 < L_{eq} \leq 76$	Normalmente inaceitável
L_{90}	60,78	$56 < L_{90} \leq 71$	Normalmente inaceitável
L_{10}	70,59	$66 < L_{10} \leq 82$	Normalmente inaceitável

Quadro 5.5 – Avaliação dos resultados do P2 de acordo com o critério de comparação HUD.

Comparando os níveis obtidos com as normativas brasileira e portuguesa, pode-se dizer que o nível equivalente de ruído obtido, de 69,75 dB(A), está acima do limite máximo permitido que é de 45 dB(A) pela Norma NBR10151/2000 – ABNT e pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal).

O nível do ruído de fundo (L_{90}) foi de 60,78 dB(A), de acordo com o critério estabelecido pela OMS. Está acima de 55 dB(A), podendo haver a ocorrência de estresse leve,

acompanhado de desconforto. O Gráfico 5.14 apresenta a relação do L_{eq} e os dias/ horários de monitoramento do ponto 2.

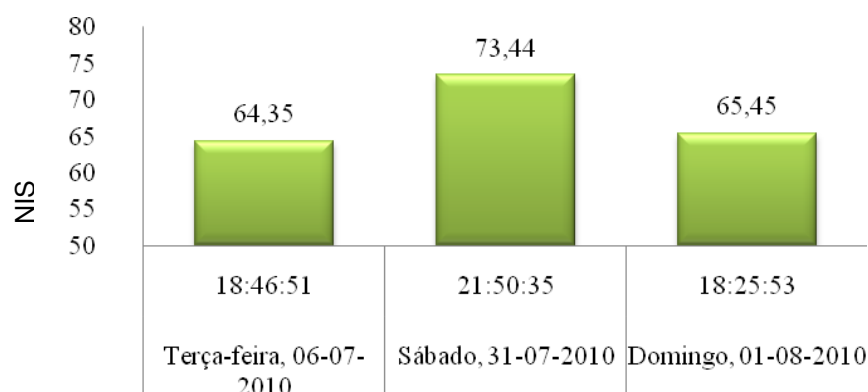


Gráfico 5.13 – Relação entre o L_{eq} dB(A) com os dias e horários de medição - Ponto 2
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

De acordo com o Gráfico 5.14, o valor maior do L_{eq} aconteceu no dia 31 de julho de 2010, em um sábado, característico pelo movimento. Consta-se que o valor correspondente é de 73,44 dB(A), às 21h50min., sendo um valor acima do nível recomendado pela NBR 10151 e pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal), que são de 45 dB(A). O valor absoluto do L_{eq} foi encontrado na terça-feira, com o valor de 64,35 dB(A), às 18h46min.

5.2.2.3 Análise do Ponto 3

Os índices e descritores acústicos do ponto de monitoramento P3, localizado na Avenida Maringá, estão apresentados no Quadro 5.6, obtidos com o Equipamento DL4200, com seu respectivo Gráfico 5.7.

	Índices / descritores acústicos						
	L_{eq} dB(A)	L_{90}	L_{50}	L_{10}	Ltráfego	TNI	Lps
	70,7	56,9	61,2	70,2	68,4	80,1	84,0
	70,8	61,9	66,1	76,5	68,4	90,3	85,4
	71,4	57,5	59,6	74,1	72,9	93,9	88,0
*Ruído global	70,99	59,38	63,22	74,31	70,47	90,83	86,13

Quadro 5.6 – Índices acústicos – Ponto de monitoramento P3 - Equipamento DL4200.
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

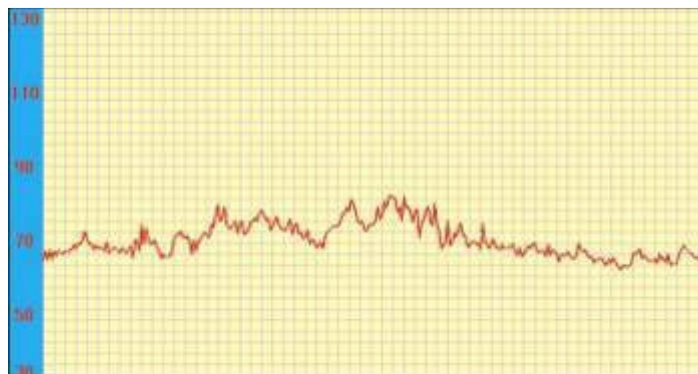


Gráfico 5.14 – P3-Nível sonoro global, em dB(A), sábado, 31 de julho de 2010. Máximo: 79,5 dB(A)
Mínimo: 59,3 dB(A)

O Gráfico 5.15 apresenta os picos elevados que correspondem exatamente aos momentos em que os veículos passam constantemente pelo equipamento, em baixa velocidade com música em nível sonoro elevado. O índice mais alto é o descritor acústico TNI, sendo 90,83 dB(A). O índice do nível de poluição sonora (L_{ps}), consiste em 86,13 dB(A).

A estimativa do ruído em função do volume de tráfego ($L_{tráfego}$) é 70,47 dB(A) e está próximo do valor do L_{eq} 70,99 dB(A). O nível estatístico L_{10} , valor de pico, é um dos índices mais altos 76,96 dB(A), próximo do L_{eq} 74,31 dB(A), o que caracteriza o nível sonoro elevado. De acordo com os critérios de comparação HUD, o Quadro 5.7 apresenta a avaliação dos resultados.

Índice acústico	Valores em dB(A)	Critério	Avaliação
L_{eq} dB(A)	70,99	$62 < L_{eq} \leq 76$	Normalmente inaceitável
L_{90}	59,38	$56 < L_{90} > 71$	Normalmente inaceitável
L_{10}	74,31	$66 < L_{10} \leq 82$	Normalmente inaceitável

Quadro 5.7 – Avaliação dos resultados do P3 de acordo com o critério de comparação HUD.

Comparando-se os níveis obtidos com as normativas brasileira e portuguesa, pode-se dizer que o nível equivalente de ruído obtido é 70,99 dB(A), e ainda está acima do limite máximo permitido que é de 45 dB(A) pela Norma NBR10151/2000 – ABNT e pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal).

O nível estatístico L_{90} , ruído de fundo, é 59,38 dB(A), índice absoluto, que de acordo com o critério estabelecido pela OMS, está acima de 55 dB(A). O Gráfico 5.16 apresenta a relação do L_{eq} e os dias/ horários de monitoramento do ponto 3.

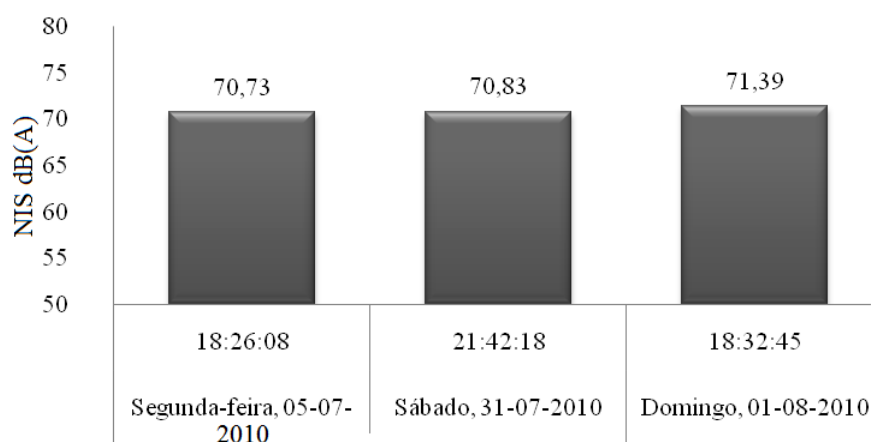


Gráfico 5.15 – Relação entre o L_{eq} dB(A) com os dias e horários de medição - Ponto 3

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

De acordo com o Gráfico 5.16 os valores de L_{eq} estão próximos, segunda-feira com 70,73 dB(A), sábado com 70,83 dB(A) e no domingo com 71,39 dB(A), sendo que a diferença entre segunda-feira e sábado é de apenas 0,10 dB(A). Os valores de L_{eq} estão acima do nível recomendado pela NBR 10151 e pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal), que são de 45 dB(A), no horário noturno para as zonas sensíveis.

5.2.2.4 Análise do Ponto 4

No Quadro 5.8 apresenta-se os índices e descritores acústicos do ponto de monitoramento P4, localizado na Avenida Maringá, obtidos e calculados com os dados do equipamento DL4200, com seu respectivo Gráfico 5.17.

	Índices / descritores acústicos						
	L_{eq} dB(A)	L_{90}	L_{50}	L_{10}	Ltráfego	TNI	Lps
	68,1	60,1	66,1	72,3	70,8	78,9	80,3
	69,4	59,2	62,4	70,4	70,8	74,0	80,6
	63,2	56,2	60,2	69,0	72,9	77,4	76,0
*Ruído global	67,61	58,79	63,59	70,78	71,63	77,21	79,42

Quadro 5.8 – Índices acústicos – Ponto de monitoramento P4 - Equipamento DL4200.

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

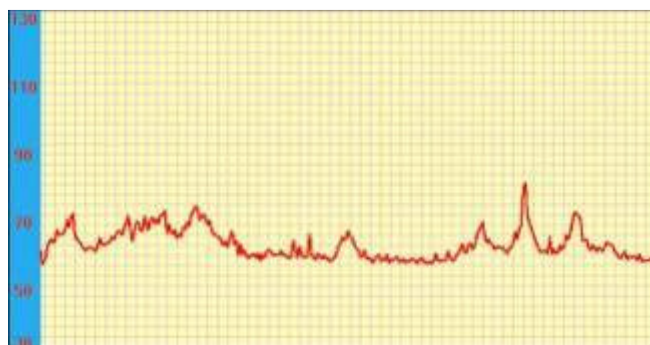


Gráfico 5.16 – P4-Nível sonoro global, em dB(A), domingo, 01 de agosto de 2010. Máximo: 78,8 dB(A) Mínimo: 54,8dB(A)

O valor de pico, nível estatístico L_{10} , é um dos índices mais altos 70,78 dB(A), juntamente com o $L_{tráfego}$ 71,63 dB(A). O nível estatístico L_{90} , ruído de fundo, é 58,79 dB(A), índice absoluto. O índice mais alto é o descritor acústico TNI, que mede o grau de incomodidade gerado pelo tráfego rodoviário, sendo 77,21 dB(A), próximo do índice do nível de poluição sonora (L_{ps}), que consiste em 79,42 dB(A).

Comparando os níveis obtidos com as normativas brasileira e portuguesa, pode-se dizer que o nível equivalente de ruído obtido, de 67,61 dB(A), está acima do limite máximo permitido que é de 45 dB(A) pela Norma NBR10151/2000 – ABNT e pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal). De acordo com os critérios de comparação HUD, o Quadro 5.9 apresenta a avaliação dos resultados.

Índice acústico	Valores em dB(A)	Critério	Avaliação
L_{eq} dB(A)	67,61	$62 < L_{eq} \leq 76$	Normalmente inaceitável
L_{90}	58,79	$56 < L_{90} \leq 71$	Normalmente inaceitável
L_{10}	70,78	$66 < L_{10} \leq 82$	Normalmente inaceitável

Quadro 5.9 – Avaliação dos resultados do P4 de acordo com o critério de comparação HUD.

De acordo com o critério estabelecido pela OMS, o nível do ruído de fundo (L_{90}) está acima de 55 dB(A). O Gráfico 5.18 apresenta a relação do L_{eq} e os dias e os horários de monitoramento do ponto 4.

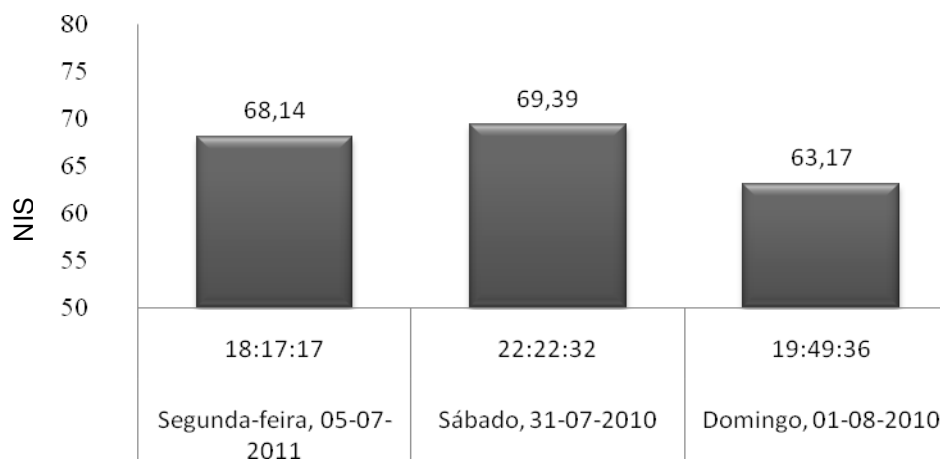


Gráfico 5.17 – Relação entre o L_{eq} dB(A) com os dias e horários de medição - Ponto 4

De acordo com o Gráfico 5.17 o valor maior do L_{eq} é no dia 31 de julho de 2010, em um sábado, característico pelo movimento. Constata-se que o valor correspondente é de 69,39 dB(A), às 22h22min., sendo um valor acima do nível recomendado pela NBR 10151 e pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal), que são de 45 dB(A), no horário noturno. Os valores de L_{eq} obtidos nos três dias de monitoramento estão próximos, o que caracteriza uma estabilidade nos níveis de ruído equivalente nessa área de estudo.

5.2.2.5 Análise do Ponto 5

Apresentam-se os índices e descritores acústicos do ponto de monitoramento P5 na zona sensível no Quadro 5.10, obtidos com MNPS, o Equipamento DL4200, com seu respectivo Gráfico 5.19.

	Índices / descritores acústicos						
	L_{eq} dB(A)	L_{90}	L_{50}	L_{10}	Ltráfego	TNI	Lps
	58,6	49,5	53,3	61,3	70,2	66,7	70,4
	55,2	45,8	53,0	59,7	70,2	71,4	69,1
	51,1	40,3	46,0	56,2	72,7	73,9	67,0
Ruído global	55,95	46,62	51,79	59,54	71,19	71,55	69,04

Quadro 5.10 – Índices acústicos – Ponto de monitoramento P5 - Equipamento DL4200.

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

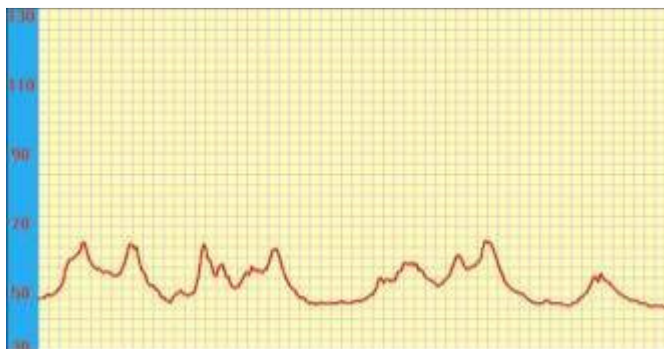


Gráfico 5.18 – P5-Nível sonoro global, em dB(A), sábado, 31 de julho de 2010. Máximo: 62,4 dB(A)
Mínimo: 43,2 dB(A)

O índice mais alto é o descritor acústico TNI, que mede o grau de incomodidade gerado pelo tráfego rodoviário, sendo 71,55 dB(A), próximo do valor do $L_{\text{tráfego}}$ com 71,19 dB(A). O índice do nível de poluição sonora (L_{ps}), consiste em 69,04 dB(A). O valor do L_{eq} de 55,95 dB(A) está próximo do valor de pico L_{10} 51,79 dB(A), devido ao nível sonoro elevado das músicas.

No Gráfico 5.19, observam-se os picos elevados que correspondem exatamente aos momentos em que os veículos passam pelo equipamento e os períodos sem movimento veicular. De acordo com os critérios de comparação HUD, o Quadro 5.11 apresenta a avaliação dos resultados.

Índice acústico	Valores em dB(A)	Critério	Avaliação
L_{eq} dB(A)	55,95	$49 < L_{\text{eq}} \leq 62$	Normalmente aceitável
L_{90}	46,62	$41 < L_{90} \leq 56$	Normalmente aceitável
L_{10}	59,54	$53 < L_{10} \leq 66$	Normalmente aceitável

Quadro 5.11 – Avaliação dos resultados do P5 de acordo com o critério de comparação HUD.

Os níveis do ruído de fundo L_{90} , o valor de pico L_{10} e o L_{eq} segundo o critério de comparação HUD são normalmente aceitáveis. O valor do índice acústico L_{eq} de 55,95 dB(A) está acima das normativas brasileira e portuguesa, cujo limite é de 45 dB(A), porém, de acordo com o critério estabelecido pela OMS, está próximo de 55 dB(A), podendo haver a ocorrência de estresse leve, acompanhado de desconforto. O Gráfico 5.20 apresenta a relação do L_{eq} e os dias e os horários de monitoramento do ponto 5.

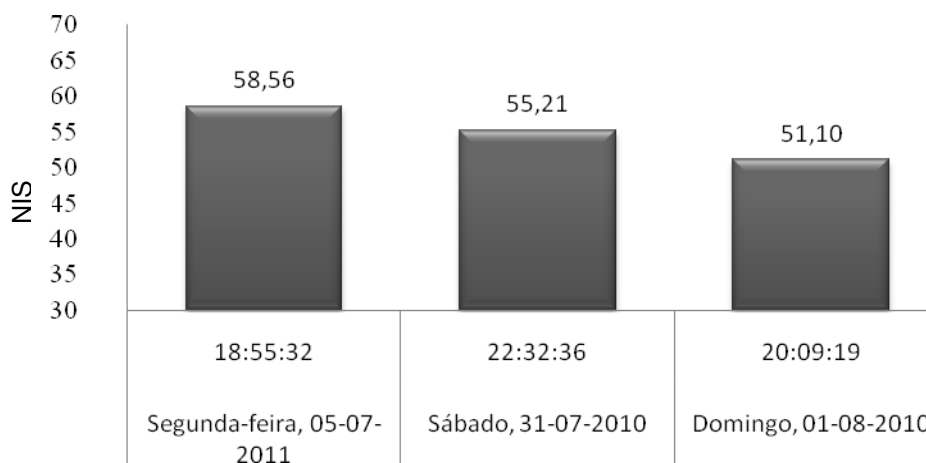


Gráfico 5.19 – Relação entre o L_{eq} dB(A) com os dias e horários de medição - Ponto 5

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

De acordo com o Gráfico 5.20, o valor maior do L_{eq} é no dia 05 de julho de 2010, em uma segunda-feira, característico pelo movimento, que consiste em 58,56 dB(A), às 18h55min., sendo um valor acima do nível recomendado pela NBR 10151 e pelo Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal).

O valor absoluto do L_{eq} foi encontrado no domingo, 01 de agosto de 2010, com 51,10 dB(A). Pode-se notar, em função dos valores apresentados, que a diferença entre o maior valor do L_{eq} na segunda-feira e no sábado, às 18h55min e às 22h32min, respectivamente, é de apenas 3,35 dB(A). Assim, o ponto de monitoramento nº 5, localizado na Avenida Rolândia, possui nível sonoro acima do permitido.

5.2.2.6 Análise do Ponto 6

Em comparação com os outros pontos de monitoramento, o ponto nº 6 é o que possui menor ruído, devido à sua localização, em uma área estritamente residencial, considerado um ponto de controle. Os índices e descritores acústicos do ponto de monitoramento P6 são apresentados no Quadro 5.12, obtidos com o equipamento DL4200, com seu respectivo Gráfico 5.21.

	Índices / descritores acústicos					
	L_{eq} dB(A)	L_{90}	L_{50}	L_{10}	TNI	Lps
	56,10	44,2	49,5	59,7	76,20	71,60
	52,07	42,7	47,2	58,5	75,90	67,87
	43,67	40,2	42,6	45,5	31,40	48,97
Ruído global	52,95	42,66	47,26	57,47	74,29	68,38

Quadro 5.12 – Índices acústicos – Ponto de monitoramento P6 - Equipamento DL4200.

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

No Quadro 5.13 o nível estatístico L_{10} , valor de pico, é um dos índices mais altos 57,47 dB(A) e o nível estatístico L_{90} , ruído de fundo, é 42,66 dB(A), índice mais baixo, que identifica que o ruído na Avenida Maringá não afeta diretamente a área do ponto de controle. O descritor acústico TNI e o índice $L_{tráfego}$ não foram considerados, porque nesse trecho, durante o período de monitoramento, o fluxo de veículos foi de apenas dois automóveis (leves).

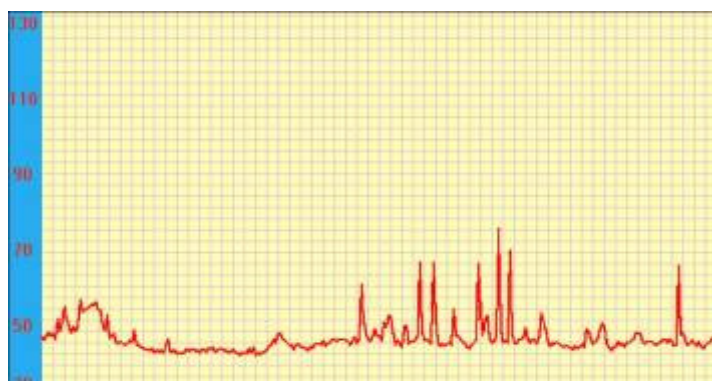


Gráfico 5.20 – P6-Nível sonoro global, em dB(A), domingo, 01 de agosto de 2010. Máximo: 72,8 dB(A) Mínimo: 39,5 dB(A)

No Gráfico 5.21, os valores de pico apresentados são dos animais domésticos da vizinhança, que se alertaram quando passava algum pedestre no passeio público ou veículo. De acordo com os critérios de comparação HUD, o Quadro 5.13 apresenta a avaliação dos resultados.

Índice acústico	Valores em dB(A)	Critério	Avaliação
L_{eq} dB(A)	52,95	$49 < L_{eq} \leq 62$	Normalmente aceitável
L_{90}	42,66	$41 < L_{90} \leq 56$	Normalmente aceitável
L_{10}	57,47	$53 < L_{10} \leq 66$	Normalmente aceitável

Quadro 5.13 – Avaliação dos resultados do P6 de acordo com o critério de comparação HUD.

Os níveis do ruído de fundo L_{90} , o valor de pico L_{10} e o L_{eq} , segundo o critério de comparação HUD, são normalmente aceitáveis. O valor do índice acústico L_{eq} de 52,95 dB(A) está acima das normativas brasileira e portuguesa, cujo limite é 45 dB(A). De acordo com o critério estabelecido pela OMS, está abaixo do valor de 55 dB(A), podendo ocasionar perturbações, mas o organismo se adapta facilmente. O Gráfico 5.22 apresenta a relação do L_{eq} e os dias e os horários de monitoramento do ponto 5.

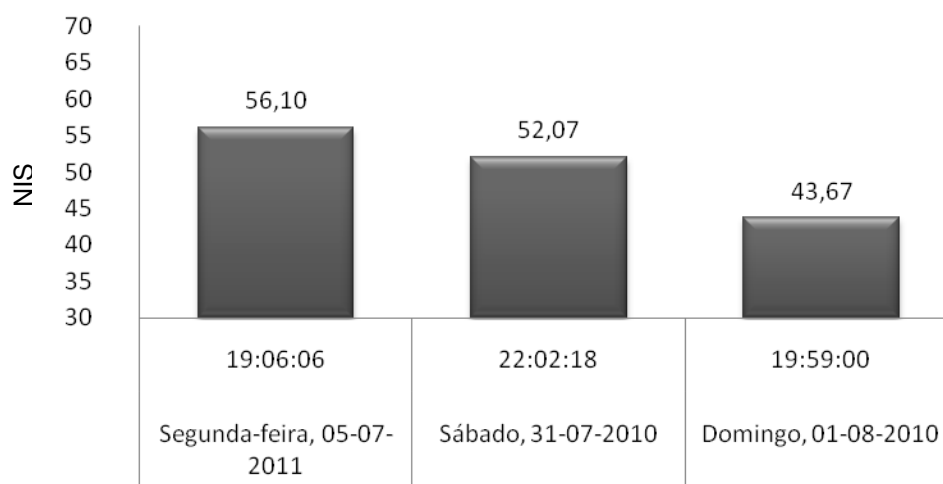


Gráfico 5.21 – Relação entre o L_{eq} dB(A) com os dias e horários de medição - Ponto 6

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

De acordo com o Gráfico 5.22, o valor absoluto apresentado no domingo é de 43,67 dB(A) e o maior valor encontrado é na segunda-feira com 56,10 dB(A), às 19h06min. Na segunda-feira e no sábado os valores de L_{eq} são próximo, sendo 56,10 dB(A) e 52,07 dB(A), respectivamente.

5.2.2.7 Análise do Ponto 7

No Quadro 5.14 apresentam-se os descritores acústicos do ponto 7 na zona sensível, obtidos com o Equipamento DL4200, com seu respectivo Gráfico 5.23.

	Índices / descritores acústicos						
	L_{eq} dB(A)	L_{90}	L_{50}	L_{10}	Ltráfego	TNI	Lps
	77,47	65,3	69,8	80,4	66,69	95,70	92,57
	77,13	68,3	70,9	80,4	66,69	86,70	89,23
	67,10	62,0	64,3	71,6	73,69	70,40	76,70
*Ruído global	75,74	65,92	69,13	78,92	70,38	91,46	89,53

Quadro 5.14 – Índices acústicos – Ponto de monitoramento P7 - equipamento DL4200.

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

No Gráfico 5.23, observa-se inicialmente o ruído constante, que consiste no congestionamento dos veículos na Avenida Londrina, e os picos são os momentos exatos das passagens dos veículos em alta velocidade. No Quadro 5.14 o nível estatístico L_{10} , valor de pico, é um dos índices mais altos 78,92 dB(A) e o nível estatístico L_{90} , ruído de fundo, é 65,92 dB(A), índice mais baixo.

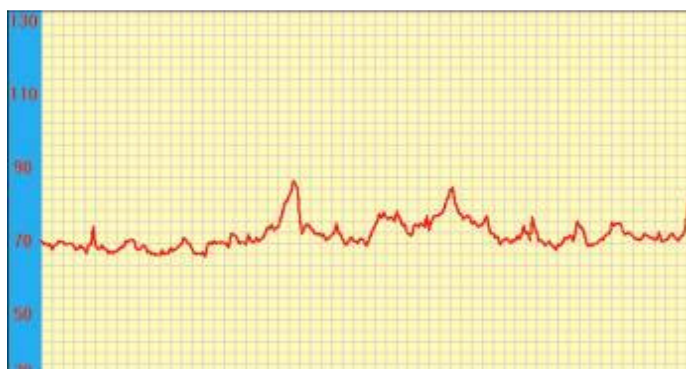


Gráfico 5.22 – P7-Nível sonoro global, em dB(A), terça-feira, 06 de julho de 2010. Máximo: 83,6 dB(A) Mínimo: 63,1 dB(A)

O descritor acústico TNI, que mede o grau de incomodidade gerado pelo tráfego rodoviário, de 70,38 dB(A) e está próximo ao L_{50} , que consiste em 69,13 dB(A). De acordo com os critérios de comparação HUD, o Quadro 5.15 apresenta a avaliação dos resultados.

Índice acústico	Valores em dB(A)	Critério	Avaliação
L_{eq} dB(A)	75,74	$62 < L_{eq} \leq 76$	Normalmente inaceitável
L_{90}	65,92	$56 < L_{90} \leq 71$	Normalmente inaceitável
L_{10}	78,92	$66 < L_{10} \leq 82$	Normalmente inaceitável

Quadro 5.15 – Avaliação dos resultados do P7 de acordo com o critério de comparação HUD.

Comparando-se os níveis obtidos com as normativas brasileira e portuguesa, pode-se dizer que o nível equivalente de ruído obtido 75,74 dB(A) está acima do limite máximo permitido, que é de 45 dB(A) pela Norma NBR10151/2000 – ABNT e pelo Limite Decreto-Lei n° 292/2000 (Portugal).

O nível do ruído de fundo (L_{90}) foi de 65,92 dB(A), de acordo com o critério estabelecido pela OMS, está acima de 55 dB(A), podendo haver a ocorrência de estresse leve, acompanhado de desconforto. Ainda de acordo com esse critério, o valor de L_{eq} é tido como o

nível inicial do desgaste do organismo, aumentando o risco de infarto, derrame cerebral, infecções, hipertensão arterial e outras patologias. Passa do limite considerado pela medicina preventiva, o qual é 65 dB(A). O Gráfico 5.24 apresenta a relação do L_{eq} e os dias e os horários de monitoramento do ponto 7.

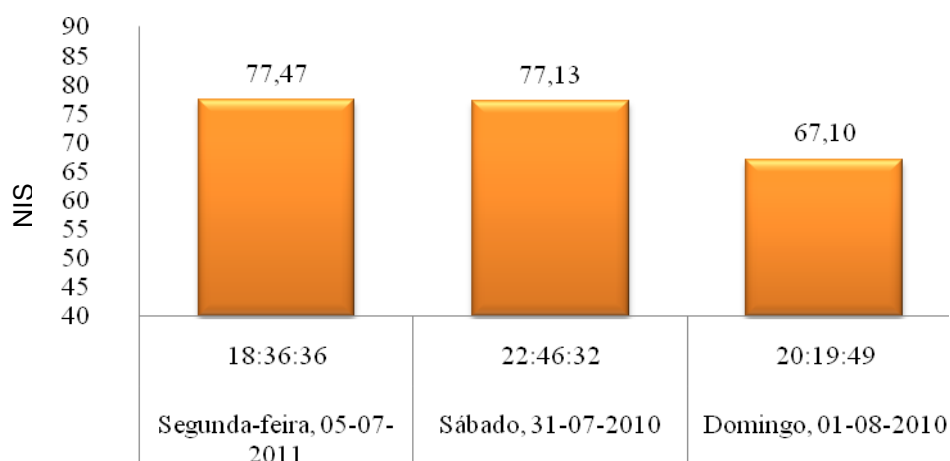


Gráfico 5.23 – Relação entre o L_{eq} dB(A) com os dias e horários de medição - Ponto 7

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

De acordo com o Gráfico 5.24, os valores do L_{eq} são maiores nos dias 05 e 31 de julho de 2010, em uma segunda-feira e em um sábado, respectivamente, com 77,47 dB(A) às 18h36min. e 77,13 dB(A) às 22h46min. O menor valor é no domingo com 67,10 dB(A) às 20h19min. Todos os valores estão acima do nível recomendado pela NBR 10151 e pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal), de 45 dB(A), no horário noturno para áreas sensíveis.

5.2.3. Mapeamento sonoro e avaliação do ruído urbano na zona sensível

Após as análises dos pontos de monitoramento do estudo de caso, da zona sensível, considerou-se a análise do mapa do zoneamento da área, que correlaciona a classificação das zonas com o ruído das atividades que se desenvolvem na malha urbana e que coexistem ou estão próximas às da função habitacional.

Foi realizada a entrada dos dados necessários para o *software* SoundPLAN®. Em seguida, automaticamente, realizaram-se todos os cálculos, para se obter como resultado final o mapa de ruído global da área, através da interpolação dos níveis de ruído transformados em

linhas de contorno, conforme se apresenta na Figura 5.1, realizado pelo *software* e com a malha urbana sobreposta.

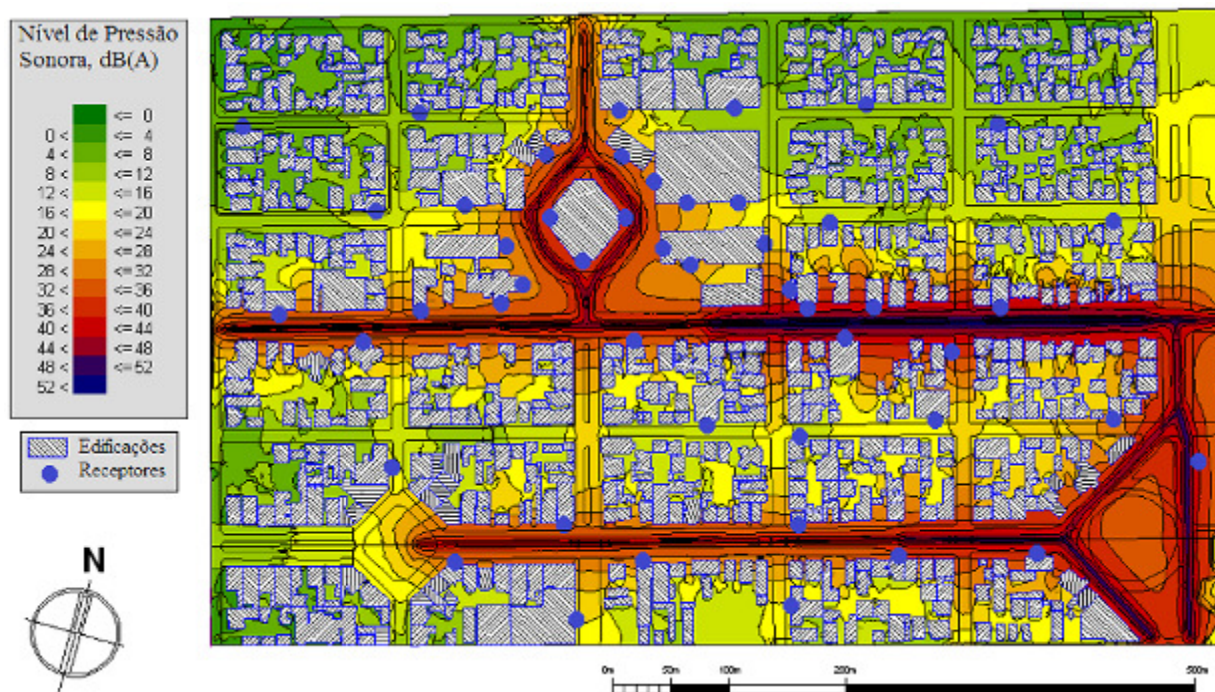


Figura 5.1 - Mapeamento sonoro – zona sensível.

Por meio da escala gradual de cores do mapeamento sonoro, observa-se a variação dos níveis sonoros de 0 a 52 dB(A). Os níveis mais elevados de pressão sonora tendem para a cor azul e os mais baixos se aproximam da cor verde. A partir dessa leitura destaca-se que as vias de tráfego são as que possuem maiores níveis de ruído, que interferem nas edificações, como por exemplo a Avenida Maringá.

No Gráfico 5.25, apresentam-se os valores do índice acústico L_{eq} , destacam-se os limites estabelecidos pelas normativas brasileira e portuguesa, sendo 45 dB(A) para ambas, no período noturno.

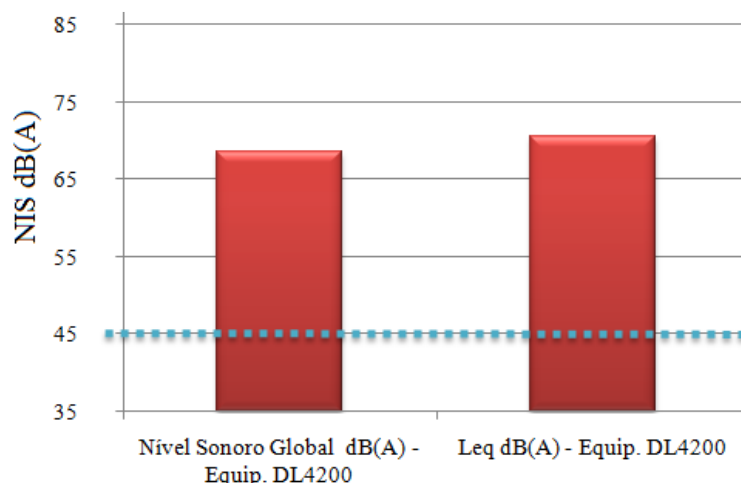


Gráfico 5.24 – Comparação dos L_{eq} , em dB(A) a partir do ruído global em relação às normativas - zona sensível

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Apresentam-se os níveis sonoros identificados e calculados, com o MNPS DL4200 para uma área predominantemente sensível, e os valores limites das normativas brasileira e portuguesa, para esta zona de estudo, no Quadro 5.16.

Descritores acústicos	NPS		Normativa Brasileira e Portuguesa	
			Período Noturno [dB (A)] Limite: 45 dB(A)	
			Nível de pressão sonora acima do permitido:	
L_{eq}	70,53	dB(A)	25,53	25,53
L_{10}	73,49	dB(A)	28,49	28,49
L_{90}	60,80	dB(A)	15,80	15,80
Ltráfego	70,93	dB(A)	25,93	25,93
TNI	86,11	dB(A)	41,11	41,11
L_{ps}	83,90	dB(A)	38,90	38,90

Quadro 5.16 – Avaliação dos resultados da Zona Sensível – Equipamento DL4200.

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Observa-se que todos os descritores acústicos estão com o nível de pressão sonora acima do permitido pelas normativas vigentes. Dentro do contexto da reurbanização, a avaliação e análise dos índices acústicos, inter-relacionadas ao mapa de ruído é fundamental para ilustrar claramente a exposição ao ruído ambiente em áreas urbanas, que contribui para a caracterização da paisagem sonora em áreas classificadas como sensíveis.

5.3. ESTUDO DE CASO 2 – ZONA INDUSTRIAL

A contagem veicular classificada da via urbana, Avenida Ângelo Moreira da Fonseca e Avenida Umuarama, são de 742 veículos, sendo 660 o volume de veículos equivalentes – V_{eq} , que caracteriza o número equivalente de carros de passeio por hora - cp/h, Percebe-se que a porcentagem de veículos leves e super leves influenciaram no resultado dos veículos equivalentes, pois o total diminui em relação à contagem veicular classificada, por serem valores significativos.

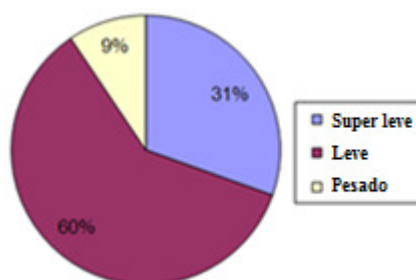


Gráfico 5.25 - Contagem veicular da via urbana

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

A contagem veicular classificada da via rural, da rodovia PR323, é maior que na via urbana, com 1444 veículos, totalizando 66% da contagem veicular classificada total de 2186 veículos, Gráfico 5.27. Sendo referente a 1515 o volume V_{eq} . Analisa-se que na via rural o volume de caminhões foi mais significativo, o que resulta na variação dos veículos equivalentes, cujo total é maior que o volume misto.

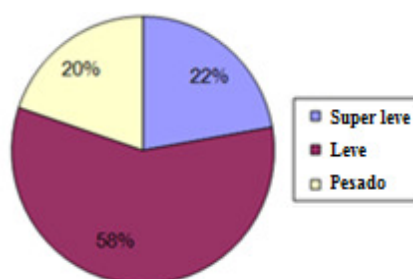


Gráfico 5.26 – Contagem veicular da via rural.

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Um dado importante a ser comparado é o volume total misto, que corresponde a 2186 veículos, com o volume total de veículos equivalentes das áreas urbana e rural, que corresponde a 2175 V_{eq} .

5.3.1. Análise do ruído urbano – Equipamento 01dB®

Em relação às características morfológicas da zona industrial e do tráfego veicular nesta via rural, rodovia PR323, e na via urbana, avenidas de acesso à cidade, as características da paisagem sonora referentes às medições do ruído, são apresentadas em uma análise geral com quadros e gráficos, com o medidor de nível de pressão sonora – MNPS 01dB® e, a seguir, apresentadas por meio das análises pontuais com MNPS DL4200.

O Gráfico 5.28 apresenta o espectro de ruído gerado pelo tráfego, por meio do MNPS da 01dB®, a partir do ruído global de todos os dados de cada ponto de monitoramento.

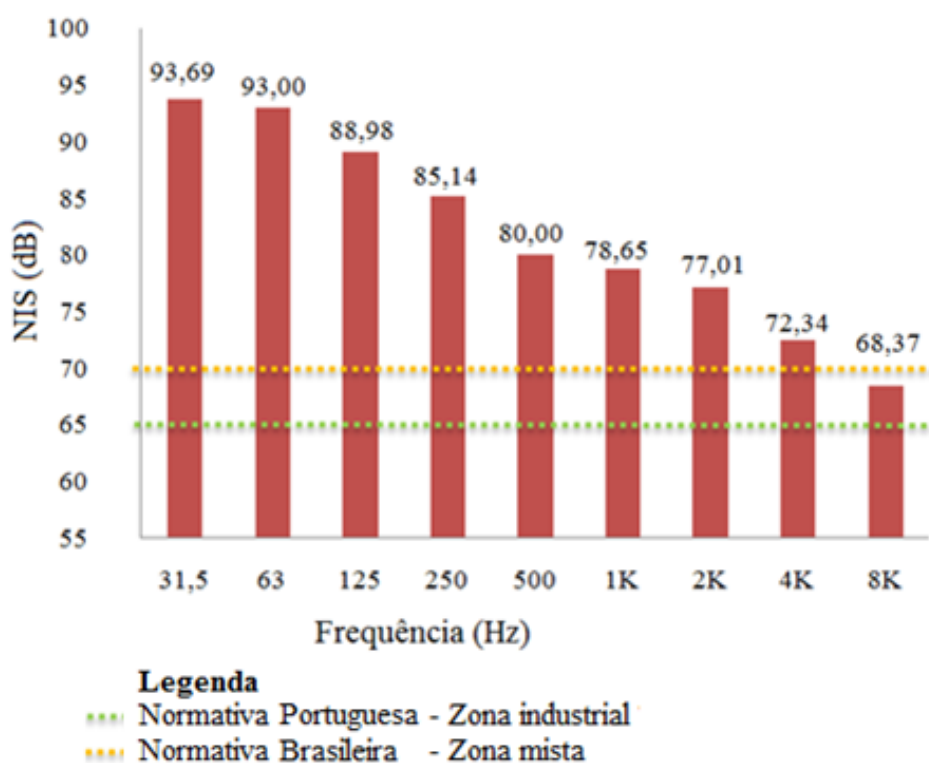


Gráfico 5.27 – Espectro sonoro, dB a partir da Ruído global - zona industrial

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Os sons de baixa frequência caracterizam o ruído de tráfego, conforme cita Viana (2006). Assim, no Gráfico 5.28 observa-se que os maiores níveis de ruído apresentam-se nas frequências mais baixas, de 31,5 Hz, 63 Hz e 125 Hz, com os respectivos valores 93,69 dB; 93,00 dB e 88,98 dB, sendo o menor valor encontrado 68,37 dB na faixa de frequência de 8K. Comparando os níveis obtidos com as normativas brasileira e portuguesa, avalia-se que o ruído está acima do limite máximo permitido que é de 70 dB(A) pela Norma NBR10151/2000 – ABNT e 65 dB(A) pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal). O Gráfico 5.29 que apresenta os índices acústicos obtidos com medidor de nível de pressão sonora 01dB®.

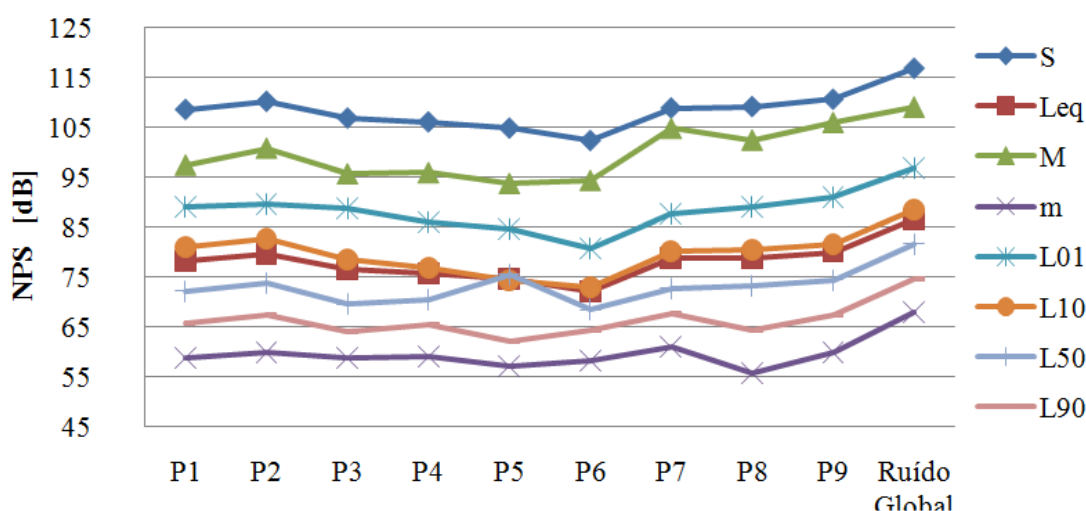


Gráfico 5.28 – Índices acústicos, em dB a partir do ruído global - zona industrial – Equipamento 01dB®

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Observa-se no Gráfico 5.29 a coerência dos dados apresentados por meio das curvas de cada índice acústico. O ruído global de cada índice é o valor único que representa os respectivos índices acústicos, por meio da média das intensidades calculadas por log. Os valores de L (nível equivalente sonoro, o L_{eq} , medido desde o início da medição) e L_{10} , valor de pico, estão aproximados, sendo os valores mais altos 86,6 dB e 88,6 dB, respectivamente, ambos no ponto de monitoramento nº 9, localizado na via rural (rodovia PR323). E os valores mais baixos são, respectivamente, 72,2 dB e 73,0 dB, ambos no ponto de monitoramento nº 6, localizado na via urbana (Avenida Umuarama), valores acima do permitido pelas normativas brasileira e portuguesa.

Os resultados do índice S, que correspondem ao maior nível de intensidade sonora instantânea medida no local, são identificados como os maiores índices de ruído, sendo P2 e P9, ambos localizados na rodovia, 110,25 dB e 110,66 dB, respectivamente. E o menor valor de S encontrado foi no ponto de monitoramento P6, Avenida Umuarama, com 102,36 dB.

O valor maior do nível estatístico L_{90} , um dos índices estatísticos mais baixos, ruído de fundo, é 75,50 dB, no P5, localizado na Avenida Ângelo Moreira da Fonseca, via urbana, sendo os resultados dos outros pontos de monitoramento próximos, com exceção do P6, com 68,45 dB.

Os índices M (máximo valor de L_{eq}) e o m (mínimo valor de L_{eq}), ambos com tempo de aquisição curto: 0,125 segundos, medidos desde o início da medição, são apresentados no Gráfico 5.30, no qual se observam os maiores valores nos pontos de monitoramento P7, com 104,85 dB, localizado na interseção, e no P9, com 106,07 dB, na rodovia. Os resultados com

os valores mínimos são observados nos pontos de monitoramento P5 e P8, localizados na Avenida Ângelo Moreira da Fonseca e na rodovia, sendo 57,12 dB e 55,82 dB, respectivamente.

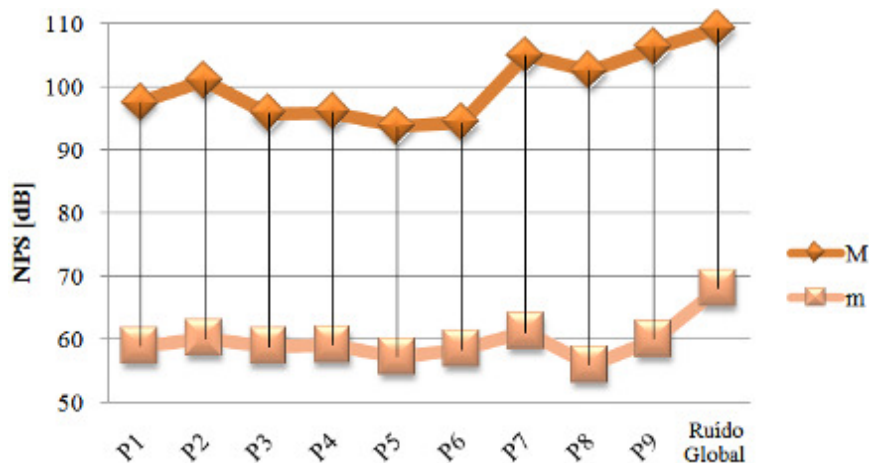


Gráfico 5.29 – Índices acústicos, em dB a partir do ruído global - zona industrial – Equipamento 01dB®

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

No Gráfico 5.31 apresentam-se os valores do índice acústico L_{eq} , em dB, nos dois horários de medições, às 12h00min e 18h00min em cada ponto de monitoramento. Destacam-se os limites estabelecidos pelas normativas brasileira e portuguesa, sendo 70 dB(A) pela Norma NBR10151/2000 – ABNT e 65 dB(A) pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal), respectivamente, para o período diurno.

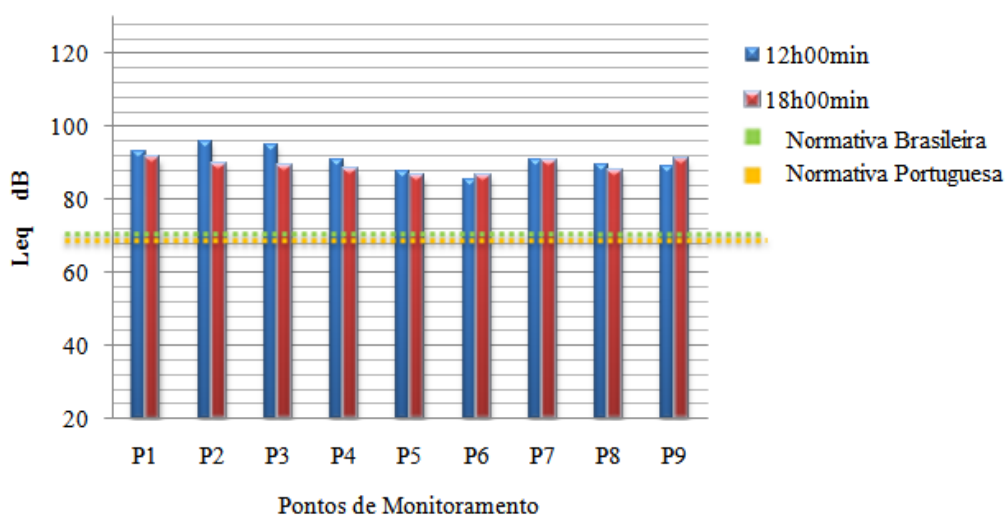


Gráfico 5.30 – Índices acústicos, em dB a partir do ruído global - zona industrial – Equipamento 01dB®

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Observa-se que os maiores níveis de pressão sonora encontram-se no horário de pico, das 12h00min, com 95,7 dB(A) e 95,1 dB(A), nos pontos P2 e P3, respectivamente. O ponto P2 está localizado na via rural, Rodovia PR323 e o ponto P3 está localizado na interseção, que abrange, tanto o movimento veicular da rodovia, como o do acesso à cidade, pela Avenida Ângelo Moreira da Fonseca.

No horário das 18h00min, os maiores níveis de pressão sonora encontram-se nos pontos P1, P7 e P9, com 91,4 dB(A), 90,5 dB(A), 90,8 dB(A), respectivamente. P1 e P9 localizam-se na rodovia PR323 e o P7 na interseção. Portanto, os maiores índices de ruído estão na via rural e em todos os pontos de monitoramento estão com os resultados acima dos limites estabelecidos pelas normativas brasileira e portuguesa.

5.3.2. Análise do ruído urbano - Equipamento DL4200

As medições dos níveis de pressão sonora foram realizadas no mês de julho de 2010, na segunda-feira dia 05, quarta-feira dia 28 e sexta-feira dia 30, respectivamente 1^a, 2^a e 3^a medição da Tabela 5.3, que apresenta os horários iniciais e finais de cada medição. Os índices/ descritores acústicos apresentados na Tabela 5.4 estão resumidos a partir das tabelas apresentadas no tópico Caracterização da paisagem sonora, Estudo de caso 2 – zona industrial, Paisagem sonora. Os resultados são apresentados nas Tabelas 5.3 e 5.4 e no Gráfico 5.32, com suas respectivas análises.

Tabela 5.3 – Horários iniciais e finais de cada medição da zona industrial – Equipamento DL4200.

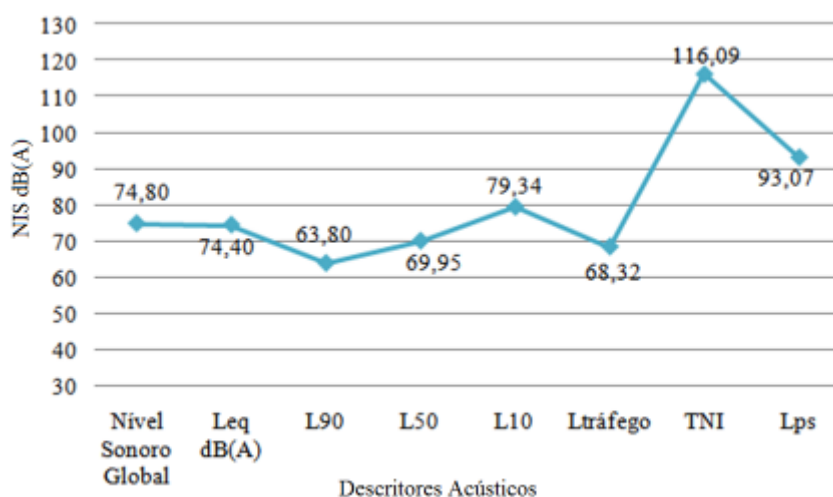
Pontos de Monitoramento									
Medição	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Horário Inicial									
1 ^a	11:21:38	13:05:42	11:31:54	11:56:06	12:03:02	11:44:00	12:36:50	12:45:45	12:55:14
2 ^a	18:37:17	17:22:37	18:21:26	18:03:18	17:52:08	18:30:13	18:12:11	17:34:49	18:50:34
3 ^a	17:14:59	17:27:04	17:56:42	17:48:02	17:39:09	18:12:09	18:03:59	18:32:08	18:24:04
Horário Final									
1 ^a	11:26:33	13:10:37	11:36:49	12:01:01	12:07:57	11:48:55	12:41:45	12:50:40	13:00:10
2 ^a	18:42:12	17:27:32	18:26:21	12:01:01	17:57:03	18:35:17	18:17:06	17:39:44	18:55:29
3 ^a	17:19:54	11:36:49	18:01:37	17:52:57	17:44:04	18:17:04	18:08:54	18:37:02	18:28:60

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Tabela 5.4- Índices / descritores acústicos (zona industrial) – Equipamento DL4200

Ponto de Monitoramento	Índices / descritores acústicos							
	Nível Sonoro Global*	L _{eq} dB(A)	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	Ltráfego	TNI	Lps
P1	74,18	74,06	62,27	68,93	79,44	68,33	103,94	91,29
P2	75,52	78,48	62,81	70,02	84,14	69,46	125,46	100,62
P3	73,81	74,34	63,29	69,89	76,96	68,42	89,08	88,00
P4	73,53	72,53	64,86	69,89	76,66	70,83	87,91	85,00
P5	74,33	73,81	63,38	68,25	80,33	70,21	109,94	92,15
P6	68,15	67,42	59,26	64,44	72,46	67,39	83,87	80,84
P7	76,13	74,75	67,89	71,57	78,21	66,69	84,46	86,28
P8	78,23	75,36	64,16	72,42	79,89	64,63	101,19	92,24
P9	73,51	71,28	60,07	70,10	75,96	64,63	95,71	87,59
<i>Ruído global:</i>	<i>74,80</i>	<i>74,40</i>	<i>63,80</i>	<i>69,95</i>	<i>79,34</i>	<i>68,32</i>	<i>116,09</i>	<i>93,07</i>

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

**Gráfico 5.31** – Descritores acústicos, dB(A) a partir do ruído global - zona industrial

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Ressalte-se que o nível estatístico L₁₀, considerado como valor de pico, é um dos índices mais altos 79,34 dB(A), que representa o nível que causa mais desconforto. O nível estatístico L₉₀, ruído de fundo, tem menor índice que é 63,80 dB(A). O descritor acústico TNI (*Traffic Noise Index*), que mede o grau de incomodidade gerado pelo tráfego rodoviário é o índice mais alto, 116,09 dB(A). Para cada ponto de monitoramento, o Gráfico 5.33 apresenta os índices e descritores acústicos obtidos e calculados para a zona industrial.

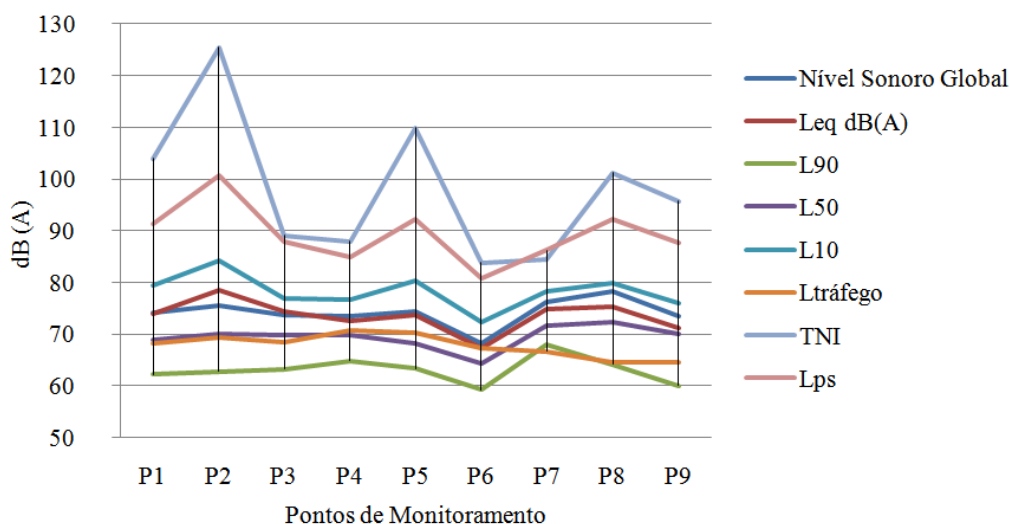


Gráfico 5.32 – Índices e descritores acústicos, dB(A) - zona industrial - Equipamento DL4200

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

A estimativa do ruído em função do volume de tráfego ($L_{\text{tráfego}}$), que consiste em 68,32 dB(A), está próxima do valor do L_{eq} 74,40 dB(A). Outro método de avaliação do ruído urbano é o descritor do nível de poluição sonora, que tem como base os índices L_{eq} , L_{10} e L_{90} , que consiste em 93,07 dB(A).

O ponto 6, em ambas as medições, apresentou 68,15 dB(A) como nível sonoro global, e um L_{eq} de 67,42 dB(A), os quais são valores aproximados e são os menores dados em relação aos outros pontos de monitoramento. Isto se deve a um menor fluxo e movimento de veículos na entrada e saída na Avenida Umuarama, para as áreas residenciais, com uma via de aproximadamente 6 metros de largura. Os pontos de monitoramento que obtiveram maiores valores foram os pontos 2, 7 e 8, devido às suas localizações na Rodovia PR323.

O nível do ruído de fundo (L_{90}), a partir da média realizada por L_{90} , foi de 63,80 dB(A), o que confirma a característica ruidosa das avenidas e da rodovia. Mesmo quando o nível do ruído de fundo alcançou seu menor índice, 59,3 dB(A), entre 18h30min. e 18h35min., no ponto de monitoramento P6, Avenida Umuarama, de acordo com o critério estabelecido pela OMS, está acima de 55 dB(A), o que pode ocasionar a ocorrência de estresse leve, acompanhado de desconforto. No ponto de monitoramento nº 2, na rodovia sentido Maringá, foi registrado o maior nível de ruído (L_{10}) entre 13h00min. e 13h10min., com o valor de 85,9 dB(A).

De acordo com os critérios de comparação HUD, o Quadro 5.17 apresenta a avaliação dos resultados.

Índice acústico	Valores em dB(A)	Critério	Avaliação
L_{eq} dB(A)	74,40	$62 < L_{eq} \leq 76$	Normalmente inaceitável
L_{90}	63,80	$56 < L_{eq} \leq 71$	Normalmente inaceitável
L_{10}	79,34	$66 < L_{10} \leq 82$	Normalmente inaceitável

Quadro 5.17 – Avaliação dos resultados para a zona industrial, de acordo com o critério de comparação HUD.

Comparando os níveis obtidos com as normativas brasileira e portuguesa, pode-se dizer que o nível equivalente de ruído obtido, de uma forma global, é 74,40 dB(A), que está acima do limite máximo permitido que é de 65 dB(A) pela Norma NBR10151/2000 – ABNT e 70 dB(A) pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal), ambos para o período diurno.

Segundo Bistafa (2006), estima-se a reação comunitária por meio do Quadro 5.17, apresentado no tópico Ruído de Comunidades, da Revisão Teórica. Com o valor de L_{eq} 74,40 dB(A), acima de 65 dB(A), há forte reação da comunidade. O Gráfico 5.34 apresenta a relação do L_{eq} obtido pelos equipamentos 01dB[®] e DL4200, e o nível sonoro global obtido pelo equipamento DL4200.

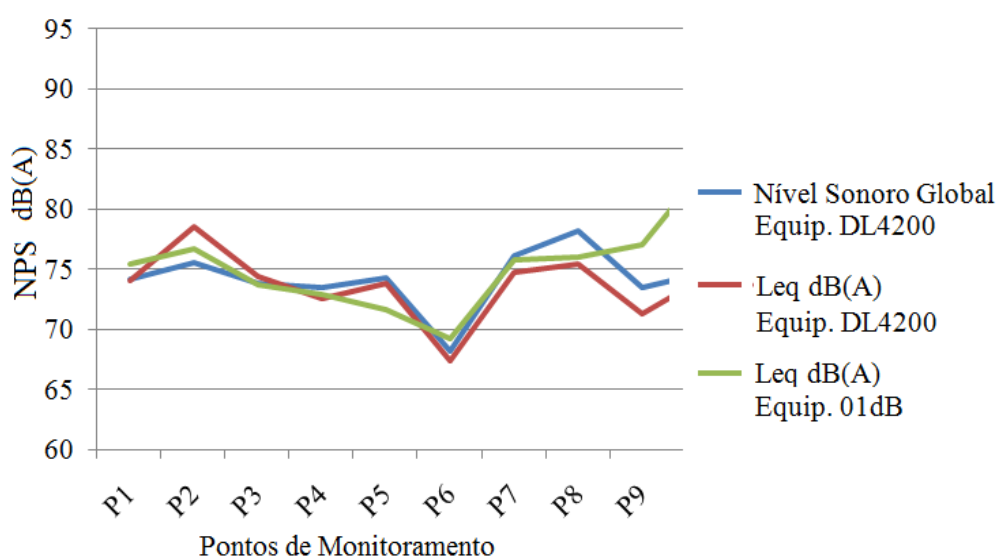


Gráfico 5.33 – Relação entre os L_{eq} e o nível sonoro global, em dB(A) - zona industrial
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Observa-se que as curvas do Gráfico 5.34 possuem a mesma diagramação, sendo a curva do nível de intensidade sonora global e as curvas dos L_{eq} obtidos a partir dos dados do equipamentos 01dB[®] e DL4200.

A seguir são realizadas as análises pontuais, que proporcionam os principais índices sistematizados do equipamento DL4200, com seus respectivos gráficos, em cada ponto de

monitoramento. Observa-se que não há um padrão na manutenção do volume de tráfego dado, e que esse volume observado é constante nos mesmos horários, de segunda-feira a sexta-feira, quando foram realizadas a contagem veicular e as medições do nível de pressão sonora.

5.3.2.1 Análise do Ponto 1

Os valores dos índices acústicos obtidos no monitoramento da área industrial em diferentes dias e horários demonstram claramente que a Rodovia PR323 possui altos índices de ruído urbano em função do tráfego veicular. No Quadro 5.18 apresentam-se os descritores acústicos do ponto 1 na zona industrial, obtidos com o equipamento DL4200, com seu respectivo Gráfico 5.35.

Índices / descritores acústicos							
	L_{eq} dB(A)	L_{90}	L_{50}	L_{10}	$L_{tráfego}$	TNI	Lps
	73,3	61,2	66,1	80,4	68,3	108,0	92,5
	72,8	60,9	65,5	76,5	68,3	93,3	88,4
	75,5	64,0	72,0	80,4	68,3	99,6	91,9
Ruído Global	74,06	62,27	68,93	79,44	68,33	103,94	91,29

Quadro 5.18 – Índices acústicos – Ponto de monitoramento P1 - Equipamento DL4200.

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

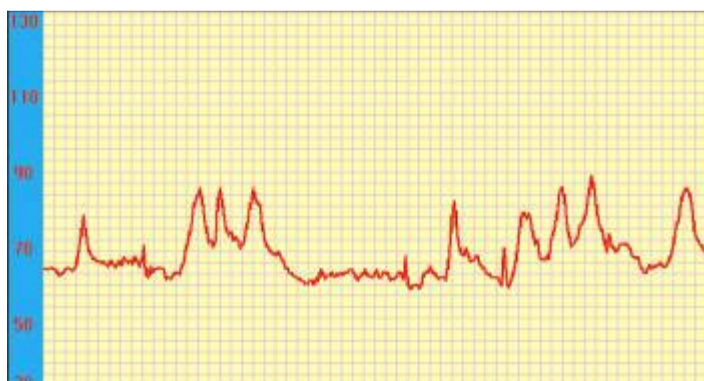


Gráfico 5.34 – P1-Nível sonoro global, em dB(A), segunda-feira, 05 de julho de 2010. Máximo: 86,8 dB(A) Mínimo: 56,5 dB(A)

No Quadro 5.18 o nível estatístico L_{10} , valor de pico, é um dos índices mais altos, 79,44 dB(A), e o nível estatístico L_{90} , ruído de fundo, é 62,27 dB(A), índice mais baixo. O índice mais alto é o descritor acústico TNI, que mede o grau de incomodidade gerado pelo tráfego rodoviário, sendo 103,94 dB(A).

A estimativa do ruído em função do volume de tráfego ($L_{tráfego}$), com o valor de

68,33 dB(A) está próxima do valor do L_{50} 68,93 dB(A), próximo do ponto médio. O índice do nível de poluição sonora (L_{ps}), consiste em 91,29 dB(A). No Gráfico 5.35 observam-se os picos elevados que correspondem exatamente aos momentos em que os veículos passam pelo equipamento. De acordo com os critérios de comparação HUD, o Quadro 5.19 apresenta a avaliação dos resultados.

Índice acústico	Valores em dB(A)	Critério	Avaliação
L_{eq} dB(A)	74,06	$62 < L_{eq} \leq 76$	Normalmente inaceitável
L_{90}	62,27	$56 < L_{90} \leq 71$	Normalmente inaceitável
L_{10}	79,44	$66 < L_{10} \leq 82$	Normalmente inaceitável

Quadro 5.19 – Avaliação dos resultados do P1 de acordo com o critério de comparação HUD.

Comparando-se os níveis obtidos com as normativas brasileira e portuguesa, pode-se dizer que o nível equivalente de ruído obtido, de uma forma global, é de 74,06 dB(A), e ainda está acima do limite máximo permitido, que é de 65 dB(A) pela Norma NBR10151/2000 – ABNT e 70 dB(A) pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal).

O nível do ruído de fundo (L_{90}) foi de 62,27 dB(A), de acordo com o critério estabelecido pela OMS, está acima de 55 dB(A), podendo haver a ocorrência de estresse leve, acompanhado de desconforto. Ainda de acordo com esse critério, o valor de L_{eq} , 74,06 dB(A) é tido como o nível inicial do desgaste do organismo, aumentando o risco de infarto, derrame cerebral, infecções, hipertensão arterial e outras patologias, e passa do limite considerado pela medicina preventiva, o qual é 65 dB(A). O Gráfico 5.36 apresenta a relação do L_{eq} e os dias/horários de monitoramento do ponto 1.

Analisando-se o Gráfico 5.36, o valor maior do L_{eq} é no dia 30 de julho de 2010, em uma sexta-feira, característico pelo movimento. Constata-se que o valor correspondente é de 75,5 dB(A), por volta das 17h15min., valor acima do nível recomendado pela NBR 10151 e pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal), que são de 65 dB(A) e 70 dB(A), respectivamente, no horário diurno para áreas predominantemente industriais.

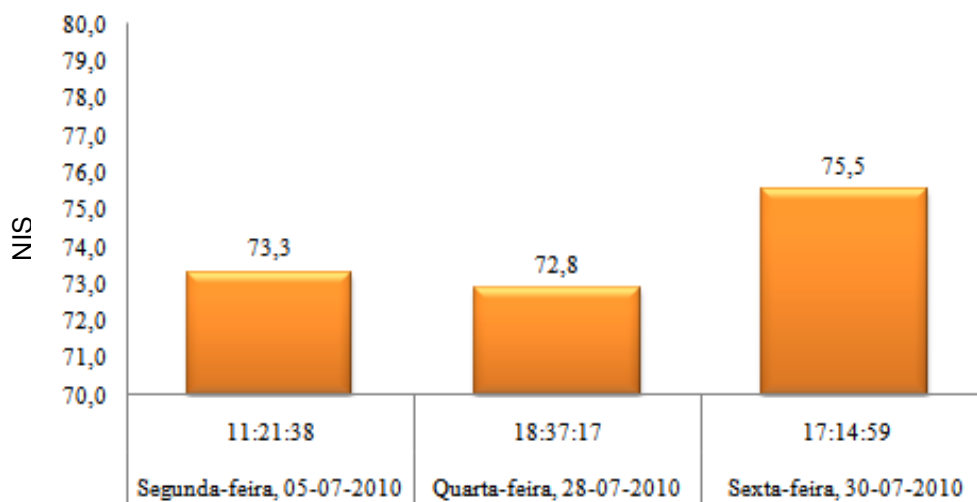


Gráfico 5.35 – Relação entre o L_{eq} dB(A) com o horário de medição - Ponto de monitoramento P1
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

O valor menor do L_{eq} foi encontrado na quarta-feira. Mesmo assim, pode-se notar, em função dos valores apresentados, que a diferença entre o maior valor do L_{eq} e o menor é de apenas 2,7 dB(A), apontando para uma estabilidade nos níveis de ruído equivalente durante o dia, nesse trecho. Assim, o ponto de monitoramento nº 1, localizado na rodovia PR323, sentido Maringá, possui nível sonoro acima do permitido, por ser passagem de veículos em alta velocidade, e por estar localizado em frente de um posto de combustível, com entradas e saídas de veículos pesados.

5.3.2.2 Análise do Ponto 2

No Quadro 5.20 apresentam-se os descritores acústicos do ponto 2 na zona industrial, obtidos com o equipamento DL4200, com seu respectivo Gráfico 5.37.

Índices / descritores acústicos							
	L_{eq} dB(A)	L_{90}	L_{50}	L_{10}	Ltráfego	TNI	Lps
	78,9	61,2	70,0	85,9	69,5	130,0	103,6
	79,0	64,0	71,1	81,6	69,5	104,4	96,6
	77,3	62,8	68,6	83,9	69,5	117,2	98,4
Ruído Global	78,48	62,81	70,02	84,14	69,46	125,46	100,62

Quadro 5.20 – Índices acústicos – Ponto de monitoramento P2 - Equipamento DL4200.
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

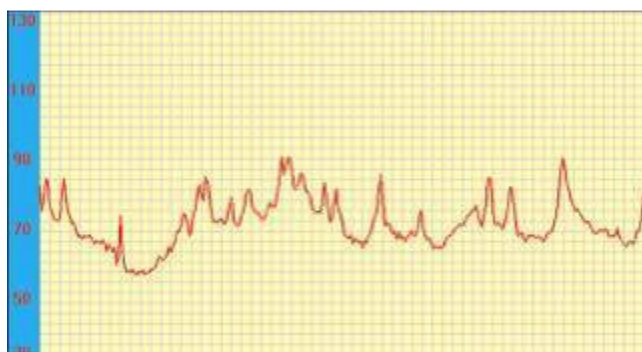


Gráfico 5.36 – P2-Nível sonoro global, em dB(A), sexta-feira, 30 de julho de 2010. Máximo: 92,7 dB(A) Mínimo: 53,8 dB(A)

No Gráfico 5.37, observam-se os picos elevados que correspondem exatamente aos momentos em que os veículos passam, contínuos, pelo equipamento. A estimativa do ruído em função do volume de tráfego ($L_{\text{tráfego}}$), o qual consiste em 69,46 dB(A), está próximo do valor do L_{50} , 70,02 dB(A). O valor de pico, nível estatístico L_{10} , é um dos índices mais altos, 84,14 dB(A), e o nível estatístico L_{90} , ruído de fundo, é 62,81 dB(A), índice mais baixo.

O índice mais alto é o descritor acústico TNI, que mede o grau de incomodidade gerado pelo tráfego rodoviário, com 125,46 dB(A). O índice do nível de poluição sonora (L_{ps}), consiste em 100,62 dB(A). De acordo com os critérios de comparação HUD, o Quadro 5.21 apresenta a avaliação dos resultados.

Índice acústico	Valores em dB(A)	Critério	Avaliação
L_{eq} dB(A)	78,48	$L_{\text{eq}} > 76$	Claramente inaceitável
L_{90}	62,81	$56 < L_{90} \leq 71$	Normalmente inaceitável
L_{10}	84,14	$L_{90} > 71$	Claramente inaceitável

Quadro 5.21 – Avaliação dos resultados do P2 de acordo com o critério de comparação HUD.

Comparando os níveis obtidos com as normativas brasileira e portuguesa, pode-se dizer que o nível equivalente de ruído obtido é 78,78 dB(A), acima do limite máximo permitido, que é de 65 dB(A) pela Norma NBR10151/2000 – ABNT e 70 dB(A) pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal).

O nível do ruído de fundo (L_{90}) foi de 62,81 dB(A), de acordo com o critério estabelecido pela OMS, está acima de 55 dB(A), podendo haver a ocorrência de estresse leve, acompanhado de desconforto. Ainda de acordo com esse critério, o valor de L_{eq} é tido como o nível inicial do desgaste do organismo, aumentando o risco de infarto, derrame cerebral, infecções, hipertensão arterial e outras patologias, e passa do limite considerado pela

medicina preventiva, de 65 dB(A). O Gráfico 5.38 apresenta a relação do L_{eq} e os dias/horários de monitoramento do ponto 2.

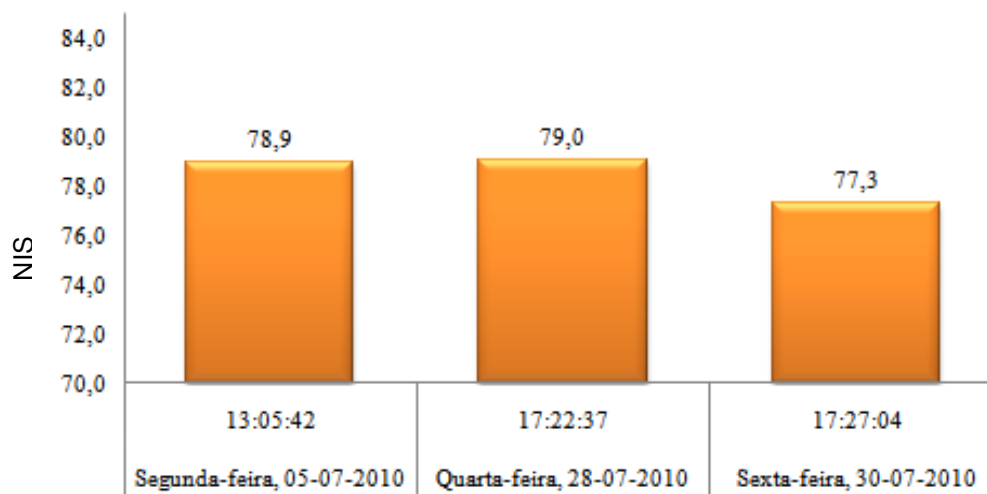


Gráfico 5.37 – Relação entre o L_{eq} dB(A) com o horário de medição - Ponto de monitoramento P2
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

De acordo com o Gráfico 5.38, o valor maior do L_{eq} é no dia 28 de julho de 2010, em uma quarta-feira, característico pelo movimento. Consta-se que o valor correspondente é de 79,0 dB(A), às 17h25min., sendo um valor acima do nível recomendado pela NBR 10151 e pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal), que são de 65 dB(A) e 70 dB(A), respectivamente.

O valor menor do L_{eq} foi encontrado na sexta-feira. Mesmo assim, pode-se notar, em função dos valores apresentados, que a diferença entre o maior valor do L_{eq} e o menor é de apenas 1,7 dB(A), diferença que aponta para uma estabilidade nos níveis de ruído equivalente durante a semana, nesse trecho. Assim, o ponto de monitoramento P2, localizado na rodovia PR323, sentido Maringá, possui nível sonoro acima do permitido, pela passagem de veículos em alta velocidade.

5.3.2.3 Análise do Ponto 3

No Quadro 5.22, apresentam-se os descritores acústicos do ponto 3 na zona industrial, obtidos com o equipamento DL4200, com seu respectivo Gráfico 5.39.

No Gráfico 5.39 observam-se os picos elevados que correspondem exatamente aos momentos em que os veículos passam pelo equipamento. O índice mais alto é o descritor acústico TNI, sendo 89,08 dB(A). O índice do nível de poluição sonora (L_{ps}), consiste em

88,00 dB(A).

	Índices / descritores acústicos							
	Nível Sonoro Global	L _{eq} dB(A)	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	L _{tráfego}	TNI	L _{ps}
	75,3	76,9	64,8	72,2	78,6	68,4	90,0	90,7
	73,3	70,8	61,4	67,9	76,3	68,4	91,0	85,7
	72,2	73,1	63,0	68,1	75,3	68,4	82,2	85,4
Ruído Global	73,81	74,34	63,29	69,89	76,96	68,42	89,08	88,00

Quadro 5.22 – Índices acústicos – Ponto de monitoramento P3 - Equipamento DL4200.
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

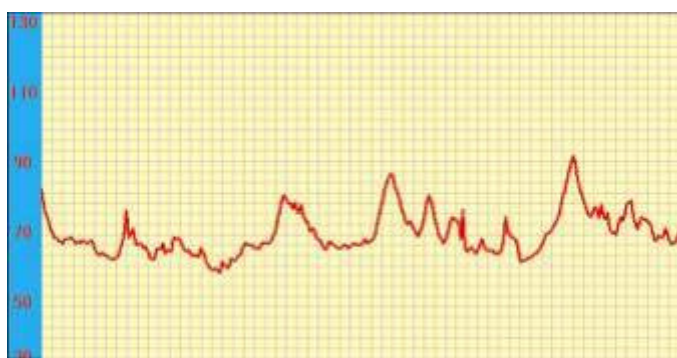


Gráfico 5.38 – P3-Nível sonoro global, em dB(A), quarta-feira, 28 de julho de 2010. Máximo: 89,0 dB(A). Mínimo: 55,6 dB(A)

A estimativa do ruído em função do volume de tráfego (L_{tráfego}) é 68,42 dB(A) e está próximo do valor do L_{tráfego} 62,33 dB(A) do ponto de monitoramento nº 1 e próximo também do L₅₀ 69,89 dB(A). O nível estatístico L₁₀, valor de pico, é um dos índices mais altos 76,96 dB(A), próximo do L_{eq} 74,34 dB(A), o que caracteriza o nível sonoro elevado.

De acordo com os critérios de comparação HUD, o Quadro 5.23 apresenta a avaliação dos resultados.

Índice acústico	Valores em dB(A)	Critério	Avaliação
L _{eq} dB(A)	74,34	$62 < L_{eq} \leq 76$	Normalmente inaceitável
L ₉₀	63,29	$56 < L_{90} > 71$	Normalmente inaceitável
L ₁₀	76,96	$66 < L_{10} \leq 82$	Normalmente inaceitável

Quadro 5.23 – Avaliação dos resultados do P3 de acordo com o critério de comparação HUD..

Comparando-se os níveis obtidos com as normativas brasileira e portuguesa, pode-se dizer que o nível equivalente de ruído obtido é 74,34 dB(A), e ainda está acima do limite

máximo permitido que é de 65 dB(A) pela Norma NBR10151/2000 – ABNT e 70 dB(A) pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal).

O nível estatístico L_{90} , ruído de fundo, é 63,29 dB(A), índice mais baixo, de acordo com o critério estabelecido pela OMS, está acima de 55 dB(A), podendo haver a ocorrência de estresse leve, acompanhado de desconforto. Ainda de acordo com esse critério, o valor de L_{eq} é tido como o nível inicial do desgaste do organismo, aumentando o risco de infarto, derrame cerebral, infecções, hipertensão arterial e outras patologias, e passa do limite considerado pela medicina preventiva, de 65 dB(A). O Gráfico 5.40 apresenta a relação do L_{eq} e os dias/ horários de monitoramento do ponto 3.

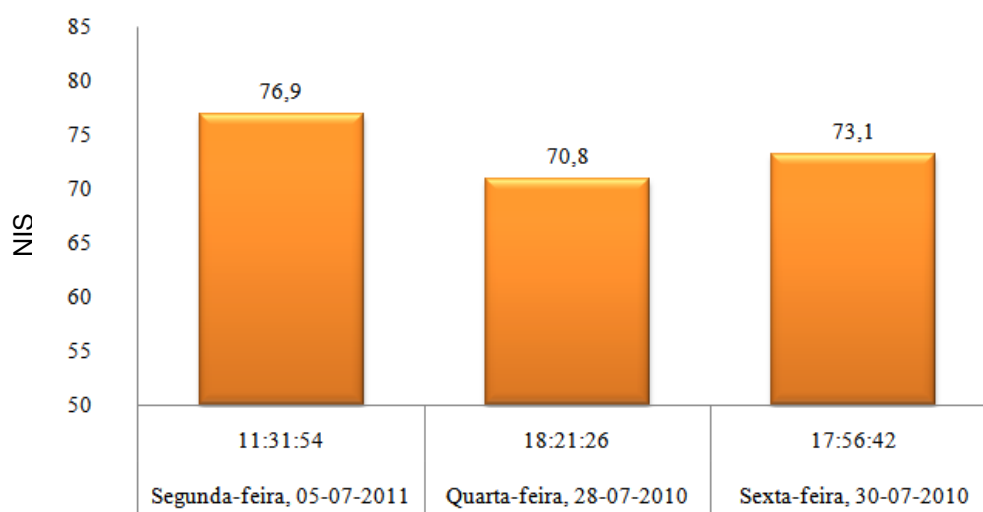


Gráfico 5.39 – Relação entre o L_{eq} dB(A) com o horário de medição – Ponto de monitoramento P3

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

De acordo com o Gráfico 5.40, o valor maior do L_{eq} é no dia 05 de julho de 2010, em uma segunda-feira, característico pelo movimento. Consta-se que o valor correspondente é de 76,9 dB(A), às 11h31min., sendo um valor acima do nível recomendado pela NBR 10151 e pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal), que são de 65 dB(A) e 70 dB(A), respectivamente, no horário diurno para áreas predominantemente industriais.

5.3.2.4 Análise do Ponto 4

No Quadro 5.24 – Índices acústicos – Ponto de monitoramento P4 – Equipamento DL4200 apresentam-se os descritores acústicos do ponto 4, localizado na Avenida Ângelo Moreira da Fonseca, obtidos com o equipamento DL4200, com seu respectivo Gráfico 5.41.

	Índices / descritores acústicos						
	L_{eq} dB(A)	L_{90}	L_{50}	L_{10}	Ltráfego	TNI	Lps
	70,8	60,5	67,6	75,9	70,8	92,1	86,2
	73,3	66,7	71,7	76,9	70,8	77,5	83,5
	73,0	65,3	69,4	77,1	70,8	82,5	84,8
Ruído Global	72,53	64,86	69,89	76,66	70,83	87,91	85,00

Quadro 5.24 – Índices acústicos – Ponto de monitoramento P4 - Equipamento DL4200.

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

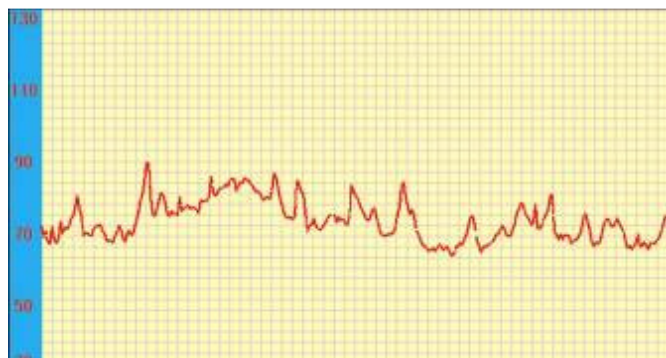


Gráfico 5.40 – P4-Nível sonoro global, em dB(A), sexta-feira, 30 de julho de 2010. Máximo: 87,0 dB(A) Mínimo: 60,8dB(A)

O valor de pico, nível estatístico L_{10} , é um dos índices mais altos 76,66 dB(A) e o nível estatístico L_{90} , ruído de fundo, é 64,86 dB(A), índice mais baixo. O índice mais alto é o descritor acústico TNI, que mede o grau de incomodidade gerado pelo tráfego rodoviário, sendo 87,91 dB(A), próximo do índice do nível de poluição sonora (L_{ps}), que consiste em 85,00 dB(A).

A estimativa do ruído em função do volume de tráfego (Ltráfego), o qual consiste em 70,83 dB(A) está próximo do valor do L_{50} 69,89 dB(A). No Gráfico 5.41 observam-se os picos elevados que correspondem exatamente aos momentos em que os veículos passam pelo equipamento, apresentando uma curva homogênea e constante. De acordo com os critérios de comparação HUD, o Quadro 5.25 apresenta a avaliação dos resultados.

Comparando os níveis obtidos com as normativas brasileira e portuguesa, pode-se dizer que o nível equivalente de ruído obtido, de 72,53 dB(A), está acima do limite máximo permitido que é de 65 dB(A) pela Norma NBR10151/2000 – ABNT e 70 dB(A) pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal).

Índice acústico	Valores em dB(A)	Critério	Avaliação
L_{eq} dB(A)	72,53	$62 < L_{eq} \leq 76$	Normalmente inaceitável
L_{90}	64,86	$56 < L_{90} \leq 71$	Normalmente inaceitável
L_{10}	76,66	$66 < L_{10} \leq 82$	Normalmente inaceitável

Quadro 5.25 – Avaliação dos resultados do P4 de acordo com o critério de comparação HUD.

De acordo com o critério estabelecido pela OMS, o nível do ruído de fundo (L_{90}) está acima de 55 dB(A), podendo haver a ocorrência de estresse leve, acompanhado de desconforto. Ainda de acordo com esse critério, o valor de L_{eq} é tido como o nível inicial do desgaste do organismo, aumentando o risco de infarto, derrame cerebral, infecções, hipertensão arterial e outras patologias, e passa do limite considerado pela medicina preventiva, que é de 65 dB(A). O Gráfico 5.42 apresenta a relação do L_{eq} e os dias/ horários de monitoramento do ponto 4.

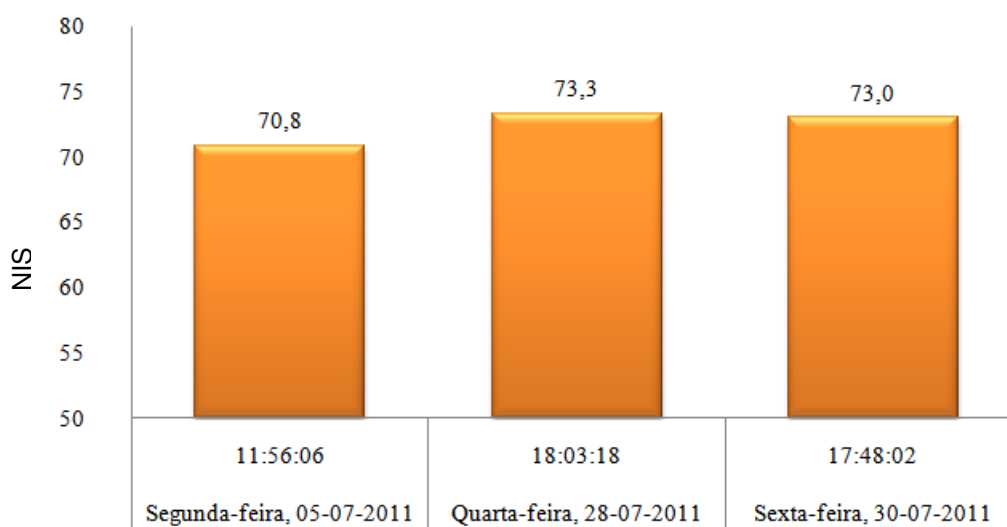


Gráfico 5.41 – Relação entre o L_{eq} dB(A) com o horário de medição – Ponto de monitoramento P4
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

De acordo com o Gráfico 5.42, o valor maior do L_{eq} é no dia 28 de julho de 2010, em uma quarta-feira, característico pelo movimento. Constatou-se que o valor correspondente é de 73,3 dB(A), às 18h03min., sendo um valor acima do nível recomendado pela NBR 10151 e pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal), que são de 65 dB(A) e 70 dB(A), respectivamente, no horário diurno.

O valor menor do L_{eq} foi encontrado na segunda-feira, com 70,8 dB(A). A diferença entre a quarta-feira e a segunda-feira é de apenas 0,25 dB(A), diferença que aponta para uma

estabilidade nos níveis de ruído equivalente durante o dia e horário, nesse trecho. Assim, o ponto de monitoramento P4, possui nível sonoro acima do permitido, a partir das seguintes características, como frenagem de veículos quando se aproximam da interseção.

5.3.2.5 Análise do Ponto 5

Apresentam-se os descritores acústicos do ponto 5 na zona industrial no Quadro 5.26, obtidos com MNPS, o equipamento DL4200, com seu respectivo Gráfico 5.43.

Índices / descritores acústicos							
	L_{eq} dB(A)	L_{90}	L_{50}	L_{10}	Ltráfego	TNI	L_{ps}
	71,1	63,2	67,7	73,4	70,2	74,0	81,3
	76,2	63,9	68,3	84,1	70,2	114,7	96,4
	72,3	63,0	68,7	76,5	70,2	87,0	85,8
Ruído Global	73,81	63,38	68,25	80,33	70,21	109,94	92,15

Quadro 5.26 – Índices acústicos – Ponto de monitoramento P5 - Equipamento DL4200.

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

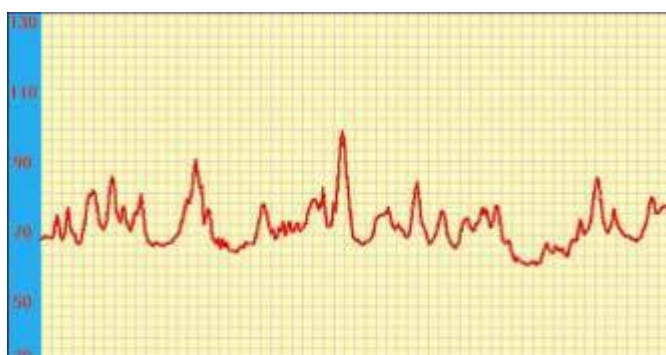


Gráfico 5.42 – P5-Nível sonoro global, em dB(A), sexta-feira, 30 de julho de 2010. Máximo: 96,0 dB(A) Mínimo: 57,7 dB(A)

O índice mais alto é os descritor acústico TNI, que mede o grau de incomodidade gerado pelo tráfego rodoviário, sendo 109,94 dB(A) e o índice do nível de poluição sonora (L_{ps}), consiste em 92,15 dB(A).

No Gráfico 5.43, observam-se os picos elevados que correspondem exatamente aos momentos em que os veículos passam pelo equipamento. De acordo com os critérios de comparação HUD, o Quadro 5.27 apresenta a avaliação dos resultados.

Índice acústico	Valores em dB(A)	Critério	Avaliação
L_{eq} dB(A)	73,81	$62 < L_{eq} \leq 76$	Normalmente inaceitável
L_{90}	63,38	$56 < L_{90} \leq 71$	Normalmente inaceitável
L_{10}	80,33	$66 < L_{10} \leq 82$	Normalmente inaceitável

Quadro 5.27 – Avaliação dos resultados do P5 de acordo com o critério de comparação HUD..

Comparando os níveis obtidos com as normativas brasileira e portuguesa, pode-se dizer que o nível equivalente de ruído obtido, é 73,81 dB(A), próximo da estimativa do ruído em função do volume de tráfego ($L_{tráfego}$), que consiste em 70,21 dB(A). Aquele está acima do limite máximo permitido, que é de 65 dB(A) pela Norma NBR10151/2000 – ABNT e próximo do limite 70 dB(A) pelo Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal).

O valor de pico, nível estatístico L_{10} , é um dos índices mais altos 80,33 dB(A) e o nível estatístico L_{90} , ruído de fundo, é 63,38 dB(A), índice mais baixo. O nível do ruído de fundo, de acordo com o critério estabelecido pela OMS, está acima de 55 dB(A), podendo haver a ocorrência de estresse leve, acompanhado de desconforto. Ainda de acordo com esse critério, o valor de L_{eq} , que consiste em 73,81 dB(A), é tido como o nível inicial do desgaste do organismo, aumentando o risco de infarto, derrame cerebral, infecções, hipertensão arterial e outras patologias, e passa do limite considerado pela medicina preventiva, que é de 65 dB(A). O Gráfico 5.44 apresenta a relação do L_{eq} e os dias/ horários de monitoramento do ponto 5.

De acordo com o Gráfico 5.21, o valor maior do L_{eq} é no dia 28 de julho de 2010, em uma quarta-feira, característico pelo movimento, que consiste em 76,2 dB(A), as 17h50min., sendo um valor acima do nível recomendado pela NBR 10151 e pelo Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal).

O valor menor do L_{eq} foi encontrado na segunda-feira, 05 de julho de 2010. Mesmo assim, pode-se notar, em função dos valores apresentados, que a diferença entre o maior valor do L_{eq} na segunda-feira e na sexta-feira, às 12h00min e às 17h40min, respectivamente, é de apenas 1,2 dB(A), diferença que aponta para uma estabilidade nos níveis de ruído equivalente durante o dia, nesse trecho. Assim, o ponto de monitoramento nº 5, localizado na via urbana Avenida Ângelo Moreira da Fonseca, possui nível sonoro acima do permitido, caracterizando a paisagem sonora do “Trevo do Gauchão”.

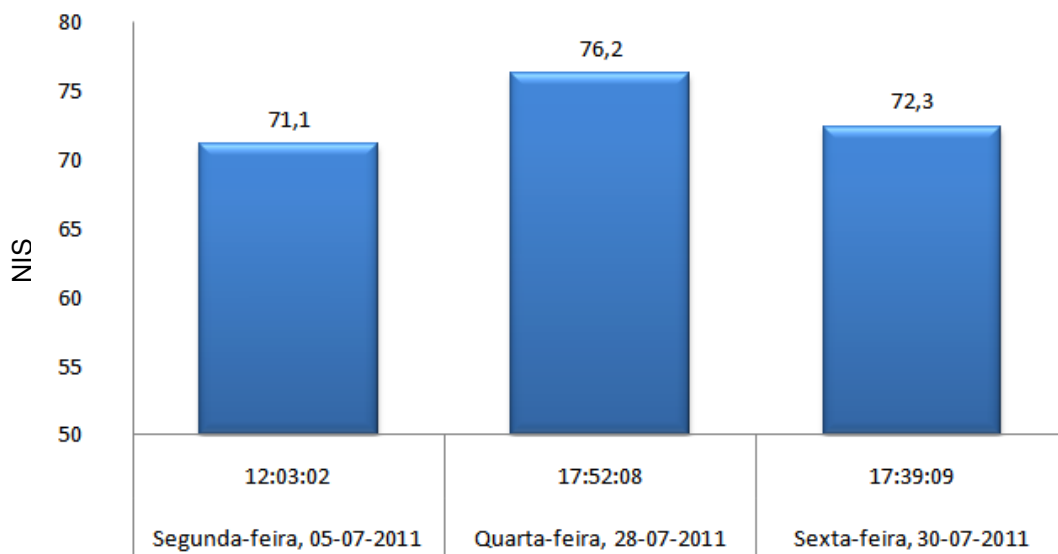


Gráfico 5.43 – Relação entre o L_{eq} dB(A) com o horário de medição - Ponto de monitoramento P5
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

5.3.2.6 Análise do Ponto 6

No Quadro 5.28 apresentam-se os descritores acústicos do ponto 6 na zona industrial, obtidos com o equipamento DL4200, com seu respectivo Gráfico 5.45.

	Índices / descritores acústicos							
	Nível Sonoro Global	L_{eq} dB(A)	L_{90}	L_{50}	L_{10}	Ltráfego	TNI	Lps
	66,87	66,17	56,80	62,10	71,80	67,39	86,80	81,17
	67,97	67,96	59,3	64,5	72,5	67,39	82,10	81,16
	69,27	67,89	60,8	65,9	73,0	67,39	79,60	80,09
<i>Ruído Global</i>	<i>68,15</i>	<i>67,42</i>	<i>59,26</i>	<i>64,44</i>	<i>72,46</i>	<i>67,39</i>	<i>83,87</i>	<i>80,84</i>

Quadro 5.28 – Índices acústicos – Ponto de monitoramento P6 - Equipamento DL4200.
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

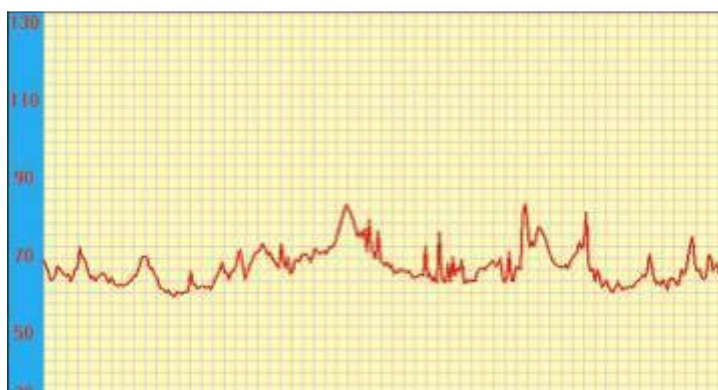


Gráfico 5.44 – P6-Nível sonoro global, em dB(A), segunda-feira, 05 de julho de 2010. Máximo: 80,5 dB(A) Mínimo: 56,5 dB(A)

Em comparação com os outros pontos de monitoramento, o ponto nº 6 é o que possui menor ruído, devido à sua localização, na via urbana, Avenida Umuarama, via de acesso à área industrial. No Quadro 5.29, o nível estatístico L_{10} , valor de pico, é um dos índices mais altos 72,46 dB(A) e o nível estatístico L_{90} , ruído de fundo, é 59,26 dB(A), índice mais baixo. O índice mais alto é o descritor acústico TNI, que mede o grau de incomodidade gerado pelo tráfego rodoviário, sendo 83,87 dB(A).

O índice do nível de poluição sonora (L_{ps}), consiste em 80,84 dB(A). No Gráfico 5.45 observam-se os picos elevados que correspondem exatamente aos momentos em que os veículos passam pelo equipamento, principalmente veículos super leves, as motocicletas. De acordo com os critérios de comparação HUD, o Quadro 5.29 apresenta a avaliação dos resultados.

Índice acústico	Valores em dB(A)	Critério	Avaliação
L_{eq} dB(A)	67,42	$62 < L_{eq} \leq 76$	Normalmente inaceitável
L_{90}	59,26	$56 < L_{90} \leq 71$	Normalmente inaceitável
L_{10}	72,46	$66 < L_{10} \leq 82$	Normalmente inaceitável

Quadro 5.29 – Avaliação dos resultados do P6 de acordo com o critério de comparação HUD..

A estimativa do ruído em função do volume de tráfego ($L_{tráfego}$), o qual consiste em 67,39 dB(A), está próximo do valor do L_{eq} , que consiste em 67,42 dB(A). Comparando-se os níveis obtidos com as normativas brasileira e portuguesa, pode-se dizer que o nível equivalente de ruído obtido, o L_{eq} , ainda está acima do limite máximo permitido que é de 65 dB(A) pela Norma NBR10151/2000 – ABNT, e abaixo do limite de 70 dB(A) advertido pelo Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal).

O nível do ruído de fundo (L_{90}) foi de 59,26 dB(A), de acordo com o critério estabelecido pela OMS, está acima de 55 dB(A), podendo haver a ocorrência de estresse leve, acompanhado de desconforto. Ainda de acordo com esse critério, o valor de L_{eq} 67,42 dB(A) é tido como o nível inicial do desgaste do organismo, aumentando o risco de infarto, derrame cerebral, infecções, hipertensão arterial e outras patologias, e passa do limite considerado pela medicina preventiva, o qual é 65 dB(A). O Gráfico 5.46 apresenta a relação do L_{eq} e os dias/horários de monitoramento do ponto 6.

De acordo com o Gráfico 5.46, todos os valores apresentados, na segunda-feira, na

quarta-feira e na sexta-feira estão próximos. A diferença que aponta para uma estabilidade nos níveis de ruído equivalente durante o dia nesse trecho é de apenas 1,79 dB(A).

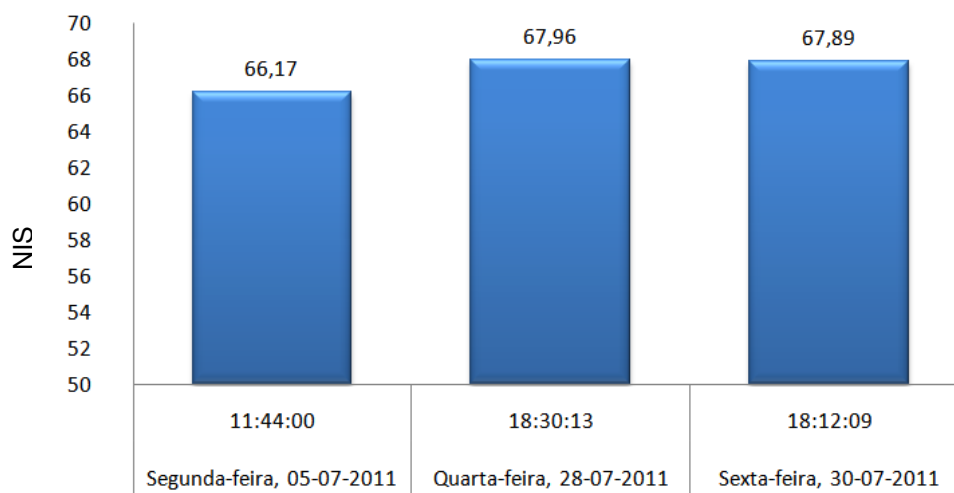


Gráfico 5.45 – Relação entre o L_{eq} dB(A) com o horário de medição - Ponto de monitoramento P6
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

O valor maior do L_{eq} é no dia 28 de julho de 2010, em uma quarta-feira, característico pelo movimento. Constatou-se que o valor correspondente é de 67,96 dB(A), às 18h30min., sendo um valor acima do nível recomendado pela NBR 10151, que consiste em 65 dB(A), e abaixo do limite estabelecido pelo Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal), que consiste em 70 dB(A), no horário diurno, para áreas predominantemente industriais.

5.3.2.7 Análise do Ponto 7

No Quadro 5.30 apresentam-se os descritores acústicos do ponto 7 na zona industrial, obtidos com o equipamento DL4200, com seu respectivo Gráfico 5.47.

	Índices / descritores acústicos							
	Nível Sonoro Global	L_{eq} dB(A)	L_{90}	L_{50}	L_{10}	Ltráfego	TNI	Lps
	73,54	73,30	60,30	68,30	74,80	66,69	88,30	87,80
	78,13	76,60	70,2	73,4	80,4	66,69	81,00	86,80
	75,51	73,52	68,4	71,6	77,7	66,69	75,60	82,82
<i>Ruído Global</i>	<i>76,13</i>	<i>74,75</i>	<i>67,89</i>	<i>71,57</i>	<i>78,21</i>	<i>66,69</i>	<i>84,46</i>	<i>86,28</i>

Quadro 5.30 – Índices acústicos – Ponto de monitoramento P7 - Equipamento DL4200.
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

No Gráfico 5.47, observa-se, inicialmente, o ruído constante, que consiste no congestionamento dos veículos na via rural, rodovia PR323, e a seguir os picos são os

momentos exatos das passagens dos veículos em alta velocidade. No Quadro 5.31, o nível estatístico L_{10} , valor de pico, é um dos índices mais altos 78,21 dB(A) e o nível estatístico L_{90} , ruído de fundo, é 67,89 dB(A), índice mais baixo.

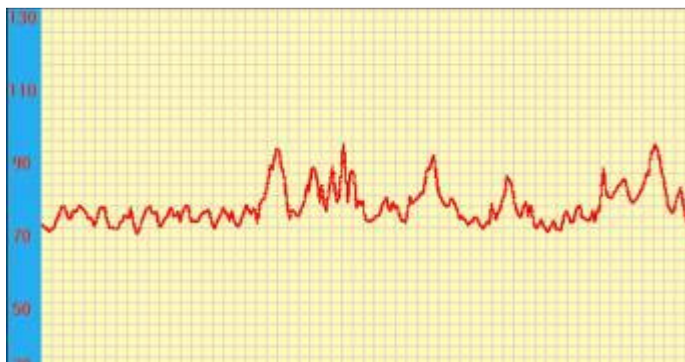


Gráfico 5.46 – P7-Nível sonoro global, em dB(A), quarta-feira, 28 de julho de 2010. Máximo: 92,3 dB(A) Mínimo: 67,7 dB(A)

O índice mais alto é o descritor acústico TNI, que mede o grau de incomodidade gerado pelo tráfego rodoviário, sendo 84,46 dB(A) e está próximo do nível de poluição sonora (L_{ps}), que consiste em 86,28 dB(A). De acordo com os critérios de comparação HUD, o Quadro 5.31 apresenta a avaliação dos resultados.

Índice acústico	Valores em dB(A)	Critério	Avaliação
L_{eq} dB(A)	74,75	$62 < L_{eq} \leq 76$	Normalmente inaceitável
L_{90}	67,89	$56 < L_{90} \leq 71$	Normalmente inaceitável
L_{10}	78,21	$66 < L_{10} \leq 82$	Normalmente inaceitável

Quadro 5.31 – Avaliação dos resultados do P7 de acordo com o critério de comparação HUD.

Comparando-se os níveis obtidos com as normativas brasileira e portuguesa, pode-se dizer que o nível equivalente de ruído obtido 74,75 dB(A), ainda está acima do limite máximo permitido que é de 65 dB(A) pela Norma NBR10151/2000 – ABNT e 70 dB(A) pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal).

O nível do ruído de fundo (L_{90}) foi de 67,89 dB(A), de acordo com o critério estabelecido pela OMS, está acima de 55 dB(A), podendo haver a ocorrência de estresse leve, acompanhado de desconforto. Ainda de acordo com esse critério, o valor de L_{eq} é tido como o nível inicial do desgaste do organismo, aumentando o risco de infarto, derrame cerebral, infecções, hipertensão arterial e outras patologias, e passa do limite considerado pela medicina preventiva, o qual é 65 dB(A). O Gráfico 5.48 apresenta a relação do L_{eq} e os dias e

os horários de monitoramento do ponto 7, localizado na intersecção (rotatória).

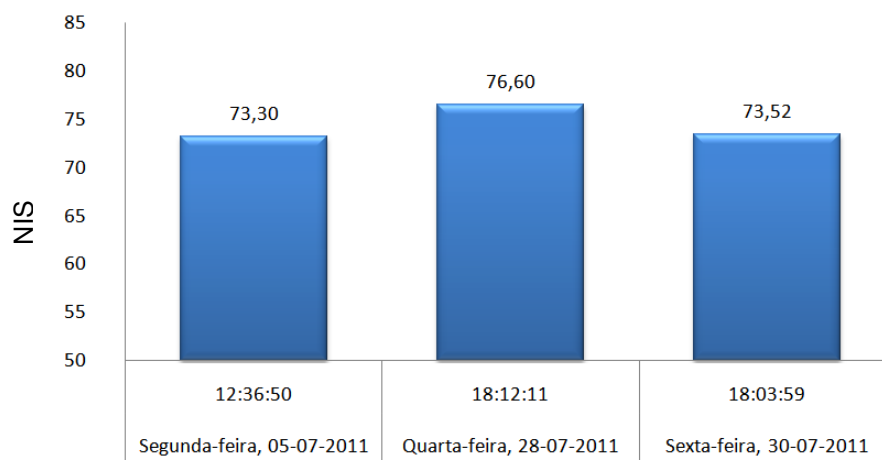


Gráfico 5.47 – Relação entre o L_{eq} dB(A) com o horário de medição - Ponto de monitoramento P7
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

De acordo com o Gráfico 5.48, o valor maior do L_{eq} é no dia 28 de julho de 2010, em uma quarta-feira, característico pelo movimento. Consta-se que o valor correspondente é de 76,60 dB(A), as 18h10min., e o menor valor é de 73,30 dB(A), em uma segunda-feira, 05 de julho de 2010, as 12h35min, ambos são valores acima do nível recomendado pela NBR 10151 e pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal), que são de 65 dB(A) e 70 dB(A), respectivamente, no horário diurno para áreas predominantemente industriais.

5.3.2.8. Análise do Ponto 8

No Quadro 5.32 apresentam-se os descritores acústicos do ponto 8, localizado na via rural, rodovia PR323, na zona industrial, obtidos com o equipamento DL4200, com seu respectivo Gráfico 5.49.

	Índices / descritores acústicos						
	L_{eq} dB(A)	L_{90}	L_{50}	L_{10}	Ltráfego	TNI	Lps
	71,75	60,20	68,90	77,00	64,63	97,40	88,55
	74,10	66,3	71,6	79,6	64,63	89,50	87,40
	77,95	64,0	74,8	81,8	64,63	105,20	95,75
<i>Ruído Global</i>	<i>75,36</i>	<i>64,16</i>	<i>72,42</i>	<i>79,89</i>	<i>64,63</i>	<i>101,19</i>	<i>92,24</i>

Quadro 5.32 – Índices acústicos – Ponto de monitoramento P8 - Equipamento DL4200.
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

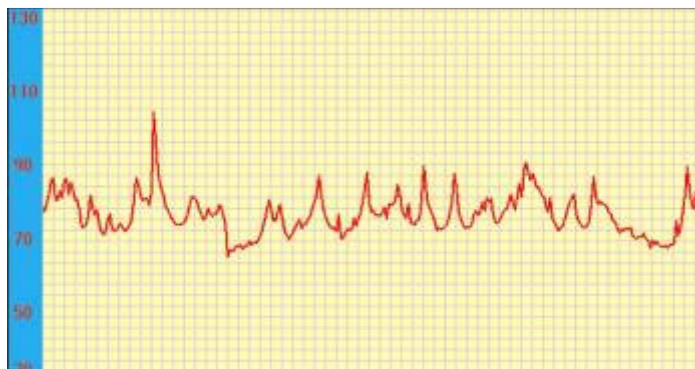


Gráfico 5.48 – P8-Nível sonoro global, em dB(A), segunda-feira, 05 de julho de 2010. Máximo: 101,4 dB(A) Mínimo: 62,2 dB(A)

O nível estatístico L_{10} , consiste em um dos índices mais altos 79,89 dB(A), próximo do valor 78,23 dB(A) nível sonoro global, obtido pelo equipamento. O nível estatístico L_{90} , ruído de fundo, é 64,16 dB(A), índice mais baixo. O índice mais alto é o descritor acústico TNI, que mede o grau de incomodidade gerado pelo tráfego rodoviário, sendo 101,19 dB(A).

A estimativa do ruído em função do volume de tráfego ($L_{tráfego}$), o qual consiste em 64,63 dB(A) está próximo do valor do L_{90} , 64,16 dB(A). O índice do nível de poluição sonora (L_{ps}), consiste em 92,24 dB(A). No Gráfico 5.49, observam-se os picos elevados que correspondem exatamente aos momentos em que os veículos passam pelo equipamento. De acordo com os critérios de comparação HUD, o Quadro 5.33 apresenta a avaliação dos resultados.

Índice acústico	Valores em dB(A)	Critério	Avaliação
L_{eq} dB(A)	75,36	$62 < L_{eq} \leq 76$	Normalmente inaceitável
L_{90}	64,16	$56 < L_{90} \leq 71$	Normalmente inaceitável
L_{10}	79,89	$66 < L_{10} \leq 82$	Normalmente inaceitável

Quadro 5.33 – Avaliação dos resultados do P8 de acordo com o critério de comparação HUD.

Comparando-se os níveis obtidos com as normativas brasileira e portuguesa, pode-se dizer que o nível equivalente de ruído obtido 75,36 dB(A), ainda está acima do limite máximo permitido que é de 65 dB(A) pela Norma NBR10151/2000 – ABNT e 70 dB(A) pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal).

De acordo com o critério estabelecido pela OMS, o nível do ruído de fundo (L_{90}) de 64,16 dB(A), está acima de 55 dB(A), podendo haver a ocorrência de estresse leve, acompanhado de desconforto. Ainda de acordo com esse critério, o valor do L_{eq} de 75,36

dB(A) é tido como o nível inicial do desgaste do organismo, aumentando o risco de infarto, derrame cerebral, infecções, hipertensão arterial e outras patologias, e passa do limite considerado pela medicina preventiva, que é 65 dB(A). O Gráfico 5.50 apresenta a relação do L_{eq} e os dias/ horários de monitoramento do ponto 8.

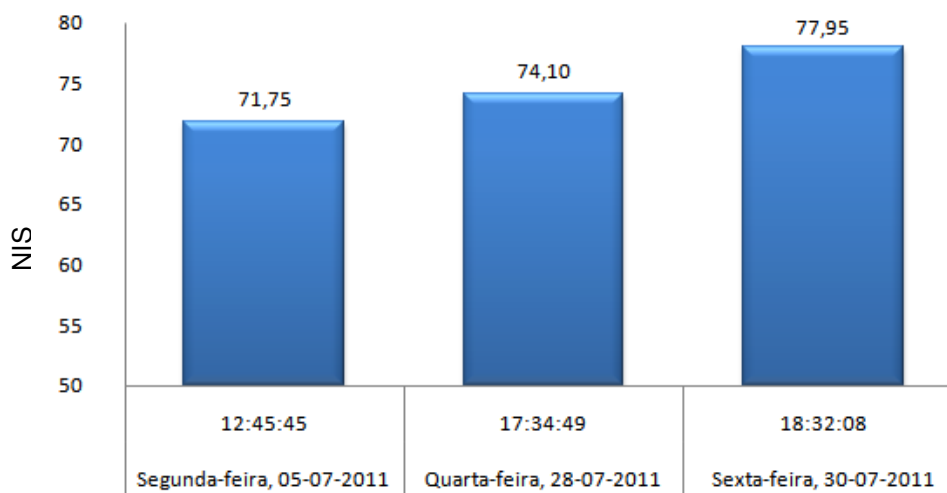


Gráfico 5.49 – Relação entre o L_{eq} dB(A) com o horário de medição - Ponto de monitoramento P8
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

De acordo com o Gráfico 5.50, o valor menor do L_{eq} foi encontrado na segunda-feira, no dia 05 de julho de 2010, as 12h45min e o valor maior do L_{eq} é no dia 30 de julho de 2010, em uma sexta-feira, característico pelo movimento. Constatase que o valor correspondente é de 77,95 dB(A), as 18h32min., sendo um valor acima do nível recomendado pela NBR 10151 e pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal), que são de 65 dB(A) e 70 dB(A), respectivamente, no horário diurno para áreas predominantemente industriais.

5.3.2.9 Análise do Ponto 9

No Quadro 5.34 apresentam-se os descritores acústicos do ponto 9 na zona industrial, obtidos com o equipamento DL4200, com seu respectivo Gráfico 5.51.

	Índices / descritores acústicos						
	L_{eq} dB(A)	L_{90}	L_{50}	L_{10}	Ltráfego	TNI	Lps
	69,88	58,00	67,00	74,90	64,63	95,60	86,78
	71,89	59,0	72,2	76,3	64,63	98,20	89,19
	71,79	62,1	69,6	76,5	64,63	89,70	86,19
<i>Ruído Global</i>	<i>71,28</i>	<i>60,07</i>	<i>70,10</i>	<i>75,96</i>	<i>64,63</i>	<i>95,71</i>	<i>87,59</i>

Quadro 5.34 – Índices acústicos – Ponto de monitoramento P9 - Equipamento DL4200.
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

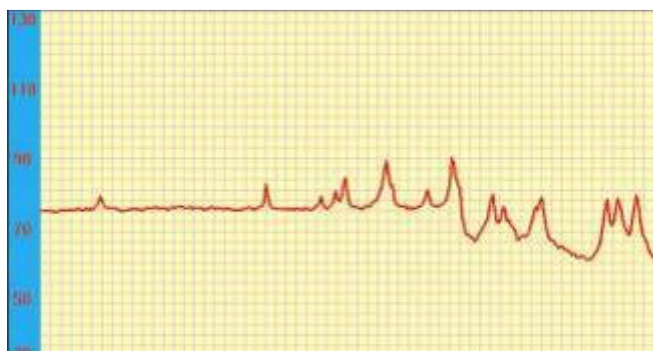


Gráfico 5.50 – P9-Nível sonoro global, em dB(A), segunda-feira, 05 de julho de 2010. Máximo: 87,4 dB(A) Mínimo: 57,7 dB(A)

No Gráfico 5.51 observa-se, inicialmente, o ruído constante, que consiste no congestionamento dos veículos na via rural, rodovia PR323, e a seguir os picos são os momentos exatos das passagens dos veículos em alta velocidade.

O nível estatístico L_{10} , valor de pico, é um dos índices mais altos 75,96 dB(A) e o nível estatístico L_{90} , ruído de fundo, é 60,07 dB(A), índice mais baixo. O índice mais alto é o descritor acústico TNI, que mede o grau de incomodidade gerado pelo tráfego rodoviário, sendo 95,71 dB(A).

A estimativa do ruído em função do volume de tráfego ($L_{\text{tráfego}}$) consiste no valor 64,63 e o índice do nível de poluição sonora (L_{ps}) consiste em 87,59 dB(A). A avaliação dos resultados por meio dos critérios de comparação HUD, são apresentados no Quadro 5.35.

Índice acústico	Valores em dB(A)	Critério	Avaliação
L_{eq} dB(A)	71,28	$62 < L_{\text{eq}} \leq 76$	Normalmente inaceitável
L_{90}	60,07	$56 < L_{90} \leq 71$	Normalmente inaceitável
L_{10}	75,96	$66 < L_{10} \leq 82$	Normalmente inaceitável

Quadro 5.35 – Avaliação dos resultados do P9 de acordo com o critério de comparação HUD.

Comparando-se os níveis obtidos com as normativas brasileira e portuguesa, pode-se dizer que o nível equivalente de ruído obtido, de uma forma global 71,28 dB(A), ainda está acima do limite máximo permitido, que é de 65 dB(A) pela Norma NBR10151/2000 – ABNT e próximo do limite 70 dB(A) do Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal).

O nível do ruído de fundo (L_{90}) foi de 60,07 dB(A). De acordo com o critério estabelecido pela OMS, está acima de 55 dB(A), podendo haver a ocorrência de estresse leve, acompanhado de desconforto. Ainda de acordo com esse critério, o valor de L_{eq} é tido como o

nível inicial do desgaste do organismo, aumentando o risco de infarto, derrame cerebral, infecções, hipertensão arterial e outras patologias, e passa do limite considerado pela medicina preventiva, o qual é 65 dB(A). O Gráfico 5.52 apresenta a relação do L_{eq} e os dias e horários de monitoramento do ponto 9.

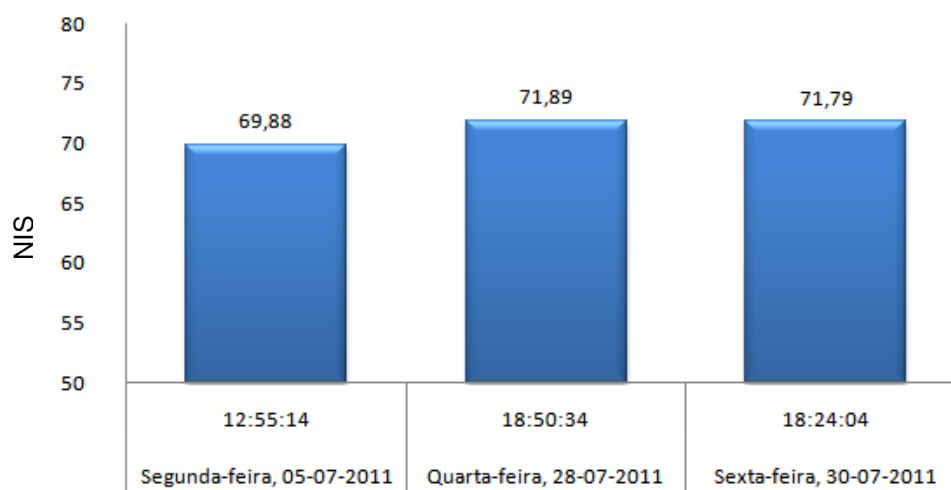


Gráfico 5.51 – Relação entre o L_{eq} dB(A) com o horário de medição – Ponto de monitoramento P9
Fonte: Elaborado pela autora, 2010

De acordo com o Gráfico 5.52, os valores maiores do L_{eq} estão bem próximos nos dias 28 e 30 de julho de 2010, na quarta-feira (71,89 dB(A)) e na sexta-feira (71,79 dB(A)), respectivamente, ambos próximos das 18h30min, sendo valores acima do nível recomendado pela NBR 10151 e pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal), que são de 65 dB(A) e 70 dB(A), respectivamente, no horário diurno, para áreas predominantemente industriais e mistas.

5.3.3. Mapeamento sonoro e avaliação do ruído urbano na zona industrial

Na fase subsequente da análise pontual considerou-se a análise do mapa do zoneamento dos receptores, que correlaciona a classificação da zona industrial com o ruído das atividades que se desenvolvem na malha urbana e que coexistem ou estão aproximadas com a função habitacional.

Após a entrada dos dados necessários para o *software* SoundPLAN[®], automaticamente se realizam todos os cálculos, para se obter como resultado final o gráfico, ou seja, o mapa de ruído global da área, através da interpolação dos níveis de ruído transformados em linhas de contorno, conforme se apresenta na Figura 5.2, realizado pelo

software e com a malha urbana sobreposta. Em seguida, procedeu-se à avaliação da exposição dos edifícios, como receptores, para se verificar as necessidades e, eventualmente, as prioridades de atuação. A comparação com o mapa de uso e ocupação do solo permitiu a determinação das áreas de conflitos, que são as áreas indicadas, como também a interseção, cruzamento das vias urbana e rural.



Figura 5.2 - Mapeamento sonoro com as curvas de nível – zona industrial.

Por meio da escala gradual de cores do mapeamento sonoro, observa-se a variação dos níveis sonoros de 34 a 86 dB(A). Os níveis mais elevados de pressão sonora tendem para a cor azul e os mais baixos se aproximam da cor verde. A partir dessa leitura destaca-se que as vias de tráfego são as que possuem maiores níveis de ruído, que interferem nas edificações, relevados pelo intenso volume de veículos de entrada e saída do município, como os de passagem pela rodovia, fonte principal de ruído.

No Gráfico 5.53, apresentam-se os valores do índice acústico L_{eq} , destacando-se os limites estabelecidos pelas normativas brasileira e portuguesa, sendo 65 dB(A) pela Norma

NBR10151/2000 – ABNT e 70 dB(A) pelo Limite Decreto-Lei nº 292/2000 (Portugal), respectivamente, para o período diurno.

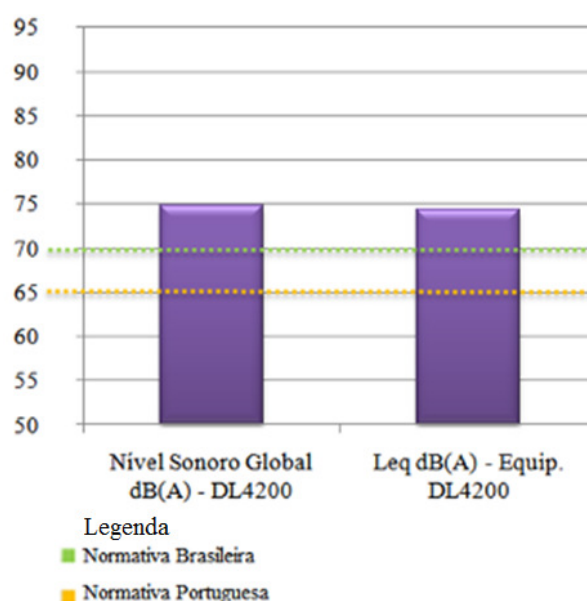


Gráfico 5.52 – Comparação dos L_{eq} , em dB(A) a partir do ruído global em relação às normativas - zona industrial

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Apresentam-se os níveis sonoros identificados e calculados, com o MNPS DL4200 para uma área predominantemente industrial, e os valores limites das normativas brasileira e portuguesa, para esta zona de estudo no Quadro 5.36.

Período Diurno [dB (A)]			Normativa Brasileira	Normativa Portuguesa
Descritores acústicos	NPS		65	70
Nível de pressão sonora acima do permitido:				
L_{eq}	74,40	dB(A)	9,40	4,40
L_{10}	79,34	dB(A)	14,34	9,34
L_{90}	63,80	dB(A)	0,00	0,00
Ltráfego	68,32	dB(A)	3,32	0,00
TNI	116,09	dB(A)	51,09	46,09
L_{ps}	93,07	dB(A)	28,07	23,07

Quadro 5.36 – Avaliação dos resultados da Zona Industrial - DL4200

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

Observa-se que todos os descritores acústicos estão com o nível de pressão sonora acima do permitido pelas normativas vigentes, com exceção do ruído de fundo L_{90} . A análise dos índices acústicos, inter-relacionada ao mapa de ruído, é fundamental para ilustrar claramente exposição ao ruído ambiente, para proporcionar uma referência para os urbanistas e políticos, além de proporcionar uma plataforma de pesquisa. A avaliação em áreas urbanas e

rurais (rodovias) tem, sem dúvida, contribuído para o conhecimento global dos níveis de ruído existentes, em áreas especiais e específicas, dentro do contexto da reurbanização.

6. CENÁRIOS ALTERNATIVOS

6.1. ZONA SENSÍVEL

As diretrizes projetuais que definem o cenário urbano da zona sensível são as medidas de gestão do tráfego, em conjunto com as técnicas de redução do ruído no receptor.

A política de planejamento e adequação do sistema viário da zona sensível inclui as medidas de controle do volume de tráfego, como a interrupção parcial dos veículos na Avenida Maringá, no período noturno, com encerramento parcial da via no período noturno. A intervenção nos movimentos e sentidos do tráfego dificultam a circulação de alguns veículos, favorecendo a utilização de rotas alternativas, por meio das medidas horizontais. Apresentam-se as curvas horizontais, como a canalização do tráfego, os estreitamentos formando curvas em “S”, podendo ser feitos com jardins, ilhas, estacionamentos para suavizar o fluxo de tráfego.

Outra medida que pode ser somada às demais, para a atenuação do ruído urbano na zona sensível, é a operação de protótipos de ônibus movidos a hidrogênio. Essa é uma alternativa que depende dos fabricantes e das empresas especializadas na manutenção desses veículos, que devem melhorar o desempenho ambiental nas peças, produtos, pneus e motores.

Outra proposta para o cenário urbano da zona sensível, área consolidada, em conjunto com as anteriores, é a redução do ruído no receptor, nos edifícios mais expostos, classificados como sensíveis, como a Igreja, a universidade e as escolas. Esse tipo de atuação nos edifícios existentes engloba o reforço exterior, nos pontos frágeis das fachadas, com a utilização das esquadrias com vidros duplos, com câmeras, conforme as condições citadas por Monroy (2006), na revisão teórica.

Para melhorar o comportamento passivo dos motoristas na direção dos veículos, é importante a promoção e divulgação dos níveis sonoros obtidos nos estudos de caso, com a finalidade da conscientização dessa problemática.

6.2. ZONA INDUSTRIAL

Os parâmetros e diretrizes projetuais interpretativos, vinculados a padrões qualitativos e quantitativos, em relação à implantação de barreiras e ao uso e à ocupação do solo, devem partir de leituras e análises urbanas que diligenciem o planejamento urbano, por meio dos cenários urbanos futuros.

Segundo Lima e Dias (2008), em função do aumento do tráfego de caminhões pesados em relação ao total de caminhões leves e médios, houve também mudança quantitativa no tráfego de veículos na malha rodoviária do Estado do Paraná, onde acentua-se entre 2000 e 2006, período em que o fluxo aumentou em torno de 30%

O Gráfico 6.1 apresenta o comparativo do descritor acústico $L_{\text{tráfego}}$ calculado de acordo com a contagem veicular real, realizada in loco, entre uma previsão de aumento de 30% dos veículos na zona industrial.

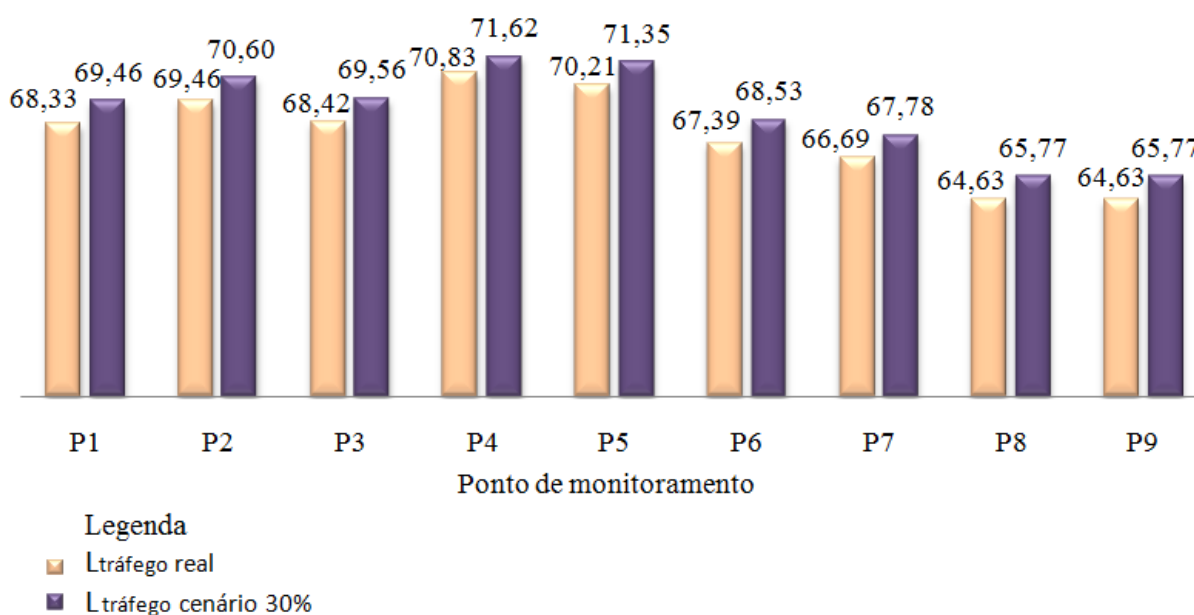


Gráfico 6.1 – Comparação da situação real e o cenário com o descritor acústico $L_{\text{tráfego}}$, dB(A)

Fonte: Elaborado pela autora, 2010

De acordo com o Gráfico 6.1, observa-se que o aumento de 30% dos veículos, ocasiona um aumento de 0,79 a 1,14 dB(A) em cada ponto de monitoramento. Para atenuação do ruído de tráfego identificado na zona industrial, algumas das diretrizes projetuais propostas são a organização e moderação do tráfego, por meio de mudanças físicas combinadas, dentro do ambiente das vias, tais como redutor de velocidade em pontos específicos, para restringir a velocidade veicular nesse trecho de estudo; limites de velocidade modificados (medida de redução de velocidade); uso e ocupação do solo urbano e implantação de barreiras, como medidas de atenuação que podem ser combinadas e conjugadas.

Outra medida aplicada nas laterais das vias é o uso do paisagismo, arbustos e forrações, como uma medida de atenuação de efeito psicológico. Medida permanente, com a finalidade de abrandar o fluxo de tráfego, juntamente com a implantação da iluminação

pública, para valorizar a paisagem urbana no período noturno.

Para a redução do ruído de tráfego no meio de propagação, uma das diretrizes projetuais indicadas para a via rural (rodovia) neste estudo de caso, é a barreira acústica, como uma alternativa para o controle de ruído. Para essa aplicação admite-se uma atenuação de aproximadamente 5 a 8 dB(A).

Os fatores determinantes nas dimensões das barreiras e na sua eficácia foram definidos segundo as indicações e regras empíricas dos autores Carvalho e Rocha (2008), apresentadas na revisão teórica, definidas com quatro metros de altura. A Figura 6.1 apresenta o mapeamento sonoro com a introdução das barreiras acústicas, realizado por meio do *software* SoundPLAN®.

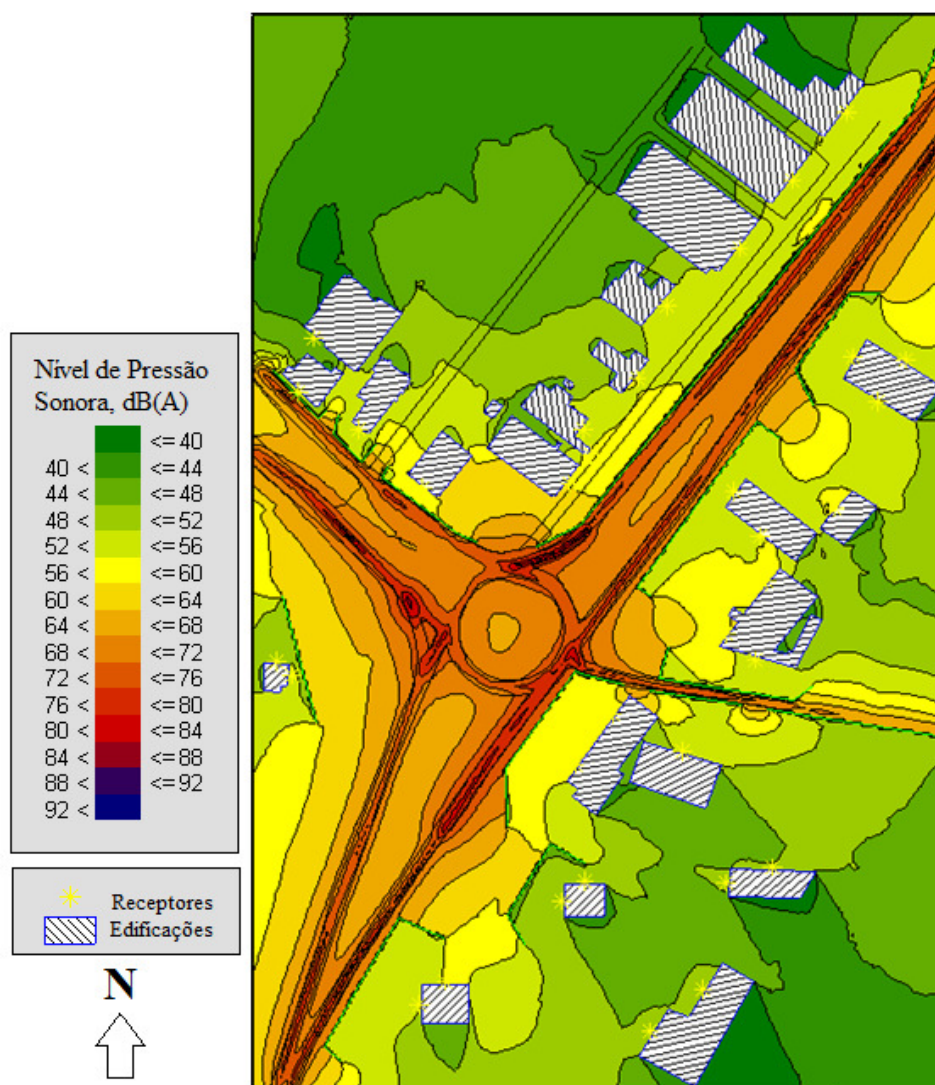


Figura 6.1 - Localização das barreiras acústicas – zona industrial

Por meio da escala gradual de cores do mapeamento sonoro com as barreiras acústicas, observa-se a variação dos níveis sonoros de 40 a 92 dB(A). Destaca-se nas vias de

tráfego o aumento do nível do ruído devido as reflexões das barreiras. As barreiras acústicas foram implantadas para facilitar os acessos aos estabelecimentos industriais e comerciais.

Conforme Lisot (2008), materiais fibrosos e porosos normalmente são bons absorvedores de sons de alta frequência. Para a absorção de sons de baixa frequência, como em relação ao ruído de tráfego, faz-se necessário o emprego de dispositivos especializados de absorção sonora, como os tijolos ressoadores de Helmholtz. Ou, ainda, estes ressoadores podem ser peças de diversos materiais, como blocos de concreto, placas perfuradas, garrafas PET (Polietileno Tereftalato), entre outros (SANTOS, 2005).

A proposta dos materiais na implantação das barreiras acústicas na zona industrial é o conjunto de blocos de concreto e materiais transparentes ou painéis metálicos coloridos, intercalados com painéis transparentes, em perfis metálicos, como as placas acrílicas, relacionados com a vegetação, na altura de 4 metros, que pode atenuar até 6 dB(A), com a finalidade de melhorar a paisagem urbana por meio da permeabilidade visual das edificações. Como proposta, na rodovia PR323, sentido Guaíra, as barreiras estão alocadas no nível da pista de rolamento. De acordo com os desníveis na rua lateral, que está abaixo da pista de rolamento, há um talude de terra, que atenua cerca de 1 a 3 dB(A). As barreiras possuem acabamentos verticais absorventes, que poderão atenuar, no máximo, 2,5 dB(A).

Além das barreiras, outras medidas podem ser somadas para a atenuação do ruído urbano na zona industrial. Entre elas, uma das propostas de maior dificuldade de implantação, porém eficaz, é a aplicação das técnicas de pavimentação com borracha, que pode reduzir, no mínimo, 3dB(A), em relação às superfícies das vias rurais tradicionais, podendo-se chegar a uma atenuação de até 8 dB(A), conforme apontam Carvalho e Rocha (2008).

Como cenário alternativo, pode-se adotar o rebaixamento da pista, formando um túnel de passagem, e ainda, em situações extremas, a instalação, nas habitações mais expostas, de janelas especiais, com vedação e vidros duplos. Os túneis podem ser construídos, também, no nível de implantação dos edifícios, em alguns trechos da rodovia, para a proteção dos edifícios, evitando a implantação de barreiras muito altas.

A análise e identificação das edificações ou áreas sensíveis ao ruído urbano devem estar inter-relacionadas com o mapeamento sonoro e com o plano diretor municipal, que permite adequar e classificar as áreas e zonas do município para o uso e ocupação do solo.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A sistematização específica apresentada nesse trabalho, inter-relacionada com o mapeamento sonoro, permite um diagnóstico completo da área de estudo e admite, dentro do planejamento urbano, fazer a simulação de cenários alternativos de desenvolvimento e de reurbanização de áreas, de alterações no comportamento e movimento dos veículos, uso e ocupação do solo específicos, modificações e reurbanização das construções existentes, além da implantação de quaisquer novos equipamentos, meios de transporte ou infraestruturas.

De acordo com os resultados apresentados, são necessárias medidas urgentes de controle do ruído urbano. A sistematização específica aplicada nesta pesquisa é fundamental para o planejamento ambiental e urbanístico, tanto nas áreas de estudo, como em qualquer área do município ou da região.

O planejamento necessita ser considerado na introdução à prática do projeto urbanístico, para intervenção físico-ambiental sobre o espaço urbano, como processo de criação e desenvolvimento de estratégias que buscam melhorar e reurbanizar os ambientes sonoros, com melhor qualidade de vida para a população, dentro de uma área urbana específica ou global. Esse contexto se aplica à reurbanização de ambientes sonoros que, em conjunto, compõem a paisagem urbanorrural.

Tanto o diagnóstico, como a metodologia clássica do zoneamento, devem ser aplicados nos ambientes sonoros urbanos, por meio de mapeamentos. Assim, as análises pontuais, realizadas por meio dos critérios acústicos nos dois estudos de caso desta pesquisa, contribuem para a caracterização da acústica urbana de Umuarama. Os descritores acústicos são necessários para comparações e verificações do grau de impacto do ruído, por meio de critérios e padrões de que a Engenharia necessita para avaliar as áreas urbanas que apresentam ruído e perturbações contínuas. Portanto, as análises podem contribuir também para a formação do mapeamento e reurbanização dos ambientes urbanos de outras áreas e/ou municípios.

Desta forma, por meio da flexibilidade e versatilidade dessa metodologia, pode-se introduzi-la nos parâmetros que gerem os Estudos de Impacto de Vizinhança para as cidades, além de a própria população aprovisionar o planejamento adequado e um controle rígido sobre as responsabilidades dos poderes públicos municipais diante desta problemática.

Diante do exposto, acredita-se que a sistematização apresentada possa somar aos demais estudos, com o mesmo ponto de vista analítico, e colaborar de forma direta à qualificação dos diferentes ambientes sonoros, desenvolvendo o seu potencial, juntamente

com o planejamento urbano de áreas consolidadas.

Há uma necessidade de os planejadores urbanos se basearem nas normativas vigentes para o controle de ruído, fundamentado principalmente sobre o zoneamento de ruído. É imperativo que as zonas de controle de ruído sejam delimitadas pelas condições reais das respectivas áreas atuação, que geralmente depende das características das zonas de uso e ocupação do solo.

A integração dos projetos de melhorias em infraestrutura urbana, dentro da reurbanização juntamente com o planejamento acústico, ou seja, soluções de atenuação sonora, são estratégias que dependerão da paisagem da área. Como por exemplo, no estudo de caso da zona industrial, cujos cenários alternativos são para minimizar o impacto do ruído, o qual inclui as barreiras acústicas de diferentes materiais.

Os projetos urbanísticos devem atender, determinar e analisar os impactos de ruído de tráfego previstos, e medidas alternativas de redução de ruído para minimizar esses impactos, com relevância para os benefícios e os custos de redução, e para o conjunto social, econômico e ambiental. As diretrizes projetuais direcionadas à atenuação do ruído urbano devem ser abordadas no planejamento urbano e gestão do uso e da ocupação do solo, dentro de um contexto multidisciplinar, que envolva diretamente os aspectos socioeconômico e culturais.

Portanto, por meio da adoção de medidas programadas, o planejamento urbano deve envolver o planejamento acústico, por meio do ordenamento do território, da engenharia de tráfego para a gestão do trânsito, do planejamento da circulação e da redução do ruído, por medidas adequadas de isolamento sonoro e de controle do ruído na fonte.

As citações e propostas dos cenários alternativos mencionados para os estudos de caso da zona sensível e industrial, no capítulo VI, podem servir de base ou ponto de partida para futuras pesquisas.

REFERÊNCIAS

1. ABDEL-RAZIQ, I. R.; ZEID, Q.; SEH, M. Noise Measurements in the Community of Nablus in Palestine. *Acustica*, v. 86, p. 578-80, 2000.
2. AGACHE, A. H. D. **Cidade do Rio de Janeiro**: remodelação, extensão e embelezamento (Plano Agache). Rio de Janeiro: Foyer Brésilien, 1930.
3. ALBEROLA, J.; FLINDELL, I. H.; BULLMORE, A. J. Variabilidade em níveis de ruído do tráfego rodoviário. *Applied Acoustics*. v. 66, n. 10, p. 1180-95, 2005.
4. ARANA, M.; GARCIA, A. A Social Survey on the Effects on Environmental Noise on the Residents of Pamplona, Spain. *Applied Acoustics*. v. 53, n. 4, pp. 245-53, 1998.
5. ARRUDA, F. R; COELHO, J. L. B.; TENENBAUM, R. A.; SLAMA J. G.,. Aspectos do controle de ruído na cidade do Rio de Janeiro. In: XIX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA – SOBRAC. *Anais...* Belo Horizonte - MG, 2000, p.410-415.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151**: Avaliação de ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13369**: Cálculo simplificado do nível equivalente contínuo (L_{eq}). Rio de Janeiro, 1995.
8. BABISCH, W. **Transportation noise and cardiovascular risk**. Review and synthesis of epidemiological studies. Dose-effect curve and risk estimation. Berlin (Germany): Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt), 2006.
9. BARBOSA, H. M. **Impacts of traffic calming measures on road usage**. UTSG, 1995.
10. BARBOSA, W. A. **Aspectos do ruído comunitário em Curitiba**. 1992. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1992.
11. BARDET, G. **O Urbanismo**. Trad. Flávia Cristina S. Nascimento. Papirus: Campinas, 1990. 141p.
12. BARING, J. G. A. **O desempenho acústico de caixilhos de fachada no controle da poluição sonora urbana**. 1990. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.
13. BARNABÉ, M. **A organização do território e o projeto da cidade**: o caso da Companhia de Terras Norte do Paraná. 1989. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Arquitetura e Planejamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1989.
14. BASNER, M; MÜLLER, U.; GRIEFAHN, B. Practical guidance for risk assessment of traffic noise effects on sleep. *Applied Acoustics*, v. 71, n. 6, 518-22, 2010. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/apacoust>. Acesso em: 27 fev. 2010.

15. BELDERRAIN, M. L. R. Ruído de tráfego: avaliação e análise de um caso prático. In: XVI ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 1995, São Paulo. **Anais**. São Paulo: SOBRAC, 1995. v.1, p. 37-40.
16. BERANEK, L. L.; VÉR, I. L. **Noise and vibration control engineering: principles and applications**. New York: John Wiley and Sons, 1992.
17. BERTULANI, C. A. – **Ondas Sonoras**. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/ondas2/ondas2.html>>. Acesso em: 05 maio 2009.
18. BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 368p.
19. BRASIL. Decreto-Lei nº 292, de 14 de novembro de 2000. Aprova o Regulamento Geral do Ruído. Disponível em: <http://www.oasrn.org/upload/apoio/legislacao/pdf/ruido_dl_292_2000.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2010.
20. _____. Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9605.htm>. Acesso em: 01 jul. 2010.
21. _____. Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 01 jul. 2010.
22. _____. Lei n. 6.938 de 31 de agosto de 1981 (Lei da Política Nacional do Meio Ambiente). Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 01 jul. 2010.
23. _____. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978 Norma Regulamentadora nº.15. Anexo 1. **Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente**, 1978. Disponível em: <<http://www81.dataprev.gov.br/sislex/paginas/63/mte/1978/3214.htm>>. Acesso em: 01 jul. 2010.
24. _____. Ministério dos Transportes. Conselho Nacional de Trânsito. **Resolução Contran nº. 204, de 20 de outubro de 2006**: Regulamenta o volume e a frequência dos sons produzidos por equipamentos utilizados em veículos e estabelece metodologia para medição a ser adotada pelas autoridades de trânsito ou seus agentes.
25. _____. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Planejamento e Programação de Investimentos. **Terminologias Rodoviárias Usualmente Utilizadas**. Brasília: DNIT, 2007.
26. BRITO, P. L.; SOUZA, D. F. M.; BARRETTO, D. M. Aplicabilidade de sig's para mapear tipologias e fenômenos urbanos que caracterizam o comportamento da Acústica Ambiental. In: XXIII ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 9., 2010, Salvador. **Anais**... P. 01-08.

27. BROWN, G. Z.; DEKAY, M. **Sol, vento e luz: estratégias para o projeto de arquitetura**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. 415 p.
28. BROWN, P. E.; PIETRA, S. A. D.; PIETRA, V. J. D.; MERCER, R. L. A statistical approach to machine translation. **Computational Linguistics**. v. 16, n. 2, p. 79-85, 1990.
29. BRÜEL E KJÆR. **Literatura em ruído e vibrações**. 2007. [Página da Internet]. Disponível em: <<http://www.bkpt.com/Literatura.htm>>. Acesso em: 05 fev. 2010.
30. BURGESS, M. A. Noise Prediction for Urban Traffic Conditions – Related to Measurements in the Sydney Metropolitan Area. **Applied Acoustic**. Australia, v. 10, p. 1- 7, 1977.
31. CALIXTO, A. **O Ruído gerado pelo tráfego de veículo em “Rodovias – Grandes Avenidas” situadas dentro do perímetro urbano de Curitiba, analisado sob parâmetros acústicos objetivos e seu impacto ambiental**. 2002. Dissertação (Mestrado de Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
32. CARNEIRO, W. A. M. **Perturbações sonoras nas edificações urbanas: ruído em edifícios, direito de vizinhança, responsabilidade do construtor, indenização: doutrina, jurisprudência e legislação**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2004.
33. CARVALHO, A. P. O. ; ROCHA, C. **Plano Municipal de Redução de Ruído**. Portugal. Agência Portuguesa do Ambiente, 2008.
34. CARVALHO, A. P. O. **Acústica Ambiental de Edifícios**. Porto: FEUP, 2007.
35. PORTUGAL. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR). Normalização Aplicável para Medição do Ruído Ambiente. **Norma Portuguesa NP-1730**. Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente. Lisboa. 1996. Disponível em: <http://www.ccd_rlv.pt/content/index.php?action=detailfo e rec=399 e t=Ruido>. Acesso em: 15 fev. 2010.
36. CET - COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Pesquisa e Levantamentos de Tráfego**. Boletim Técnico da CET Nº 31, São Paulo (SP), 1982.
37. CMNP - COMPANHIA MELHORAMENTOS NORTE DO PARANÁ. **Colonização e Desenvolvimento do Norte do Paraná**. Publicação Comemorativa do Cinquentenário da Companhia Melhoramentos Norte do Paraná. São Paulo: CMNP, 1975.
38. CONAMA. Resolução 001 de 1990. D.O.U, de 02/04/90, Seção I, Pág. 6.408.
39. CONAMA. Resolução 002 de 1990. 08 de março de 1990. D.O.U, de 02/04/90, Seção I, Pág. 6.408.
40. CULLEN, G. **Paisagem Urbana**. 2.^a Reimpressão da Edição de 2006. Lisboa: Edições 70. Coleção: Arquitectura e Urbanismo, 2009. 208 p.
41. _____. **Paisagem Urbana**. Trad. Isabel Correa e Carlos de Macedo. Lisboa: Edições 70, 1971. 202 p.

42. DECIMIN CONTROL SYSTEMS. **Noise Control Systems. Noise Abatement.** 2005. Disponível em: <<http://www.decimin.com/Technical%20Information.html>>. Acesso em: 23 ago. 2010.
43. DEFRA. Department for Environment, Food and Rural Affairs. **Towards a national ambient noise strategy.** A consultation paper from the air and environmental quality division, 2001.
44. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **Manual de pavimentação.** 2 ed. Rio de Janeiro: DNER. 1996. 320p.
45. DICTIONNAIRE DE LANGUE FRANÇAISE. Hachette. Edition 1989. Disponível em: <<http://www.archi.fr/SIRCHAL/glossair/glosdefp.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2010.
46. DONATO, S. R.; MONTI, R.; VECCHIONE, R. Tempo minimo di integrazione per il LAeq orario prodotto da traffico veicolare. 33° CONVEGNO NAZIONALE ASSOCIAZIONE ITALIANA DI ACUSTICA. Ischia, 2006.
47. ESTATUTO DA CIDADE. **Guia para implementação pelos municípios e cidadãos.** Câmara dos Deputados – Coordenação de Publicações: Brasília, 2001.
48. EU Directive COM. **Relating to the assessment and management of environmental noise.** Directive; 2002.
49. EUROPEAN COMMISSION ENVIRONMENT. Directiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia de 25 de Junho de 2002. Jornal Oficial das Comunidades Europeias 2002. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/environment/noise/directive.htm>>. Acesso em: 27 fev. 2010.
50. FARIAS, T. **Aspectos Gerais da Poluição Sonora.** OAB, Paraíba, 2006. Disponível em: <<http://www.oabpb.org.br/espacos.jsp?id=107>>. Acesso em: 17 abr. 2009.
51. FEHRL, S. **Guidance manual for the implementation of low-noise road surfaces.** [Manual] Bruxelas: FEHRL, 2006.
52. FERNANDES, J. C. **Acústica e ruídos.** Bauru: UNESP, 2002. [Apostila]. Disponível em: <<http://students.fct.unl.pt/users/ascb/ouvido.html>>. Acesso em: 16 abr. 2010.
53. FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio Eletrônico Século XXI.** Versão 3.0. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.
54. FERREIRA, R. D. **Análise morfológica da Cidade de Umuarama.** 2005. Monografia (Trabalho Conclusão de Curso) - Graduação de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Paranaense, Umuarama, 2005.
55. FHWA. Federal Highway Administration – USA. **Highway Noise Barrier Design Handbook.** [Report] Washington DC, 2000.
56. _____. **Keeping the noise down: highway traffic noise barriers.** Washington (US): Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2001.

57. FREITAS, A. P. M. **Estudo do impacto ambiental causado pelo aumento da poluição sonora em áreas próximas aos centros de lazer noturno na Cidade de Santa Maria – RS**. 2006. Dissertação (Mestrado) -Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria (RS), 2006.
58. GERGES, S. N.Y. **Ruído: fundamentos e controle**. Florianópolis: Atheneu, 1992.
59. GRAVA, S. Traffic calming: can it be done in America? **Transportation Quarterly**, EUA, v. 47, n. 4, p. 483-505, Oct., 1993.
60. GUEDES, I. C. M. **Influência da forma urbana em ambiente sonoro: um estudo no bairro Jardins em Aracaju (SE)**. 2005. 139f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
61. HARRIS, C. M. **Handbook of noise control**. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 1979.
62. HELD SILVA, R. **A praça: identidade e apropriação pública na construção do lócus**. 2009. 200 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.
63. HENRIQUE, L. L. **Acústica Musical**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002. 1130p.
64. HORNIKX, M.; FORSSÉN, J. A scale model study of parallel urban canyons. **Acust Acta Acust.** v. 94, n. 2, p. 265-81, 2008.
65. _____. Noise abatement schemes for shielded canyons. **Applied Acoustics**. v. 70, p. 267-83, 2009. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/apacoust>. Acesso em: 25 fev. 2010.
66. HOUAISS, A. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.
67. HUET, B. Dossier Mémoire et projet. **Revista Urbanisme**. n° 303, dez. 1998. Disponível em: <<http://www.archi.fr/SIRCHAL/glossair/glosdefp.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2010.
68. HULSMEYER, A. F. **Qualidades do espaço livre urbano: valores ambiental, cultural e funcional**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2004.
69. ICF JONES & STOKES. **Technical Noise Supplement**. November. (ICF J e S 00183.08) Sacramento, CA. Prepared for California Department of Transportation, Sacramento, CA, 2009.
70. IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Informações Municipais Caderno Municipal de Umuarama. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br>>. Acesso em: 05 abr. 2010.
71. ITE - Institute of Transportation Engineers. **Traffic Calming: State of the Practice**.

72. ITE/FHWA. 1999. Disponível em < <http://www.ite.org/traffic/tcstate.asp#tcsop>>. Acesso em: 21 nov. 2009.
73. JOSSE, R.. **La acústica em la construcción**. Barcelona: Gustavo Gili, 1975.
74. KANG-TING, T.; MIN-DER, L.; YEN-HUA, C. Noise mapping in urban environments: A Taiwan study. **Applied Acoustics**, v. 70 (2009) 964–972.
75. KING, E. A.; RICE, H. J. The development of a practical framework for strategic noise mapping, **Appl Acoust**, v. 70, p. 1116–27, 2009.
76. KLINGNER, R. E.; MCNERNEY, M. T.; BUSCH-VISHNIAC, I. **Design guide for highway noise barriers**. Research Report 0-1471-4. Austin: Texas Department of Transportation e U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2003.
77. KOHLSDORF, M.E. **A apreensão da forma da cidade**. Brasília: Ed. UnB, 1996.
78. KOTZEN, B.; ENGLISH, C. **Environmental Noise Barriers**. A Guide to their Acoustic and Visual Design. New York: E e FN SPON, 2001. 186 p.
79. LAMAS, J. M. R. G. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000.
80. LANG, J. **Creating Architectural Theory: the role of the behavioral sciences in environmental design**, N. Yorque: Van Nostrand Reinhold, 1987.
81. LAZZARINI, Victor E. P. **Elementos de acústica**. Apostila – Departamento de Artes, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 1998. 47p.
82. LEE, S-W; CHANG, S-I; PARK, Y-M. **Utilizing noise mapping for environmental impact assessment in a downtown redevelopment area of Seoul, Korea**. *Appl Acoust* v. 69, n. 8, p. 704–14, 2008.
83. LEME, M. C. S. A formação do pensamento urbanístico no Brasil: 1895-1965. In: LEME, M. C. S.; FERNANDES, A; GOMES, M. A. F. (org.) **Urbanismo no Brasil 1895-1965**. São Paulo: Studio Nobel/FAU USP/FUPAM, 1999.
84. LIMA, F. R. F. DIAS A. C. A Infra-Estrutura Rodoviária no Paraná e o tráfego nas rodovias - 2000-2006. **Revista Eletrônica Geografar**. v.3, n.1, p.16-33, Jan./jun. 2008
85. LISBONNE, C. Sirchal Glossaire/ Glosario. 1995. Disponível em: <<http://www.archi.fr/SIRCHAL/glossair/glosdefp.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2010.
86. LISOT, A. **Ressoadores de Helmholtz em barreiras acústicas: avaliação de desempenho na atenuação do ruído de tráfego**. 2008. 161p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.
87. LISOT, A.; VALQUES I. J. B.; SOARES, P. F. O desempenho de massas arbóreas na atenuação do ruído urbano. X CBAU - Congresso Brasileiro de Arborização Urbana. Maringá, Pr. 2006. Disponível em: <<http://www.maringacvb.com.br/xcbau/indexx.html>>. Acesso em: 18 maio 2010.

88. LLINARES, J.; LLOPIS, A.; SANCHO, J. *Acústica arquitectónica y urbanística*. Valencia: Ed. Universidad Politécnica de Valencia, 1991.
89. LYNCH, K. **A boa forma da cidade**. Lisboa: Edições 70, 1999.
90. _____. **A imagem da cidade**. Trad. Jefferson Luiz Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 1997. 227 p.
91. MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 17. ed., São Paulo: Malheiros Editores, 2009.
92. MAIA, M. A. L. *Contribuição ao mapeamento do ruído urbano na cidade de Porto Alegre*. 2003. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2003.
93. KRAPP, J. M. e KRAPP, J. **A cidade contemporânea: leituras e escritas do urbano**. Revista FAMECOS, Porto Alegre, nº 40, dezembro de 2009, pg. 106
94. MONROY, M. M. *Calidad ambiental en la edificación para Las Palmas de Gran Canaria*. Islas Canarias. **Manual del Ruido**. Vol. IV. Las Palmas de Gran Canaria: Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria, 2006.
95. MUNARI, B. *Das coisas nascem coisas*. Trad. Jose Manuel de Vasconcelos. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
96. NIEMEYER, M. L.; SANTOS, M. J. O. *Qualidade acústica no espaço urbano*. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6, ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3, 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro: ENCAC, 2001. p. 2-8.
97. NIEMEYER, M. L.; SLAMA, J. G. **Ruído e a cidade: elementos do ruído urbano**. In: RIO, V. D. (Org.). **Arquitetura: pesquisa e projeto**. São Paulo: Proeditores; Rio de Janeiro: FAU UFRJ, 1998. p. 76-89.
98. ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ. **Le bruit au travail et le bruit ambiant**. Aide-mémoire N°258. Centre des médias, 2009. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs258/fr/>>. Acesso em: 08 fev. 2010.
99. OSWALD, I.; TAYLOR, A. M.; TREISMAN, M. *Discriminative responses to stimulation during human sleep*. **Brain**, v. 83, p. 440-53, 1960.
100. OUIS, D. *Annoyance from road traffic noise: a review*. **Journal of Environmental Psychology**, v. 21, p. 101-20, 2001.
101. PATRÍCIO, J. *Acústica nos Edifícios*. 6ª. Ed. Lisboa: Verlag Dashofer, 2010.
102. PISCHINGER, R. et al. **Tempo 30/50 in Graz** (Speed limit 30/50 in Graz). [Series of Publications of the Institute for Railway Engineering and Transport Economy and the Institute for Highway Engineering and Transportation Planning at the Graz University of Technology] Graz, Austria : Graz University of Technology, 1995.
103. PORTUGAL. Instituto do Ambiente. **O ruído e a cidade**. Trad. de *Le bruit et la ville*.

Paris: Ministère de l'Équipement et d'Aménagement Du Territoire, 1978, 2004.

104. RAITANEN, N. **Measuring of noise and wearing of quiet surfaces** (Dissertation) Doctor of Science in Technology. 2005 Finland.
105. RECIPAV - Recipav Engenharia e Pavimentos Lda. **Estudos de ruído. Avaliação do Efeito do Pavimento no Ruído de Tráfego Rodoviário**, 2004. Disponível em www.recipav.pt. Acesso em: 09 mar. 2010.
106. REGO, R. L. et al. Reconstruindo a forma urbana: uma análise do desenho das principais cidades da Companhia de Terras Norte do Paraná. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá: EDUEM, v. 26, n. 2, p.141-150, jul./dez. 2004.
107. REGO, R. L. O desenho urbano de Maringá e a idéia de cidade-jardim. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá: EDUEM, v. 23, n. 6, p.1569-77. 2001.
108. REGO, R. L.; MENEGUETTI, K. A forma urbana das cidades de médio porte e as dos patrimônios os fundados pela Companhia Melhoramentos Norte do Paraná. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 93-103, jan./jun. 2006.
109. RIO DE JANEIRO (Estado). Lei nº 126, de 10 de maio de 1977. dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora, estendendo, a todo o estado do Rio de Janeiro, o disposto no Decreto-Lei nº 112, de 12 de agosto de 1969, do ex-estado da Guanabara, com as modificações que menciona. Disponível em: <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/contlei.nsf/bc008ecb13dcfc6e03256827006dbbf5/e9764a9ddfeb2847032565a10062efee?OpenDocument>>. Acesso em: 10 jul. 2010.
110. ROSSI, A. A Arquitetura da Cidade. São Paulo, SP. Martins Fontes. 1995
111. ROSSING, T. D. **The science of sound**. 2. ed., USA: Addison & Wesley,, 1990
112. RUSSO, I.C.P.; SANTOS, T.M.M. **A prática da audiologia clínica**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 1993.
113. SÁ, A. C. M. Moderação do tráfego: uma possibilidade de melhoria da qualidade de vida nas cidades brasileiras. Programa de Engenharia de Transportes/ Coordenação dos Programas de Pós Graduação em Engenharia. Rio de Janeiro: Edit. da UFRJ, 1995
114. SAINT-GOBAIN, G. **Manual do Vidro**. [ed.] HDL Design. Paris, França : Saint-Gobain Glass, 2000.
115. SANTOS, A. **Estudo da eficácia da redução do ruído de tráfego em pavimentos drenantes**. (Dissertação) Mestrado Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães, Março, 2007.
116. SANTOS, C. L. **Fluxo de saturação de interseções complexas controladas por semáforos**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2007. (Engenharia de Transportes, 2007).
117. SCHULTZ, T. J. **Community Noise Rating**. 2.ed. Londres / Nova Iorque, 1972.
118. SEEP, B. Acústica das salas de aula: um recurso para criar ambientes de aprendizado com condições desejáveis de audibilidade. **Revista de Acústica e Vibrações**. n. 29,

Jul2002.

119. SILVA, C. M. F. **Consciencialização auditiva do espaço arquitectónico**. Dissertação (Mestrado). ESC(R)UTAR ARQUITECTURA – FCTUC, Departamento de Arquitectura, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade de Coimbra, 2009. 133 p.
120. SILVA, R. H.; HÜLSMEYER, A.; MARQUES, C. S. P. Drenagem Urbana e problemas ambientais: da Implantação à Expansão do traçado de Umuarama – PR Londrina, PR. In: II SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE REGENERAÇÃO AMBIENTAL DE CIDADES - ÁGUAS URBANAS II, **Anais**, 2007.
121. SMAC - Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Meio Ambiente Controle da Poluição Sonora**. O que é decibel? Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. 2009. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/exibeconteudo?article-id=148006>>. Acesso em: 15 fev. 2010.
122. SOMMERHOFF, J.; RECUERO, M.; SUAREZ, E. Relationship between loudness perception and noise indices in Valdivia, Chile. **Applied Acoust** v. 67, p. 892–900, 2006.
123. SOUNDPLAN-Manager. Version 6.4[®]. Braunstein + Berndt GmbH.
124. KANG, J. **Soundscape of european cities and landscapes**. 2009. Disponível em: <<http://www.acoustics.group.shef.ac.uk/projects.php>>. Acesso em: 08 fev. 2010.
125. SOUZA, L. C. L.; ALMEIDA, M. G.; BRAGANÇA, L. **Bê-á-bá da Acústica Arquitetônica**: ouvindo a arquitetura. São Carlos: EdUFCar, 2006, 149p.
126. STEELE, C. Critical review of some traffic noise prediction models. **Appl Acoust**; v. 62, n. 3, pp. 271-287, 2001.
127. SUKSAARD, P.; et al. Road Traffic Noise Prediction Model in Thailand, **Applied Acoustic**, Thailand, v. 58, pp. 123-130. 1999.
128. U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, Federal Highway Administration. **Highway Traffic Noise Analysis and Abatement Policy and Guidance**. Manual Decision Making Pollution Guide. Highway Administration Office of Environment and Planning Noise and Air Quality Branch. Washington, D.C. 1995.
129. VALADARES, V. M.; GERGES, S. N. Y. Procedimento de cálculo de previsão do LA eq 1h incluindo o parâmetro do nível de potência sonora dos veículos em condições de tráfego. In: I CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ACÚSTICA e XVII ENCONTRO DA SOBRAC, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1998, pp. 575-578.
130. VALQUES, I. J. B.; LISOT, A.; SOARES, P. F. Proposta de Índices de Desempenho para Avaliação do Conforto Ambiental de Cidades. In: SIMPGEU - SIMPÓSIO DE ENGENHARIA URBANA DA UFSCar, São Carlos, 2006. **Anais Digitais**. Disponível em: <www.ufscar.br/simpgeu>. Acesso em: 30 out. 2009.
131. VASCONCELOS, E. A. **Pesquisas e levantamento de tráfego**. São Paulo. Companhia

de Engenharia de Tráfego. 1982. 184 p., 1 (Boletim Técnico CET, 31).

132. VENTURA, A.N.; VIVEIROS, E.; COELHO, J.L.B., NEVES, M.M. Uma contribuição para o aprimoramento do Estudo de Impacto de Vizinhança: a gestão do ruído ambiental por mapeamento sonoro. In: XXII Encontro da Sociedade Brasileira da Acústica. **Anais...** Belo Horizonte, 2008.
133. VIANA, A. **Disciplina edição de áudio I**. Apostila – Escola de Música, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2006. 43f.
134. VICTOR, E. P. L. Elementos de Acústica. Music Department. National University of Ireland, Maynooth. 1998. Disponível em: <http://www.fisica.net/ondulatoria/elementos_de_acustica.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2010.
135. VILLAÇA, F. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. In: DEÁK, C.; SCHIFFER, S. R.(Org.) **O processo de urbanização no Brasil**. São Paulo: EdUSP, 1999. p. 169 – 243.
136. WHO. Library Cataloguing in Publication Data. **Monitoring ambient air quality for health impact assessment** World Health Organization Regional Office for Europe Copenhagen. WHO regional publications. European series ; No. 85.
137. YAMAKI, H. **Iconografia londrinense**. Londrina: Humanidades, 2003.
138. YANG, W.; KANG J. Acoustic comfort evaluation in urban open public spaces. **Applied Acoustics**. v. 66, n. 2, p.211-29, fev. 2005.
139. ZANNIN, P. H. T.; CALIXTO, A.; DINIZ, F. B.; FERREIRA, J. A.; SCHUHLLI, R. B. Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba, PR. **Rev Saúde Pública = J Public Health**. v. 36, n. 4, p. 521-4, 2002.
140. ZEID, Q.; SHE, M.; ABDEL-RAZIA, I.R. Measurement of the Noise Pollution in the Community of Araba”, **Acustica**, v. 86, p. 376-78, 2006.
141. ZHENG, X. Study on Personal Noise Exposure in China, **Applied Acoustic**, Beijing, v. 48, n. 1, pp. 59-70, 1996.

ANEXO A - Diretrizes Gerais, conforme o artigo 2º do Estatuto da Cidade.

- I) a garantia do direito a cidades sustentáveis;
- II) a gestão democrática por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano;
- III) a cooperação entre os governos, a iniciativa privada e os demais setores da sociedade no processo de urbanização, sempre tendo em vista o interesse social;
- IV) o planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência;
- V) a oferta de equipamentos urbanos e comunitários, transporte e serviços públicos;
- VI) a ordenação e controle do uso do solo;
- VII) a integração entre as atividades urbanas e rurais;
- VIII) a adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do Município e do território sob sua área de influência;
- IX) a justa distribuição dos benefícios e ônus decorrentes do processo de urbanização;
- X) a adequação dos instrumentos de política econômica, tributária e financeira e dos gastos públicos aos objetivos do desenvolvimento urbano;
- XI) a recuperação dos investimentos do Poder Público de que tenha resultado a valorização de imóveis urbanos;
- XII) a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico;
- XIII) a audiência do Poder Público municipal e da população interessada nos processos de implantação de empreendimentos ou atividades com efeitos potencialmente negativos sobre o meio ambiente;
- XIV) a regularização fundiária e urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda mediante o estabelecimento de normas especiais de urbanização, uso e ocupação do solo e edificação, consideradas a situação socioeconômica da população e as normas ambientais;
- XV) a simplificação da legislação de parcelamento, uso e ocupação do solo e das normas edilícias;
- XVI) a isonomia de condições para os agentes públicos e privados na promoção de empreendimentos e atividades relativos ao processo de urbanização, atendido o interesse social.

ANEXO B - Dados do medidor de nível de pressão sonora DL4200 – Zona Industrial

Os dados levantados em 05 de julho de 2010, segunda-feira, serão apresentados apenas pelo ponto de monitoramento nº 1, devido à quantidade de dados. Os dados destacados em *itálico* e sublinhado são as amostragens recolhidas sistematicamente a cada 20 dados, para os cálculos dos índices acústicos.

Tabela ANEXO B.1 - Nível sonoro global em dB(A) do ponto de monitoramento nº1 – Equipamento DL4200.

Tempo	Valor	Unidade	Tempo	Valor	Unidade		
11:21:38	62,4	1737800,829	dB(A)	11:22:01	78,8	75857757,5	dB(A)
11:21:39	61,9	1548816,619	dB(A)	11:22:01	76,9	48977881,94	dB(A)
11:21:39	61,1	1288249,552	dB(A)	11:22:02	71,8	15135612,48	dB(A)
11:21:40	62,4	1737800,829	dB(A)	11:22:02	69,7	9332543,008	dB(A)
11:21:40	63,1	2041737,945	dB(A)	11:22:03	67,5	5623413,252	dB(A)
11:21:41	62,6	1819700,859	dB(A)	11:22:03	67,3	5370317,964	dB(A)
11:21:41	62,2	1659586,907	dB(A)	11:22:04	66,6	4570881,896	dB(A)
11:21:42	63,7	2344228,815	dB(A)	11:22:04	64,5	2818382,931	dB(A)
11:21:42	63,6	2290867,653	dB(A)	11:22:05	65,9	3890451,45	dB(A)
11:21:43	62,8	1905460,718	dB(A)	11:22:05	67,7	5888436,554	dB(A)
11:21:43	64,0	2511886,432	dB(A)	11:22:06	67,5	5623413,252	dB(A)
11:21:44	62,4	1737800,829	dB(A)	11:22:06	68,5	7079457,844	dB(A)
11:21:44	62,4	1737800,829	dB(A)	11:22:07	71,0	12589254,12	dB(A)
11:21:45	62,2	1659586,907	dB(A)	11:22:07	72,6	18197008,59	dB(A)
11:21:45	62,0	1584893,192	dB(A)	<u>11:22:08</u>	<u>73,1</u>	<u>20417379,45</u>	<u>dB(A)</u>
11:21:46	62,2	1659586,907	dB(A)	11:22:08	74,3	26915348,04	dB(A)
11:21:46	62,4	1737800,829	dB(A)	11:22:09	77,9	61659500,19	dB(A)
11:21:47	63,1	2041737,945	dB(A)	11:22:09	82,0	158489319,2	dB(A)
11:21:47	61,9	1548816,619	dB(A)	11:22:10	86,8	478630092,3	dB(A)
<u>11:21:48</u>	<u>62,7</u>	<u>1862087,137</u>	<u>dB(A)</u>	11:22:10	83,9	245470891,6	dB(A)
11:21:48	63,0	1995262,315	dB(A)	11:22:11	79,4	87096359	dB(A)
11:21:49	63,4	2187761,624	dB(A)	11:22:11	77,3	53703179,64	dB(A)
11:21:49	66,3	4265795,188	dB(A)	11:22:12	79,2	83176377,11	dB(A)
11:21:50	73,7	23442288,15	dB(A)	11:22:12	79,4	87096359	dB(A)
11:21:50	64,2	2630267,992	dB(A)	11:22:13	74,9	30902954,33	dB(A)
11:21:51	61,6	1445439,771	dB(A)	11:22:13	71,5	14125375,45	dB(A)
11:21:51	67,3	5370317,964	dB(A)	11:22:14	70,2	10471285,48	dB(A)
11:21:52	68,6	7244359,601	dB(A)	11:22:14	69,6	9120108,394	dB(A)
11:21:52	70,6	11481536,21	dB(A)	11:22:15	69,3	8511380,382	dB(A)
11:21:53	72,7	18620871,37	dB(A)	11:22:15	70,2	10471285,48	dB(A)
11:21:53	73,6	22908676,53	dB(A)	11:22:16	68,6	7244359,601	dB(A)
11:21:54	64,4	2754228,703	dB(A)	11:22:16	66,4	4365158,322	dB(A)
11:21:54	68,2	6606934,48	dB(A)	11:22:17	66,0	3981071,706	dB(A)
11:21:55	68,0	6309573,445	dB(A)	11:22:17	66,3	4265795,188	dB(A)
11:21:55	67,4	5495408,739	dB(A)	<u>11:22:18</u>	<u>66,8</u>	<u>4786300,923</u>	<u>dB(A)</u>
11:21:56	68,1	6456542,29	dB(A)	11:22:18	64,9	3090295,433	dB(A)
11:21:56	68,7	7413102,413	dB(A)	11:22:19	66,2	4168693,835	dB(A)
11:21:57	67,7	5888436,554	dB(A)	11:22:19	66,7	4677351,413	dB(A)
11:21:57	67,8	6025595,861	dB(A)	11:22:20	66,5	4466835,922	dB(A)
<u>11:21:58</u>	<u>62,4</u>	<u>1737800,829</u>	<u>dB(A)</u>	11:22:20	66,9	4897788,194	dB(A)
11:21:58	64,6	2884031,503	dB(A)	11:22:21	65,4	3467368,505	dB(A)
11:21:59	67,4	5495408,739	dB(A)	11:22:21	64,5	2818382,931	dB(A)
11:21:59	69,5	8912509,381	dB(A)	11:22:22	63,7	2344228,815	dB(A)
11:22:00	72,0	15848931,92	dB(A)	11:22:22	65,5	3548133,892	dB(A)
11:22:00	76,1	40738027,78	dB(A)	11:22:23	67,0	5011872,336	dB(A)

Tempo	Valor	Unidade
11:22:23	72,2	16595869,07 dB(A)
11:22:24	77,3	53703179,64 dB(A)
11:22:24	79,8	95499258,6 dB(A)
11:22:25	74,5	28183829,31 dB(A)
11:22:25	69,6	9120108,394 dB(A)
11:22:26	67,5	5623413,252 dB(A)
11:22:26	64,6	2884031,503 dB(A)
11:22:27	63,2	2089296,131 dB(A)
11:22:27	63,8	2398832,919 dB(A)
<u>11:22:28</u>	<u>64,4</u>	<u>2754228,703 dB(A)</u>
11:22:28	64,0	2511886,432 dB(A)
11:22:29	64,7	2951209,227 dB(A)
11:22:29	65,9	3890451,45 dB(A)
11:22:30	65,9	3890451,45 dB(A)
11:22:30	64,8	3019951,72 dB(A)
11:22:31	65,1	3235936,569 dB(A)
11:22:31	65,7	3715352,291 dB(A)
11:22:32	68,7	7413102,413 dB(A)
11:22:32	72,6	18197008,59 dB(A)
11:22:33	76,3	42657951,88 dB(A)
11:22:33	78,7	74131024,13 dB(A)
11:22:34	74,1	25703957,83 dB(A)
11:22:34	72,4	17378008,29 dB(A)
11:22:35	75,7	37153522,91 dB(A)
11:22:35	76,8	47863009,23 dB(A)
11:22:36	77,4	54954087,39 dB(A)
11:22:36	75,2	33113112,15 dB(A)
11:22:37	76,2	41686938,35 dB(A)
11:22:37	75,3	33884415,61 dB(A)
<u>11:22:38</u>	<u>71,0</u>	<u>12589254,12 dB(A)</u>
11:22:38	68,3	6760829,754 dB(A)
11:22:39	70,2	10471285,48 dB(A)
11:22:39	74,1	25703957,83 dB(A)
11:22:40	78,8	75857757,5 dB(A)
11:22:40	77,5	56234132,52 dB(A)
11:22:41	70,4	10964781,96 dB(A)
11:22:41	69,1	8128305,162 dB(A)
11:22:42	66,7	4677351,413 dB(A)
11:22:42	65,5	3548133,892 dB(A)
11:22:43	64,7	2951209,227 dB(A)
11:22:43	64,3	2691534,804 dB(A)
11:22:44	63,8	2398832,919 dB(A)
11:22:44	63,3	2137962,09 dB(A)
11:22:45	64,4	2754228,703 dB(A)
11:22:45	64,8	3019951,72 dB(A)
11:22:46	64,8	3019951,72 dB(A)
11:22:46	66,1	4073802,778 dB(A)
11:22:47	68,5	7079457,844 dB(A)
11:22:47	69,8	9549925,86 dB(A)
<u>11:22:48</u>	<u>76,5</u>	<u>44668359,22 dB(A)</u>
11:22:48	79,9	97723722,1 dB(A)
11:22:49	73,7	23442288,15 dB(A)
11:22:49	70,2	10471285,48 dB(A)
11:22:50	68,7	7413102,413 dB(A)
11:22:50	67,6	5754399,373 dB(A)
11:22:51	69,4	8709635,9 dB(A)
11:22:51	68,4	6918309,709 dB(A)
11:22:52	67,9	6165950,019 dB(A)
11:22:52	67,5	5623413,252 dB(A)

Tempo	Valor	Unidade
11:22:53	67,1	5128613,84 dB(A)
11:22:53	66,7	4677351,413 dB(A)
11:22:54	68,1	6456542,29 dB(A)
11:22:54	67,1	5128613,84 dB(A)
11:22:55	67,5	5623413,252 dB(A)
11:22:55	67,3	5370317,964 dB(A)
11:22:56	67,5	5623413,252 dB(A)
11:22:56	66,5	4466835,922 dB(A)
11:22:57	66,7	4677351,413 dB(A)
11:22:58	66,7	4677351,413 dB(A)
<u>11:22:58</u>	<u>67,1</u>	<u>5128613,84 dB(A)</u>
11:22:59	66,3	4265795,188 dB(A)
11:22:59	67,0	5011872,336 dB(A)
11:23:00	64,5	2818382,931 dB(A)
11:23:00	62,7	1862087,137 dB(A)
11:23:01	62,4	1737800,829 dB(A)
11:23:01	64,4	2754228,703 dB(A)
11:23:02	66,3	4265795,188 dB(A)
11:23:02	64,6	2884031,503 dB(A)
11:23:03	63,3	2137962,09 dB(A)
11:23:03	64,0	2511886,432 dB(A)
11:23:04	64,4	2754228,703 dB(A)
11:23:04	63,5	2238721,139 dB(A)
11:23:05	64,0	2511886,432 dB(A)
11:23:05	65,3	3388441,561 dB(A)
11:23:06	66,9	4897788,194 dB(A)
11:23:06	75,7	37153522,91 dB(A)
11:23:07	80,0	100000000 dB(A)
11:23:07	80,2	104712854,8 dB(A)
11:23:08	73,7	23442288,15 dB(A)
<u>11:23:08</u>	<u>70,8</u>	<u>12022644,35 dB(A)</u>
11:23:09	69,2	8317637,711 dB(A)
11:23:09	67,1	5128613,84 dB(A)
11:23:10	67,5	5623413,252 dB(A)
11:23:10	66,7	4677351,413 dB(A)
11:23:11	66,1	4073802,778 dB(A)
11:23:11	67,1	5128613,84 dB(A)
11:23:12	69,6	9120108,394 dB(A)
11:23:12	67,0	5011872,336 dB(A)
11:23:13	65,0	3162277,66 dB(A)
11:23:13	64,2	2630267,992 dB(A)
11:23:14	65,5	3548133,892 dB(A)
11:23:14	67,3	5370317,964 dB(A)
11:23:15	72,6	18197008,59 dB(A)
11:23:15	78,6	72443596,01 dB(A)
11:23:16	84,3	269153480,4 dB(A)
11:23:16	80,6	114815362,1 dB(A)
11:23:17	74,1	25703957,83 dB(A)
11:23:17	71,5	14125375,45 dB(A)
11:23:18	69,8	9549925,86 dB(A)
<u>11:23:18</u>	<u>68,3</u>	<u>6760829,754 dB(A)</u>
11:23:19	65,2	3311311,215 dB(A)
11:23:19	65,2	3311311,215 dB(A)
11:23:20	65,9	3890451,45 dB(A)
11:23:20	66,1	4073802,778 dB(A)
11:23:21	65,2	3311311,215 dB(A)
11:23:21	66,3	4265795,188 dB(A)
11:23:22	66,7	4677351,413 dB(A)
11:23:22	65,5	3548133,892 dB(A)

Tempo	Valor	Unidade
11:23:23	66,1	4073802,778 dB(A)
11:23:23	66,8	4786300,923 dB(A)
11:23:24	68,3	6760829,754 dB(A)
11:23:24	69,3	8511380,382 dB(A)
11:23:25	67,8	6025595,861 dB(A)
11:23:25	65,0	3162277,66 dB(A)
11:23:26	63,7	2344228,815 dB(A)
11:23:26	63,6	2290867,653 dB(A)
11:23:27	63,2	2089296,131 dB(A)
11:23:27	63,0	1995262,315 dB(A)
11:23:28	62,3	1698243,652 dB(A)
<u>11:23:28</u>	<u>62,4</u>	<u>1737800,829 dB(A)</u>
11:23:29	62,4	1737800,829 dB(A)
11:23:29	62,4	1737800,829 dB(A)
11:23:30	62,8	1905460,718 dB(A)
11:23:30	63,0	1995262,315 dB(A)
11:23:31	64,0	2511886,432 dB(A)
11:23:31	65,0	3162277,66 dB(A)
11:23:32	64,8	3019951,72 dB(A)
11:23:32	64,0	2511886,432 dB(A)
11:23:33	64,4	2754228,703 dB(A)
11:23:33	64,0	2511886,432 dB(A)
11:23:34	63,6	2290867,653 dB(A)
11:23:34	64,3	2691534,804 dB(A)
11:23:35	63,9	2454708,916 dB(A)
11:23:35	61,2	1318256,739 dB(A)
11:23:36	61,4	1380384,265 dB(A)
11:23:36	60,9	1230268,771 dB(A)
11:23:37	61,5	1412537,545 dB(A)
11:23:37	62,2	1659586,907 dB(A)
11:23:38	62,8	1905460,718 dB(A)
<u>11:23:38</u>	<u>65,1</u>	<u>3235936,569 dB(A)</u>
11:23:39	63,7	2344228,815 dB(A)
11:23:39	64,8	3019951,72 dB(A)
11:23:40	64,4	2754228,703 dB(A)
11:23:40	64,1	2570395,783 dB(A)
11:23:41	64,4	2754228,703 dB(A)
11:23:41	62,4	1737800,829 dB(A)
11:23:42	61,3	1348962,883 dB(A)
11:23:42	60,8	1202264,435 dB(A)
11:23:43	61,3	1348962,883 dB(A)
11:23:43	60,9	1230268,771 dB(A)
11:23:44	63,1	2041737,945 dB(A)
11:23:44	67,4	5495408,739 dB(A)
11:23:45	74,9	30902954,33 dB(A)
11:23:45	81,2	131825673,9 dB(A)
11:23:46	78,4	69183097,09 dB(A)
11:23:46	72,6	18197008,59 dB(A)
11:23:47	68,3	6760829,754 dB(A)
11:23:47	67,3	5370317,964 dB(A)
11:23:48	67,9	6165950,019 dB(A)
<u>11:23:48</u>	<u>65,5</u>	<u>3548133,892 dB(A)</u>
11:23:49	66,7	4677351,413 dB(A)
11:23:49	65,2	3311311,215 dB(A)
11:23:50	64,4	2754228,703 dB(A)
11:23:50	65,0	3162277,66 dB(A)
11:23:51	65,7	3715352,291 dB(A)
11:23:51	65,1	3235936,569 dB(A)
11:23:52	63,9	2454708,916 dB(A)

Tempo	Valor	Unidade
11:23:52	62,3	1698243,652 dB(A)
11:23:53	61,4	1380384,265 dB(A)
11:23:53	61,2	1318256,739 dB(A)
11:23:54	61,2	1318256,739 dB(A)
11:23:54	61,8	1513561,248 dB(A)
11:23:55	61,8	1513561,248 dB(A)
11:23:55	61,4	1380384,265 dB(A)
11:23:56	61,4	1380384,265 dB(A)
11:23:56	65,0	3162277,66 dB(A)
11:23:57	69,8	9549925,86 dB(A)
11:23:57	77,7	58884365,54 dB(A)
11:23:58	77,3	53703179,64 dB(A)
<u>11:23:58</u>	<u>76,1</u>	<u>40738027,78 dB(A)</u>
11:23:59	75,5	35481338,92 dB(A)
11:23:59	80,0	100000000 dB(A)
11:24:00	84,3	269153480,4 dB(A)
11:24:00	81,9	154881661,9 dB(A)
11:24:01	78,4	69183097,09 dB(A)
11:24:01	80,1	102329299,2 dB(A)
11:24:02	77,4	54954087,39 dB(A)
11:24:02	76,2	41686938,35 dB(A)
11:24:03	73,8	23988329,19 dB(A)
11:24:03	70,8	12022644,35 dB(A)
11:24:04	72,2	16595869,07 dB(A)
11:24:04	69,3	8511380,382 dB(A)
11:24:05	68,0	6309573,445 dB(A)
11:24:05	68,9	7762471,166 dB(A)
11:24:06	68,9	7762471,166 dB(A)
11:24:06	67,9	6165950,019 dB(A)
11:24:07	68,3	6760829,754 dB(A)
11:24:07	67,0	5011872,336 dB(A)
11:24:08	66,5	4466835,922 dB(A)
<u>11:24:08</u>	<u>66,6</u>	<u>4570881,896 dB(A)</u>
11:24:09	66,2	4168693,835 dB(A)
11:24:09	65,5	3548133,892 dB(A)
11:24:10	64,3	2691534,804 dB(A)
11:24:10	65,2	3311311,215 dB(A)
11:24:11	64,4	2754228,703 dB(A)
11:24:11	63,1	2041737,945 dB(A)
11:24:12	61,8	1513561,248 dB(A)
11:24:12	61,7	1479108,388 dB(A)
11:24:13	61,5	1412537,545 dB(A)
11:24:13	61,8	1513561,248 dB(A)
11:24:14	62,1	1621810,097 dB(A)
11:24:14	61,5	1412537,545 dB(A)
11:24:15	61,2	1318256,739 dB(A)
11:24:15	60,1	1023292,992 dB(A)
11:24:16	60,3	1071519,305 dB(A)
11:24:16	61,0	1258925,412 dB(A)
11:24:17	61,4	1380384,265 dB(A)
11:24:17	62,0	1584893,192 dB(A)
11:24:18	61,6	1445439,771 dB(A)
<u>11:24:18</u>	<u>61,2</u>	<u>1318256,739 dB(A)</u>
11:24:19	61,9	1548816,619 dB(A)
11:24:19	63,7	2344228,815 dB(A)
11:24:20	67,3	5370317,964 dB(A)
11:24:20	71,4	13803842,65 dB(A)
11:24:21	75,7	37153522,91 dB(A)
11:24:21	71,4	13803842,65 dB(A)

Tempo	Valor	Unidade
11:24:22	67,1	5128613,84 dB(A)
11:24:22	66,1	4073802,778 dB(A)
11:24:23	64,5	2818382,931 dB(A)
11:24:23	64,5	2818382,931 dB(A)
11:24:24	63,5	2238721,139 dB(A)
11:24:24	63,7	2344228,815 dB(A)
11:24:25	63,2	2089296,131 dB(A)
11:24:25	63,6	2290867,653 dB(A)
11:24:26	63,0	1995262,315 dB(A)
11:24:26	62,4	1737800,829 dB(A)
11:24:27	63,8	2398832,919 dB(A)
11:24:27	63,5	2238721,139 dB(A)
11:24:28	62,1	1621810,097 dB(A)
<u>11:24:28</u>	<u>62,6</u>	<u>1819700,859 dB(A)</u>
11:24:29	64,0	2511886,432 dB(A)
11:24:29	62,7	1862087,137 dB(A)
11:24:30	64,8	3019951,72 dB(A)
11:24:30	64,2	2630267,992 dB(A)
11:24:31	63,4	2187761,624 dB(A)
11:24:31	64,0	2511886,432 dB(A)
11:24:32	63,0	1995262,315 dB(A)
11:24:32	65,2	3311311,215 dB(A)
11:24:33	63,8	2398832,919 dB(A)
11:24:33	62,4	1737800,829 dB(A)
11:24:34	63,6	2290867,653 dB(A)
11:24:34	67,7	5888436,554 dB(A)
11:24:35	60,7	1174897,555 dB(A)
11:24:35	59,3	851138,0382 dB(A)
11:24:36	62,4	1737800,829 dB(A)
11:24:36	61,0	1258925,412 dB(A)
11:24:37	61,8	1513561,248 dB(A)
11:24:38	61,8	1513561,248 dB(A)
11:24:38	62,0	1584893,192 dB(A)
<u>11:24:39</u>	<u>61,8</u>	<u>1513561,248 dB(A)</u>
11:24:39	61,4	1380384,265 dB(A)
11:24:40	59,2	831763,7711 dB(A)
11:24:40	59,3	851138,0382 dB(A)
11:24:41	59,0	794328,2347 dB(A)
11:24:41	60,0	1000000 dB(A)
11:24:42	60,8	1202264,435 dB(A)
11:24:42	60,7	1174897,555 dB(A)
11:24:43	60,3	1071519,305 dB(A)
11:24:43	62,4	1737800,829 dB(A)
11:24:44	63,9	2454708,916 dB(A)
11:24:44	67,7	5888436,554 dB(A)
11:24:45	69,8	9549925,86 dB(A)
11:24:45	72,2	16595869,07 dB(A)
11:24:46	77,3	53703179,64 dB(A)
11:24:46	79,6	91201083,94 dB(A)
11:24:47	81,0	125892541,2 dB(A)
11:24:47	83,1	204173794,5 dB(A)
11:24:48	80,0	100000000,0 dB(A)
11:24:48	75,3	33884415,61 dB(A)
<u>11:24:49</u>	<u>83,1</u>	<u>204173794,5 dB(A)</u>
11:24:49	68,6	7244359,601 dB(A)
11:24:50	69,3	8511380,382 dB(A)
11:24:50	67,5	5623413,252 dB(A)
11:24:51	69,4	8709635,9 dB(A)
11:24:51	79,6	91201083,94 dB(A)

Tempo	Valor	Unidade
11:24:52	72,1	16218100,97 dB(A)
11:24:52	79,0	79432823,47 dB(A)
11:24:53	74,9	30902954,33 dB(A)
11:24:53	72,0	15848931,92 dB(A)
11:24:54	70,4	10964781,96 dB(A)
11:24:54	71,6	14454397,71 dB(A)
11:24:55	69,2	8317637,711 dB(A)
11:24:55	70,2	10471285,48 dB(A)
11:24:56	69,3	8511380,382 dB(A)
11:24:56	67,3	5370317,964 dB(A)
11:24:57	68,2	6606934,48 dB(A)
11:24:57	69,3	8511380,382 dB(A)
11:24:58	72,9	19498446 dB(A)
11:24:58	76,5	44668359,22 dB(A)
<u>11:24:59</u>	<u>80,4</u>	<u>109647819,6 dB(A)</u>
11:24:59	83,1	204173794,5 dB(A)
11:25:00	79,5	89125093,81 dB(A)
11:25:00	79,5	89125093,81 dB(A)
11:25:01	78,0	63095734,45 dB(A)
11:25:01	72,6	18197008,59 dB(A)
11:25:02	69,2	8317637,711 dB(A)
11:25:02	67,8	6025595,861 dB(A)
11:25:03	67,3	5370317,964 dB(A)
11:25:03	66,1	4073802,778 dB(A)
11:25:04	65,8	3801893,963 dB(A)
11:25:04	65,5	3548133,892 dB(A)
11:25:05	66,2	4168693,835 dB(A)
11:25:05	65,4	3467368,505 dB(A)
11:25:06	64,2	2630267,992 dB(A)
11:25:06	62,0	1584893,192 dB(A)
11:25:07	62,2	1659586,907 dB(A)
11:25:07	60,9	1230268,771 dB(A)
11:25:08	60,3	1071519,305 dB(A)
11:25:08	59,9	977237,221 dB(A)
<u>11:25:09</u>	<u>59,3</u>	<u>851138,0382 dB(A)</u>
11:25:09	59,2	831763,7711 dB(A)
11:25:10	58,9	776247,1166 dB(A)
11:25:10	58,5	707945,7844 dB(A)
11:25:11	57,9	616595,0019 dB(A)
11:25:11	58,0	630957,3445 dB(A)
11:25:12	58,4	691830,9709 dB(A)
11:25:12	58,9	776247,1166 dB(A)
11:25:13	57,6	575439,9373 dB(A)
11:25:13	59,3	851138,0382 dB(A)
11:25:14	58,5	707945,7844 dB(A)
11:25:14	61,6	1445439,771 dB(A)
11:25:15	60,5	1122018,454 dB(A)
11:25:15	59,2	831763,7711 dB(A)
11:25:16	60,1	1023292,992 dB(A)
11:25:16	59,9	977237,221 dB(A)
11:25:17	60,9	1230268,771 dB(A)
11:25:17	59,6	912010,8394 dB(A)
11:25:18	60,3	1071519,305 dB(A)
11:25:18	59,9	977237,221 dB(A)
<u>11:25:19</u>	<u>60,5</u>	<u>1122018,454 dB(A)</u>
11:25:19	60,4	1096478,196 dB(A)
11:25:20	60,9	1230268,771 dB(A)
11:25:20	60,8	1202264,435 dB(A)
11:25:21	61,4	1380384,265 dB(A)

Tempo	Valor		Unidade
11:25:21	61,4	1380384,265	dB(A)
11:25:22	60,6	1148153,621	dB(A)
11:25:22	59,2	831763,7711	dB(A)
11:25:23	58,9	776247,1166	dB(A)
11:25:23	59,9	977237,221	dB(A)
11:25:24	60,4	1096478,196	dB(A)
11:25:24	61,4	1380384,265	dB(A)
11:25:25	60,0	1000000,000	dB(A)
11:25:25	60,0	1000000,000	dB(A)
11:25:26	59,3	851138,0382	dB(A)
11:25:26	60,1	1023292,992	dB(A)
11:25:27	61,5	1412537,545	dB(A)
11:25:27	59,3	851138,0382	dB(A)
11:25:28	59,3	851138,0382	dB(A)
11:25:28	60,9	1230268,771	dB(A)
<u>11:25:29</u>	<u>61,0</u>	<u>1258925,412</u>	<u>dB(A)</u>
11:25:29	60,6	1148153,621	dB(A)
11:25:30	58,8	758577,575	dB(A)
11:25:30	59,1	812830,5162	dB(A)
11:25:31	59,2	831763,7711	dB(A)
11:25:31	59,6	912010,8394	dB(A)
11:25:32	61,0	1258925,412	dB(A)
11:25:32	60,5	1122018,454	dB(A)
11:25:33	59,2	831763,7711	dB(A)
11:25:33	65,2	3311311,215	dB(A)
11:25:34	57,9	616595,0019	dB(A)
11:25:34	56,5	446683,5922	dB(A)
11:25:35	57,4	549540,8739	dB(A)
11:25:35	57,3	537031,7964	dB(A)
11:25:36	57,6	575439,9373	dB(A)
11:25:36	56,6	457088,1896	dB(A)
11:25:37	57,4	549540,8739	dB(A)
11:25:37	60,4	1096478,196	dB(A)
11:25:38	60,9	1230268,771	dB(A)
11:25:38	60,9	1230268,771	dB(A)
<u>11:25:39</u>	<u>62,4</u>	<u>1737800,829</u>	<u>dB(A)</u>
11:25:39	60,7	1174897,555	dB(A)
11:25:40	61,0	1258925,412	dB(A)
11:25:40	59,5	891250,9381	dB(A)
11:25:41	59,2	831763,7711	dB(A)
11:25:41	59,3	851138,0382	dB(A)
11:25:42	59,3	851138,0382	dB(A)
11:25:42	58,9	776247,1166	dB(A)
11:25:43	62,8	1905460,718	dB(A)
11:25:43	69,7	9332543,008	dB(A)
11:25:44	77,5	56234132,52	dB(A)
11:25:44	79,4	87096359	dB(A)
11:25:45	70,8	12022644,35	dB(A)
11:25:45	68,2	6606934,48	dB(A)
11:25:46	65,7	3715352,291	dB(A)
11:25:46	65,5	3548133,892	dB(A)
11:25:47	67,1	5128613,84	dB(A)
11:25:47	65,4	3467368,505	dB(A)
11:25:48	63,6	2290867,653	dB(A)
11:25:48	64,0	2511886,432	dB(A)
<u>11:25:49</u>	<u>64,4</u>	<u>2754228,703</u>	<u>dB(A)</u>
11:25:49	65,5	3548133,892	dB(A)
11:25:50	63,5	2238721,139	dB(A)
11:25:50	62,1	1621810,097	dB(A)

Tempo	Valor		Unidade
11:25:51	62,0	1584893,192	dB(A)
11:25:51	60,6	1148153,621	dB(A)
11:25:52	60,4	1096478,196	dB(A)
11:25:52	59,9	977237,221	dB(A)
11:25:53	59,3	851138,0382	dB(A)
11:25:53	59,5	891250,9381	dB(A)
11:25:54	59,5	891250,9381	dB(A)
11:25:54	58,7	741310,2413	dB(A)
11:25:55	57,3	537031,7964	dB(A)
11:25:55	67,1	5128613,84	dB(A)
11:25:56	59,7	933254,3008	dB(A)
11:25:56	57,1	512861,384	dB(A)
11:25:57	58,1	645654,229	dB(A)
11:25:57	60,2	1047128,548	dB(A)
11:25:58	62,8	1905460,718	dB(A)
11:25:58	67,1	5128613,84	dB(A)
<u>11:25:59</u>	<u>72,0</u>	<u>15848931,92</u>	<u>dB(A)</u>
11:25:59	76,5	44668359,22	dB(A)
11:26:00	76,3	42657951,88	dB(A)
11:26:00	74,9	30902954,33	dB(A)
11:26:01	76,0	39810717,06	dB(A)
11:26:01	74,5	28183829,31	dB(A)
11:26:02	70,7	11748975,55	dB(A)
11:26:02	68,2	6606934,48	dB(A)
11:26:03	69,7	9332543,008	dB(A)
11:26:03	64,7	2951209,227	dB(A)
11:26:04	64,3	2691534,804	dB(A)
11:26:04	64,2	2630267,992	dB(A)
11:26:05	65,0	3162277,66	dB(A)
11:26:05	64,6	2884031,503	dB(A)
11:26:06	69,3	8511380,382	dB(A)
11:26:06	71,0	12589254,12	dB(A)
11:26:07	73,4	21877616,24	dB(A)
11:26:07	78,0	63095734,45	dB(A)
11:26:08	82,3	169824365,2	dB(A)
11:26:08	83,3	213796209	dB(A)
<u>11:26:09</u>	<u>80,6</u>	<u>114815362,1</u>	<u>dB(A)</u>
11:26:09	74,1	25703957,83	dB(A)
11:26:10	70,6	11481536,21	dB(A)
11:26:10	67,9	6165950,019	dB(A)
11:26:11	68,5	7079457,844	dB(A)
11:26:11	69,4	8709635,9	dB(A)
11:26:12	70,2	10471285,48	dB(A)
11:26:12	73,2	20892961,31	dB(A)
11:26:13	73,8	23988329,19	dB(A)
11:26:13	75,2	33113112,15	dB(A)
11:26:14	78,0	63095734,45	dB(A)
11:26:14	82,0	158489319,2	dB(A)
11:26:15	86,2	416869383,5	dB(A)
11:26:15	84,1	257039578,3	dB(A)
11:26:16	79,4	87096359	dB(A)
11:26:16	74,9	30902954,33	dB(A)
11:26:17	72,8	19054607,18	dB(A)
11:26:17	71,5	14125375,45	dB(A)
11:26:18	68,7	7413102,413	dB(A)
11:26:18	66,2	4168693,835	dB(A)
<u>11:26:19</u>	<u>70,6</u>	<u>11481536,21</u>	<u>dB(A)</u>
11:26:19	67,7	5888436,554	dB(A)
11:26:20	67,5	5623413,252	dB(A)

Tempo	Valor		Unidade
11:26:20	66,3	4265795,188	dB(A)
11:26:21	67,3	5370317,964	dB(A)
11:26:21	68,1	6456542,29	dB(A)
11:26:22	68,3	6760829,754	dB(A)
11:26:22	68,2	6606934,48	dB(A)
11:26:23	68,5	7079457,844	dB(A)
11:26:23	67,6	5754399,373	dB(A)
11:26:24	65,9	3890451,45	dB(A)
11:26:24	64,8	3019951,72	dB(A)
11:26:25	64,4	2754228,703	dB(A)

Tempo	Valor		Unidade
11:26:26	64,7	2951209,227	dB(A)
11:26:26	62,6	1819700,859	dB(A)
11:26:27	61,5	1412537,545	dB(A)
11:26:27	60,7	1174897,555	dB(A)
11:26:28	61,2	1318256,739	dB(A)
11:26:28	62,8	1905460,718	dB(A)
11:26:29	61,8	1513561,248	dB(A)
<u>11:26:29</u>	<u>62,4</u>	<u>1737800,829</u>	<u>dB(A)</u>
10136681943			
	L _{eq}	72,37	dB(A)