



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA



ANDRÉ LUIZ SILVA FORCETTO

***POLUIÇÃO SONORA URBANA: A INFLUÊNCIA DE
MODIFICAÇÕES EM ESCAPAMENTOS DE MOTOCICLETAS
NA EMISSÃO DE RUÍDO***

SÃO PAULO

2016



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA



ANDRÉ LUIZ SILVA FORCETTO

*POLUIÇÃO SONORA URBANA: A
INFLUÊNCIA DE MODIFICAÇÕES EM
ESCAPAMENTOS DE MOTOCICLETAS
NA EMISSÃO DE RUÍDO*

*Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, da
Faculdade de Saúde Pública, da Universidade de
São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em
Ciências.*

Orientador: Prof. Dr. João Vicente de Assunção

SÃO PAULO

2016

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução, total ou parcial, é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

Catálogo da Publicação
Biblioteca/CIR: Centro de Informação e Referência em Saúde Pública
Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo

FORCETTO, André Luiz Silva

Poluição sonora urbana: a influência de modificações em escapamentos de motocicletas na emissão de ruído / André Luiz Silva Forcetto; orientador Prof. Dr. João Vicente de Assunção. -- São Paulo, 2016.

125 p.

Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 2016.

1. Poluição sonora. 2. Ruído urbano. 3. Controle de ruído. 4. Escapamentos. 5. Motocicletas. I. de Assunção, Prof. Dr. João Vicente, orient.
II. Título.

FORCETTO, André Luiz Silva, Poluição sonora urbana: a influência de modificações em escapamentos de motocicletas na emissão de ruído - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

FOLHA DE APROVAÇÃO (DISSERTAÇÃO)

FORCETTO, André Luiz Silva

Poluição sonora urbana: a influência de modificações em escapamentos de motocicletas na emissão de ruído.

Dissertação apresentada ao *Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, da Faculdade de Saúde Pública, da Universidade de São Paulo*, para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minhas filhas Isabelle e Giovanna, pois desejo a elas e a seus futuros filhos um mundo melhor, e a minha esposa Tânia, que sempre demonstrou por si mesma o valor da dedicação, do esforço e de fazer tudo com excelência.

AGRADECIMENTOS

A minha esposa Tânia, que sempre me incentivou a progredir.

Ao Dr. Rui de Abrantes, mais que chefe, conselheiro, por todo apoio dado, pela compreensão e paciência em responder as inúmeras questões que surgiram ao longo do curso.

A meu colega Antônio de Castro Bruni, que com muita paciência me orientou nos caminhos da Estatística, auxiliando-me diversas vezes nas avaliações das amostras.

Ao Dr. Vanderlei Borsari, por suas sugestões nesta pesquisa, úteis e pertinentes, colaborando e opinando com muita boa disposição.

A Silmara Regina da Silva, colega, conselheira, sempre disposta a ajudar, por suas opiniões sinceras que me ajudaram a aperfeiçoar este trabalho.

Ao Marcelo Bales, que constantemente me incentivou a investir no Mestrado Profissional.

A CETESB, empresa que se mostra tanto preocupada com o meio ambiente quanto com seus funcionários, proporcionando nosso aperfeiçoamento intelectual.

Ao Roberto Petrucci, da empresa CETRA, que me auxiliou na aquisição de instrumentos de medição e de silenciosos para os estudos apresentados.

A Dafra Motos, pela sua equipe de laboratório, em especial ao Jorge Luiz Pantoja e a Suanam Lopes, pelo apoio em executar os testes de torque e potência.

A Moto Honda da Amazônia, pela equipe de laboratório e pista, em especial a Cássio Nabero, pela colaboração em realizar os ensaios de ruído dos escapamentos não originais.

A Paulinho Motos, que permitiu a execução de todas as medições e entrevistas em suas dependências.

EPÍGRAFE

“E Deus criou o Homem e a Mulher, os abençoou e disse: multipliquem-se, encham a Terra e *exercem governança sobre toda a natureza*” (Gênesis 1.27-28, adaptado).

RESUMO

FORCETTO, A. L. S. **Poluição sonora urbana: a influência de modificações em escapamentos de motocicletas na emissão de ruído.** 2016. 125 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.

A poluição sonora urbana, em especial a gerada por motocicletas com escapamentos modificados, afeta indistintamente a saúde de toda população de diversas maneiras e tende a aumentar, ao contrário da emissão de gases, que vem se reduzindo ao longo dos anos. Com o objetivo de conter o ruído gerado pelo tráfego urbano, vários países desenvolvem procedimentos, leis e ações mitigatórias como barreiras acústicas e asfaltos fonoabsorventes, porém há grande quantidade de motocicletas, veículo tipicamente de alto potencial de incômodo e ruidoso, que circulam com sistemas de escapamento adulterados e emitem ainda mais excesso de ruído. A inspeção veicular é ferramenta importante no controle de emissões de gases poluentes de veículos em uso, mas falha em restringir aqueles que ultrapassam os limites legais de ruído e, somado a isto, há o agravante de o condutor submeter-se a poluição sonora que ele mesmo produz. A fiscalização de rua surge como alternativa de controle ambiental, mas algumas vezes é contestada por ser subjetiva ou por faltar uma metodologia simples, confiável e eficaz. Buscou-se então compreender a relação entre o aumento do nível sonoro da motocicleta com escapamento modificado ao circular no trânsito e a emissão sonora medida na condição de inspeção, o chamado ruído parado, para trazer subsídios à formação de métodos mais eficazes de fiscalização e controle. Para isto foram avaliadas motocicletas quanto à emissão de ruído em circulação e ruído parado e os resultados obtidos apontam que os escapamentos modificados possuem nível sonoro muito mais elevado que os originais, com forte correspondência entre os dois métodos de medição. Esta poluição sonora atinge de modo particularmente intenso os profissionais, motoboys, que modificam suas motocicletas, pois eles se submetem a todos os fatores que favorecem a perda auditiva por excesso de ruído. Outras questões surgiram em paralelo ao tema principal e foram brevemente avaliadas para se compor o quadro geral, como o nível sonoro de escapamentos não originais avaliados segundo os procedimentos de homologação, a contribuição que a motocicleta traz ao ruído urbano e que resultados

estes trazem quanto ao torque e potência da motocicleta. Estes estudos indicaram que a motocicleta modificada contribui fortemente para a poluição sonora urbana, afetando principalmente o condutor e sem trazer ganhos efetivos em termos de potência e dirigibilidade.

Palavras-chave: Poluição sonora, ruído urbano, controle de ruído, escapamentos, motocicletas.

ABSTRACT

FORCETTO, A. L. S. **Urban Noise Pollution: influence of modifications on exhaust systems for noise emission.** 2016. 125 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.

The urban noise pollution, in particular the one produced for motorcycles with tampered exhaust systems, affects indistinctly the health of all people in many ways and tends to grow up, in opposite to gaseous emissions, that is getting down through years. With the goal of mitigate noise generated from urban traffic, many countries develop procedures, laws and actions as acoustic barrier and phono absorbent asphalt, but there are still a great amount of motorcycles, typically a high annoying and noisy vehicle, running with tampered mufflers and producing excessive noise. In use vehicle inspection is an important tool on gaseous emissions control but fails to restrain excessive noise, a problem that get worse up due the rider is subjects him/herself to the own sound pollution. Roadside control comes as an alternative but sometimes is rejected as subjective or due a lack of a simple, easy, trustable method. This research looks for the relationship between increased sound level of modified motorcycles in traffic and noise emission in inspection mode, also known as stationary noise, to bring subsidies to develop more efficient control methods. For this, it were evaluated motorcycles for traffic and stationary noise emission and the results point that modified exhaust systems have a very higher sound level than original mufflers, with strong relationship between these two measurement methods. This sound pollution affects in a very special mode the professionals, called in Brazil motoboys, which modify their motorcycles, because they subjected themselves to all factors for noise-induced hearing loss. Other questions come in parallel to the main focus and were briefly studied in order to compound the whole picture as sound level of replacement mufflers according homologation procedures, the motorcycle contribution to the urban sound pollution and the results for power and torque. These studies point to that modified motorcycles strongly contribute to urban noise, affecting especially the driver and with no effective gain in engine power and motorcycle handling.

Keywords: Sound pollution, urban noise, noise control, exhaust system, motorcycles.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRACICLO – Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Bicicletas e Similares

ACEM – Associação dos Construtores Europeus de Motocicletas (*Association des Constructeurs Européens de Motocycles*)

CET – Companhia de Engenharia de Tráfego

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CVT – Câmbio de variação contínua (*Continuously Variable Transmission*)

DALY – Anos de Vida em Deficiência (*Disability-Adjusted Life Years*)

EPA – Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency*)

EUA – Estados Unidos da América

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente

INCE – Instituto de Engenharia de Controle de Ruído dos Estados Unidos (*Institute of Noise Control Engineering of the USA*)

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

ISO – Organização Internacional para Padronização

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MNS – Medidor de Nível Sonoro

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

NAE – Academia Nacional de Engenharia (*National Academy of Engineering*)

OMS – Organização Mundial da Saúde (*World Health Organization – WHO*)

PAIR – Perda Auditiva Induzida por Ruído

PMR – Relação Peso-Potência (*Power to Mass Ratio*)

PROMOT – Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e similares

RENAVAM – Registro Nacional de Veículos Automotores

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SVMA – Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente

SPL – Nível de Pressão Sonora (*Sound Pressure Level*)

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UNECE – Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa (*United Nations Economic Commission for Europe*)

UOL – Site Universo On Line

WHO – vide OMS

WOT – Abertura total do acelerador (*Wide Open Throttle*)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Efeito da distância no nível sonoro	27
Figura 2 – Representação gráfica do L_{eq}	29
Figura 3 – Representação gráfica do L_{90} e L_{10}	30
Figura 4 – %HA em relação a Fonte e Nível de Ruído	31
Figura 5 – Mapa de Ruído, L_{diurno} , Avenida Henrique Schaumann.....	32
Figura 6 – Relação entre ruído de tráfego e infarto do miocárdio.....	34
Figura 7 - Curvas de ruídosidade percebida	36
Figura 8 – Quais os ruídos que mais incomodam?.....	37
Figura 9 – Desenho esquemático da pista – ruído de passagem.....	39
Figura 10 – Ensaio de ruído de passagem	39
Figura 11 – Ensaio de ruído parado.....	40
Figura 12 – Países que adotam a Regulamentação 51 da UNECE.....	42
Figura 13 – Barreira acústica.....	46
Figura 14 – Asfalto de dupla camada	47
Figura 15 – Comparação do ruído de motocicleta com de automóvel	50
Figura 16 – Comparação do ruído de motocicleta com de caminhão leve.....	50
Figura 17 - Vendas de motocicletas por atacado - 2004 a 2014.....	52
Figura 18 – Comparação da Frota geral e de Duas rodas no Brasil – 2004 a 2014.....	52
Figura 19 – Composição do tráfego da cidade de São Paulo – 2013	54
Figura 20 – Ruído emitido por automóvel em ensaio de aceleração.....	56
Figura 21 – Holografia de fontes sonoras de um automóvel.....	57
Figura 22 - Contribuição no ruído geral de motocicleta, com motor a 5.000 rpm	58
Figura 23 – Holografia Sonora de scooter 125 cm ³	58
Figura 24 – Projeção sonora típica de motocicleta.....	59
Figura 25 – Exemplos de escapamentos não originais	61
Figura 26 – Configuração interna de escapamentos similar ao original e “estralador” .	62
Figura 27 – Configuração interna de escapamento esportivo.....	62
Figura 28 – Correlação entre ruído parado e em aceleração	67

Figura 29 – Ruído em circulação: comparação entre escapamento original e modificado	69
Figura 30 – Local de medição A	79
Figura 31 – Vista da rua do local de medição A	79
Figura 32 – Local de medição B.....	80
Figura 33 – Vista da rua do local de medição B.....	80
Figura 34 – MNS Brüel & Kjaer 2238 Mediator com Calibrador 4231 montado no microfone.....	82
Figura 35 – Pista de ensaio de ruído da Moto Honda, Manaus	84
Figura 36 – Dinamômetro para medição de potência – motocicleta com escapamento do tipo “estralador”	86
Figura 37 – Comparação entre Caso e Controle, quanto a ruído em circulação	89
Figura 38 – Comparação entre Caso e Controle, quanto à finalidade de uso.....	90
Figura 39 – Contribuição relativa no L_{eq} por motocicletas	97
Figura 40 – Curvas de torque e potência – escapamento original	98
Figura 41 – Curvas de torque e potência – escapamento similar ao original	99
Figura 42 – Curvas de torque e potência – escapamento esportivo.....	100
Figura 43 – Curvas de torque e potência – escapamento “estralador”	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Níveis máximos aceitáveis de ruído ambiental conforme ABNT NBR 10151	33
Quadro 2 – Limites máximos de ruído para motocicletas – dB(A).....	43
Quadro 3 – Diferenças entre ABNT NBR 9714 e Instrução Normativa 06/2010.....	44
Quadro 4 – Composição da produção por cilindrada	54
Quadro 5 – Norma Regulamentadora 15: limites de exposição diária ao ruído.....	64
Quadro 6 – Valores de controle para ruído parado.....	83
Quadro 7 – Comparação entre Caso e Controle, quanto à conservação.....	89
Quadro 8 – Comparação entre Caso e Controle, quanto à intensidade de uso	90
Quadro 9 – Resumo comparativo entre as motocicletas caso e controle.....	94
Quadro 10 – Comparativo de ruído: escapamento original e não originais	95
Quadro 11 – Contribuição no ruído médio ambiental (L_{eq}) por categoria de veículo....	96
Quadro 12 - Resumo dos resultados de potência e torque por tipo de escapamento...	101

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	21
CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
1.1 Som e Ruído.....	26
1.2 Medição de ruído	26
1.3 Poluição sonora.....	33
1.4 Normas, leis e ações para controle do ruído	38
1.4.1 Normas	38
1.4.2 Legislação.....	41
1.4.3 Ações mitigatórias.....	45
1.5 A motocicleta como fonte de poluição sonora.....	49
1.5.1 O potencial irritante da motocicleta	49
1.5.2 Crescimento e composição da frota	51
1.5.3 Perfil socioeconômico do motociclista	55
1.5.4 Fontes de geração de ruído na motocicleta	55
1.5.5 Capacetes amplificadores.....	59
1.5.6 Escapamentos modificados	60
1.5.7 Psicoacústica: a sonoridade do escapamento	63
1.5.8 Desempenho	63
1.5.9 Influência do ruído do escapamento na audição	64
1.6 Inspeção veicular e fiscalização de rua.....	65
1.7 Fiscalização de rua: questionamentos sobre ruído parado e em aceleração	67
CAPÍTULO 2 – MÉTODOS DA PESQUISA	70
2.1 População do estudo	71

2.2	Tamanho da amostra	72
2.3	Variáveis	72
2.4	Questionário de pesquisa e Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	74
2.5	Procedimento para medição de ruído em circulação e ruído parado	75
2.6	Flexibilidade do procedimento para medição em relação ÀS normas.....	76
2.7	Locais de medição em campo	78
2.8	Instrumentação	81
2.9	Valores de controle para ruído parado	82
2.10	Medições complementares.....	83
2.10.1	Medições conforme normas de homologação	83
2.10.2	Contribuição da motocicleta no ruído urbano	84
2.10.3	Curvas de torque e potência	85
CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....		87
3.1	Avaliação do ruído em circulação e ruído parado	87
3.1.1	Características gerais da amostra	87
3.1.2	Caracterização das motocicletas “caso”	91
3.1.3	Caracterização das motocicletas “controle”	93
3.2	Medições complementares.....	95
3.2.1	Ruído conforme procedimentos normatizados.....	95
3.2.2	Contribuição no ruído médio ambiental (Leq).....	96
3.2.3	Curvas de torque e potência	97
CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES		102
REFERÊNCIAS		104
GLOSSÁRIO.....		116
Apêndice A – Questionário de Pesquisa.....		118
Apêndice B – TCLE		120

Apêndice C – Dados de medições de campo.....	122
--	-----

INTRODUÇÃO

“O que adianta ter todo este trabalho de testar e controlar um veículo novo quando o dono, ao tirar ele da concessionária, vai e troca o escapamento por outro bem barulhento?” – de um taxista anônimo em Curitiba.

A poluição sonora é encontrada nos grandes centros urbanos do mundo, as metrópoles têm crescido continuamente e concentram cada vez mais pessoas no mesmo espaço, com todos os problemas ambientais decorrentes desta aglomeração: prejuízo no ar, água e solo. Neste macrocosmo urbano, o veículo automotor é uma das grandes fontes poluidoras e sua quantidade aumenta continuamente, ampliando esta questão de saúde pública que afeta indistintamente todas as faixas etárias e classes sociais. Atualmente esta equação está parcialmente sob controle, pois devido às diversas leis e procedimentos para redução da emissão de gases pelos veículos, esses geram muito menos poluição que há vinte anos, porém a outra parte da equação aponta para o aumento crescente do ruído urbano (WHO, 2011).

Na questão da poluição sonora gerada por veículos, dois pontos se destacam: a importância da motocicleta na composição do ruído urbano e a dificuldade dos agentes de fiscalização de controlar e coibir os excessos nos veículos em circulação. Quanto às fontes de ruído no trânsito, os maiores emissores são os veículos pesados (ônibus e caminhões) e, a seguir, as motocicletas (IBAMA, 2011, p. 85 e 185). No entanto, os veículos pesados tiveram uma evolução recente na legislação, chamada de fase P7 (IBAMA, 2011), que levou a alterações significativas nos sistemas de escapamento, que desde 2012 passaram a ser equipados com catalisadores integrados ao silencioso, de modo que um estudo da frota atual de pesados perderá a representatividade em pouco tempo. Os caminhões também enfrentam uma série de restrições de horários e locais de circulação nas regiões centrais metropolitanas, assim reduz-se a sua participação na formação do ruído urbano.

A motocicleta se destaca como alternativa de agilidade e baixo custo para o deslocamento nas cidades, com aumento contínuo da frota e acima do crescimento populacional (ABRACICLO, 2015), mas além de gerar elevado nível de incômodo sonoro por sua própria natureza (PAVIOTTI; VOGIATZIS, 2012), traz também um

componente negativo: a utilização por parte dos usuários de escapamentos adulterados ou não originais, que emitem mais ruído do que o permitido pela lei (ACEM, 2014).

No entanto, os agentes de fiscalização têm dificuldade em coibir esses excessos de poluição sonora. Muitos países, entre outras medidas para redução do ruído urbano, adotam a inspeção veicular periódica como instrumento de controle sobre a poluição gerada pela frota circulante, mas ainda assim falham em restringir os veículos muito ruidosos. Por outro lado, a fiscalização de rua não tem a eficácia desejada, pois ainda faltam estudos que desenvolvam métodos para a identificação efetiva daqueles que emitem ruído em excesso. A principal questão a ser respondida, então, é: é possível identificar um veículo ao circular no trânsito, que tenha seu sistema de escape modificado e emitindo ruído em excesso?

Objetivos

Obter valores de emissão sonora de motocicletas em uso, através da medição do ruído nos modos em circulação e estacionário e buscar a relação desses valores com a presença de escapamentos modificados e/ou não originais, para proporcionar subsídios ao desenvolvimento de métodos para controle da poluição sonora de veículos em circulação.

Hipóteses testadas

A hipótese a ser verificada é que, em motocicletas com o sistema de escape modificado, há relação entre o aumento do nível de ruído quando em circulação, e o aumento da emissão sonora medida na condição estacionária, ou de inspeção, acima dos limites de homologação e controle.

Há algumas questões secundárias relacionadas ao tema principal e que surgiram ao longo da pesquisa, que foram consideradas como interessantes de serem abordadas, mesmo que não na profundidade da hipótese principal:

- Quanto a motocicleta contribui para o ruído urbano?
- Quanto o escapamento modificado emite de ruído nas condições controladas dos ensaios de homologação?

- Qual a influência do escapamento modificado/não original na potência da motocicleta?

Cada uma dessas perguntas justificaria um trabalho específico, mesmo porque há pouco ou nenhum material de pesquisa sobre esses assuntos, porém, como não fazem parte do escopo principal, serão brevemente tratadas para compor o quadro geral que é o veículo modificado e em circulação nas ruas, emitindo ruído e afetando a população. Já outras questões não foram abordadas por se distanciarem do tema principal, como a relação entre a classe social do usuário com a emissão de ruído, a presença de alterações em função da distribuição sócio geográfica (bairros nobres ou periferia) ou entre a utilização de escapamentos não originais e a emissão de gases poluidores.

Métodos adotados

Esta pesquisa foi desenvolvida conforme a seguinte metodologia:

a) revisão bibliográfica, para melhor compreensão do problema, partindo de conceitos básicos sobre som e ruído, passando por meios de controle como normas e legislações específicas de ruído veicular e analisando a contribuição da motocicleta para a poluição sonora urbana,

b) pesquisa de campo, com a medição do ruído de uma amostra específica de motocicletas, tanto em circulação como na condição de inspeção veicular, para obter dados primários para análise da hipótese principal,

c) pesquisa de campo e ensaios laboratoriais para estudo das questões secundárias,

d) apresentação, análise e discussão dos dados e

e) conclusões.

Organização da dissertação

A organização deste trabalho segue a estrutura do método de pesquisa, no Capítulo 1 é feita a revisão bibliográfica da questão da poluição sonora, da legislação específica para ruído veicular e a importância da motocicleta enquanto agente poluidor, no Capítulo 2 é detalhada a metodologia utilizada para a obtenção dos dados. No

Capítulo 3 estes dados obtidos são apresentados, analisados e discutidos e no Capítulo 4 são trazidas as conclusões e recomendações.

CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa bibliográfica se iniciou pela busca por trabalhos acadêmicos em bases de artigos e publicações científicas como a Biblioteca Digital USP de Teses e Dissertações, *Web of Science*, *Google Scholar* e *EBSCO Environment Complete* com as chaves “ruído”, “ruído urbano”, “poluição sonora”, “ruído veicular” e seus correspondentes em inglês, sem restrições quanto à data de publicação. As buscas, no entanto, tiveram significativa redução dos resultados ao aplicar os filtros “motocicletas” e “escapamento”, como, por exemplo, no “*Web of Science*” onde a pesquisa por “ruído urbano” indicou 3.432 trabalhos e com o filtro “motocicleta” se reduz a somente 28. Já na Biblioteca Digital USP de Teses e Dissertações a chave “ruído veicular” resultou em 2.690 trabalhos, com o filtro “motocicleta” em 134 e com “motocicleta, escapamento” em apenas 43.

Ampliando o escopo das buscas, destacam-se as colaborações dos participantes da Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa (*United Nations Economic Commission for Europe – UNECE*), dentro do grupo WP29 – Fórum mundial para harmonização de regulamentação de veículos, onde são discutidos os procedimentos atuais, alternativos e futuros de ensaios, limites legais e meios de controle de ruído para veículos automotores, incluso motocicletas.

Também serviram como importante material de pesquisa os trabalhos apresentados em fóruns internacionais sobre ruído, como o *Internoise* em suas diversas edições, e por instituições como o Instituto de Engenharia de Controle de Ruído dos Estados Unidos (*Institute of Noise Control Engineering of the USA – INCE*), Associação dos Construtores Europeus de Motocicletas (ACEM) e Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Bicicletas e Similares (ABRACICLO), além de documentos como normas técnicas e legislação específica sobre ruído veicular, brasileiras e internacionais, bem como trabalhos corporativos e materiais de divulgação, entre outros, publicados na internet por fabricantes de equipamentos de medição de ruído, motocicletas e escapamentos.

1.1 SOM E RUÍDO

O som é definido como a vibração ou onda mecânica que se propaga em meio elástico, como o ar, capaz de produzir sensação auditiva. O ouvido humano consegue captar sons dentro de uma faixa limitada de frequência, usualmente de 20 a 20.000 Hz, sendo que os de baixa frequência, também chamados de graves, situam-se entre 20 e 200 Hz, os médios entre 200 a 2.000 Hz e os de alta frequência ou agudos entre 2.000 e 20.000 Hz (MURGEL, 2007; BISTAFA, 2011; BARING, 2012). Já o ruído é o som indesejado ou desagradável, de composição aleatória e que causa incômodo ou estresse, apesar da subjetividade do conceito de “desagradável”, pois alguns ruídos podem transmitir informações úteis, como o som que o mecânico escuta ao analisar o funcionamento de um motor de automóvel (ABNT, 1992; MURGEL, 2007; BISTAFA, 2011).

O ruído pode ser classificado em contínuo, intermitente ou impulsivo. O contínuo é exemplificado pelo som produzido por uma turbina, com pouca variação ao longo do tempo, o intermitente tem como característica o aumento e decréscimo rápido da pressão sonora, como o gerado pela passagem de veículos e o impulsivo é de grande intensidade e curta duração e tem como exemplo a queima de fogos de artifício ou o bater de um martelo. Algumas vezes o ruído apresenta um componente tonal, ou seja, uma frequência mais intensa que as demais e que causa maior perturbação, como o zumbido do mosquito (ABNT, 2000b; BRÜEL & KJAER, 2001).

O ruído ambiental, ou ruído de fundo, é aquele resultante da combinação de todas as fontes presentes no ambiente, como fábricas, animais, veículos, aviões, construção civil, aparelhos de som, etc., porém sem a predominância específica de alguma delas e normalmente não pode ou não necessita ser eliminado por completo. (BRÜEL & KJAER, 2001; RODRIGUES, 2010; BISTAFA, 2011).

1.2 MEDIÇÃO DE RUÍDO

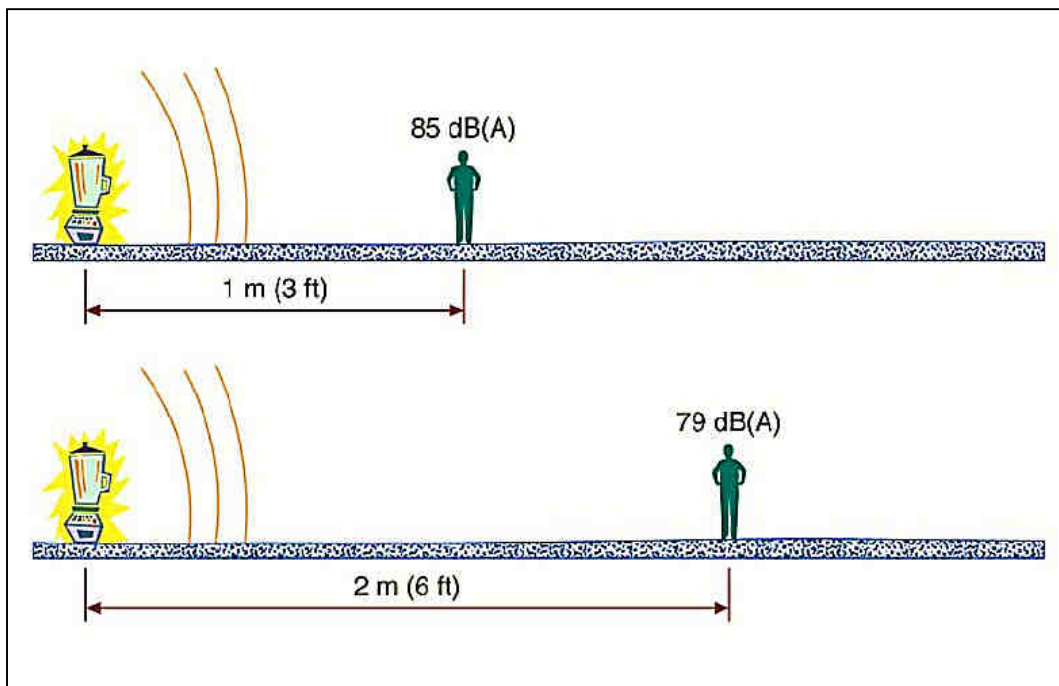
A unidade utilizada para medir nível sonoro, dentro de uma escala de progressão logarítmica, é o Bel (B), comumente expresso em décimos de Bel, ou decibéis (dB). Por ser uma escala comparativa, zero decibel (0 dB) não significa ausência de som, mas sim o menor nível de pressão sonora que pode ser percebido pelo ser humano, com valor

convencionado em 20 μ Pa (ABNT, 1992). No outro extremo, o limiar de dor causada por pressão sonora excessiva situa-se por volta de 100 Pa ou 140 dB e, dentro desta escala, 1 dB é considerado a mínima diferença de intensidade sonora perceptível (MURGEL, 2007).

O ouvido humano não responde linearmente a todas as frequências sonoras, é menos sensível à pressão sonora nas frequências altas e baixas do que às frequências médias, assim é necessário utilizar uma curva de compensação, chamada “Curva de Ponderação A”, que ajusta a medição realizada por instrumentos de acordo com a sensibilidade humana; o valor obtido segundo essa curva de ajuste é expresso em dB(A). Há outras curvas de ponderação, mas não são muito utilizadas, como a curva “C”, para ajuste de sensibilidade para sons de frequência muito baixa, a curva “D”, desenvolvida para avaliação do ruído de aeronaves e a curva “Z”, de ponderação zero (BRÜEL & KJAER, 2001; RODRIGUES, 2010; BISTAFA, 2011).

O nível sonoro é influenciado pela distância entre a fonte sonora e o receptor. A intensidade decresce em função do quadrado da distância, assim, se uma fonte emite 85 dB(A) a um metro de distância, a dois metros a energia sonora será quatro vezes menor e o nível sonoro se reduz em 6 dB, conforme visto na Figura 1 (HANSON et al., 2004).

Figura 1 – Efeito da distância no nível sonoro



Fonte: HANSON et al., 2004, p.5

Outros fatores que influenciam na propagação da energia acústica são: o tipo da fonte, se pontual, como um cortador de grama, ou linear, como uma avenida com fluxo constante de veículos, e a existência de superfícies refletoras ou absorventes entre fonte e receptor e, em menor grau, fatores ambientais como temperatura ambiente, vento, umidade e pressão atmosférica (BRÜEL & KJAER, 2001; MURGEL, 2007; BISTAFA, 2011; BARING, 2012).

A medição do ruído pode ser feita mediante diversos métodos, sua métrica básica é o Nível de Pressão Sonora (*Sound Pressure Level* – SPL ou ainda L_p) e, quando ajustado pela curva de ponderação “A”, L_{pA} . Conforme definido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na norma ABNT NBR 10152 (ABNT, 1987), o L_p é calculado conforme a seguinte equação:

$$L_p = 10. \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)^2$$

Onde: P = pressão sonora medida (Pa);

P_0 = pressão sonora de referência (20 μ Pa)

Para se calcular o nível sonoro resultante da interação de várias fontes, utiliza-se o método da soma logarítmica (MURGEL, 2007, adaptado), segundo a equação:

$$L_{total} = 10. \log_{10} (10^{L1/10} + 10^{L2/10} + \dots + 10^{Ln/10})$$

Onde: $L1$ = nível sonoro da fonte 1

$L2$ = nível sonoro da fonte 2

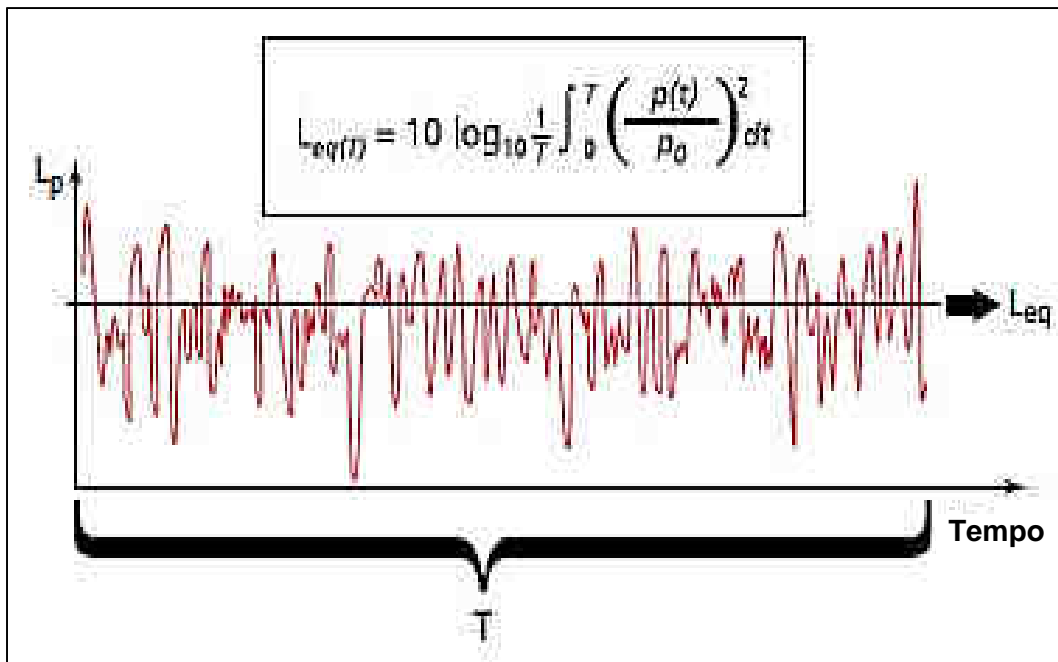
L_n = nível sonoro da n ésima fonte

Assim, o resultado para a soma de duas fontes de mesmo nível sonoro será 3 dB(A) acima do valor individual. É importante destacar a diferença entre energia e pressão sonora: a energia sonora é proporcional ao quadrado da pressão sonora, portanto ao se duplicar a pressão, a energia sonora será quadruplicada, com aumento de 6 dB(A).

Para medição de ruído ambiental a ABNT determina, conforme a norma ABNT NBR 10151 – Avaliação do ruído em áreas habitadas (ABNT, 2000b), o parâmetro

Nível de Pressão Sonora Equivalente (L_{Aeq}), também chamado de Ruído Médio Equivalente, Ruído Médio Ambiente ou Nível Médio Equivalente, que é calculado como o valor da média quadrática da pressão sonora, na curva de ponderação A, em um determinado período de tempo e representa o nível que o ruído teria se fosse contínuo, conforme representado de forma gráfica na Figura 2.

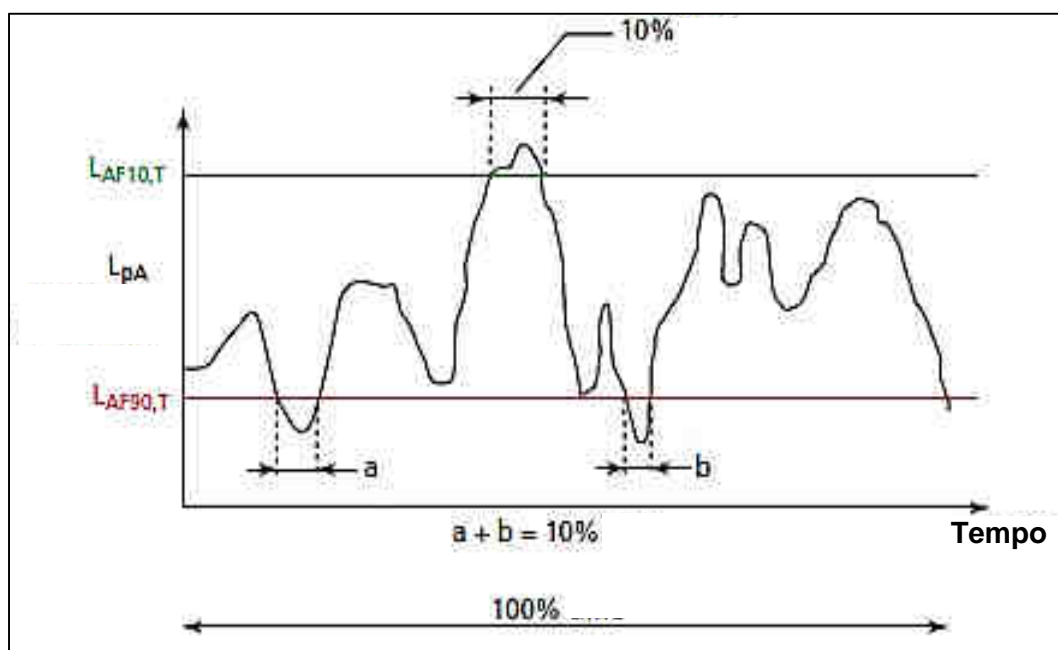
Figura 2 – Representação gráfica do L_{eq}



Fonte: BRÜEL & KJAER, 2001b

Outros dois parâmetros utilizados para avaliar ruído ambiental são o L_{10} e o L_{90} , expressos graficamente na Figura 3. O L_{90} é o nível estatístico onde, em uma dada medição, 90% de todos os registros estão acima deste valor e é utilizado principalmente na medição de ruído de fundo. Já o L_{10} é o nível estatístico onde 10% dos registros estão acima deste valor, e é usado para medir sons intermitentes e picos de ruído e avaliar ruído de sistemas de transporte, como tráfego de veículos, aviões ou trens (BRÜEL & KJAER, 2001; MURGEL, 2007; RODRIGUES, 2010; BISTAFÁ, 2011).

Figura 3 – Representação gráfica do L90 e L10



Fonte: BRÜEL & KJAER, 2001

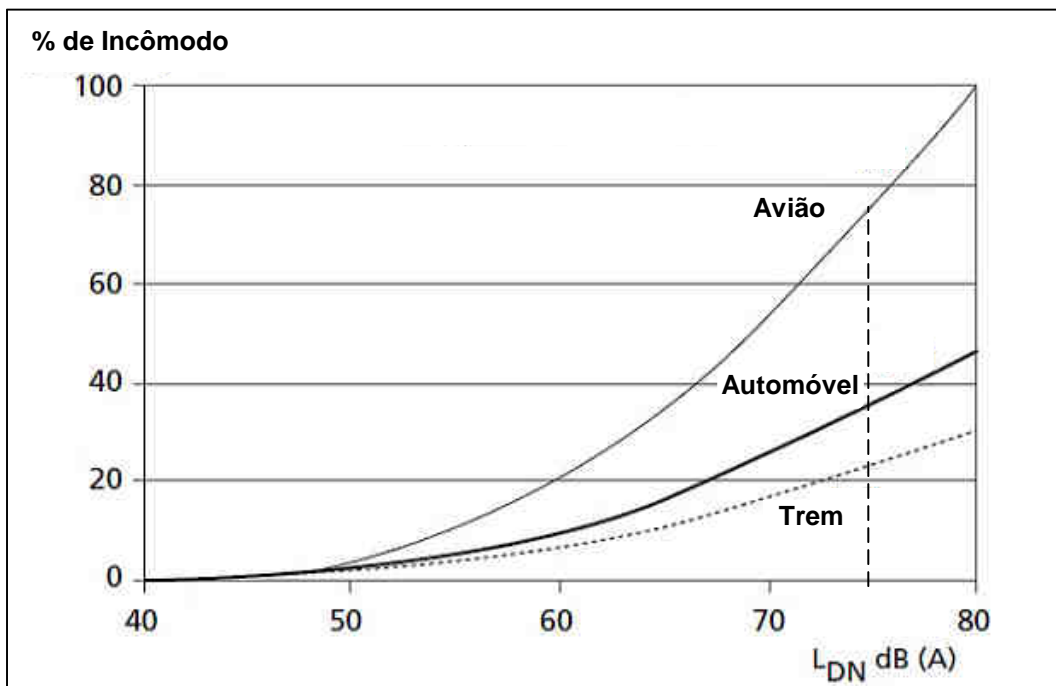
Um indicador comumente utilizado para avaliação e homologação de veículos é o Nível de Ruído Máximo ($L_{Amáx}$), que registra o maior valor de pressão sonora obtido durante a medição, conforme a curva de ponderação “A” (IBAMA, 2011).

Por fim, há duas outras métricas que são aplicadas em estudos de poluição sonora urbana: o Nível de Ruído Diurno/Noturno (*Day-Night Level* – DNL ou L_{DN}) ou sua variante Nível de Ruído Dia/Tarde/Noite (*Day-Evening-Night Level* – DENL ou L_{DEN}), que é uma ponderação do L_{Aeq} em diversos períodos do dia (BISTAFA, 2011) e é utilizada na construção de Mapas de Ruído (CE, 2002) e o Índice de Perturbação (*Percent Highly Annoyed* – %HA), que é a porcentagem de pessoas que se sentem incomodadas com a poluição sonora (BRÜEL & KJAER, 2001).

De acordo com a Academia Nacional de Engenharia dos Estados Unidos (*National Academy of Engineering* – NAE), o %HA tem sua importância em representar o quanto da população é impactada pelo ruído, uma vez que a percepção do mesmo é sujeita a vários fatores, como o timbre sonoro (mais grave ou mais agudo) ou pela ocorrência de sons intermitentes com grande diferença em relação ao ruído de fundo (NAE, 2010). A Figura 4 traz uma comparação de %HA em relação à fonte emissora (avião, automóvel e trem) e em relação ao nível sonoro produzido. Por exemplo, a

proporção de pessoas incomodadas com um ruído de 75 dB(A) proveniente de trens seria por volta de 25%, se proveniente de automóveis, próximo de 35% e por aviões, em cerca de 75%.

Figura 4 – %HA em relação a Fonte e Nível de Ruído

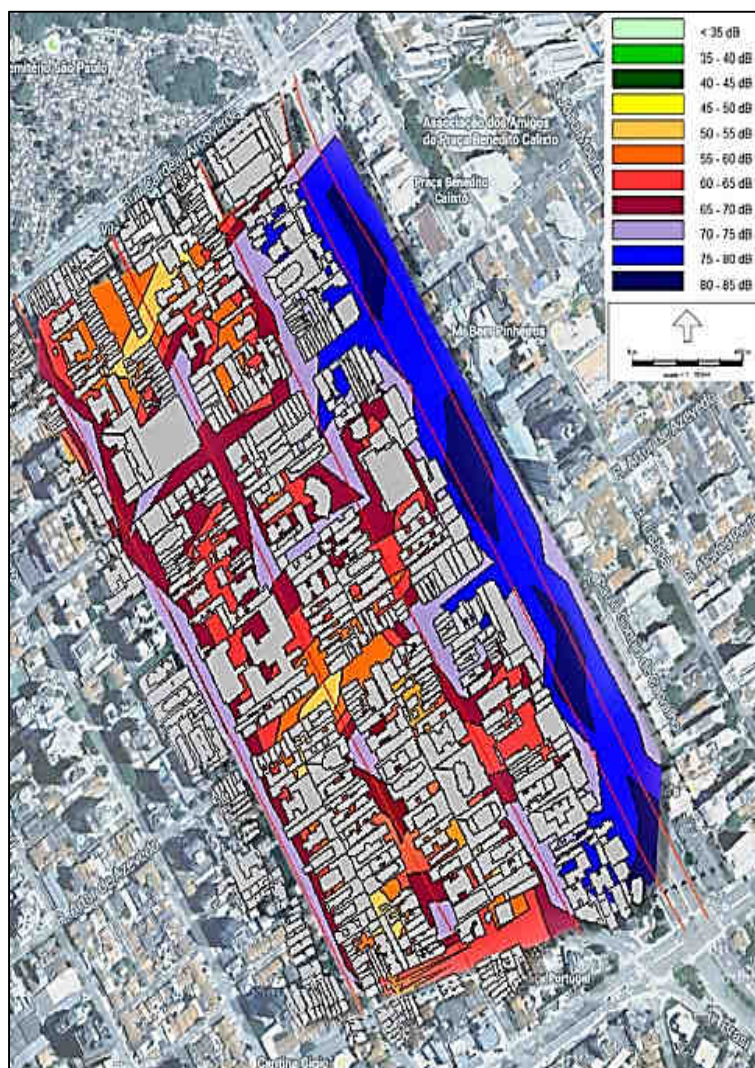


Fonte: BRÜEL & KJAER, 2001

Uma ferramenta útil para avaliação de ruído ambiental é o Mapa de Ruído. Segundo determina a Diretiva 2002/49/CE, todas as cidades europeias com mais de 250.000 habitantes devem fazer seu mapa sonoro (CE, 2002), porém no Brasil esse procedimento ainda é pouco aplicado (MESQUITA, 2014), limitando-se a algumas cidades como Fortaleza e Brasília e a trabalhos acadêmicos que estudam uma região limitada, como o de VIANNA (2014).

O Mapa de Ruído é elaborado com ajuda de *softwares* de computação, que fazem a representação do L_{eq} por meio de cores sobre o mapa da cidade ou de uma região específica (VIANNA, 2014), como exemplificado na Figura 5.

Figura 5 – Mapa de Ruído, L_{diurno} , Avenida Henrique Schaumann



Fonte: VIANNA, 2014

Os *softwares* para elaboração de mapas de ruído trabalham com amostragem de pontos discretos e fazem cálculos de interpolação de valores para as vias próximas. O fluxo de veículos é um dos parâmetros mais importantes e usualmente é ponderado pela proporção de veículos leves e pesados (VIANNA, 2014). No entanto, como a quantidade relativa de motocicletas na frota brasileira é muito maior em relação à frota europeia, de onde é a origem de vários *softwares* de mapeamento, surgem distorções nas simulações, problema semelhante ao encontrado em Taiwan por CHANG et. al (2012) e que deve ser considerado ao se discutir o ruído ambiental nas cidades brasileiras.

1.3 POLUIÇÃO SONORA

A poluição sonora, segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), é “o conjunto de todos os ruídos provenientes de uma ou mais fontes sonoras, manifestadas ao mesmo tempo num ambiente qualquer” (IBAMA, 2013).

Essa definição, no entanto, é deficiente em quantificar qual nível de ruído é poluição sonora ou não, pois todo ambiente tem energia sonora em maior ou menor grau. Por isso o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, na Resolução nº 1 de 1990 (CONAMA, 1990), estabelece os valores recomendados pela norma brasileira ABNT NBR 10151 (ABNT, 2000b) como limites máximos para a saúde e o sossego público, que estão mostrados no Quadro 1. Para uma área comercial mista como a região central da cidade de São Paulo, por exemplo, o nível máximo aceitável para o período diurno é de 60 dB(A).

Quadro 1 – Níveis máximos aceitáveis de ruído ambiental conforme ABNT NBR 10151

Tipo de área	Diurno: 7-22h	Noturno: 22-7h
Estritamente residencial, hospitais e escolas	50	45
Predominantemente residencial	55	50
Mista – residencial, comercial e administrativa	60	55
Mista – recreacional	65	55
Predominantemente industrial	70	60

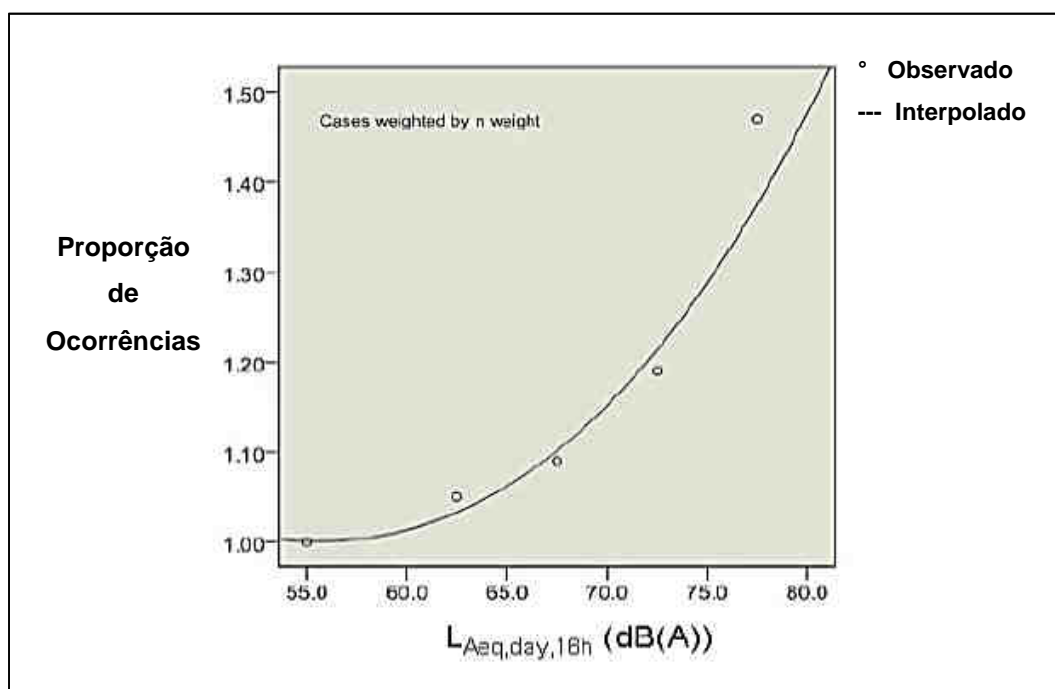
Fonte: ABNT, 2000b, adaptado

Esses limites estabelecidos pela norma brasileira são semelhantes aos recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (BOER; SCHROTEN, 2007, p.5) e aos adotados em outros países, como Suíça (INGOLD; KÖPFLI, 2009, p.20), Portugal (DA SILVA, 2009, p.11), Itália (NICOLINI, 2009, p.10), Austrália, Estados Unidos (CALLAI, 2011, p.28) e Irã (MOHAMMAD et al., 2012, p.1097). Na prática, porém, as metrópoles em todo mundo estão longe de atender esses valores, excedendo

constantemente os 70 dB(A), e de acordo com ROSENHALL et al¹ (1990, apud BOER; SCHROTEN, 2007), a exposição prolongada a esse nível de ruído pode causar perda auditiva irreversível, além de outros efeitos negativos na saúde humana.

A OMS aponta o ruído de tráfego como o segundo principal fator de estresse ambiental para a saúde humana na Europa, com o agravante que o ruído tem aumentado ao longo do tempo, ao contrário da redução observada em outros agentes poluidores, como material particulado, benzeno e dioxinas (WHO, 2011). Isso reflete em prejuízos à saúde, desde a perda auditiva até efeitos correlatos, como pressão alta, doenças cardiovasculares e infarto do miocárdio, como exposto na Figura 6, além de impotência, comprometimento nos processos cognitivos, sensação de zumbido e perturbação do sono (PIMENTEL-SOUZA, 1992; SELIGMAN, 1993; WHO, 2011).

Figura 6 – Relação entre ruído de tráfego e infarto do miocárdio



Fonte: BABISCH² (2006, apud WHO, 2011, p. 22)

¹ U. ROSENHALL, K. PEDERSEN, A. SVENBORG Presbycusis and Noise-induced hearing loss, In: **Ear & Hearing**, 11(4): p. 257-263, 1990.

² BABISCH W. Road traffic noise and cardiovascular risk. **Noise & Health**, 10(38): p. 27-33, 2008.

A perturbação do sono está relacionada com uma longa lista de consequências, como afetar a coordenação motora, a consolidação da memória e a criatividade, agressividade, falha na percepção cognitiva e risco de acidentes. As pessoas sujeitas a elevados níveis de ruído, mesmo que intermitentes e especialmente durante a noite, podem não perceber a razão dos distúrbios do sono, mas podem sentir seus efeitos. O mesmo trabalho da OMS estima, para a Europa, a perda anual, devido à deficiência ou morte prematura, de anos de vida (*Disability-Adjusted Life Years* – DALYs), causados pelo ruído ambiental excessivo: relacionados ao infarto, 61.000 DALYs; distúrbios do sono, 903.000 DALYs e por incômodos, 654.000 DALYs (WHO, 2011).

Há diversos estudos que comprovam o excesso de ruído nas cidades, alguns realizados no Brasil:

- Curitiba – 73,5 a 78 dB(A) (ZANNIN, 2003, p.20);
- São Paulo – 88,6 dB(A), dentro de estabelecimentos comerciais (PETIAN, 2008, p.73);
- São Paulo – 78,7 dB(A) (VIANNA, 2014, p. 49);
- Belo Horizonte – 74 dB(A) (RODRIGUES, 2010, p.93);

E no mundo:

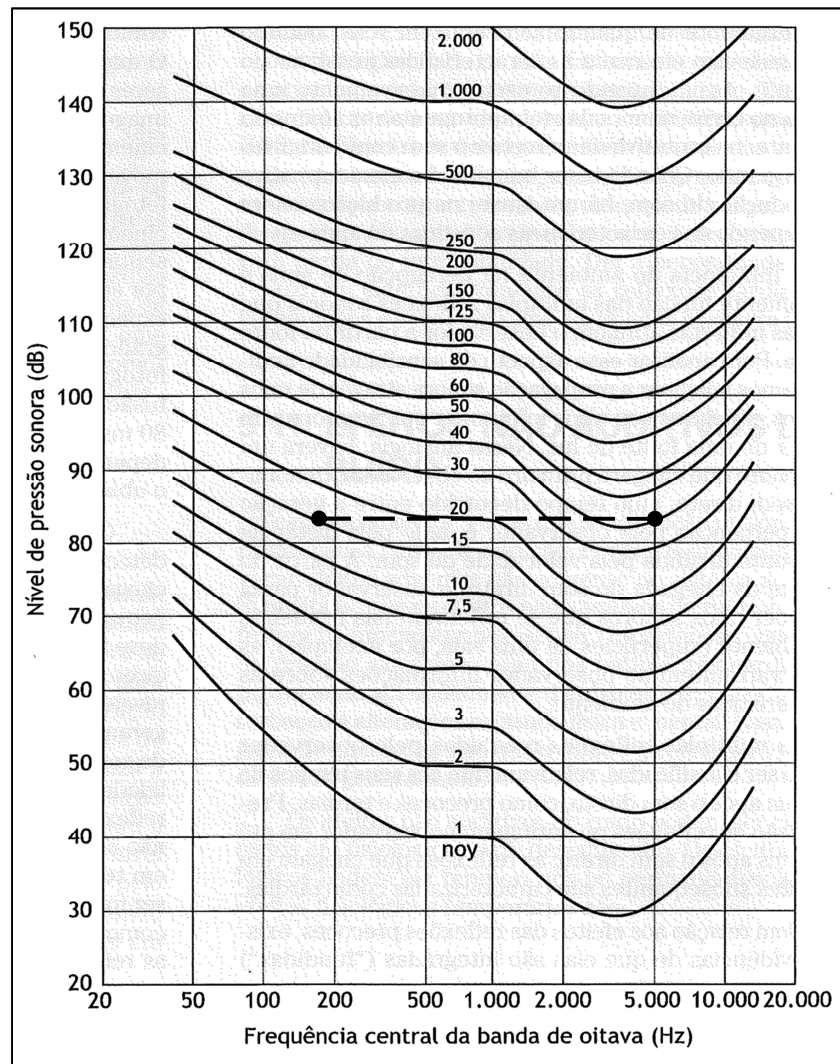
- Porto, Portugal – 72,5 dB(A) (DA SILVA, 2009, p.42);
- Yazd, Irã – 75,1 dB(A) (MOHAMMAD et al., 2012, p.1098);
- Taichung, Taiwan – acima de 85 dB(A) (CHANG et al., 2012, p.379).

Um segundo fator a se considerar sobre a poluição sonora é o incômodo sofrido pela população. Mesmo que o nível sonoro esteja dentro dos padrões aceitáveis, as pessoas podem se sentir incomodadas, além de afetar também os animais e ecossistemas (BOER; SCHROTEN, 2007; MURGEL, 2007). Segundo BISTAFA (2011), os parâmetros que mais contribuem para a sensação de incômodo são o conteúdo espectral (composição e prevalência de graves ou agudos), a existência de tons puros, a amplitude e frequência da flutuação do nível sonoro e o tempo de subida de sons impulsivos. A expressão da sensação subjetiva do incômodo do ruído é chamada de “ruidosidade percebida” e tem como unidade o “noy”.

Como pode ser visto na Figura 7, o noy é dependente da frequência, com os maiores incômodos na faixa entre 2.000 e 5.000 Hz, assim um som com intensidade de

85 dB a 1.000 Hz tem uma ruídosidade de aproximadamente 20 noys, já o mesmo nível sonoro a 5.000 Hz tem 40 noys e a 175 Hz somente 15 noys.

Figura 7 - Curvas de ruídosidade percebida



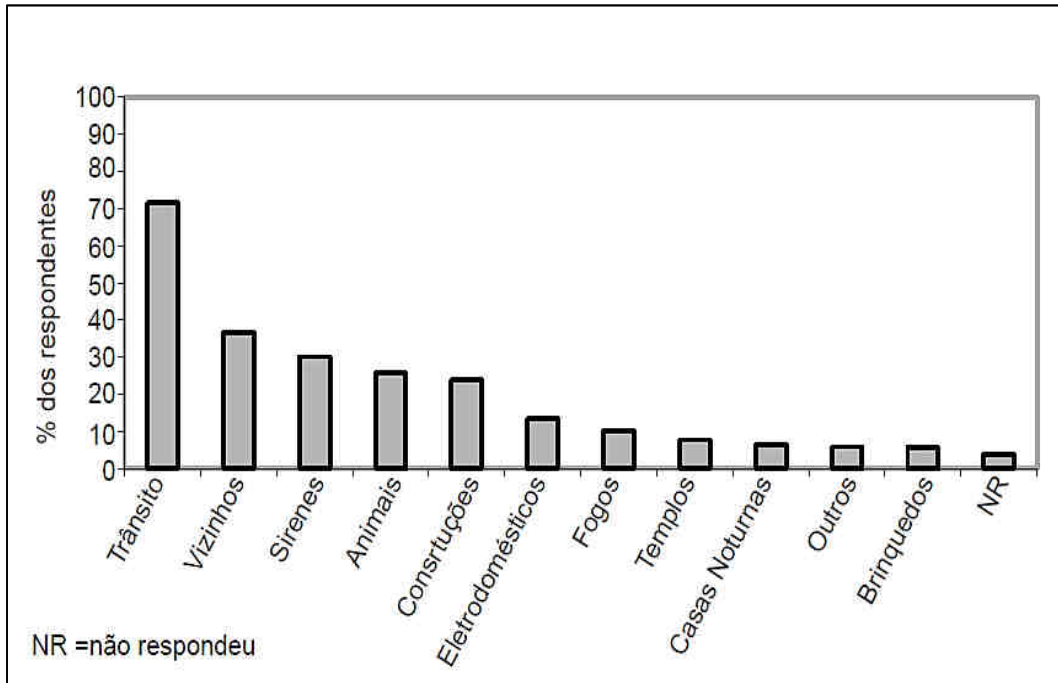
Fonte: BISTAFA, 2011

LACERDA (2005) indica que 28% das pessoas entrevistadas em Curitiba se sentem incomodadas com o ruído urbano e, nos Estados Unidos, a Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency – EPA*) estima em 19,3 milhões de pessoas expostas aos ruídos incômodos acima de 65 dB(A) (NAE, 2010).

ZANNIN et al. (2002) expõem na Figura 8 que as fontes mais comuns de ruído ambiental urbano são os veículos e aviões, a construção civil e a própria vizinhança,

devido a festas, aparelhos ruidosos e animais, sendo que 73% dos entrevistados apontaram o ruído de tráfego como o mais incômodo.

Figura 8 – Quais os ruídos que mais incomodam?



Fonte: ZANNIN et al., 2002, p. 523

Na cidade de Nova York o ruído relacionado aos veículos (alarmes, buzinas, sistema de som, tráfego e motocicletas) aparece entre as dez fontes mais perturbadoras de poluição sonora (NAE, 2010) e, no Brasil, o portal Universo On Line (UOL) realizou uma enquete por meio do seu site na Internet, cuja pergunta era “qual o ruído urbano mais irritante?”. Recebeu a opinião de 38.947 pessoas (UOL, 2013), que apontou:

- Motocicletas com escapamentos modificados: 33,7% dos votos;
- Música em volume alto: 28,2%;
- Britadeira em obra: 10,1%;
- Buzinas e motores de carros: 7,7%;
- Fogos de artifício: 6,2% e
- Outros: 14,1%

1.4 NORMAS, LEIS E AÇÕES PARA CONTROLE DO RUÍDO

1.4.1 NORMAS

O objetivo básico das normas é definir ou padronizar o método ou procedimento, permitindo repetibilidade e confiabilidade nos resultados. Deste modo há normas específicas para medição e controle de ruído e que passam por constante aperfeiçoamento. Destacam-se, entre outras, aquelas estabelecidas pela Organização Internacional para Padronização (ISO).

A norma ISO 362 é utilizada para avaliação e homologação ambiental de veículos automotores quanto ao ruído de passagem (*pass-by noise*), também denominado de “ruído em aceleração”. Há uma série de regulamentações locais ou regionais baseadas na ISO 362:1998 (edição de 1998), como a norma brasileira atual, a ABNT NBR 15145 (ABNT, 2004), a legislação europeia 97/24/CE, que vigorou até 2015 (CE, 1997) e, com algumas alterações, a norma americana SAE J1470, para veículos leves e a F76A US para motocicletas (SIEMENS, 2014).

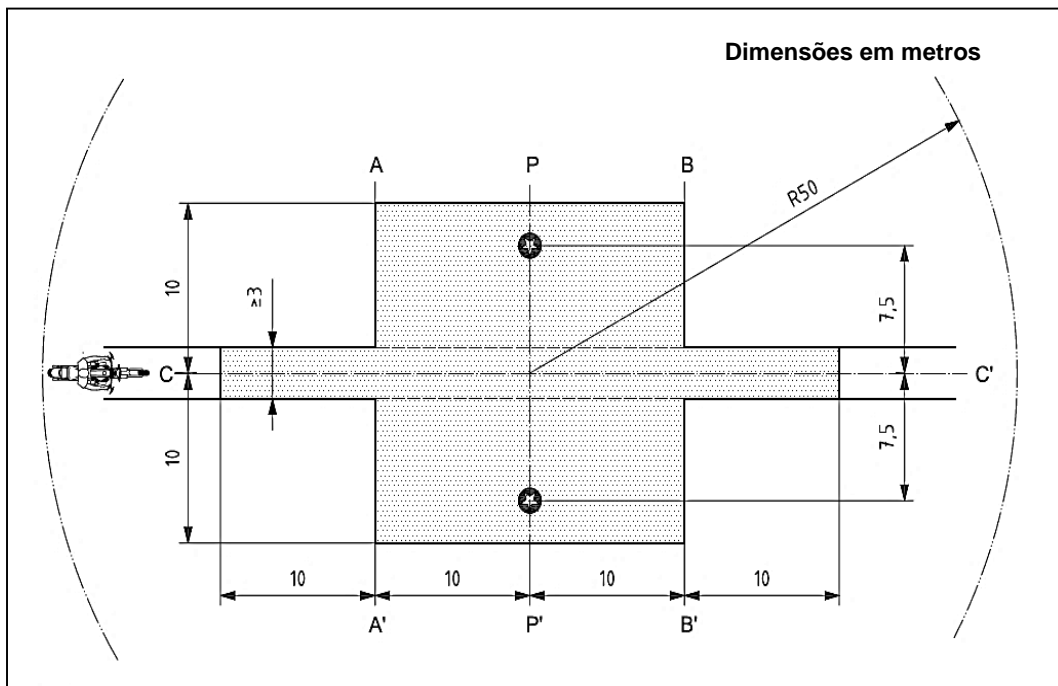
A partir de 2007, esta norma foi separada em Parte I para veículos de quatro ou mais rodas, que recebeu mais uma revisão em 2015 (ISO, 2015) e em Parte II (publicada em 2009) para motocicletas e similares (SIEMENS, 2014). A edição 2007 Parte I, denominada ISO 362-1:2007, foi utilizada pela UNECE como base para a Regulamentação 51 revisão 03 para ruído em aceleração de automóveis, ônibus e caminhões (SIEMENS, 2014; UNECE, 2016) e a edição 2009 Parte II, ou ISO 362-2:2009, para a Regulamentação 41 revisão 02, para ruído em aceleração de motocicletas e similares (UNECE, 2012b; SIEMENS, 2014), que entrou em vigor na Europa a partir de janeiro de 2016 (CE, 2013).

O método consiste em conduzir o veículo através da área de medição, como mostrado nas Figuras 9 e 10. No caso de motocicletas, a versão ISO 362:1998 determina que a aproximação seja feita a 50 km/h e, a partir da linha A-A, acionar o acelerador ao máximo (*Wide Open Throttle – WOT*) até a linha B-B, sendo registrado o nível máximo de ruído emitido ($L_{Amáx}$) (ISO, 1998).

Na edição ISO 362-2:2009, com o objetivo de retratar mais fielmente a realidade do tráfego urbano e dependendo da classificação da motocicleta que leva em conta a relação peso-potência da motocicleta (*Power to Mass Ratio – PMR*), a velocidade na altura do cruzamento da linha dos microfones com a linha central deve ser de 40 ou 50

km/h, com medições em WOT e em velocidade constante e o nível de ruído resultante é uma ponderação dos valores em aceleração e em velocidade constante em função do PMR (ISO, 2009).

Figura 9 – Desenho esquemático da pista – ruído de passagem



Fonte: ISO, 2009

Figura 10 – Ensaio de ruído de passagem

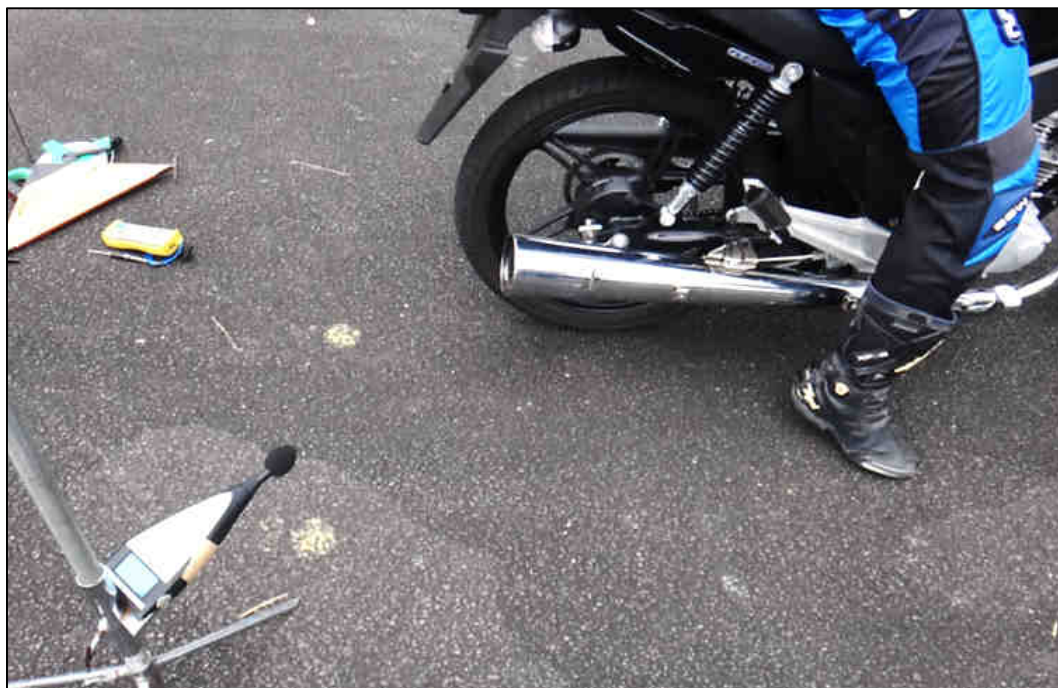


Fonte: arquivo pessoal

Para a medição de ruído de veículos automotores na condição estacionária, também denominado como “ruído parado”, é utilizada a norma ISO 5130 (ISO, 2006). Esse método foi desenvolvido para que fosse possível fazer controle de campo de modo rápido e preciso, sendo necessários poucos equipamentos e com alto grau de confiabilidade. Consiste em acelerar o veículo parado e com o câmbio desengatado em determinada rotação, para motocicletas usualmente a metade da rotação de potência máxima e para automóveis e veículos pesados a três quartos da rotação de potência máxima, então se inicia a medição do ruído e faz-se o motor retornar a rotação de marcha lenta, com o Medidor de Nível Sonoro (MNS) posicionado como ilustrado na Figura 11, a 0,5 m da saída do escapamento e a 45° do fluxo de gases, registrando o maior nível de ruído ($L_{Amáx}$) (ISO, 2006).

A ISO 5130 é a base da norma brasileira ABNT NBR 9714 (ABNT, 2000a) e da Regulamentação 41 da UNECE quanto a ruído parado (UNECE, 2012b). Nos Estados Unidos há uma norma similar, a SAE J2825, com a principal diferença de que o teste é feito a uma rotação fixa, 5000 RPM para motores de três e quatro cilindros e 2000 RPM para os demais tipos (MIC, 2012).

Figura 11 – Ensaio de ruído parado



Fonte: arquivo pessoal

Para medição de ruído ambiental aplica-se no Brasil a norma ABNT NBR 10151, que determina, para medições externas, que o medidor de nível sonoro deve ser posicionado a 1,2 m do solo e ao menos 2 m de superfícies refletoras, como paredes ou muros, e que a medição deve ser feita em nível de ruído equivalente (L_{Aeq}) (ABNT, 2000b). A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) utiliza uma norma própria, a L11032, similar a ABNT NBR 10151, mas com a principal diferença que se é permitido fazer a medição de modo não contínuo na escala de pressão sonora L_p em intervalos de 10 segundos, de ao menos 30 amostras (CETESB, 1992).

1.4.2 LEGISLAÇÃO

Definir como o ruído é avaliado não é o suficiente, é necessário que se defina o quanto é aceitável ou não, através de legislação específica. Destaca-se o trabalho da UNECE, através do Fórum Mundial para Harmonização de Regulamentações Veiculares WP.29, em desenvolver regulamentações que possam ser aplicadas mundialmente na área veicular, não só em ruído, mas também sobre emissão de gases, pneus, iluminação, freios e segurança ativa e passiva (UNECE, 2015b). Assim, como mostra a Figura 12, os 56 países membros adotam os procedimentos e limites de ruído veicular da Regulamentação nº. 51, para automóveis, caminhões e ônibus, e a Regulamentação nº. 41 para motocicletas, ciclomotores e similares, sendo que esta entrará em vigor na Europa a partir de 2016 e que também foi adotada por outros países como Japão, Austrália, África do Sul e Nova Zelândia. Outros, como Brasil, Índia e China, aplicam parcialmente estas regulamentações (SIEMENS, 2014).

atender aos mesmos limites do escapamento original. Essa resolução teve os limites revistos e reduzidos pela Resolução 272/2000, que se mantém até a presente data.

A Resolução CONAMA 02/1993 (IBAMA, 2011, p. 84) é similar a Resolução 01/1993 e estabelece limites de ruído em aceleração para homologação de motocicletas, ciclomotores e similares. Esses limites, segundo a cilindrada do veículo, foram aplicados em duas fases: a primeira com início em 1994 e a segunda a partir de 2001 e atualmente ainda em vigor cujos valores máximos permitidos estão mostrados no Quadro 2. Assim como a Resolução 01/1993, determina a norma ABNT NBR 8433 (substituída pela ABNT NBR 15145) para avaliar o ruído em aceleração e a ABNT NBR 9714 para o ruído parado, com o valor para controle de veículos em uso como o ruído parado mais 3 dB(A) e que os escapamentos de reposição devam atender aos mesmos limites do escapamento original.

Quadro 2 – Limites máximos de ruído para motocicletas – dB(A)

Ruído em aceleração, conforme Norma ABNT NBR 8433 / 15145		
Categoria	1ª fase: até dez./2000	2ª fase: a partir de jan./2001
Até 80 cm ³	77	75
81 a 125 cm ³	80	77
126 a 175 cm ³	81	77
176 a 350 cm ³	82	80
Acima de 350 cm ³	83	80
Ruído parado, conforme Norma ABNT NBR 9714		
Todas	Valor medido + 3 dB(A)	

Fonte: IBAMA, 2011, adaptado

Tratando especificamente de inspeção veicular, há a Resolução CONAMA 418/2009 (IBAMA, 2011, p. 279) que, entre outros pontos, determina que os limites de ruído para Inspeção Veicular sigam os valores de homologação para ruído parado e revoga a Resolução CONAMA 252/1999 que estabelecia um limite genérico de 99 dB(A) para motocicletas.

A Instrução Normativa IBAMA 06/2010 (IBAMA, 2011, p. 489) complementa a Resolução CONAMA 418/2009, detalhando procedimentos para avaliação de emissões de gases e ruídos de veículos leves, pesados e motocicletas. Faz uma adaptação da

norma ABNT NBR 9714, com vistas a ser utilizada em ambientes com alto nível de ruído de fundo. O Quadro 3 traz uma comparação entre as principais diferenças entre o procedimento da Instrução Normativa 06/2010 e a norma ABNT NBR 9714.

Quadro 3 – Diferenças entre ABNT NBR 9714 e Instrução Normativa 06/2010

ABNT NBR 9714	Instrução Normativa 06/2010
3 m livre ao redor do veículo	1 m livre
3 medições	5 medições
Diferença entre medição e ruído de fundo > 10 dB(A)	Aceitável diferença entre medição e ruído de fundo entre 3 a 10 dB(A), com compensação da interferência
Cálculo pela média	Cálculo pela mediana
Não especifica tolerância para a rotação do teste	Tolerância de +/- 200 RPM na rotação do teste
Vento < 5 m/s	Sem limite, não pode haver rajadas

Fontes: ABNT, 2000a e IBAMA, 2011, adaptado

Diversos países adotam a certificação de sistemas de escape não originais, como a Comunidade Europeia, que estabelece na legislação 97/24/CE (CE, 1997) que esses silenciosos devam ser homologados e não podem exceder os valores medidos de uma motocicleta equipada com silencioso original.

No Brasil o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) publicou a Portaria 123/2014 (INMETRO, 2014) que determina a certificação compulsória de componentes de reposição para motocicletas. O anexo 4º trata especificamente de sistemas de escapamento para veículos abaixo de 450 cm³ e estabelece que, a partir de 24 meses para os fabricantes e de 36 meses para o comércio da publicação desta portaria, só poderão ser comercializados produtos em conformidade com esta portaria, que implica no atendimento aos limites de ruído parado da Resolução CONAMA 02/1993.

Os limites permitidos foram reduzidos ao longo do tempo, mas não foi obtido o resultado desejado em termos ambientais devido ao aumento geral da frota, ao modo de dirigir com maior velocidade e de haver veículos mal conservados e com escapamentos adulterados (SANDBERG, 2001; MOHAMMAD et al., 2012).

SANDBERG (2001) apresenta o histórico da evolução do ruído urbano de 1970 a 2000, período onde as principais metodologias foram desenvolvidas e aplicadas, em especial nos Estados Unidos e Europa e indica que, apesar da redução dos limites legais, houve estabilidade ou aumento no ruído urbano:

- Alemanha, entre 1975 e 1992, aumento de 2,5 dB(A) nas estradas,
- Ghangzhou, China, entre 1989 e 1994, aumento de 4 dB(A), com grande aumento da frota,
- Atenas, entre 1977 e 1987, aumento de 3 dB(A),
- Gandia, Espanha, entre 1983 e 1996, aumento de 2,1 dB(A),
- Estados Unidos e Europa, entre 1937 e 1978, estabilidade no nível de ruído, mas com incremento da frota e da velocidade média dos veículos,
- Brisbane, Austrália, entre 1974 e 1986, estabilidade no nível de ruído.

1.4.3 AÇÕES MITIGATÓRIAS

Para se combater a poluição acústica nos centros urbanos é necessário que sejam tomadas ações em diversas áreas. O primeiro passo, havendo o mapa de ruído, é desenvolver um trabalho de engenharia de tráfego e planejamento, desviando os maiores fluxos das regiões críticas, mas ainda assim o resultado é limitado.

Um recurso muito utilizado no Japão, Estados Unidos e Europa, na sequência do trabalho de engenharia e planejamento, é a implantação de barreiras acústicas, como vista na Figura 13. Trata-se de um obstáculo a propagação sonora composto de vegetação e relevos de terreno ou fabricado de concreto, metal, vidro ou materiais compostos e fonoabsorventes, colocada entre as vias e a população, com a função de refletir e absorver a energia sonora, de modo a reduzir o nível sonoro na área dos receptores (UNECE, 2012a; DA COSTA, 2013; CREMONESI, 2015), sendo comum obter resultados entre 3 a 6 dB(A) de atenuação (BOER; SCHROTEN, 2007).

Figura 13 – Barreira acústica

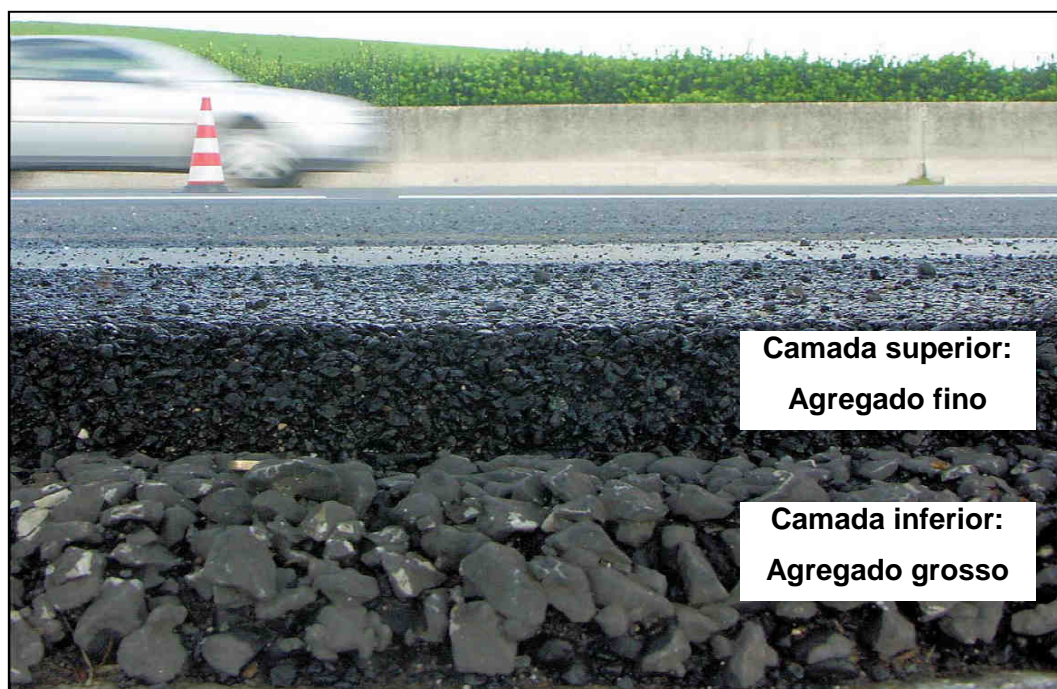


Fonte: CREMONESI, 2015

A maior desvantagem das barreiras acústicas é a dificuldade de serem aplicadas dentro do ambiente urbano, pois dificultam o trânsito de pedestres, mas são úteis em rodovias e vias expressas. Outro problema é o custo, que conforme BOER e SCHROTEN (2007) pode chegar a €2,4 milhões para uma barreira de um quilômetro de extensão e quatro metros de altura de ambos os lados de uma estrada.

Outro recurso que gradualmente está sendo aplicado na Europa e Estados Unidos é o revestimento das ruas com asfalto que absorva o ruído. Atualmente cerca de 15% das vias europeias contam com esse tipo de pavimento (UNECE, 2015a). Os tipos mais comuns são o de alta porosidade, o de múltiplas camadas finas e o denominado “dupla camada”, composto de uma base de alta porosidade e granulometria grosseira e de uma camada superior com granulometria mais fina, como pode ser visto na Figura 14, algumas vezes composto com aditivos como borracha reciclada que colaboram ainda mais com a redução de ruído (HANSON et al., 2004; CALLAI, 2011; UNECE, 2012a; UNECE, 2015a; PAUL, 2015).

Figura 14 – Asfalto de dupla camada



Fonte: PAUL, 2015, adaptado

Os resultados podem chegar a uma redução de 3 a 6 dB(A) se comparado ao pavimento comum (HANSON et al., 2004; NAE, 2010; UNECE, 2015b), porém é de se considerar o custo envolvido, cerca de €30/m² contra €17/m² do asfalto comum (UNECE, 2015a), além de que é necessário recapear todas as principais vias da cidade para obter um resultado expressivo, o que se torna inviável economicamente a curto prazo.

No entanto, considerando que, para automóveis transitando a velocidade constante, o ruído de rolagem do pneu sobre o asfalto é a principal fonte sonora, que o revestimento tem uma vida útil de dez a quinze anos e que deve ser substituído ou reparado periodicamente (UNECE, 2015a), então o asfalto silencioso passa a ser uma alternativa interessante a médio-longo prazo. Também tem a vantagem sobre a barreira sonora de que pode ser aplicado nas regiões centrais das cidades e priorizado os locais críticos.

Outra ação para reduzir o ruído de tráfego é utilizar pneus com menor ruído de rolagem, principalmente para automóveis. A Europa adota limites de ruído de rolamento desde 2001, definidos pela Diretiva Europeia 2001/43 (ETRMA, 2011) e no Brasil há a Portaria INMETRO 544/2012 (INMETRO, 2012) que trata do mesmo assunto.

Essas ações mitigatórias apresentadas são passivas e afetam a todos os veículos sem distinção, porém há uma ação ativa, para o controle do ruído urbano: a inspeção veicular. Como dito anteriormente, somente a redução dos limites legais não trouxe o progresso esperado em termos ambientais, assim é fundamental coibir a presença de veículos em más condições ou que tenham sido modificados e que emitam mais ruído que o permitido pela lei, através do trabalho de fiscalização e inspeção periódica de veículos em uso, procedimento já consolidado em muitos países.

SANDBERG (2001) e ABBOTT et al. (2009) trazem cada qual uma série de exemplos do que se é realizado mundialmente, como na Austrália, em que se faz a etiquetagem dos silenciosos novos e de reposição com valores de controle, além da inspeção anual. A homologação é feita conforme Regulamentação 51 da UNECE (ruído em aceleração) e norma ISO 5130 (ruído parado) e adota um sistema de denúncia de veículos ruidosos.

Na Suécia, o controle de rua é similar à Austrália, mas somente para motocicletas. Na Nova Zelândia há o uso da “etiqueta verde” para identificar veículos suspeitos de ruído excessivo, onde o agente fiscalizador cola no veículo suspeito de emissão excessiva um adesivo que indica que esse veículo não deve rodar no trânsito até passar por inspeção de conformidade. Há multa para veículos “muito ruidosos” (mas não define o quanto é “ruidoso”) e inspeção periódica baseada em procedimento similar a norma ISO 362 (ruído em aceleração) e norma ISO 5130 (ruído parado), com limite de 100 dB(A) para motocicletas.

No Japão é realizada a inspeção periódica, com teste similar a norma ISO 5130 com limite de 84 a 94 dB(A) para motocicletas, dependendo da cilindrada, e na Noruega é verificado ruído conforme a norma ISO 5130 apenas quando há suspeita de anormalidades, porém as motocicletas não são submetidas a inspeção veicular.

Na Alemanha o nível de ruído de controle consta no documento do veículo, há fiscalização de rua e inspeção periódica e nos Estados Unidos da América (EUA) é realizado controle de ruído em estradas, limitado a 88 dB(A) para velocidades abaixo de 56 km/h (35 mph) e 92 dB(A) acima de 56 km/h. Exige selo de conformidade no sistema de escape, mas não controla nível de ruído nas inspeções veiculares.

Há uma proposta do INCE (LANG; WOOD, 2013) para estabelecer controle de ruído de motocicletas em uso, através de etiquetagem dos silenciosos originais e de

reposição e da medição de ruído parado conforme a norma americana SAE J2825, com limite recomendado de 96 a 100 dB(A), com objetivo de coibir apenas escapamentos totalmente abertos, sem silenciosos.

1.5 A MOTOCICLETA COMO FONTE DE POLUIÇÃO SONORA

1.5.1 O POTENCIAL IRRITANTE DA MOTOCICLETA

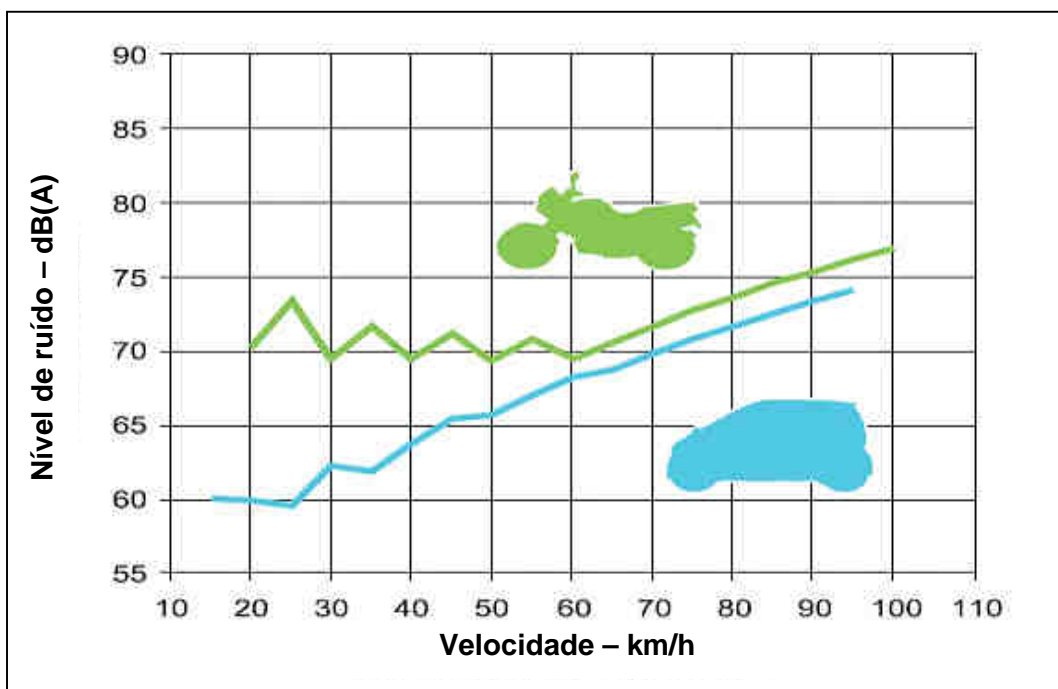
A motocicleta é citada com frequência como uma das fontes de ruído urbano mais irritante (UNECE, 2005; PAVIOTTI; VOGIATZIS, 2012; UOL, 2013; ACEM, 2014), além de ser vista como veículo altamente poluidor devido as elevadas emissões de gases (MMA, 2014).

As razões efetivas porque o ruído da motocicleta é irritante são subjetivas, PAVIOTTI e VOGIATZIS (2012) apontam que, em relação ao ruído médio ambiental, L_{eq} , as motocicletas são equivalentes aos automóveis, até com valores ligeiramente menores: 73,3 dB(A) para autos e 69,7 dB(A) para motos. Uma explicação possível é que geram mais ruído em termos de nível máximo, $L_{máx}$, pois foi encontrado, em média, valores 6,7 dB(A) maiores, 82,7 dB(A) das motocicletas contra 76,0 dB(A) dos automóveis.

Como indicado nas Figuras 15 e 16, a motocicleta em condução normal emite mais ruído que automóveis e que caminhões leves em velocidades abaixo de 50 km/h (ACEM, 2014). Vale destacar que, de acordo com o levantamento realizado pelo grupo que elaborou a revisão de 2015 da norma ISO 362 (ISO, 2015), a velocidade média de vias arteriais de grandes cidades é por volta de 45 a 55 km/h, portanto as motocicletas circulam nas vias urbanas em velocidades onde justamente são mais ruidosas que os demais veículos.

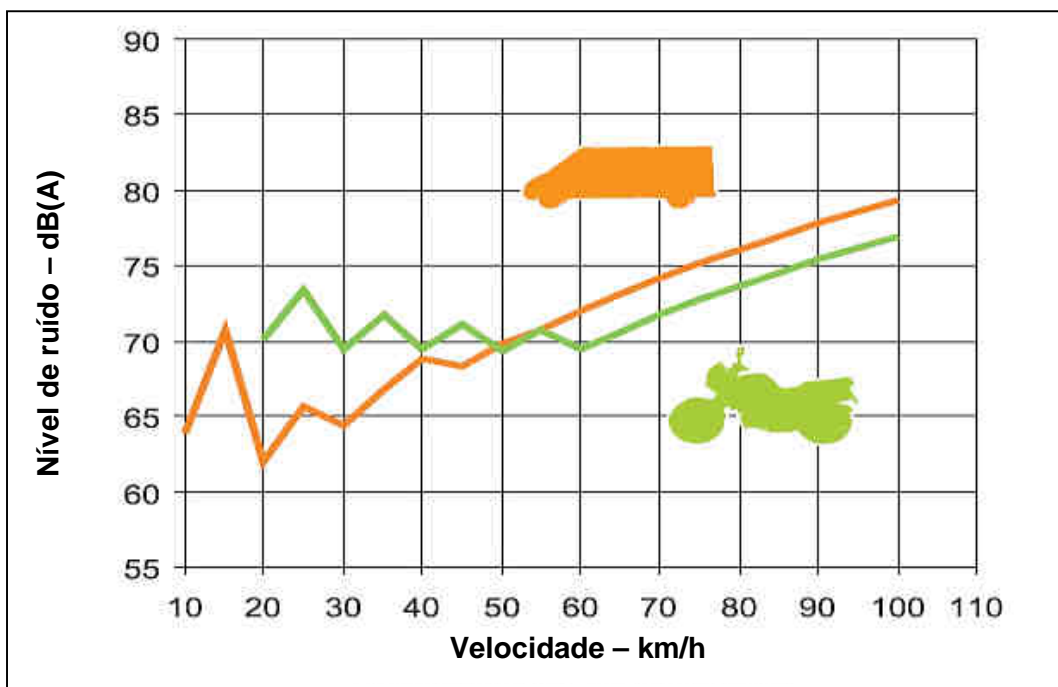
Um aspecto importante a se considerar na percepção do veículo é o comportamento do condutor, pois a motocicleta conduzida de modo agressivo emite muito mais ruído e é ainda mais irritante para a população (ACEM, 2014).

Figura 15 – Comparação do ruído de motocicleta com de automóvel



Fonte: ACEM, 2014

Figura 16 – Comparação do ruído de motocicleta com de caminhão leve



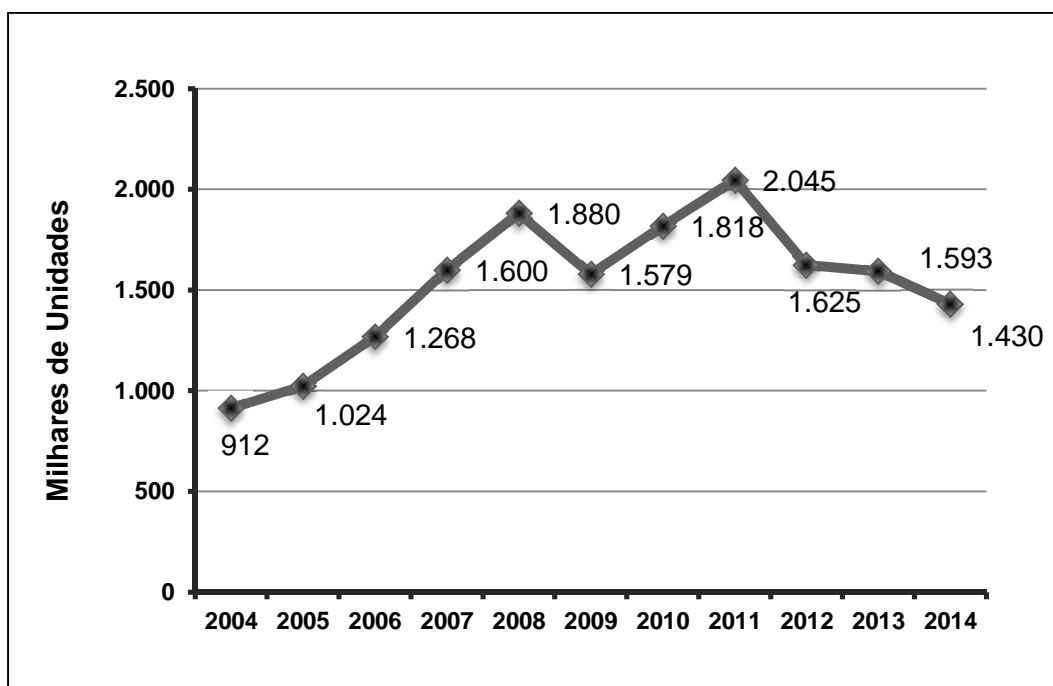
Fonte: ACEM, 2014

Juntamente com o nível de ruído, na avaliação do incômodo gerado, há o parâmetro da psicoacústica denominado “*Roughness*”, sem tradução exata no português, mas geralmente definido como “Aspereza”. A aspereza do som das motocicletas é elevada, devido a dois fatores: primeiro porque as principais fontes de ruído são o motor e o escapamento, que têm espectro sonoro de grande amplitude de frequências e alta variabilidade e, segundo, porque, para um motor monocilíndrico de quatro tempos de baixa cilindrada (o tipo mais comum de motorização), a faixa de trabalho é por volta de 5000 a 8000 RPM, que resulta em sons de alta frequência, que são mais irritantes para o ser humano (PAVIOTTI; VOGIATZIS, 2012).

1.5.2 CRESCIMENTO E COMPOSIÇÃO DA FROTA

No Brasil, até os anos 1980, a motocicleta era vista apenas como veículo de lazer. Nos anos 1990 o mercado motociclístico enfrentou uma forte crise, com a presença de apenas dois fabricantes locais e vendas de apenas 53.450 unidades em 1992, mas no final dos anos 1990 e início dos anos 2000 esta tendência de crise se inverteu e houve grande crescimento, atingindo a produção de um milhão de unidades em 2005 (ABRACICLO, 2013), com seu ponto máximo em 2011, quando foram vendidas 1,9 milhões de motocicletas, após o qual houve certo declínio, fechando 2014 com a venda de pouco mais de 1,4 milhões de unidades (ABRACICLO, 2015), como visto na Figura 17.

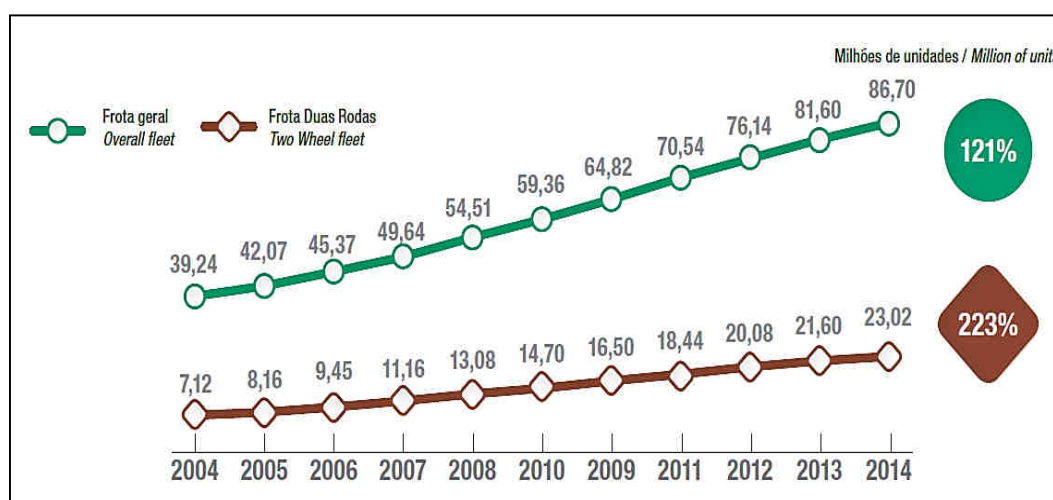
Figura 17 - Vendas de motocicletas por atacado - 2004 a 2014



Fonte: ABRACICLO, 2015, adaptado

Conforme a ABRACICLO expõe na Figura 18, esse crescimento se deu de forma intensa até 2012 e de modo mais regular em 2013-2014. Considerando os veículos que constam no Registro Nacional de Veículos Automotores (RENAVAM) de 2004 a 2014 a frota cresceu 223%, muito acima do aumento da população, de 12%, e mais do que a frota geral de veículos, de 121% (ABRACICLO, 2015).

Figura 18 – Comparação da Frota geral e de Duas rodas no Brasil – 2004 a 2014



Fonte: ABRACICLO, 2015

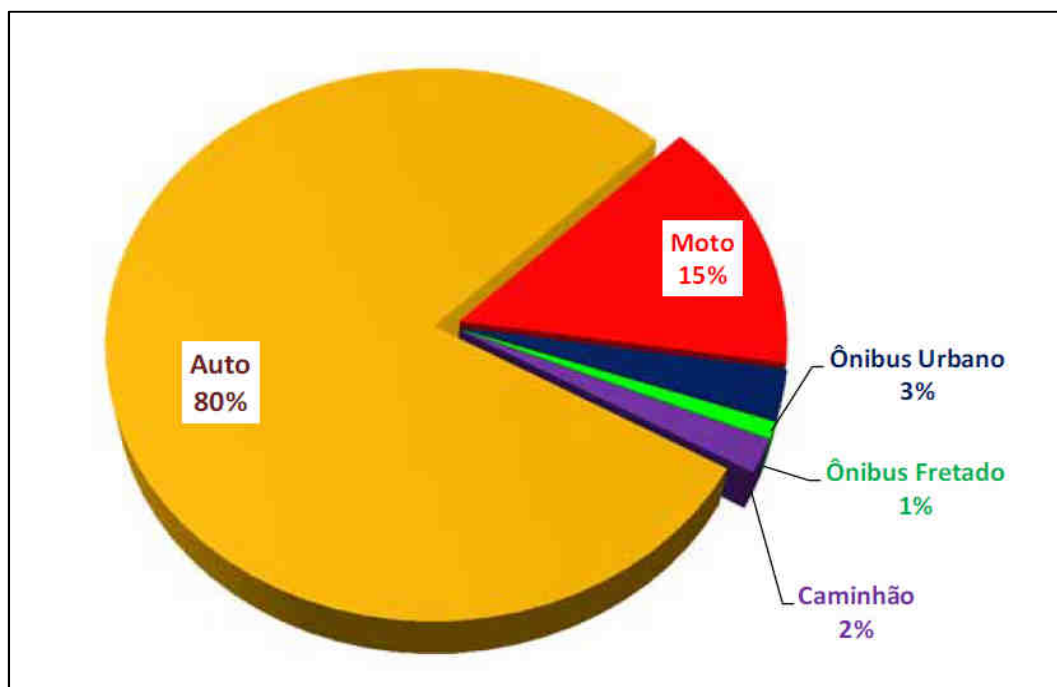
Diversos fatores colaboraram com o crescimento da frota de motocicletas: a estabilidade econômica a partir dos anos 2000, facilitando a aquisição do veículo por classes mais humildes, o aumento nos deslocamentos individuais impactando nos congestionamentos nas metrópoles, junto com a precariedade do transporte público, que fez com que a motocicleta fosse uma opção rápida e econômica de deslocamento urbano, além do surgimento de novas categorias profissionais, como os mototaxistas e os motofretistas, ou como são popularmente conhecidos, os “motoboys”, para entrega de pequenos bens e documentos (VASCONCELLOS, 2008; ABRACICLO, 2013; METRÔ, 2013; IMMA, 2014).

A proporção de motocicletas na composição da frota geral brasileira em 2012-2014 se manteve aproximadamente constante, por volta de 26 a 28% dos veículos registrados, com taxa de rodagem de cerca de 10.000 km/ano (MMA, 2013; ABRACICLO, 2015). Essa é uma proporção intermediária em relação a outros países, nos Estados Unidos são apenas 3,3% da frota geral, no Canadá e Austrália são menos de 5%, na Europa 11,5%, na Índia 71,8% e na Indonésia são 80,4% dos veículos em circulação (IMMA, 2014) e em Taiwan compõem 68% de todos os veículos registrados (CHANG et al., 2012).

Na cidade de São Paulo elas correspondem a 15% do tráfego das vias artérias, conforme a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET) detalha na Figura 19, sendo que essa proporção se manteve de 2008 a 2013 com variação de um por cento para mais ou para menos (CET, 2014), similar à indicada por BRUNI e BALES (2013), de 18,6% da frota geral do estado e 11,3% da frota circulante da capital.

BRUNI e BALES (2013) ainda apontam para as motocicletas da cidade de São Paulo uma taxa de rodagem de cerca de 13.000 km/ano (p. 54), equivalente a 87% da quilometragem de automóveis, por volta de 15.000 km/ano (p. 28).

Figura 19 – Composição do tráfego da cidade de São Paulo – 2013



Fonte: CET, 2014

Ao analisar a composição da produção por país ou região por cilindrada (deslocamento volumétrico ou tamanho do motor), como detalhado no Quadro 4, vê-se que há grande variação: nos Estados Unidos prevalecem as motocicletas de grande cilindrada, na Europa a divisão é relativamente equilibrada e na Ásia a maioria é de baixa cilindrada. A proporção no Brasil é semelhante à asiática, com maior participação no mercado nacional de modelos de baixa cilindrada e, por consequência, de baixo custo, o que confirma sua utilização principal como opção para o transporte público ou de ferramenta para geração alternativa de renda (IMMA, 2014; ABRACICLO, 2015).

Quadro 4 – Composição da produção por cilindrada

País/região	Cilindrada (cm ³)		
	até 250	250 a 500	Maior que 500
Estados Unidos	6%	2%	92%
Europa	48%	15%	37%
Ásia	96%	1%	3%
Brasil	95,9% (até 300 cm ³)	0,3% (de 300 a 450 cm ³)	3,8% (> 450 cm ³)

Fontes: IMMA, 2014 (internacional) e ABRACICLO, 2015 (Brasil)

1.5.3 PERFIL SOCIOECONÔMICO DO MOTOCICLISTA

Há grande diferença entre o perfil de uma pessoa que faz uso da motocicleta como bem utilitário e de outra que tem uma motocicleta de alto valor para momentos ocasionais de lazer semanal, porém a ABRACICLO (2013, 2015) faz a caracterização do usuário de forma genérica, ou seja, sem considerar o tipo do veículo, classe social ou região do país. Ainda assim, permite ter uma visão geral da realidade brasileira: o perfil do usuário típico é do jovem, 54% têm até 35 anos de idade; de escolaridade mediana, 88% estudaram apenas até o nível médio; predominantemente masculino, onde 78% são homens, sendo que a proporção entre condutores masculinos e femininos pouco se alterou desde 2006 e a maioria, 59%, utiliza a motocicleta para locomoção, 33% para lazer e 8% para trabalho.

SEERIG (2012) indica que esse perfil (homem, jovem) é refletido no modo de condução agressivo, para tentar demonstrar audácia e coragem. É importante destacar que a pilotagem agressiva, onde o motociclista busca maiores acelerações e utiliza o motor em rotações mais altas, próximas a faixa de potência máxima, pode gerar até 15 dB(A) a mais de ruído que uma pilotagem “normal” (ACEM, 2014) e, como resultado, é o crescente número de acidentes, com vítimas em 61 a 82% dos casos, contra 7% em usuários de automóveis, com probabilidade de morte sete vezes maior.

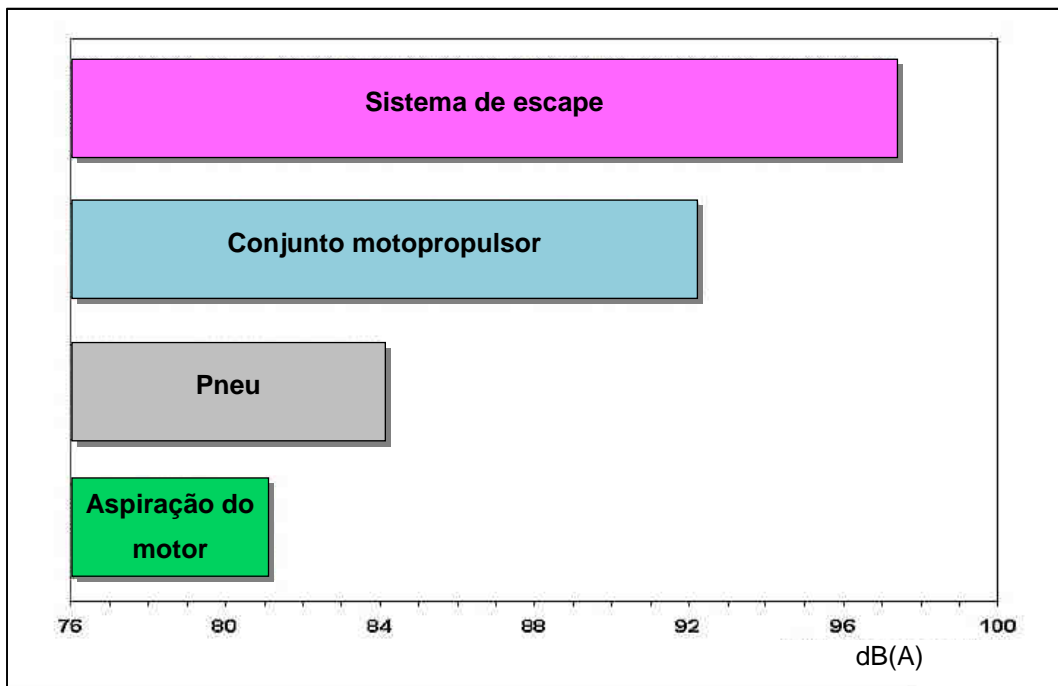
Essa percepção de risco é refletida pelo motociclista, quando 75,9% afirmaram ser alto ou muito alto o risco de sofrer acidente de trânsito, mesmo que na amostra estudada 82,2% utilizam a motocicleta por apenas uma hora por dia (SEERIG, 2012).

1.5.4 FONTES DE GERAÇÃO DE RUÍDO NA MOTOCICLETA

Os veículos automotores têm como principais fontes de ruído o próprio conjunto motriz, composto do motor, câmbio e sistemas de aspiração e escapamento dos gases de combustão, bem como os pneus. O quanto cada componente colabora com o nível sonoro total depende de uma série de fatores: do tipo do veículo em si, como por exemplo, utilitário, de luxo, esportivo, etc., além de depender também do quanto se está acelerando, a velocidade em que se encontra, o quanto de carga transporta, bem como o tipo e estado da pista. Nos automóveis, o som predominante em baixas velocidades é o dos pneus, principalmente em velocidades constantes e do sistema de escape. A Figura

20 indica a importância dos diversos conjuntos do automóvel em aceleração na geração de ruído (MACHADO, 2003), sendo que os sistemas de escape e de admissão são os de maior influência, já em altas velocidades prevalecem os ruídos aerodinâmicos (PAUL, 2015).

Figura 20 – Ruído emitido por automóvel em ensaio de aceleração

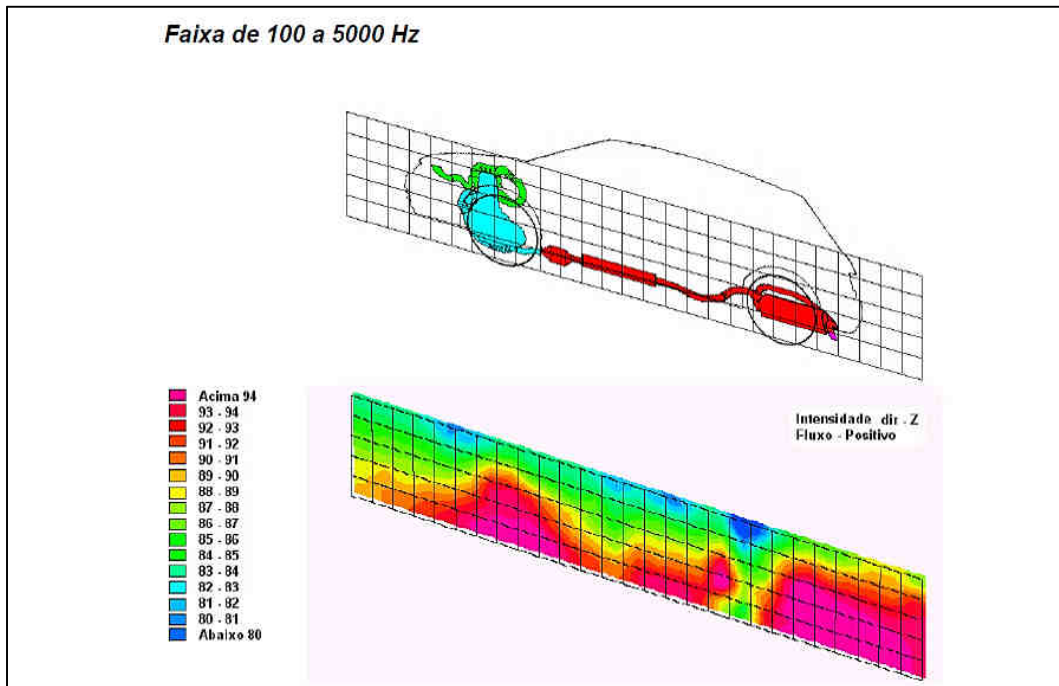


Fonte: MACHADO, 2003

Conforme mostrado por MACHADO (2003), para identificar individualmente a origem do ruído há o método chamado de “enclausuramento”, onde as várias fontes sonoras recebem revestimento acústico extra ou abafadores e apenas uma fica sem isolamento, assim pode ser medida em separado das demais, repetindo-se o procedimento com todas as fontes até se ter a avaliação completa do veículo.

É um método trabalhoso e lento, que foi superado pelo surgimento da “holografia sonora”, como exemplificado na Figura 21. Este sistema informatizado cruza, ao mesmo tempo, a medição do som recebido por um conjunto de microfones com a imagem do veículo obtida por uma câmera, que resulta em uma representação gráfica do nível sonoro através de cores.

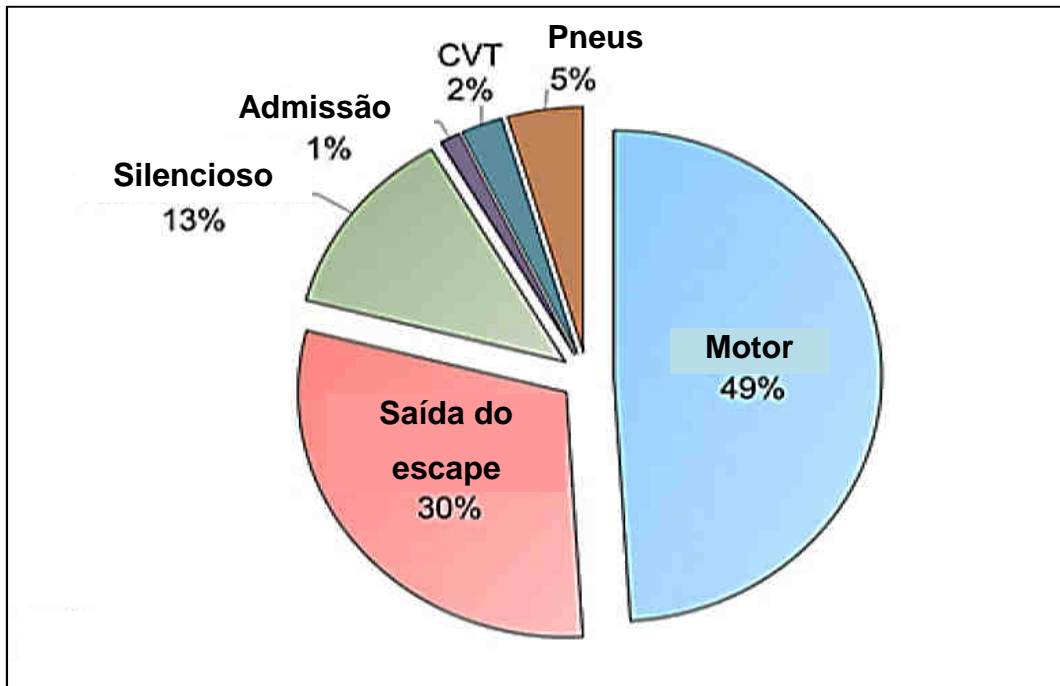
Figura 21 – Holografia de fontes sonoras de um automóvel



Fonte: MACHADO, 2003

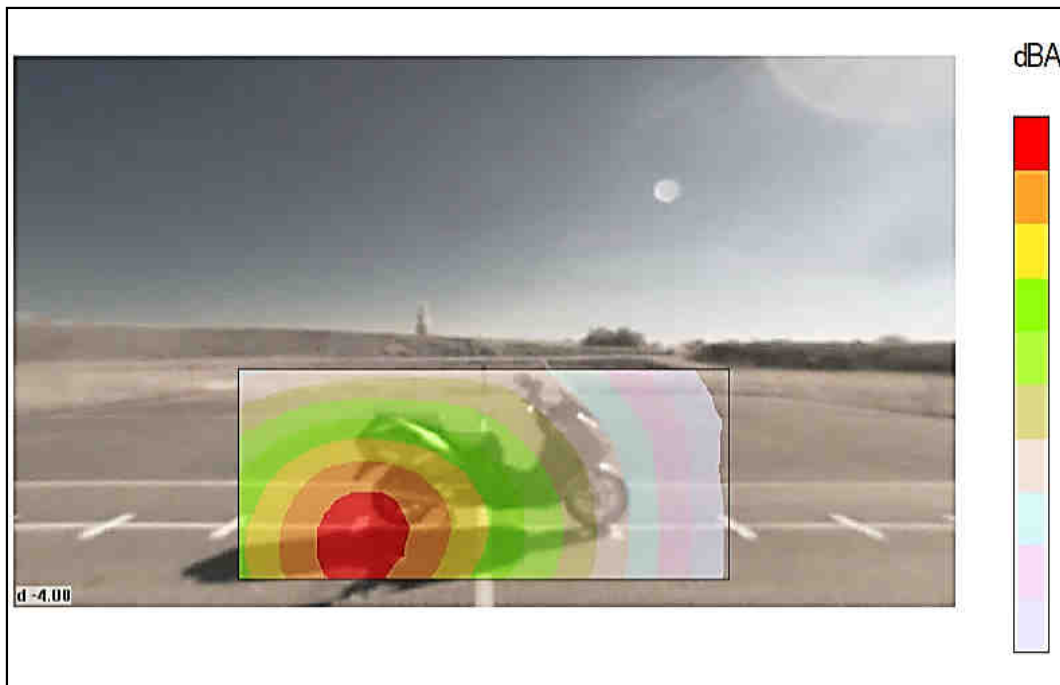
As motocicletas têm características sonoras próximas à dos automóveis, mas o conjunto motriz e o escapamento têm maior peso geral, pois não contam com a carroceria nem o isolamento acústico sobre o motor e na parte inferior para abafar o ruído. A Figura 22 mostra o trabalho de LU e JEN (2014) em quantificar a participação dos sistemas de uma motocicleta rodando a 73 km/h, apenas com a ressalva que o veículo avaliado tinha câmbio automático de variação contínua (*Continuously Variable Transmission – CVT*) com transmissão por correia de borracha, menos comum de ser encontrado e mais silencioso que o tradicional câmbio de engrenagens e transmissão por corrente. De igual modo, a holografia sonora de uma scooter, conforme visto na Figura 23, apresentada por THIVANT et al. (2014), deixa claro a importância do motor e do sistema de escape no ruído da motocicleta.

Figura 22 - Contribuição no ruído geral de motocicleta, com motor a 5.000 rpm



Fonte: LU; JEN, 2014

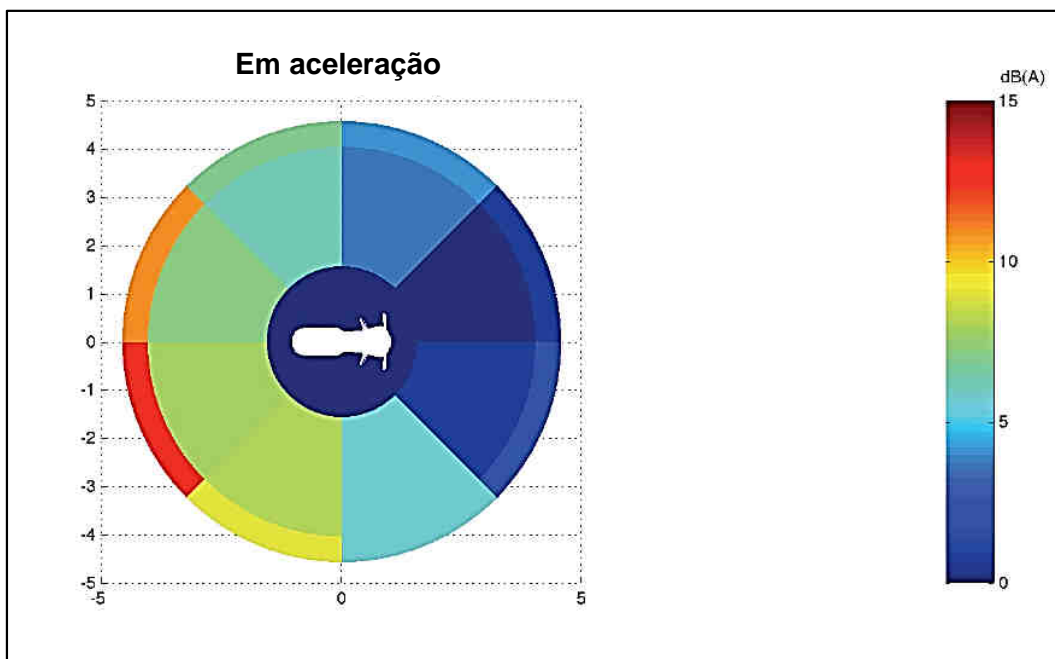
Figura 23 - Holografia Sonora de scooter 125 cm³



Fonte: THIVANT et al. (2014)

Dentro das particularidades sonoras da motocicleta, LELONG et al. (2014) demonstram que o som tem maior projeção para trás e para a direita, devido ao posicionamento do escapamento, tendo sua representação esquemática expressa na Figura 24.

Figura 24 – Projeção sonora típica de motocicleta



Fonte: LELONG et al. (2014)

A importância do escapamento aumenta, enquanto fonte sonora, quando se constata que é item de fácil modificação, muitas vezes preso por apenas três parafusos, cuja troca por um sistema não homologado é rápida e não exige mão de obra especializada. Por sua relevância, será discutido especificamente no item 1.5.6.

1.5.5 CAPACETES AMPLIFICADORES

Para completar a abordagem sobre o potencial de poluição sonora da motocicleta, há um ponto importante, mas pouco considerado na avaliação do ruído gerado pela motocicleta, que é a questão do condutor. É o motociclista quem está mais próximo da fonte sonora que é o seu próprio veículo e quem fica por mais tempo submetido ao ruído gerado por ele mesmo. O uso do capacete, item de segurança de uso

obrigatório pelo Código de Trânsito Brasileiro, piora o ambiente sonoro do usuário. De acordo com DE CONTO (2009, p. 128), o capacete concentra e amplifica o som ambiente, tendo encontrado no lado interno, próximo a orelha do usuário, valores em média 5,8 dB(A) maiores que o lado externo e assim, por consequência, quem modifica sua motocicleta para que produza mais ruído é o primeiro prejudicado pelo seu próprio excesso, e se submeterá a um nível maior ainda do que das pessoas ao redor do veículo. Como ressalva, porém a esta amplificação, DE CONTO (2009, p. 125-126) aponta haver alguma atenuação em altas frequências, as mais prejudiciais ao indivíduo.

1.5.6 ESCAPAMENTOS MODIFICADOS

Quando o motociclista troca o escapamento de sua moto pode ser movido por várias razões, que podem inclusive acontecer simultaneamente: o desejo de um som que o destaque dos demais, um ronco mais agradável (ao menos para ele), obter mais desempenho, entre outras.

A modificação ou adulteração no sistema de escape da motocicleta pode ser feita de duas maneiras: ou pela troca por um sistema não original ou pela alteração no original, através da retirada de componentes internos ou simplesmente furando o silencioso com uma broca. O trabalho de modificar o sistema original é artesanal: o silencioso tem que ser aberto, retira-se parte ou todo o miolo do componente e fecha-se o conjunto com solda elétrica. Modificações mais radicais consistem em simplesmente cortar a parte final do silencioso e deixar a saída dos gases de escapamento totalmente aberta.

Quando se opta pela troca, há uma série de opções disponíveis no mercado de peças de reposição, como mostrados na Figura 25.

Figura 25 – Exemplos de escapamentos não originais



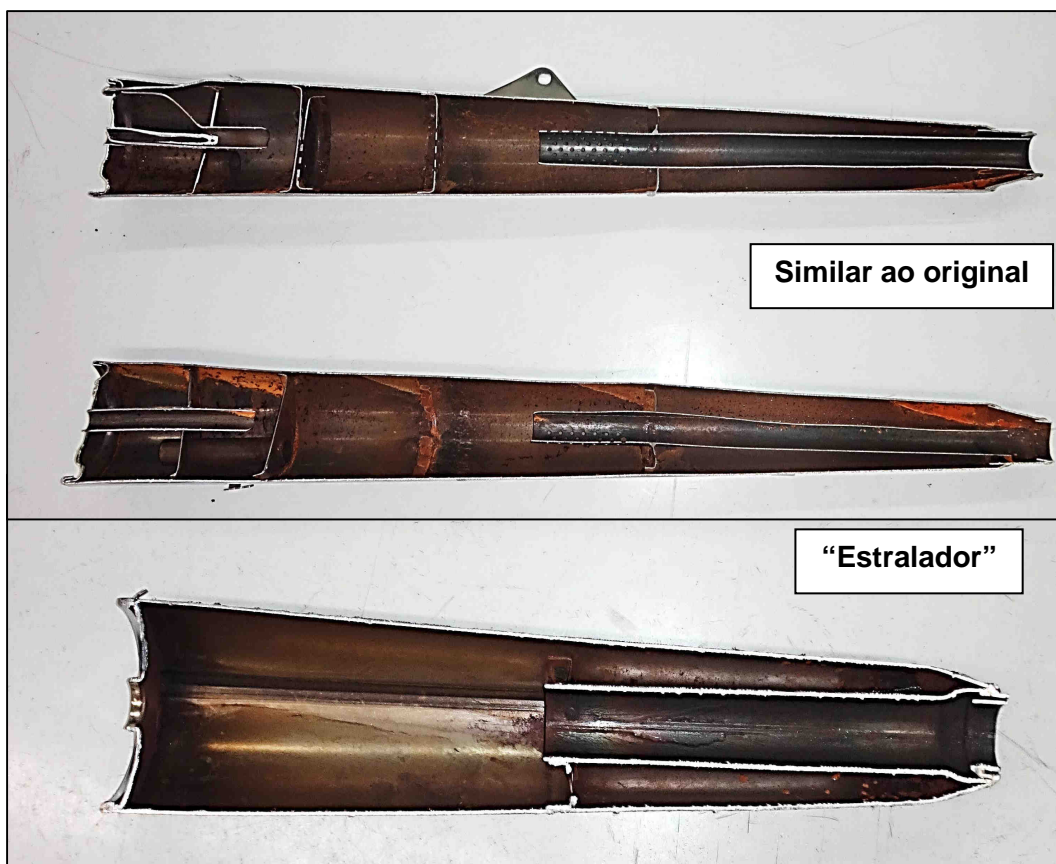
Fonte: PROTORK, 2015

O modelo de escapamento mais difundido para motocicletas de baixa cilindrada é denominado pelos fabricantes de motopeças e usuários de “estralador”, muito parecido externamente com o original, mas com preço de venda bem mais baixo, em cerca de 20% deste. Sua construção interna possui menos elementos para absorver o ruído, como mostrado na Figura 26, em formato tal que o fluxo de gases cria um som com efeito peculiar, de timbre agudo e com estalos, principalmente quando o motor está em rotação média-alta e o condutor volta o acelerador para posição fechada.

Outra opção é o silencioso similar ao original, visto também na Figura 26, que é construído com formato e sistema de absorção sonora semelhantes ao do escapamento utilizado pelo fabricante da motocicleta. De modo semelhante ao “estralador”, o similar é uma opção de baixo custo, cerca de 25% a 30% do preço do original.

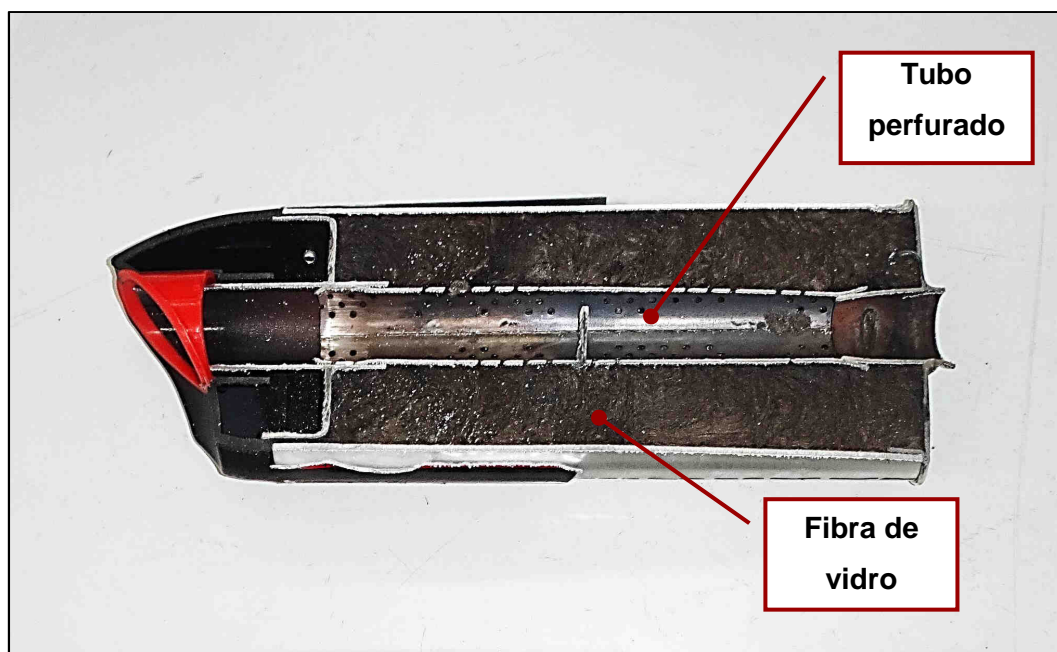
Por fim, outro tipo que pode ser encontrado é o “esportivo”, mais utilizado em motos de média e alta cilindrada e/ou esportivas, que se compõe geralmente de um tubo com a parte final perfurada e envolta em uma câmara com fibra de vidro, como visto na Figura 27, com o objetivo de diminuir a resistência ao fluxo dos gases. Uma variante do escapamento esportivo é o “boca 8”, assim chamado pelo formato da saída da peça. (PROTORK, 2015).

Figura 26 – Configuração interna de escapamentos similar ao original e “estralador”



Fonte: arquivo pessoal

Figura 27 – Configuração interna de escapamento sportivo



Fonte: arquivo pessoal

1.5.7 PSICOACÚSTICA: A SONORIDADE DO ESCAPAMENTO

A psicoacústica estuda a relação entre estímulos sonoros e as sensações auditivas decorrentes desses estímulos. Dessa forma é possível prever sensações auditivas, como a de volume sonoro ou de tonalidade, a partir das características físicas e psicológicas do estímulo sonoro (UFSM, 2015).

PINTO (2011), ao analisar a marca Harley Davidson, tradicional fabricante de motocicletas de alto valor e grande cilindrada, aborda a questão do som típico desses modelos, onde o ronco alto e forte (grave) é um dos atrativos da marca, sendo comum o proprietário alterar o sistema de escape para que produza ainda mais ruído. A motocicleta então se torna a extensão da masculinidade do seu dono e essa sonoridade traz a sensação de potência, virilidade, em uma forma de competição sensorial e como meio de se destacar na multidão, como PINTO (2011, p.168) observa: “a potência do motor e do som que ele emite faz uma referência pouco velada à potência masculina de seu dono”.

Essa associação entre som grave e potência mecânica também aparece no trabalho de LU e JEN (2014), onde estudam meios para que o som de uma motocicleta de média cilindrada tenha aspecto mais atrativo ou esportivo, utilizando os parâmetros da psicoacústica e os resultados apontam para a modificação no escapamento como o principal meio para atingir esse objetivo, em especial quando se configura o sistema para que tenha mais pressão sonora nas baixas frequências.

De modo semelhante, o fabricante de escapamentos PROTORK destaca para seus modelos esportivos em seu catálogo de divulgação como diferencial, entre outros pontos, o ronco “esportivo e grave” (2015, p. 35 a 37), porém quanto ao escapamento “estralador” a sua sonoridade é definida pelo próprio efeito “estralado” (*sic*) (idem, p. 34).

1.5.8 DESEMPENHO

Há diversas maneiras para se obter mais desempenho de um veículo automotor, desde pequenos ajustes até alterações profundas, que envolve troca e modificação de peças, muitas vezes sacrificando a vida útil do motor em troca de mais potência. A troca do sistema de escape é uma modificação simples, de baixo custo, e os materiais de

divulgação (catálogos, sites) dos fabricantes de escapamentos para o mercado de reposição afirmam que os modelos esportivos melhoram o desempenho da motocicleta (PROTORK, 2015; RONCAR, 2015b; SARACHÚ, 2015; TORBAL, 2015). A PROTORK (2015, p. 38) e a RONCAR (2015a; 2015b) informam que são necessários ajustes na alimentação do motor para que seja injetada mais gasolina e o resultado fique “otimizado” (*sic*), com ganhos de 5 a 12% na potência do motor. Somente um fabricante acredita ao escapamento “estralador” melhoria de desempenho, mas para um modelo específico, o “Mini GP” (PROTORK, 2015, p. 34).

É importante destacar que todos os fabricantes pesquisados declaram que os modelos por eles colocados à venda atendem os padrões legais de emissão de ruídos (PROTORK, 2014, 2015; RONCAR, 2015a, 2015b; SARACHÚ, 2014; TORBAL, 2015).

1.5.9 INFLUÊNCIA DO RUÍDO DO ESCAPAMENTO NA AUDIÇÃO

Quando o usuário modifica o sistema de escape para alterar seu padrão sonoro sujeita a sobrecarregar seu próprio sistema auditivo com maiores níveis de pressão sonora, além das pessoas que estão próximos a motocicleta. O Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), na Norma Regulamentadora nº 15 (MTE, 2014) determina, para atividades profissionais, que se constitui atividade insalubre à exposição ao ruído contínuo ou intermitente acima de 85 dB(A) por mais de oito horas, ou aos níveis maiores de pressão sonora por menos tempo, segundo uma devida proporção, como detalhado no Quadro 5.

Quadro 5 – Norma Regulamentadora 15: limites de exposição diária ao ruído

Nível de Ruído dB(A)	Máx. Exposição Permissível		Nível de Ruído dB(A)	Máx. Exposição Permissível
85	8 h		92	3 h
86	7 h		93	2 h 40
87	6 h		94	2 h 15
88	5 h		95	2 h
89	4 h 30		96	1 h 45
90	4 h		98	1 h 15
91	3 h 30		100	1 h

Fonte: MTE, 2014, adaptado

ARAÚJO (2002) e DE CONTO (2009) citam cinco fatores que influenciam na Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR):

- a) A intensidade do ruído, que a partir de 84 dB(A) já pode causar lesão irreversível;
- b) A frequência, onde sons agudos são mais traumatizantes, pois as células receptoras de altas frequências ficam na base da cóclea e são as primeiras atingidas no impacto sonoro;
- c) O tempo de exposição, pois pode se encontrar lesões a partir de cem horas de exposição excessiva;
- d) A natureza do ruído, sendo os ruídos de impacto os mais prejudiciais;
- e) A exposição simultânea a ruído e vibrações, como a que estão expostos o condutor e passageiro da motocicleta, tanto gerados pelo (mau) estado das vias, quanto como do que é intrinsecamente produzido pelo motor do veículo.

ARAÚJO (2002) também inclui como fatores de suscetibilidade o gênero e idade: homens apresentam maior incidência de perda e em maior grau, e, por fim, quanto a idade os jovens e os idosos são os mais propensos a PAIR. Os fatores de influência coincidem com o perfil geral do motociclista no Brasil, com o agravante que o motoboy fica exposto a esses fatores por períodos elevados de tempo, multiplicando o risco de ocorrência de PAIR.

1.6 INSPEÇÃO VEICULAR E FISCALIZAÇÃO DE RUA

Mesmo com a regulamentação de limites de ruído para veículos novos e com inspeção veicular periódica, é grande a quantidade de motocicletas em trânsito equipadas com sistemas de escapamento não originais ou originais modificados/adulterados e que produzem ruído excessivo.

Na Europa, ainda que só possam ser comercializados escapamentos homologados, os ilegais podem ser adquiridos com facilidade em lojas ou pela internet, além disso, ocorre o uso urbano de modelos esportivos ou de alto rendimento, de alto nível de ruído, mas que seriam destinados exclusivamente à competição em circuitos fechados (ABBOTT et al., 2009; ACEM, 2014).

LANG e WOOD (2013) indicam 35% das motocicletas nos EUA com escapamentos não originais; SANDBERG (2001), BOER e SCHROTEN (2007) e ABBOTT et al. (2009) concordam que 35% das motocicletas na Europa rodam com escapamentos ilegais e a ACEM (2014) aponta 35% de motocicletas e 65% de scooters com escapamentos irregulares, estimando redução de 5 a 20 dB(A) a curto prazo, caso sejam tomadas medidas efetivas contra o uso deste tipo de componente. No Japão 40% das motocicletas estão equipadas com silenciosos não originais e que emitem mais de 10 dB(A) acima dos homologados (UNECE, 2012a).

A fragilidade da inspeção veicular como instrumento de controle vem da facilidade de trocar o escapamento ilegal pelo original antes de submeter o veículo ao controle periódico. Essa situação fica clara quando se constata que na Inglaterra apenas 18% das motocicletas foram reprovadas na inspeção, mas nenhuma delas por terem escapamentos modificados ou por ruído excessivo (ABBOTT et al., 2009).

Algo similar ocorreu na cidade de São Paulo, na inspeção veicular implantada pela Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente (SVMA), onde a verificação sonora era executada dentro de duas opções: por escolha aleatória de uma amostra da frota ou se o inspetor, ao examinar o veículo, constatasse alguma anormalidade (SVMA, 2013). Como consequência, a quantidade de motocicletas reprovadas por problemas no sistema de escape foi mínima, 3,78% do total de rejeições e 0,45% do total inspecionado (BRANCO et al., 2012).

A fiscalização de rua, sem abrir mão da inspeção periódica, aparece como alternativa interessante para o controle sonoro dos veículos em uso, posição defendida pela NAE (2010) e pelo INCE (LANG; WOOD, 2013) para os EUA, pela ACEM (2014) para a Europa e por SCHMIDT (1992) para o Brasil, apesar de algumas dificuldades como a legislação desatualizada, pouca prioridade das autoridades e falta de mão de obra treinada (NAE, 2010).

Segundo LANG e WOOD (2013, p. 20), “falta um procedimento de teste para os Estados Unidos que seja de fácil implementação pelas autoridades”, daí a proposta do INCE de fiscalização utilizando a norma americana SAE J2825 (LANG; WOOD, 2013, p. 65), similar a ISO 5130 e a ABNT NBR 9714. No Brasil, por não haver legislação específica, é comum haver reclamações sobre os procedimentos das autoridades de trânsito, devido aos critérios subjetivos para selecionar os veículos ruidosos, acelerar

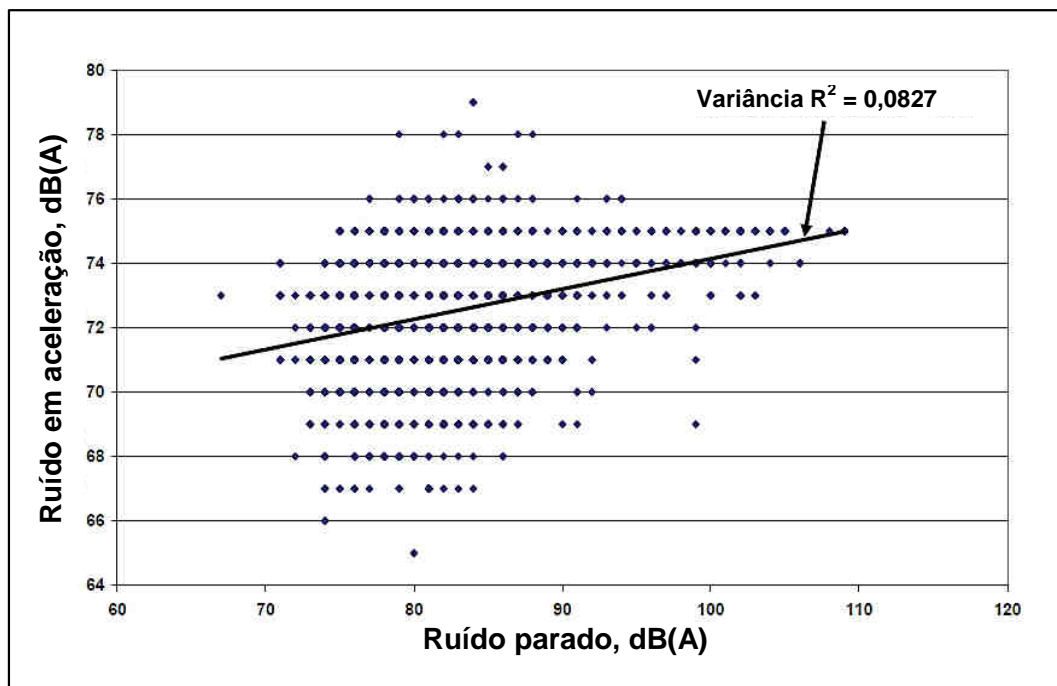
excessivamente os mesmos para verificar irregularidades e não utilizar os instrumentos apropriados de medição (ASSUMPCÃO, 2014; PROTORK, 2014).

1.7 FISCALIZAÇÃO DE RUA: QUESTIONAMENTOS SOBRE RUIDO PARADO E EM ACELERAÇÃO

O ponto fundamental para a fiscalização de rua é identificar objetivamente o veículo que utiliza o escapamento ilegal, indo além do critério subjetivo do agente de fiscalização que percebe “algo anormal”, porém a análise de HARRIS e NELSON (1996) de controle de motocicletas pelo ruído parado de acordo com a norma ISO 5130 encontrou 40% delas com emissão sonora acima do permitido e sem modificações no escapamento, sendo importante considerar que todas deveriam estar dentro dos limites.

ABBOTT et al. (2009) também questionam os métodos, pois, como mostrado na Figura 28, ao cruzar os valores de ruído em aceleração com o ruído parado não encontraram correlação entre eles. Os automóveis que atenderam o limite de 74 dB(A) no ruído em aceleração resultaram em ruído parado entre 70 a 105 dB(A), ou seja, uma variação de 35 dB(A).

Figura 28 – Correlação entre ruído parado e em aceleração



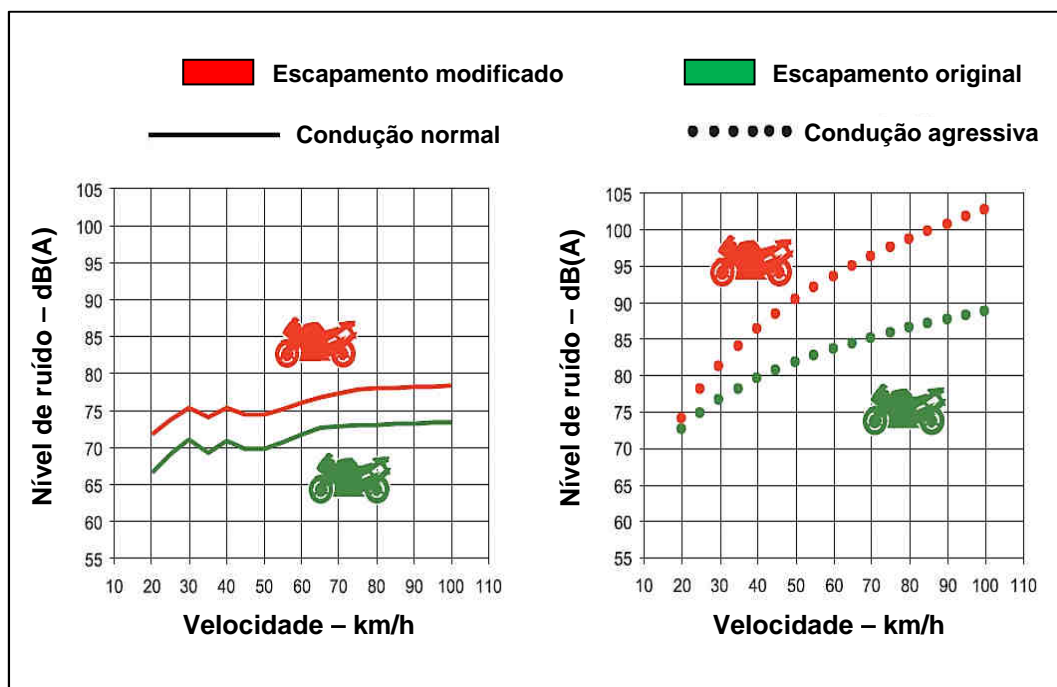
Fonte: ABBOTT et al. (2009)

LANG e WOOD (2013), nos Estados Unidos, e o Ministério da Terra, Infraestrutura e Transporte do Japão (*Ministry of land, infrastructure and transport, Japan*) (UNECE, 2004) apontam problema semelhante, ou seja, um escapamento pode estar abaixo do limite de ruído parado e exceder os 80 dB(A) em aceleração. Porém, há a ressalva que o Japão utiliza limite fixo para ruído parado, aumentando por si só a diferença entre os métodos, diferente de Europa e Brasil, que utilizam o como limite o valor do ruído parado mais 3 dB(A).

A própria norma ABNT NBR 9714, para medição de ruído parado, afirma que os resultados obtidos com este procedimento não servem de base para avaliar a emissão sonora total do veículo em movimento (ABNT, 2000a), mesmo porque neste caso outras fontes sonoras também estão em ação.

Por outro lado, a ACEM (2014), conforme exibido na Figura 29, afirma que os escapamentos ilegais e/ou modificados emitem regularmente mais ruído em todas as faixas de velocidade e HARRIS e NELSON (1996) indicam que há correlação entre os métodos, mas de modo oposto: o incremento do ruído em aceleração, devido ao uso de escapamentos esportivos, modificados ou defeituosos, reflete em cerca de 75% de correspondência no aumento do ruído parado. Desse modo, vê-se a possibilidade de que o controle de rua possa ser realizado de maneira inversa ao que se pratica na inspeção veicular: primeiro identificar o escapamento irregular, pelo ruído em circulação e, a seguir, confirmar pelo ruído parado seu nível excessivo de emissões sonoras.

Figura 29 – Ruído em circulação: comparação entre escapamento original e modificado



Fonte: ACEM, 2014

CAPÍTULO 2 – MÉTODOS DA PESQUISA

O foco da pesquisa de campo está na análise do ruído em circulação e do ruído emitido em situação de inspeção veicular, referido também como ruído parado e sua relação com os escapamentos modificados e/ou não originais, para se compreender a realidade da emissão sonora dos veículos em circulação nas ruas. Portanto, a base metodológica de trabalho se apropriou da linha epidemiológica de estudos de caso-controle (SOUZA, 1997).

Como “caso” têm-se as motocicletas com o escapamento modificado, circulando nas ruas e emitindo ruído excessivo, que ocorrem em meio a uma população ou universo de veículos que não sofreram alterações, que serão o “controle”, o padrão de conformidade, mas que também produzem ruído e estão sujeitos a variáveis que podem influenciar o resultado final e gerar, principalmente, falso-positivos, ou seja, veículos com excesso de ruído, mas sem modificações no escapamento, ou também falso-negativos (com ruído baixo, mas modificados).

A estratégia de avaliação consistiu em medir o ruído de veículos em circulação, identificar aqueles com nível de emissão sonora acima da média (caso) e verificar se excediam os limites legais e se utilizavam, ou não, escapamentos modificados. Para estabelecer o referencial de controle do estudo, a mesma avaliação era realizada com uma motocicleta que não estivesse com ruído acima da média, para verificar o atendimento ou não dos limites legais e se o escapamento era original ou não.

A linha geral de ação consistiu em estabelecer a população-alvo do estudo, determinar as variáveis e o procedimento para as medições em campo, selecionar locais onde pudessem ser realizadas as medições e fazer o levantamento de dados de campo.

Um desafio foi encontrar os locais adequados, pois os veículos em estudo deveriam estar em circulação, mas estacionar na sequência, para que fosse possível abordar o condutor para entrevista e o veículo tivesse seu ruído parado medido.

Ao longo da pesquisa surgiram algumas questões secundárias e pouco ou nada se encontrou de bibliografia que tratasse especificamente desses temas, por isso foi necessário estudá-las, não de forma tão aprofundada como no tema principal, mas de modo que se faça um retrato dessas questões para compor o quadro geral. São elas:

- Quanto o escapamento modificado emite de ruído nas condições controladas dos ensaios de homologação? O escapamento não original é realmente mais ruidoso, se avaliado nas mesmas condições estritamente controladas destes ensaios?

- Quanto a motocicleta contribui para o ruído urbano? Trata-se de compreender o quanto é relevante a motocicleta em geral e o escapamento modificado no ruído geral urbano.

- Qual a influência do escapamento modificado/não original na potência da motocicleta? Este ponto foi compartilhado por diversos usuários de escapamentos não originais ao longo da pesquisa, que confere com o material de divulgação dos fabricantes, de que o escapamento esportivo melhora o desempenho da moto, por isso a necessidade de se verificar a veracidade desta afirmação.

O método detalhado a seguir trata do estudo da hipótese principal e, na sequência, mostra o desdobramento para análise das questões secundárias.

2.1 POPULAÇÃO DO ESTUDO

A amostra de motocicletas dentro do universo de veículos estudados foi limitada às fabricadas entre 2004 e 2015, de 125 a 150 cm³, dos modelos Honda CG e Yamaha YBR. A escolha do período de fabricação entre 2004 e 2015 se deu porque, segundo BRUNI e BALES (2013), metade das motocicletas da cidade de São Paulo tem até 3,6 anos de uso e 90% têm até 10 anos de uso. Como o estudo de campo se desenvolveu de maio a agosto de 2015, havia a ocorrência ocasional de modelos 2015, que não possuem diferenças construtivas e de limites de ruído parado das produzidas em 2014, portanto foram incluídas no estudo.

No período de 2004 a 2015 os limites estabelecidos pelo PROMOT para ruído em aceleração se mantiveram inalterados (IBAMA, 2001, p. 85), por outro lado houve evolução nos limites de emissões de gases, com a fase PROMOT M3 vigorando de 2003 a 2013 e a fase PROMOT M4 a partir de 2014 (IBAMA, 2011), mas essas alterações legais tiveram pouca influência quanto ao projeto e construção do sistema de escape, a principal diferença consiste na inclusão de catalisador no tubo de escapamento, antes do silencioso.

A definição pelos modelos Honda CG 125 e 150 cm³ e Yamaha YBR 125 cm³ foi porque o segmento de 101 a 150 cilindradas representa 79% de todas as motos vendidas no Brasil nos últimos dez anos (ABRACICLO, 2013) e os modelos escolhidos, CG e YBR, são predominantes no mercado motociclístico, pois representam respectivamente 57% e 9% das vendas desse segmento e, ainda, 52% de todas as motocicletas vendidas no Brasil de 2004 a 2013 (ABRACICLO, 2014).

2.2 TAMANHO DA AMOSTRA

Como não havia dados disponíveis de ruído em circulação ou de ruído parado da população a ser estudada proveniente de medições prévias ou de estudos anteriores, a estimativa inicial para o cálculo do tamanho mínimo amostral se baseou na variabilidade do ruído de homologação da população fixada, cujos valores estão descritos no item 2.9. A hipótese nula, H_0 , a ser verificada é que os valores de ruído das motocicletas modificadas não diferem em relação a motocicletas originais, deste modo, com o auxílio do *software* de estatística “Statgraphics” os parâmetros estabelecidos para dimensionamento foram:

- Nível médio de ruído parado (homologação): 82,9 dB(A)
- Desvio padrão: 2,2 dB(A)
- Delta máximo: 1,65 dB(A)
- Erro do tipo I: $\alpha = 5\%$
- Erro do tipo II: $\beta = 10\%$

O cálculo do tamanho mínimo da amostra resultou em 38 motocicletas.

2.3 VARIÁVEIS

As duas principais variáveis a serem avaliadas são: a) ruído em circulação e b) ruído parado. O ruído em circulação é aquele emitido pela motocicleta ao se aproximar ou se retirar do local das medições com velocidade e aceleração normais. Entende-se como normalidade quando o veículo avaliado mantém sua velocidade de trânsito

próxima a do fluxo de veículos e a aceleração suficiente para o deslocamento, sem que o motor esteja com rotação excessiva nem em marcha lenta.

A variação da velocidade de trânsito pode causar distorções nas medições e para que esse efeito fosse minimizado, as medições aconteceram próximas aos pontos de estacionamento, quando as motocicletas estavam em baixa velocidade, cerca de 20 km/h.

O ruído em circulação tem como indicador o Nível de Pressão Sonora (L_p) e foi medido conforme a norma ABNT NBR 10151 (ABNT, 2000b), que usualmente é aplicada para medição de ruído ambiental, mas mostrou-se adequada para o propósito.

A segunda variável, o ruído parado, é aquele emitido quando o veículo é submetido ao ensaio de homologação, medido segundo a norma ABNT NBR 9714 (ABNT, 2000a) e que é a referência para a inspeção veicular. O indicador é o nível máximo de ruído emitido no ensaio ($L_{Amáx}$).

O valor referencial do ruído em circulação foi determinado dia a dia nas avaliações de campo, como descrito na parte 2.5, item C. Para o ruído parado a referência depende da marca, modelo e ano de fabricação da motocicleta, de acordo com o estabelecido no processo homologatório do IBAMA, como detalhado no item 2.9.

Há variáveis secundárias, que podem influenciar a análise de dados e o resultado final, assim foram incluídas no Questionário de Pesquisa e estão relatadas no resumo de dados obtidos, como o grau de conservação e a quilometragem da motocicleta e a finalidade de uso do veículo (deslocamento, trabalho, lazer), porém há outras variáveis que não foram consideradas, pois se afastam do foco desta pesquisa, assim não foram avaliados, entre outros, a classe social e nível escolar do usuário nem a distribuição geográfica dos veículos.

Durante a pesquisa de campo surgiram alguns fatores de distorção das medições e, para evitar que houvesse indução ao erro dos dados coletados, os dados obtidos na ocorrência desses foram descartados. São estes os fatores:

- Ruído de fundo elevado, principalmente quando da passagem de caminhões na via principal ou de outras motocicletas próximas ao medidor de nível sonoro;

- Ruído de fundo elevado, gerado por outras fontes como alarmes, carros, som (música), etc.;
- Ruído devido a chiado de pastilha de freio, de quando se estava a medir o ruído em circulação;
- Quando, ao se medir o ruído de circulação de referência, uma das motocicletas medidas para formar o valor médio tivesse seu nível sonoro muito acima das demais;
- Quando, ao medir o ruído parado, havia outra motocicleta em funcionamento ao lado da que estava sendo avaliada. Nesta situação, aguardava-se esta outra desligar ou sair da proximidade;
- Quando um veículo de interesse, com escapamento modificado ou original, se aproximava junto com outros mais, de modo que não era possível distinguir o quanto cada um emitia de nível sonoro.

2.4 QUESTIONÁRIO DE PESQUISA E TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Questionário de Pesquisa desenvolvido (Apêndice A) é do tipo semiestruturado, com questões objetivas sobre as variáveis consideradas, como uso, quilometragem da motocicleta, manutenção, estado de conservação e sobre o sistema de escape, se é original ou não e, se não, há uma questão aberta: porque foi utilizado este tipo de silencioso.

Evitou-se entrar diretamente na questão do escapamento para que não houvesse indução nas respostas. Na segunda parte do questionário o entrevistador responde também algumas perguntas iguais às apresentadas ao condutor, como forma de controle, além registrar os valores da medição do nível de ruído em circulação e parado.

Juntamente com o questionário o condutor devia ler o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice B) e o assinar, caso concordasse com o mesmo, para dar continuidade à pesquisa. Caso não houvesse concordância com o TCLE o procedimento era encerrado e o questionário descartado; caso o entrevistado solicitasse anonimato, dava-se seguimento, mas sem registrar dados pessoais, como nome e e-mail.

O Questionário de Pesquisa, junto com o TCLE foram submetidos ao Conselho de Ética na Pesquisa (CoEP) da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São

Paulo, conforme estabelecido pela Resolução CNS466/12, através do sistema Plataforma Brasil sob protocolo CAAE 39714314.8.0000.5421 e receberam a aprovação em 11/03/2015.

2.5 PROCEDIMENTO PARA MEDIÇÃO DE RUÍDO EM CIRCULAÇÃO E RUÍDO PARADO

Foram executadas medições prévias, com o propósito de testar o procedimento de pesquisa, métodos e instrumentos de medição e pertinência das perguntas do Questionário de Pesquisa, bem como validar os locais de ensaio como adequados para desenvolver o trabalho, porém sem o registro de dados. Após a fase de refino do procedimento e tendo o Questionário de Pesquisa e o TCLE aprovados pelo CoEP foi dado início a coleta de dados de campo. O procedimento ficou definido assim:

a) Calibração: antes de iniciar quaisquer medições no dia, o MNS era calibrado de acordo com o procedimento recomendado pelo fabricante em seu Manual do Usuário (BRÜEL & KJAER, 1999) e configurado para exibição contínua no painel dos modos L_p , $L_{máx}$ e L_{eq} .

b) Medição do Ruído de Fundo: o ruído ambiente foi medido por três minutos, com o MNS na escala L_{eq} , e posicionado conforme a norma ABNT NBR 10151 (ABNT, 2000b).

c) Medição do Valor Referência para Ruído em Circulação: com o MNS no modo L_p , em cada dia e no início dos trabalhos, foi executada a medição do ruído em circulação de cinco motocicletas e calculado o valor médio, que serviu de base para a identificação das mais ruidosas.

d) Identificação: ainda no modo L_p , deu-se continuidade a medição do ruído, para identificar veículos acima do valor médio (“Caso”). O valor de corte para distinguir o escapamento original do modificado foi estabelecido em 6 dB(A), ou seja, a motocicleta que emitisse ruído em circulação igual ou acima de 6 dB(A) do valor de referência era escolhida para entrevista, medição do ruído parado e verificação do silencioso. Este nível de seleção representa, na escala logarítmica de decibéis, que a motocicleta tem energia sonora ao menos quatro vezes maior que o nível médio (MURGEL, 2007).

e) Entrevista: o condutor da motocicleta identificada na etapa D com ruído acima do valor de corte era abordado para o preenchimento do Questionário de Pesquisa (Apêndice A), leitura e assinatura do TCLE (Apêndice B) e medição do ruído parado.

f) Observação: o entrevistador registrava na segunda parte do questionário sua avaliação sobre estado de conservação geral e se havia evidências de modificação no sistema de escape. Estas questões estão duplicadas em relação à etapa E para efeito de controle.

g) Medição do Ruído Parado: o nível de ruído foi medido segundo norma ABNT NBR 9714 (ABNT, 2000a), utilizando os valores de rotação conforme a marca, modelo e ano de fabricação da motocicleta, especificados pelos fabricantes em seus respectivos sites e detalhados no item 2.9 “Valores de controle para ruído parado” (MOTO HONDA, 2015; YAMAHA, 2015).

h) Avaliação: o valor da medição da etapa G era comparado com os valores de controle, para verificar o atendimento ou não dos limites legais.

i) Controle: as etapas de D a H eram repetidas com a próxima motocicleta que se dirigisse ao local da pesquisa e que estivesse com ruído de circulação abaixo do limite do Valor de Referência mais 6 dB(A) (“Controle”), para análise comparativa. Os dados coletados das medições de campo foram lançados em planilha “Excel” para cálculos e análise (Apêndice C).

2.6 FLEXIBILIDADE DO PROCEDIMENTO PARA MEDIÇÃO EM RELAÇÃO ÀS NORMAS

Foi necessário haver certa flexibilidade no procedimento em relação às normas aplicadas, seja intencionalmente, seja por falta de condições de atendimento às mesmas. Em relação a ABNT NBR 10151 (ABNT, 2000b), as diferenças foram as seguintes:

- O MNS foi posicionado a 0,5m do chão, ao invés de 1,2m, pois esta foi a mesma altura utilizada para a medição do ruído parado, de forma a evitar a manipulação excessiva do aparelho.

- O MNS foi posicionado, em algumas ocasiões, a menos de 2m da parede mais próxima, pois manter esta distância implicaria em ficar próximo ou em meio ao fluxo de veículos.

Quanto a norma ABNT NBR 9714 (ABNT, 2000a), as diferenças foram:

- O MNS foi posicionado a 0,5m do chão, ao invés de estar exatamente na altura da saída do escapamento, para evitar manipulação excessiva do instrumento, porém a maioria dos escapamentos medidos possuía sua saída a 0,5m de altura.

- O posicionamento do MNS a 45° do fluxo de gases foi feito de maneira aproximada, enquanto que a norma determina o uso de gabarito para posicionar o instrumento. Foi necessário para se reduzir a quantidade de recursos manuseados pelo entrevistador no momento da pesquisa de campo e agilizar o trabalho.

- A norma utilizada não determina limites máximos e mínimos para a rotação do motor, para a execução do ensaio. Como era o próprio condutor que acelerava a motocicleta e havia variações em relação ao valor especificado, adotou-se o estabelecido na norma ISO 5130: aceitar as medições realizadas dentro da tolerância de +/- 5% na rotação.

- A norma determina que a diferença entre o ruído de fundo e o parado seja de ao menos 10 dB(A), porém os locais escolhidos eram próximos de avenidas com fluxo intenso e alto nível de ruído de fundo e havia veículos, em especial os de “controle”, com baixa emissão sonora de ruído parado, fazendo com que esta condição não fosse atendida em algumas medições.

- Não foi possível realizar as medições com 3 m livres de obstáculos ao redor do veículo, algumas vezes havia outras motocicletas (desligadas) muito próximas, a menos de 1 m, ao lado da que seria medida.

Esses pontos de flexibilização não invalidam as medições realizadas, devido que:

- No ruído em circulação o parâmetro medido é relativo e não absoluto, ou seja, a própria frota é a referência, portanto o valor trabalhado é de base comparativa. Desse modo, a leitura obtida com o MNS fora da altura padrão ou próximo de paredes serve de comparação com outro veículo, desde que sejam avaliados debaixo das mesmas condições.

- No ruído parado, segundo HARRIS e NELSON (1996) e MUIRHEAD et al. (2010), a altura do MNS, o ângulo de posicionamento e a tolerância da rotação geram uma diferença pequena no resultado final.

- Quanto a diferença mínima de 10 dB(A) entre o ruído de fundo e o parado, como não foi atendida apenas em poucos casos, optou-se por manter todos os registros e analisar posteriormente sua influência nos resultados.

- Em relação à presença de outros veículos nas proximidades, a influência também é limitada, pois a norma estabelece que não deva haver, dentro de 3 m, “superfície refletora”, que normalmente é plana para refletir o som e que não é o caso das motocicletas.

2.7 LOCAIS DE MEDIÇÃO EM CAMPO

A pesquisa de campo se desenvolveu em duas lojas de moto peças na região do ABC Paulista – São Paulo, aqui denominadas Local A e Local B, que atendiam as condições necessárias para a pesquisa: grande concentração de motocicletas que faziam parte do universo pesquisado, por estas estarem em circulação e parando em sequência.

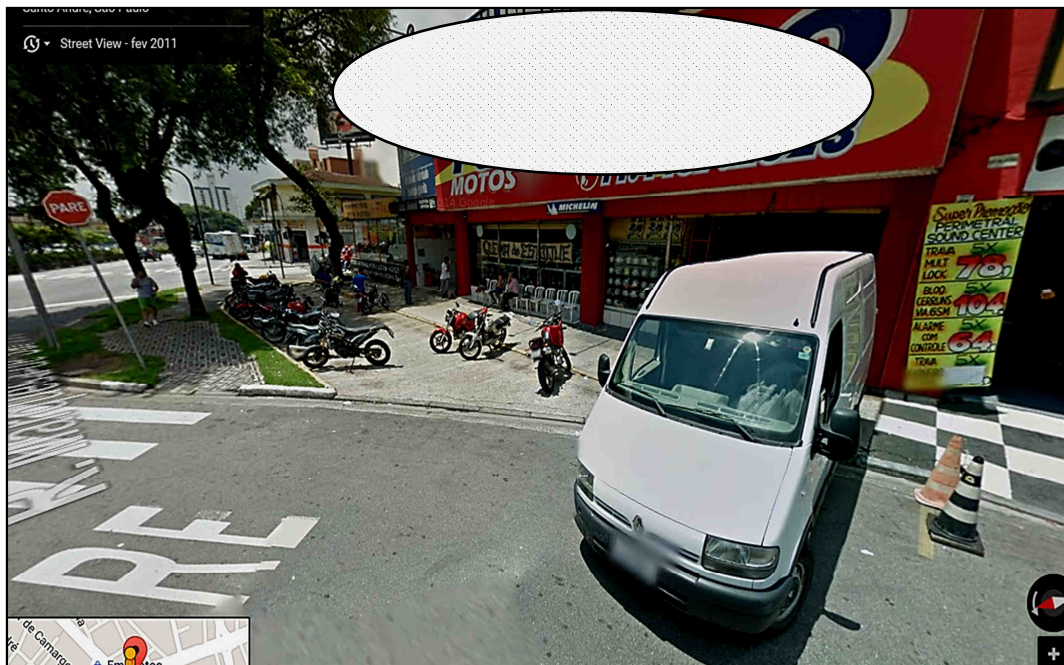
O Local A, mostrado nas Figuras 30 e 31, se caracteriza por ser plano e aberto, porém com algumas superfícies de reflexão sonora na fachada da loja. O Local B, visto nas Figuras 32 e 33, é plano, mas possui uma pequena rampa de acesso ao estacionamento, o que não prejudicou as medições, pois não era necessária aceleração excessiva para cruzar a mesma. Esta loja também é um ambiente mais fechado do que o Local A e que, segundo HARRIS e NELSON (1996), tende a acrescentar cerca de 1,5 dB(A) aos resultados, porém como esta condição se deu para todas as medições do Local B, ficou preservado a base comparativa do estudo.

Figura 30 – Local de medição A



Fonte: Google Maps

Figura 31 – Vista da rua do local de medição A



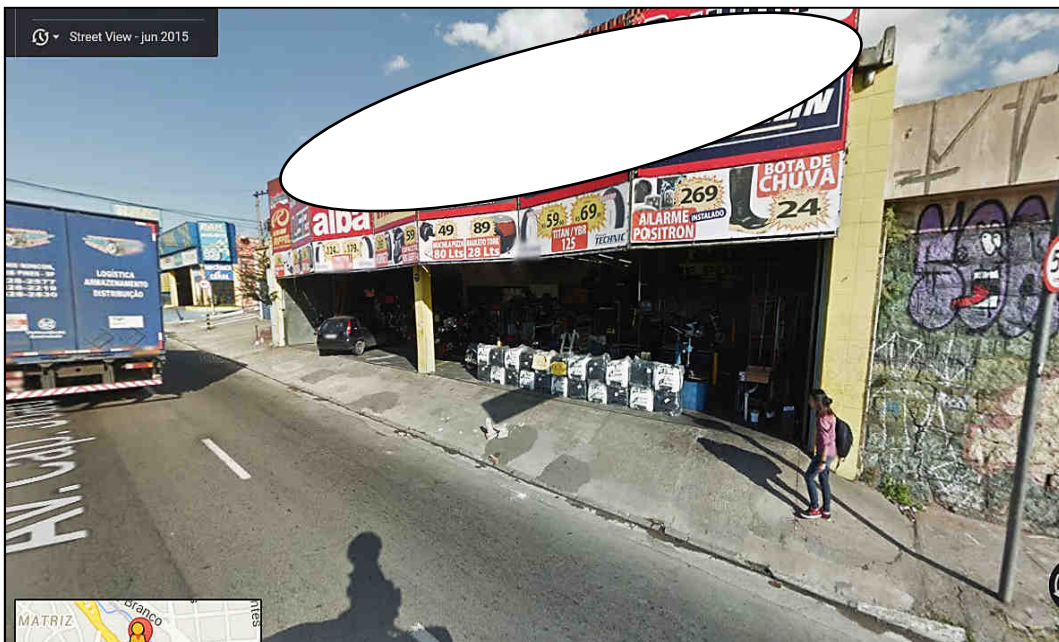
Fonte: Google Street View

Figura 32 – Local de medição B



Fonte: Google Maps

Figura 33 – Vista da rua do local de medição B



Fonte: Google Street View

Outros pontos de medição foram considerados, porém não reuniram as condições necessárias, como em dois shoppings, onde as respectivas administrações não

autorizaram a pesquisa, e em três supermercados, onde o fluxo de veículos era pequeno e, por consequência, a amostragem ficou prejudicada.

Um problema comum em relação aos locais escolhidos foi o alto nível de ruído de fundo, por vezes próximo ao ruído em circulação e não menos de 10 dB(A) do ruído parado de algumas das motocicletas avaliadas. No Local A o ruído de fundo elevado foi gerado pelo fluxo intenso de veículos da Avenida Santos Dumont, já no Local B a Avenida Capitão João tinha, além do alto fluxo, um significativo volume de veículos pesados com emissões diversas vezes acima de 90 dB(A), que obrigava a interrupção dos trabalhos até que o caminhão ou ônibus se afastasse.

2.8 INSTRUMENTAÇÃO

Os instrumentos utilizados foram:

- MNS Brüel & Kjaer, modelo 2238 Mediator, número de série 245.6952, com certificado de calibração INMETRO 66.726, de 12/02/2015, como mostrado na Figura 34;

- Calibrador Acústico Brüel & Kjaer, modelo 4231 – 94 dB – SPL 1000 Hz, número de série 245.4831, com certificado de calibração INMETRO 66.727, de 13/02/2015, também mostrado na Figura 34;

- Tacômetro Oppama, modelo PET-1100, sem número de série, aferido por comparação com instrumento do laboratório da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB;

- Trena Starrett, 3 m, modelo TS12-3ME;

- Tripé fotográfico para suporte do MNS, modelo Vanguard VT-131, de 0,5 a 1,2m de altura.

Figura 34 – MNS Brüel & Kjaer 2238 Mediator com Calibrador 4231 montado no microfone



Fonte: BRÜEL & KJAER, 1999

2.9 VALORES DE CONTROLE PARA RÚIDO PARADO

Os valores em decibéis para o controle do ruído parado, bem como a rotação em que é feita a medição são determinados pela norma ABNT NBR 9714 (ABNT, 2000a) e declarados pelos fabricantes ao IBAMA no processo de homologação ambiental dos veículos. A Instrução Normativa IBAMA 127/2006 estabelece que estes valores de rotação e ruído devam estar disponíveis na página oficial do fabricante na Internet para acesso público (IBAMA, 2011, p.415), assim foram compilados os dados referentes aos modelos em estudo dos sites de seus fabricantes, Moto Honda e Yamaha Motor (MOTO HONDA, 2015; YAMAHA, 2015), e resumidos no Quadro 6.

Quadro 6 – Valores de controle para ruído parado

Marca/modelo	Ano	RPM	Limite dB(A)
Honda CG 125 Titan / Fan / Cargo	2004	4125	84,0
	2005	4125	85,6
	2006-2008	4125	82,7
	2009-2010	4125	82,0
	2011-2015	4125	82,6
Honda CG 150 Fan	2010	4250	84,9
	2011-2012	4250	85,4
	2013-2015	4250	83,8
Honda CG 150 Titan	2004-2008	4000	82,8
	2009-2010	4250	84,9
	2011-2015	4250	83,8
Honda CG 150 Sport	2004-2005	4250	85,7
	2006-2008	4250	84,6
Yamaha YBR Factor 125	2004-2006	4000	82,5
	2007-2008	3750	80,6
	2009	3900	79,4
	2010	3900	77,4
	2011	3900	79,6
	2012-2013	3900	80,7
	2014-2015	3900	81,8

Fontes: MOTO HONDA, 2015; YAMAHA, 2015

2.10 MEDIÇÕES COMPLEMENTARES

2.10.1 MEDIÇÕES CONFORME NORMAS DE HOMOLOGAÇÃO

O primeiro questionamento surgido, ainda na fase de projeto da pesquisa e além da hipótese principal, foi acerca do nível de ruído que os escapamentos não originais (“estralador”, esportivo e similar ao original) teriam em relação ao original de fábrica e em relação aos limites legais, medidos em ensaios de homologação, ou seja, dentro de todos os parâmetros controlados das normas ABNT NBR 15145 para ruído em aceleração e ABNT NBR 9714 para ruído parado.

Para isso, foi adquirido no mercado de reposição um escapamento de cada tipo e submetidos a ensaios na pista de testes da Moto Honda de Manaus, contando com toda instrumentação calibrada pelo INMETRO e local adequado, como pode ser visto na Figura 35, tanto em relação ao tipo de asfalto como a área livre ao redor da pista e com baixo ruído de fundo. Os resultados são apresentados e discutidos no Capítulo 3.

Figura 35 – Pista de ensaio de ruído da Moto Honda, Manaus



Fonte: arquivo pessoal

2.10.2 CONTRIBUIÇÃO DA MOTOCICLETA NO RUÍDO URBANO

O segundo questionamento foi o de quanto a motocicleta contribui para o ruído urbano na cidade de São Paulo, pois não foi encontrado literatura que abordasse este ponto e assim se fez necessário medições em campo para levantar dados.

A contribuição ao ruído urbano se dá em dois modos, no ruído médio equivalente, L_{eq} , e no ruído máximo, $L_{máx}$. Para a medição do L_{eq} geral foi utilizado o procedimento da norma ABNT NBR 10151, com o MNS posicionado a 1,2 m do solo e ao menos 2 m longe de superfícies refletivas, em três medições de cinco minutos cada, para obter o valor médio.

Para tipificar o L_{eq} por categoria de veículo, que circulam em meio a um fluxo misto, foram realizadas uma série de medições curtas, de cerca de trinta segundos a um minuto cada, onde o MNS era acionado quando no local circulava apenas os veículos da categoria desejada (automóveis, motocicletas e ônibus) e pausado ao haver um fluxo misto, até ter ao menos cinco amostras de cada tipo e assim obter o valor médio. Para os caminhões, devido a terem por lei o tráfego em São Paulo restringido ao longo do dia, adotou-se o mesmo valor de L_{eq} dos ônibus, pois ambos são classificados como veículos pesados, com motorização e nível de ruído semelhantes. Os resultados por categoria foram ponderados pela composição do fluxo de vias arteriais (CET, 2014) e o cálculo comparado ao L_{eq} geral medido e ao estudo realizado por VIANNA (2014) na mesma região, para verificar a confiabilidade dos dados.

Para a medição do $L_{máx}$, o procedimento também seguiu a norma ABNT NBR 10151, com a diferença que o MNS foi configurado para a medição do nível de pressão sonora máxima. Foram medidos cem automóveis, cinquenta motocicletas e cinquenta ônibus e registrado quantos veículos de cada tipo excederam 80 dB(A).

2.10.3 CURVAS DE TORQUE E POTÊNCIA

A última questão discutida ao longo da pesquisa, devido ao desenvolvimento do trabalho em campo, apontou que alguns modelos de escapamento podem ser escolhidos por proporcionar melhor desempenho, mas não se sabe se há ganho efetivo e em que proporção.

Para analisar este ponto testou-se uma motocicleta original em dinamômetro para medição de potência e, na sequência, o teste foi repetido com os três silenciosos não originais. A montagem pode ser vista na Figura 36: a motocicleta é fixada com a roda traseira sobre o rolo, ligado a instrumentos que simulam o arrasto do veículo na pista e medem a potência aplicada pelo motor na roda. Então é acelerada em terceira marcha, desde uma rotação baixa até se atingir o limite de rotação recomendado pelo fabricante. O *software* do dinamômetro então fornece os gráficos onde são relatados a rotação, torque e potência desenvolvidos.

Figura 36 – Dinamômetro para medição de potência – motocicleta com escapamento do tipo “estralador”



Fonte: arquivo pessoal

CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 AVALIAÇÃO DO RUÍDO EM CIRCULAÇÃO E RUÍDO PARADO

3.1.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA AMOSTRA

O trabalho em campo ocorreu no período de 15/maio a 01/agosto/2015, tendo sido avaliadas 56 motocicletas, divididas em 28 delas com ruído acima do valor de corte (caso) e 28 abaixo (controle). Duas amostras “caso”, de nº. 27 e nº. 33, foram descartadas devido a erro na rotação do motor utilizada no teste de ruído parado, por consequência foram descartadas as duas amostras correspondentes de “controle”, nº. 28 e nº 34, resultando em 52 medições válidas.

Quanto ao tamanho da amostra, as medições em campo resultaram em um Desvio Padrão do ruído em circulação de motocicletas “controle” igual a 1,5 dB(A), valor esse menor que o calculado inicialmente em 2,2 dB(A) para o coeficiente de confiança desejado de 95%, portanto, a quantidade avaliada se mostrou superior à dimensionada.

Do total estudado, 34 motocicletas (65%) são da marca Honda e 18 (35%) da marca Yamaha. Segundo os dados do setor divulgados no site da ABRACICLO (2014) a proporção de vendas no mercado nacional é diferente da encontrada, de 85% Honda e 15% Yamaha, excetuando as demais marcas, indicando uma distribuição não homogênea de vendas entre Brasil e a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

Em relação à utilização dos veículos, a principal aplicação é como uma ferramenta para trabalho, 48%, seguido de 46% que usam a motocicleta para deslocamento, como alternativa de transporte, e apenas 6% a utilizam para lazer, confirmando o perfil utilitário desta classe de veículo apontado pela ABRACICLO (2013, 2015). Com relação aos condutores, 100% dos entrevistados eram do sexo masculino.

A amostra apresentou, em média, a idade dos veículos de 4,9 anos e rodagem de 11.561 km/ano, índices próximos aos apontados por BRUNI e BALES (2013), de 5 anos de uso e 13.000 km/ano. Esses valores indicam que a idade da frota pode ser considerada como baixa e as motocicletas, mesmo com perfil utilitário e alta

porcentagem de uso para trabalho (motofrete), possuem rodagem menor do que a dos automóveis, de 15.000 km/ano (BRUNI; BALES, 2013, p.28), confrontando a afirmação do Ministério do Meio Ambiente (MMA), que diz que a motocicleta é um veículo que polui muito porque roda muito mais que o automóvel (MMA, 2014); mesmo no caso das motocicletas utilizadas como ferramenta de trabalho a rodagem média foi de 14.707 km/ano, ainda abaixo da utilização típica dos automóveis.

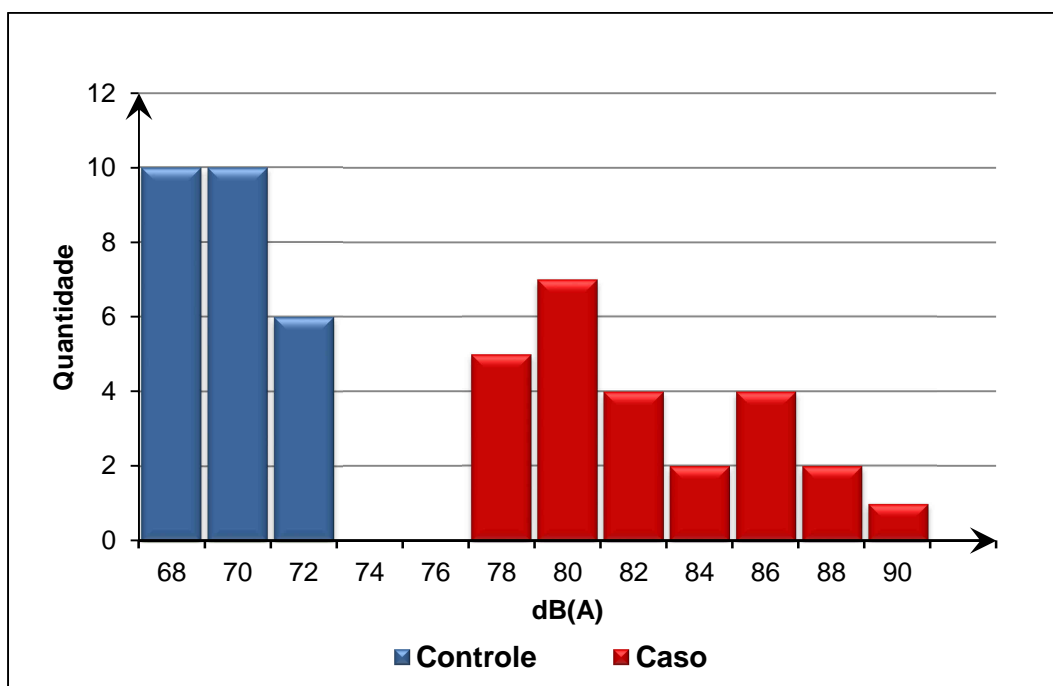
Quanto à conservação da motocicleta, percebe-se certa postura otimista dos proprietários, pois 100% dos entrevistados declararam realizar as manutenções preventivas necessárias, como regulagens, troca de óleo, etc., porém esse cuidado não se refletiu no estado geral dos veículos, onde 11 deles (21%) foram classificados “em estado regular de conservação” e 41 (79%) “em bom estado”.

É interessante destacar que nenhum dos entrevistados declarou seu veículo como em “mau estado”, por mais que houvesse amassados, pontos de ferrugem e vazamentos de óleo. Como no Questionário de Pesquisa as perguntas sobre conservação estavam duplicadas entre entrevistado e pesquisador, quando houve divergência nas respostas a avaliação seguiu o apontado pelo pesquisador, por haver mais isenção no julgamento do estado do veículo.

A comparação dos dados gerais dos veículos “caso” com os “controle”, apresentados na Figura 37, nos Quadros 7 e 8 e na Figura 38, resultou em alguns pontos interessantes.

Na Figura 37 têm-se os resultados para ruído em circulação, onde se observa uma elevada diferença dos valores de motocicletas “caso” em relação as “controle”, que mostra não haver fundamento para a acusação de condutores e de fabricantes de escapamentos de subjetividade dos agentes de fiscalização de trânsito ao identificar as motocicletas modificadas baseados na percepção de emissão sonora.

Figura 37 – Comparação entre Caso e Controle, quanto a ruído em circulação



No Quadro 7 vê-se que as motocicletas “caso”, com maior emissão sonora, apresentam uma proporção elevada, quase um terço dos veículos, com avaliação de estado de conservação apenas regular, ou seja, há a tendência de o proprietário que não conserva adequadamente seu veículo também não cuidar do excesso de ruído, ao optar pelo escapamento mais ruidoso. De modo inverso, o cuidado do proprietário em conservar sua motocicleta tende a haver como resultado veículos mais silenciosos. Essa relação entre motos mais ruidosas e em pior estado de conservação aparenta indicar problemas maiores que simplesmente a poluição sonora, pois a “conservação regular” pode vir a refletir em freios em mau estado, iluminação falha, folgas na direção e suspensão, assim esta relação precisa ser compreendida de modo mais profundo.

Quadro 7 – Comparação entre Caso e Controle, quanto à conservação

Estado de Conservação	Caso: Ruído Circulação > R. Referência +6 dB(A)	Controle: Ruído Circulação < R. Referência +6 dB(A)
Bom estado	69%	88%
Regular	31%	12%

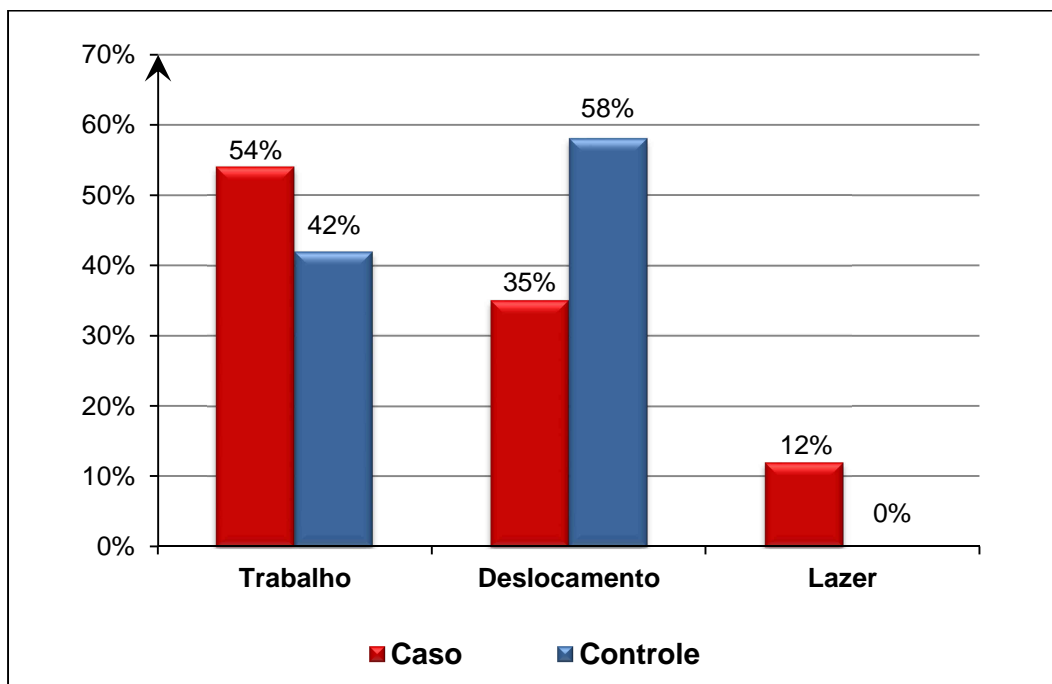
Por outro lado, o Quadro 8 mostra que a intensidade de uso para as motocicletas caso e controle é semelhante, portanto não há como associar a emissão de ruído ao excesso de rodagem ou a idade dos veículos.

Quadro 8 – Comparação entre Caso e Controle, quanto à intensidade de uso

Intensidade de uso	Caso: Ruído Circulação > R. Referência +6 dB(A)	Controle: Ruído Circulação < R. Referência +6 dB(A)
Anos de uso	5,0	4,9
Km/ano	11.747	11.391

A Figura 38 faz uma comparação entre caso e controle quanto à finalidade de uso do veículo, se o proprietário a utiliza a trabalho, como é o caso do motofretista, para deslocamento, ou seja, como substituta do transporte coletivo ou automóvel ou se o uso é predominante para lazer. Nesse ponto, vê-se que as motocicletas mais ruidosas tem predominância de uso para trabalho, menos para deslocamento e ocasionalmente para lazer, já as mais silenciosas tem utilização preferencial para deslocamento, com parcela significativa para trabalho.

Figura 38 – Comparação entre Caso e Controle, quanto à finalidade de uso



3.1.2 CARACTERIZAÇÃO DAS MOTOCICLETAS “CASO”

Em relação às motocicletas “caso”, ou seja, identificadas com emissão de ruído em circulação 6 dB(A) acima do valor médio de referência, 100% delas tinham seu sistema de escape modificado, sendo que prevaleceu quase totalmente o modelo de silencioso “estralador”, observado em 24 veículos (92%), já o “esportivo” e o “boca 8”, uma variação do esportivo, foram constatados em somente duas motocicletas (8%). Essa prevalência, de certo modo, superou a expectativa de ocorrência, pois nos contatos iniciais com lojistas não foi possível caracterizar o quanto cada modelo participa na preferência dos usuários, apenas que “era o mais procurado”.

A emissão do ruído em circulação ficou, em média, 12,8 dB(A) acima do valor de referência. Vinte e uma delas (81%), mesmo a baixa velocidade, produziram ruído acima de 80 dB(A) e, dentre estas, nove (35%) emitiram acima de 85 dB(A), chegando uma delas até mesmo a emitir acima de 90 dB(A).

Como visto no item anterior, a maioria das motocicletas “caso” (54%) são utilizadas para trabalho. Assim, uma porcentagem significativa de motoboys, ao utilizar estes veículos, estão submetidos a níveis elevados de ruído, acima dos 85 dB(A) por períodos de oito ou mais horas diárias, o que é considerado pelo MTE (2014) como atividade insalubre, sem contar que também estão sujeitos a calor, frio, chuva, vibração e radiação solar. O potencial para ocorrência de PAIR é agravado por quatro outros fatores: o capacete amplifica o nível de ruído ambiente, a grande maioria de motoboys são homens, estão sobre um veículo gerador de vibrações e com emissão sonora de timbre agudo, no caso do escapamento “estralador” (ARAÚJO, 2002; DE CONTO, 2009).

Por outro lado, a significativa porcentagem de motocicletas utilizadas para trabalho e com baixos níveis de ruído, aliada a postura dos condutores desses veículos demonstrada durante as entrevistas, de serem contrários ao ruído excessivo por que os prejudica, mostra que esses têm consciência dos problemas causados pela exposição à poluição sonora, portanto não é possível criar uma associação direta do tipo “todo motofretista está exposto ao ruído excessivo e tende a sofrer PAIR”, mas aponta que esta relação precisa ser melhor estudada e compreendida.

Quanto ao ruído parado, que é oficialmente aplicado para determinar a conformidade ou não do veículo aos limites legais, 100% das motocicletas com excesso

de ruído em circulação foram reprovadas no teste, com valores médios 8,5 dB(A) acima do permitido e com todas medições ao menos 10 dB(A) acima do ruído de fundo. Vale lembrar que o limite legal é o valor máximo acrescido de 3 dB(A), portanto a amostra estudada emitiu 11,5 dB(A) a mais que os modelos homologados, valor muito semelhante ao excedente no ruído em circulação, 12,8 dB(A).

Em relação a inspeção veicular realizada na cidade de São Paulo, a SVMA fixou o limite de ruído parado para motocicletas em 99 dB(A) (SVMA, 2013, p. 16), diferente e acima do que o CONAMA especifica na Resolução nº. 298/2009 (IBAMA, 2011, p. 294), do ruído parado mais 3 dB(A). Ao se avaliar as motocicletas amostradas pelo critério da SVMA, 100% delas seriam aprovadas na inspeção veicular, o que representa uma falha grave que haveria neste sistema, caso ainda estivesse em operação em São Paulo.

Por fim, aos condutores das motocicletas “caso” foi perguntado o por quê da escolha deste tipo de escapamento, mais ruidoso. Alguns entrevistados responderam mais de uma razão, de modo que das 26 entrevistas obteve-se 30 respostas, que foram:

- Dá mais segurança para andar no “corredor”: 43%
- Gosto de barulho / gosto deste som: 23%
- A moto “anda mais” (mais desempenho): 17%
- Outros: 17%

A principal razão (segurança) não era esperada, pois houve apenas uma referência isolada a esse assunto em conversas informais e na pesquisa prévia. Os entrevistados alegam que devido à utilização desse tipo de escapamento, mais ruidoso, ao transitar rapidamente entre as faixas de veículos (popularmente chamado de “corredor”) são melhor percebidos pelos demais motoristas e assim estão menos sujeitos aos incidentes de trânsito, como fechadas, sentindo-se mais seguros.

Este potencial de alerta do escapamento “estralador” é limitado, pois conforme LELONG et al. (2014) a projeção sonora do sistema de escape se dá em menor grau para frente, secundariamente para os lados e principalmente para trás e assim apenas colaborará para que os condutores próximos percebam a presença de uma motocicleta com este tipo de escapamento quanto esta estiver ao lado do veículo, o que em algumas situações seria tarde demais. Por outro lado este alerta tem certa eficiência no trânsito da

motocicleta entre veículos e próxima aos pontos cegos, que segundo GREVE et al. (2013) é a situação de acidente mais comum, pois as colisões laterais corresponderam a 48% das ocorrências analisadas, entretanto, se considerar que o condutor está ao lado (e acima) do escapamento, a projeção do ruído que incide sobre o mesmo é intensa, tornando-o a principal vítima de sua própria poluição sonora.

Também a questão do desempenho se mostrou importante, pois fabricantes e usuários indicaram haver ganho no uso de escapamentos modificados, assim foi realizada a medição da potência de uma motocicleta, para comparar o escapamento original com os não originais e comprovar, ou não, esta alegada melhora no desempenho.

3.1.3 CARACTERIZAÇÃO DAS MOTOCICLETAS “CONTROLE”

Em relação às motocicletas “controle”, identificadas com emissão de ruído em circulação abaixo do valor médio de referência mais 6 dB(A), vinte e duas (92%) estavam equipadas com o sistema de escape original de fábrica e duas (8%) com escapamento de reposição similar ao original.

O ruído em circulação ficou, em média, 0,1 dB(A) abaixo do valor de referência e 100% delas ficaram abaixo dos 80 dB(A). No ruído parado, os valores ficaram em média 0,7 dB(A) abaixo do limite, dezesseis (69%) estavam dentro dos limites legais e oito delas (31%) excederam os limites. Essa porcentagem de não aprovadas foi inferior, mas próxima ao encontrado por HARRIS e NELSON (1996), de 40%, sendo que na amostra estudada apenas duas apresentaram uma explicação razoável do não atendimento: em uma era perceptível o ruído de peças soltas dentro do silencioso, provavelmente devido à corrosão, e em outra o proprietário instalou uma válvula na saída dos gases para alterar o som, mas nas outras não aprovadas não foi evidenciado a(s) causa(s) do excesso de ruído, porém deve-se considerar que em metade dos casos de reprovação o excedente sonoro foi pequeno, abaixo de 1 dB(A), sendo um destes casos de escapamento similar ao original.

Quanto ao ano de fabricação das que excederam os limites, metade dos casos, ou seja, quatro delas foram fabricadas em 2005 e 2006, mostrando a relevância do desgaste por uso. Analisando em separado as motocicletas “controle” aprovadas e reprovadas, as

aprovadas estavam em média com nível de ruído 1,8 dB(A) abaixo dos limites legais, um pouco além do esperado, que deveria estar em torno de 3 dB(A) a menos. HARRIS e NELSON (1996) e ABBOTT et al. (2009) indicam três fatores que podem influenciar a emissão sonora, todos de difícil identificação prática, mas com resultados negativos ao longo do tempo: silencioso mal fixado, corrosão ou deterioração pelo uso e danos causados por colisão, assim, há possibilidade de que a degradação interna seja maior que o percebido externamente e leve a reprovação do veículo quanto a emissão sonora, mesmo que excedendo o limite por poucos decibéis.

Em relação a diferença mínima de 10 dB(A) entre o ruído de fundo e o ruído parado, conforme determina da norma ABNT NBR 9714 (ABNT, 2000a), esta condição não foi cumprida por quatro veículos (15%), onde, em todos casos, o ruído parado estava somente 9 dB(A) acima do ruído de fundo. Como o ruído de fundo elevado tende a aumentar o valor do ruído parado e todas essas motocicletas foram aprovadas com folga, entende-se que não houve influência negativa do ruído de fundo elevado nas medições.

Os dados da pesquisa de campo podem então ser resumidos no Quadro 9:

Quadro 9 – Resumo comparativo entre as motocicletas caso e controle

	Caso: Ruído Circulação > R. Referência +6 dB(A)	Controle: Ruído Circulação < R. Referência +6 dB(A)
Diferença Ruído Referência x Ruído Circulação	12,8 dB(A)	-0,1 dB(A)
Ruído Circulação > 80 dB(A)	81%	0%
Ruído Parado excede Ruído de Homologação	100%	31%
Reprovária na Inspeção Veicular da SVMA (Máx. 99 dB(A))	0%	0%
Ruído Parado 10 dB(A) acima do L_{eq}	100%	85%
Diferença Ruído Parado x Ruído Homologação	+8,5 dB(A)	-0,7 dB(A) – geral +1,6 dB(A) – só não ok -1,8 dB(A) – só ok

3.2 MEDIÇÕES COMPLEMENTARES

3.2.1 RÚIDO CONFORME PROCEDIMENTOS NORMATIZADOS

Os três tipos de escapamentos do mercado de reposição, “estralador”, esportivo e similar, foram comparados com o modelo original em uma motocicleta Honda modelo CG Titan 150 2015. Para cada modelo foi realizado o ensaio de ruído em aceleração conforme o determinado na norma ABNT NBR 15145 (ABNT, 2004), com aproximação a 50 km/h, aceleração total e em terceira marcha, calculando o valor médio entre as passagens para cada lado da motocicleta e relatando o mais elevado. O ruído parado seguiu a norma ABNT NBR 9714 (ABNT, 2000a), com o MNS posicionado a 45° e 0,5 m da saída do escapamento, com o motor da motocicleta girando a 4.250 RPM. Foram obtidos os seguintes resultados, expostos no Quadro 10:

Quadro 10 – Comparativo de ruído: escapamento original e não originais

Tipo de Escapamento	Ruído em Aceleração Limite: 77 dB(A) (IBAMA, 2011, p. 85-86)		Ruído Parado Limite: 83,8 dB(A) (MOTO HONDA, 2015)	
	Medido	Diferença entre medição e limite	Medido	Diferença entre medição e limite
Original	75,3	-1,7	82,4	-1,4
Similar	75,7	-1,3	83,8	0
“Estralador”	88,1	+11,1	96,2	+12,4
Esportivo	90,6	+13,6	91,1	+7,3

As medições indicam valores muito próximos aos encontrados na pesquisa de campo, o que aponta para um bom grau de confiabilidade nos dados obtidos.

No caso dos escapamentos original e similar, nesta série de ensaios esses atendem os limites legais, mas com pouca margem para uma futura degradação pelo uso, o que indica que poderão surgir problemas como o encontrado na pesquisa, de reprovação de veículos originais ou com escapamento similar ao original, mesmo sem a intenção do proprietário de que seu veículo seja ruidoso.

Quanto ao “estralador” e o esportivo, estes excederam em muito os limites tanto no ruído em aceleração como no parado. Isto indica que a propaganda realizada pelos fabricantes não é correta ao dizer que os silenciosos por eles fabricados atendem a estes

limites de ruído (PROTORK, 2014, 2015; RONCAR, 2015a, 2015b; SARACHÚ, 2014; TORBAL, 2015).

3.2.2 CONTRIBUIÇÃO NO RUÍDO MÉDIO AMBIENTAL (LEQ)

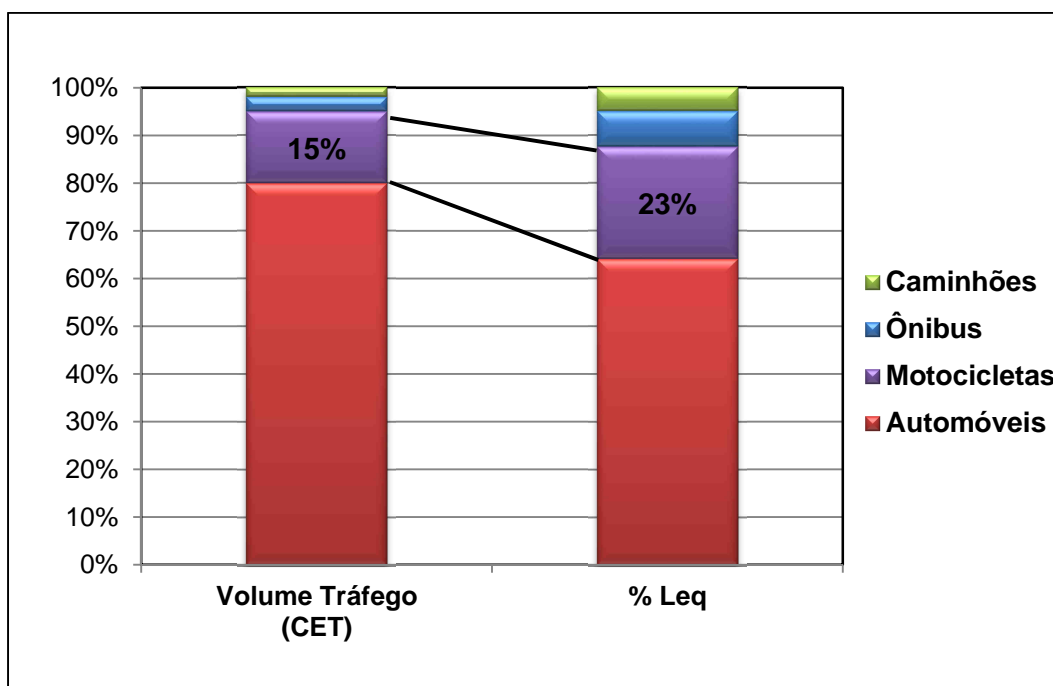
A coleta de dados para a formação do ruído médio ambiental (L_{eq}) foi desenvolvida na Rua Teodoro Sampaio, na altura do Largo da Batata, São Paulo e para a avaliação da ultrapassagem a 80 dB(A) as medições se deram em dois locais diferentes, um ainda na Rua Teodoro Sampaio, altura do Largo da Batata, e outro no cruzamento da Rua Teodoro Sampaio com Avenida Dr. Arnaldo, São Paulo, com os resultados apresentados no Quadro 11:

Quadro 11 – Contribuição no ruído médio ambiental (L_{eq}) por categoria de veículo

Tipo de veículo	Volume Tráfego (CET, 2014)	L_{eq}	% L_{eq}	R. Tráfego > 80 dB(A)
Automóveis	80%	72,6	64%	2%
Motocicletas	15%	75,5	23%	16%
Ônibus	3%	77,5	7%	31%
Caminhões	2%		5%	Não aval.
L_{eq} ponderado (calculado):		73,6	100%	
L_{eq} medido (5 minutos):		73,8		
L_{eq} segundo VIANNA (2014):		74,7		

As contribuições relativas de cada tipo de veículo e, em destaque, a contribuição das motocicletas estão representadas na Figura 39. As motocicletas aparecem como fonte relevante de poluição sonora, pois as medições indicam o L_{eq} destas de um a dois dB(A) acima do L_{eq} geral, que indica que elas contribuem para aumentar o ruído médio urbano, ou seja, quanto mais motocicletas houver em circulação, maior seria o L_{eq} geral, assim, uma projeção de 37% de motocicletas no fluxo viário corresponderia a 50% do ruído urbano, se mantidas as demais variáveis.

Figura 39 – Contribuição relativa no L_{eq} por motocicletas



Em relação à ultrapassagem do valor referência de 80 dB(A), a porcentagem encontrada, de 16%, mostrada no Quadro 11, se mostrou relevante porque a quase totalidade dos veículos acima deste valor eram motocicletas com escapamentos modificados, com algumas exceções de superesportivas ou de grande cilindrada, que indica ser possível reduzir a influência no L_{eq} com a restrição do uso de escapamentos com emissão sonora excessiva.

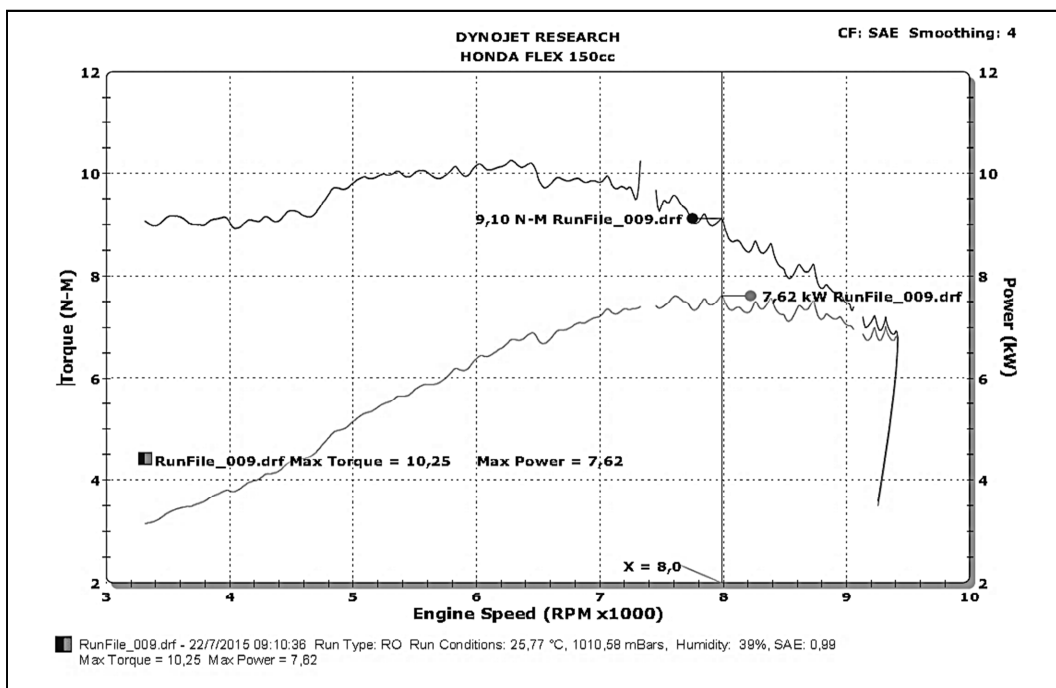
3.2.3 CURVAS DE TORQUE E POTÊNCIA

O teste para determinação das curvas de torque e potência foi executado com uma motocicleta Honda modelo CG 150 Fan 2011 com escapamento original e, na sequência, com os três sistemas de escape não originais em estudo: “estralador”, esportivo e similar ao original. Os resultados obtidos são mostrados nas Figuras 40 a 43.

O gráfico da Figura 40 mostra que o veículo equipado com o escapamento original desenvolveu a potência máxima de 7,62 kW a 8.000 RPM e torque máximo de 10,25 Nm a 6.200 RPM. Como esses valores são medidos no dinamômetro, acionado pela roda da motocicleta, é normal que sejam menores que os divulgados pelos fabricantes, que medem a potência e torque fornecidos diretamente pelo eixo do motor,

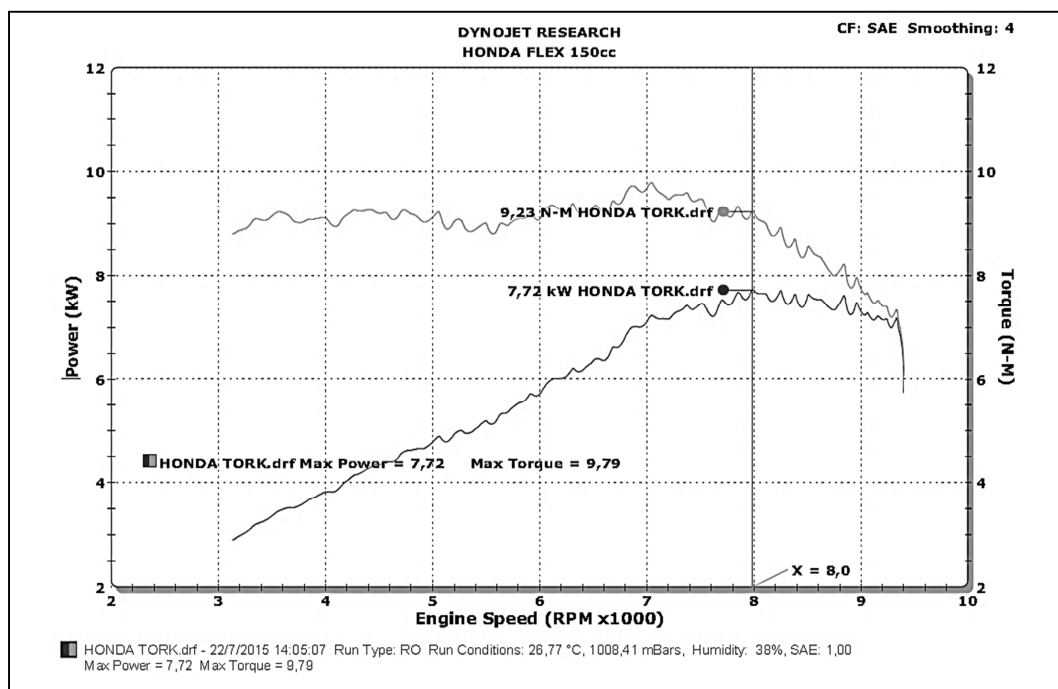
sem as perdas causadas pelos atritos do câmbio, transmissão e pneu. O torque e a potência também podem variar devido a fatores como estado de conservação, limpeza e regulagem do motor em geral e seus componentes, idade do veículo, tipo do óleo lubrificante usado, etc.

Figura 40 – Curvas de torque e potência – escapamento original



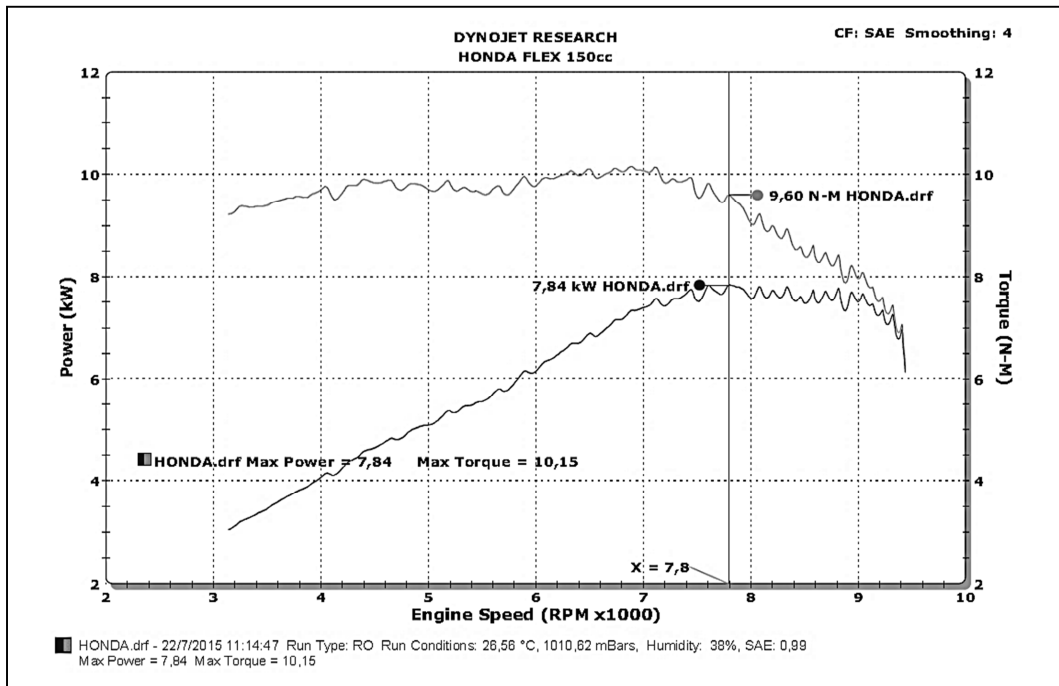
No gráfico da Figura 41 tem-se os resultados da motocicleta equipada com o escapamento similar, que desenvolveu a potência máxima de 7,72 kW a 8.000 RPM, portanto apenas 0,1 kW maior, valor que pode ser entendido como sendo a variação normal entre medições. O torque máximo foi de 9,79 Nm a 7.000 RPM, uma redução de 0,46 Nm, e o perfil da curva de torque, ou seja, como este parâmetro varia ao longo do aumento das rotações, se mostrou ligeiramente mais plana que a original, com menos força em médias rotações, mas não chega a haver diferença significativa entre elas. Este perfil indica que ao dirigir uma motocicleta com este tipo de silencioso o condutor teria que esticar um pouco mais as marchas para obter o mesmo desempenho do original, mas esta mudança não seria percebida pelo usuário menos exigente.

Figura 41 – Curvas de torque e potência – escapamento similar ao original



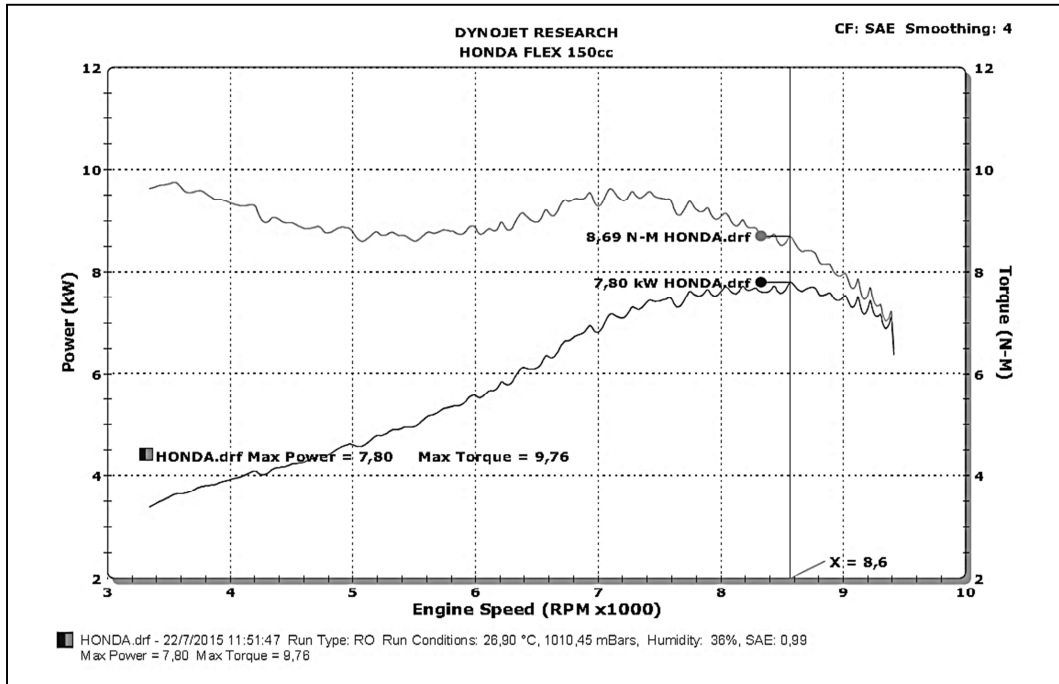
A Figura 42 mostra os resultados da motocicleta testada com o escapamento esportivo, atingindo a potência máxima de 7,84 kW a 7.800 RPM e torque máximo de 10,15 Nm a 7.000 RPM. Apesar dos fabricantes de escapamentos recomendarem “ajustes” (*sic*) no sistema de alimentação de combustível, não foi possível fazer isto no modelo testado por ser equipado com injeção eletrônica, que não permite acesso ou modificações no *software* da central eletrônica que controla o motor (ao menos de modo legal, sem adulterações). Assim, o resultado da potência foi somente 0,22 kW maior, pouco a mais que o original e que não corresponde ao divulgado em material promocional dos fabricantes de escapamentos esportivos (PROTORK, 2015; RONCAR, 2015b; SARACHÚ, 2015; TORBAL, 2015). Quanto ao torque, não houve aumento do valor absoluto e o torque máximo ainda passou a ocorrer em rotação mais elevada, que significa que para ser bem aproveitado, o condutor deve esticar mais as marchas, perdendo rendimento e elasticidade em médias rotações. Portanto, os valores obtidos indicam uma realidade que não condiz com que é divulgado. Para piorar o quadro, esse tipo de escapamento é bem mais ruidoso, mas, para ser melhor utilizado, tende a exigir que o motor gire a rotações maiores, que provoca mais ruído ainda.

Figura 42 – Curvas de torque e potência – escapamento esportivo



O último teste foi realizado com o escapamento “estralador”, que gerou o gráfico mostrado na Figura 43. A motocicleta produziu uma potência máxima de 7,80 kW a 8.600 RPM, apenas 0,18 kW maior, mas gerada a uma rotação maior que o original. O torque máximo foi de 9,76 Nm a 7.000 RPM, redução de 0,49 Nm, e com uma curva que apresentou significativa redução entre 4.000 e 6.000 RPM, assim uma motocicleta que utilize este modelo de escapamento tende a perder força em média rotação para compensar um pouco em alta, que significa menor elasticidade do motor e necessidade de esticar marchas; como o ruído é proporcional à rotação do motor, de modo similar ao escapamento esportivo, este também tende a gerar mais ruído e ter pior dirigibilidade.

Figura 43 – Curvas de torque e potência – escapamento “estralador”



Quadro 12 - Resumo dos resultados de potência e torque por tipo de escapamento

Tipo do escapamento	Potência (kW) @ RPM	Torque (Nm) @ RPM	Observações
Original	7,62 @ 8.000	10,25 @ 6.200	-
Similar ao original	7,72 @ 8.000	9,79 @ 7.000	Varição mínima de potência e torque; torque máximo ocorre em rotação mais alta
Esportivo	7,84 @ 7.800	10,15 @ 7.000	Pequeno aumento de potência; torque máximo ocorre em rotação mais alta
Estralador	7,80 @ 8.600	9,76 @ 7.000	Significativa redução de torque em rotações médias; potência e torque máximos ocorrem em rotações mais altas

CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa confirmou a relação entre o aumento do nível de ruído na condição de tráfego ou em circulação e da emissão sonora medida na condição parado (condição de inspeção), mesmo em condições desfavoráveis como o veículo em baixa velocidade, com alto ruído de fundo e com a flexibilização de alguns pontos dos procedimentos normatizados, e que este nível excessivo está ligado à presença de escapamentos modificados ou não originais.

O método aplicado se mostrou robusto e o critério de classificação de 6 dB(A) acima do ruído médio em circulação demonstrou ser confiável para a identificação de motocicletas modificadas e que emitem ruído acima dos limites de homologação e controle. A grande quantidade de motocicletas modificadas com ruído em circulação acima de 80 dB(A) em contraste com zero veículos originais indica que este critério pode ser utilizado como método alternativo de classificação, com a vantagem de ser mais simples. No entanto, ambos os métodos necessitam da confirmação da emissão sonora excessiva por meio do ruído parado, por ser o procedimento legal para a inspeção de veículos em uso. Por outro lado, a quantidade significativa de escapamentos originais não aprovados, sem uma razão aparente, como modificações ou má conservação, aponta a necessidade de se compreender melhor essa situação.

As medições secundárias confirmaram que os escapamentos não originais, com exceção do modelo similar ao original, estão longe de atender os parâmetros legais de emissão ruído e não trazem benefícios a quem o utiliza, além de uma questionável maior segurança ao transitar entre outros veículos no tráfego urbano intenso, porém são fortes contribuintes para a poluição sonora urbana.

Há fatores agindo de forma conjunta e complementar em grande parcela de motofretistas que favorecem a ocorrência de PAIR, que são o nível excessivo de ruído, o uso profissional da motocicleta por muitas horas seguidas, com capacetes que amplificam o nível sonoro, mais o escapamento com timbre agudo, a presença de vibrações e a suscetibilidade de gênero dos motociclistas, que se caracterizam como um sério problema de saúde ocupacional que precisa ser mais estudado.

O questionamento do uso de escapamentos não originais, além de seu prejuízo na saúde do usuário e da população circundante, também deve levar em consideração

que não há a entrega do prometido ganho de desempenho que os fabricantes divulgam, tendo em vista que os resultados apontam para potência e torque igual ou pior que o original e com comprometimento da dirigibilidade.

Vale aqui uma ressalva: os fabricantes apontam a necessidade de ajustar a carburação para se injetar mais combustível e obter ganho efetivo de potência, porém como todas as motocicletas fabricadas a partir de 2006 tiveram que ser calibradas para restringir a emissões de gases e atender aos requisitos federais do PROMOT (IBAMA, 2011), é sempre possível obter ganho de desempenho ao se alterar a regulagem de fábrica, mesmo sem trocar nenhum componente, porém o veículo poderá emitir mais poluentes, prejudicando o meio ambiente e sujeitando-se a ser reprovado em inspeções veiculares.

Recomenda-se o aprofundamento em alguns temas cuja bibliografia é pouca ou inexistente, mas ainda assim são relevantes no macrocosmo urbano. É necessário ampliar os conhecimentos sobre o efeito do uso de capacete em conjunto com o escapamento modificado, enquanto fonte sonora, em termos do nível total de ruído a que o motociclista está sujeito.

De igual modo, é importante se realizar estudos sobre a incidência de PAIR em motoboys, bem como a influência no ruído urbano e o impacto ambiental total do escapamento não original, pois além do ruído excessivo há a possibilidade de este componente não atender aos requisitos legais de emissões de gases.

Abrindo o horizonte de pesquisa, vê-se que o problema do escapamento modificado pode ser apenas o indicativo de um ponto controverso em um universo maior: a má conservação da motocicleta associada ao escapamento ruidoso, juntamente com o comportamento agressivo de pilotagem e a suscetibilidade do grupo de profissionais, os motoboys, pode requerer uma pesquisa mais ampla, multidisciplinar e que envolva os próprios sujeitos no processo de formular questionamentos e soluções, de forma a alcançar resultados mais eficazes e abrangentes.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, P. G., et al. **In-service vehicle noise measurement – Project Report PPR 384**. Relatório. Berkshire, Inglaterra: Transport Research Laboratory - TRL, 2009. 98 p. Disponível em: <http://www.trl.co.uk/redirect-report-download.aspx?redirect=/umbraco/custom/report_files/PPR384_secure.pdf>. Acesso em 29/abr./2014.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico**. Norma técnica. ABNT: Rio de Janeiro, 1987. 4 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12179 – Tratamento acústico em recintos fechados**. Norma técnica. ABNT: Rio de Janeiro, 1992. 9 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9714 – Veículo rodoviário automotor – Ruído emitido na condição parado**. Norma técnica. ABNT: Rio de Janeiro, 2000a. 6 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10151 – Acústica – Avaliação do ruído em área habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento**. Norma técnica. ABNT: Rio de Janeiro, 2000b. 4 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15145 – Acústica – Medição do ruído emitido por veículos rodoviários automotores em aceleração – método de engenharia**. Norma técnica. ABNT: Rio de Janeiro, 2004. 17 p.

ABRACICLO – Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares. **Anuário da Indústria brasileira de duas rodas 2013**. São Paulo, 2013. 180 p. Disponível em: <<http://www.abraciclo.com.br/anuario-2013>>. Acesso em 19/mar./2014.

ABRACICLO – Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares. **Dados do Setor – Vendas Atacado**. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.abraciclo.com.br/dados-do-setor/38-motocicleta/79-vendas-atacado>>. Acesso em 17/mar./2014.

ABRACICLO – Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares. **Anuário da Indústria brasileira de duas rodas 2015**. São Paulo, 2015. 180 p. Disponível em: <<http://www.abraciclo.com.br/anuario-de-2015>>. Acesso em 21/ago./2015.

ACEM – Association des Constructeurs Européens de Motocycles. **Striving against traffic noise: how powered two-wheelers can contribute.** Bruxelas, Bélgica, 2014. 16 p. Disponível em: <<http://www.acem.eu/index.php/policy-access/environment/noise-reduction>>. Acesso em 30/out./2014.

ARAÚJO, S. A. Perda auditiva induzida pelo ruído em trabalhadores de metalúrgica. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, São Paulo, v. 68, n. 1, p. 47-52, jan./fev. 2002. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rboto/v68n1/8770.pdf>. Acesso em 06/jul./2015.

ASSUMPCÃO, M. Escapamentos esportivos são proibidos ou liberados? **Revista Duas Rodas**. Rio de Janeiro, jun./2009. Disponível em: <<http://www.revistaduasrodas.com.br/site/noticia/visualizar/540>>. Acesso em 26/ago./2014.

BARING, J. G. de A. **Aplicação da norma ABNT NBR 10151:2000 ao controle do ruído do meio ambiente: conceitos, procedimentos e uso de instrumentos de medição.** São Paulo, 2012, 38 p. Apostila do curso Aplicação da Norma ABNT NBR 10151:2000 – ABNT.

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle de ruído.** 2ª edição. São Paulo: Blucher, 2011.

BOER, L. C. den; SCHROTEN, A. **Traffic noise reduction in Europe: Health effects, social costs and policy options to reduce road and rail traffic noise.** Relatório. Delft, Holanda: CE Delft, 2007. 70 p. Disponível em: <http://www.cedelft.eu/publicatie/traffic_noise_reduction_in_europe/821>. Acesso em 06/ago./2015.

BRANCO, G. M. et al. **Relatório de avaliação do programa IM-SP – descritivas e resultados de motocicletas em 2011.** Relatório. São Paulo: Environmentality, jun./2012. 26 p. Disponível em: <http://prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/rel2012_06_avaliacao_de_motociclos_descritivas_resultados_e_impacto_1349884255.pdf>. Acesso em 09/dez./2014.

BRÜEL & KJAER. **2238 Mediator** – Integrating Sound Level Meter – Basic SLM Software BZ 7126 – User manual. Documentação técnica. Naerum, Dinamarca: Brüel & Kjaer, 1999. 165 p. Disponível em:

<<http://exodus.poly.edu/~kurt/manuals/manuals/Other/BRUEL%20&%20KJAER%20238%20Basic%20SLM%20Software.pdf>>. Acesso em 04/ago./2015.

BRÜEL & KJAER. **Environmental Noise**. Brüel & Kjaer, Naerum, Dinamarca: 2001. 69 p. Disponível em: <<http://www.bksv.com/Library/Primers>>. Acesso em 02/abr./2015.

BRUNI, A. C.; BALES, M. **Curvas de intensidade de uso por tipo de veículo automotor da frota da cidade de São Paulo**. Relatório. São Paulo: CETESB, 2013. 68 p.

CALLAI, S. C. **Estudo do ruído causado pelo tráfego de veículos em rodovias com diferentes tipos de revestimentos de pavimentos**. 2011. 93 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

CE – Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. **Diretiva nº 97/24/CE**: Relativa a determinados elementos ou características dos veículos a motor de duas rodas. Eur-lex – legislação e publicações da EU: Genebra, Suíça, 1997, p. 402-467.

CE – Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. **Diretiva nº 2002/49/CE**: Relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. Eur-lex – legislação e publicações da EU: Genebra, Suíça, 2002, p. 12-25.

CE – Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. **Regulamento UE nº 168/2013**: Relativo à homologação e fiscalização do mercado dos veículos de duas ou três rodas e dos quadriciclos. Eur-lex – legislação e publicações da EU: Genebra, Suíça, 2013, 77 p.

CET – Companhia de Engenharia de Tráfego. **Pesquisa de monitoração da fluidez**: desempenho do sistema viário principal, volume e velocidade – 2013. Relatório. São Paulo: CET, 2014. 206 p. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/sobre-a-cet/relatorios-corporativos.aspx>>. Acesso em 29/abr./2015.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Norma Técnica L11.032: Determinação do nível de ruído em ambientes internos e externos de áreas habitadas: método de ensaio**. Norma técnica. CETESB: São Paulo, 1992. 14 p.

CHANG, T., et al. A modified Nordic prediction model of road traffic noise in a Taiwanese city with significant motorcycle traffic. **Science of total environment**, Amsterdã, Holanda, n°. 432, p. 375-381, jul. 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969712008315>>. Acesso em 11/maio/2015.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n° 1:** critérios de padrões de emissões de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política. Legislação. Ministério do Meio Ambiente: Brasília, DF, 18/mar./1990, 1 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=3 &ano=1990>>. Acesso em 31/jul./2015.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **O que é o CONAMA?** Brasília, 2015. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em 08/ago./2015.

CREMONESI, J. F. **Acústica Urbana**. São Paulo, 2015, 62 p. Apresentação de aula do curso Conforto Ambiental Acústico – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

DA COSTA, C. A. et al. - **Barreiras acústicas como medida de mitigação dos ruídos gerados pelo tráfego rodoviário: Setor Noroeste – DF**, Em: 19º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito. Brasília, DF: ANTP – Associação Nacional de Transporte Público, 2013. Disponível em: <http://www.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/10/06/F265F001-9474-4550-B867-DB7758553002.pdf>. Acesso em 14/maio/2014.

DA SILVA, A. S. M. **Acústica Ambiental:** análise do ruído urbano. 2009. 154p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Porto, Portugal.

DE CONTO, J. **Exposição ao ruído e proteção auditiva em moto-taxistas**. 2009. 156 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ETRMA – European Tyre & Rubber Manufacturers Association. **Tyre type approval requirements in detail**. Bruxelas, Bélgica: 2011. Disponível em: <<http://www.etrma.org/tyres/type-approval-requirements/requirements-detailed>>. Acesso em 14/ago./2015.

GREVE, J. M. D. et al. **Causas de acidentes com motociclistas**. Relatório. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2013. 8 p. Disponível em: <<http://www.abraciclo.com.br/downloads/34-seguranca/100-projeto-causa-de-acidentes-com-motociclistas>>. Acesso em 21/ago./2015.

HANSON, D. I. et al. **Tire/pavement noise study**. Relatório. Auburn, Estados Unidos: National Center for Asphalt Technology – NCAT, 2004. 49 p. Disponível em: <<http://www.eng.auburn.edu/files/centers/ncat/reports/2004/rep04-02.pdf>>. Acesso em 29/maio/2015.

HARRIS, G. J.; NELSON, P. M. **In-service noise testing – motorcycles fitted with non-standard and defective exhaust silencers** – unpublished project report PR/SE/188/96 SO30L/VB. Relatório. Berkshire, Inglaterra: Transport Research Laboratory - TRL, 1996. 38 p. Disponível em: <<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2006/wp29grb/07-R41WG-06e.pdf>>. Acesso em 02/mar./2015.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. **Programa de controle de poluição do ar por veículos automotores – Proconve/Promot/Ibama**, 3ª. Edição. Brochura. IBAMA/DIQUA: Brasília, DF, 2011. 584 p. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas-qa/programa-proconve>>. Acesso em 24/jun./2015.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. **Programa SILÊNCIO**. Brasília, 2013. Disponível em: <www.ibama.gov.br/areas-tematicas-qa/programa-silencio>. Acesso em 09/out./2013.

INGOLD, K.; KÖPFLI, M. **Noise pollution in Switzerland: Results of the SonBase National Noise Monitoring Programme**. Relatório. Bern, Suíça: Federal Office for the Environment – FOEN, 2009. 61 p.

IMMA – International Motorcycle Manufacturers Association. **The shared road to safety: a global approach for safer motorcycling**. Genebra, Suíça, 2014. Disponível em: <http://immamotorcycles.org/sites/all/themes/business/media/The_Shared_Road_to_Safety-IMMA_May_2014.pdf?pdf=Imma-Publications>. Acesso em 05/fev./2015.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Portaria nº 544/2012: Requisitos de avaliação da conformidade para pneus novos**. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 29/out./2012, p. 77.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Portaria nº 123/2014**: Requisitos de Avaliação da Conformidade para Componentes Automotivos de Motocicletas, Motonetas, Ciclomotores, Triciclos e Quadriciclos. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 24/mar./2014, p. 94-95.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 362:1998 – Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles – Engineering method**. Norma técnica. ISO: Genebra, Suíça, 1998.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 362-2:2009 – Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles – Engineering method – Part 2: L category**. Norma técnica. ISO: Genebra, Suíça, 2009.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 362-1:2015 – Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles – Engineering method – Part 1: M and N categories**. Norma técnica. ISO: Genebra, Suíça, 2015.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 5130/FDIS – Acoustics – Measurements of sound pressure level emitted by stationary road vehicles**. Norma técnica. ISO: Genebra, Suíça, 2006.

LACERDA, A. et al. Ambiente urbano e percepção da poluição sonora. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v III, nº. 2, jul./dez. 2005, p. 1-13, 2005.

LANG, W. W.; WOOD E. W. (editores) **Noisy motorcycles: an environmental quality-of-life issue**. Relatório. Washington, DC, Estados Unidos: INCE – Institute of Noise Control Engineering of the USA, 2013. 78 p. Disponível em: <<http://inceusa.org/Reports/MotorcyleReport.pdf>>. Acesso em 07/jul./2015.

LELONG, J. et al. Towards a reduction of noise emission of powered two-wheels – part 1. In: INTERNOISE 2014, Melbourne, Australia. **On line conference proceedings**. Melbourne, Australia: Australian Acoustics Society, 2014. Disponível em: <http://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/INTERNOISE2014/papers/p360.pdf>. Acesso em 22/abr./2015.

LU, M.; JEN, M. Target setting and source contribution for sound quality of a motorcycle. In: INTERNOISE 2014, Melbourne, Australia. **On line conference proceedings**. Melbourne, Australia: Australian Acoustics Society, 2014. Disponível em: <http://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/INTERNOISE2014/papers/p70.pdf>. Acesso em 22/abr./2015.

MACHADO, W. D. **Identificação de fontes de ruído externo de um veículo utilizando a técnica de intensidade sonora**. 2003. 135 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MESQUITA, R. V. Mapas do barulho. **Revista Planeta**. São Paulo, edição 499, jun. 2014. Disponível em: <<http://www.revistaplaneta.com.br/mapas-do-barulho/>>. Acesso em: 07/jul./2015.

METRÔ – Companhia do Metropolitano de São Paulo. **Pesquisa de mobilidade da região metropolitana de São Paulo 2012**. Relatório. São Paulo: Companhia do Metropolitano de São Paulo, dez. 2013. Disponível em: <<http://www.metro.sp.gov.br/pdf/mobilidade/pesquisa-mobilidade-2012.pdf>>. Acesso em 20/mar./2014.

MIC – Motorcycle Industry Council. **Noise control foundation roundtable on motorcycle noise**. Relatório. Washington, DC, Estados Unidos: INCE-USA, 2012. Disponível em: <www.incefoundation.org/motorcycles/MIC.pdf>. Acesso em 29/maio/2015.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários 2013**. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Inventario_de_Emissoes_por_Veiculos_Rodoviaros_2013.pdf>. Acesso em 04/jan./2016.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Promot – programa de controle da poluição do ar por motocicletas e veículos similares**. Brasília, 2014. Disponível em: <www.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/promot_163.pdf>. Acesso em 10/set./2014.

MOHAMMAD, H. E. et al. Noise pollution in urban environments: a study in Yazd City, Iran. **Polish Journal of Environmental Studies**, Olsztyn, Polônia, vol. 21, n° 4, p. 1095 – 1100. 2012. Disponível em: <<http://www.pjoes.com/abstracts/2012/Vol21/No04/35.html>>. Acesso em: 09/jun./2015.

MOTO HONDA DA AMAZÔNIA LTDA. **Nível de ruído**. Manaus, 2015. Disponível em: <<http://www.honda.com.br/motos/Paginas/Default.aspx>>. Acesso em 22/jun./2015.

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 15: Atividades e operações insalubres**, atualizada em 13/08/2014. Brasília, 2014. Disponível em:

<<http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-15-1.htm>>. Acesso em 28/set./2015.

MUIRHEAD, M. et al. **Proposals for in-service exhaust noise testing – Project Report PPR 506**. Relatório. Berkshire, Inglaterra: Transport Research Laboratory - TRL, 2010. 54 p. Disponível em: <http://www.trl.co.uk/redirect-report-download.aspx?redirect=/umbraco/custom/report_files/PPR506.pdf>. Acesso em 08/set./2015.

MURGEL, E. **Fundamentos de acústica ambiental**. São Paulo: SENAC, 2007.

NAE – National Academy of Engineering. **Technology of a quieter America**. Washington, DC, Estados Unidos: The National Academy Press, 2010. 211 p. Disponível em: <https://www.nap.edu/download.php?record_id=12928#>. Acesso em 01/jun./2015.

NICOLINI, A. **La normativa di riferimento sul rumore**. 2009. 54 p. Apresentação de aula do Dipartimento di Ingegneria Industriale, sezione di Fisica Tecnica – Università degli Studi di Perugia, Perugia, Itália. Disponível em: <http://www.crbnet.it/FisicaTecnica/didattica/lezioni/fisica_tecnica_Nicolini/Normativa_Rumore.pdf>. Acesso em 16/jan./2014.

PAUL, S. **Introdução ao ruído rodoviário**. INAD 2015 – Dia internacional da conscientização sobre o ruído. Joinville, 2015. Disponível em: <http://www.inadbrasil.org/wp-content/uploads/2015/04/INAD2015_RuidoRodoviario.pdf>. Acesso em 07/jul./2015.

PAVIOTTI, M.; VOGIATZIS, K. On the outdoor annoyance from scooter and motorbike noise in the urban environment. **Science of total environment**, Amsterdã, Holanda, n°. 430, p. 223-230, jun. 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969712006560>>. Acesso em 20/jul./2015.

PETIAN, A. **Incômodo em relação ao ruído urbano entre trabalhadores de estabelecimentos comerciais no município de São Paulo**. 2008. 126 p. Tese (Doutorado em Patologia) – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo.

PIMENTEL-SOUZA, F. **A poluição ataca traiçoeiramente o corpo**. Belo Horizonte, 1992, p. 24-26. Apostila "Meio Ambiente em Diversos Enfoques", "Projeto Jambreiro" – Associação Mineira de Defesa do Meio Ambiente (AMDA), Secretaria Municipal do

Meio Ambiente, Secretaria Municipal da Educação. Disponível em:
<<http://labs.icb.ufmg.br/lpf/2-14.html>>. Acesso em 28/nov./2015.

PINTO, F. R. de T. **Você tem uma moto ou uma Harley?** Vínculos com a marca Harley-Davidson em São Paulo. 2011. 203 p. Tese (Doutorado em Antropologia Social) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PROTORK. **Carta regulamentadora dos escapamentos Protork.** Siqueira Campos, 2014. Disponível em: <<http://www.protork.com/downloads#documentos>>. Acesso em 26/ago./2014.

PROTORK. **Catálogo oficial de produtos 2014 / 2015.** Siqueira Campos, 2015. Disponível em: <http://www.protork.com/download_f/catalogo/catalogo-protork.pdf>. Acesso em 26/fev./2015.

RODRIGUES, F. **Metodologia para investigação de relação entre ruído de tráfego e condições operacionais do fluxo em centros urbanos.** 2010. 283 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – UFRJ, Rio de Janeiro.

RONCAR. **Perguntas frequentes.** Ribeirão Preto, 2015a. Disponível em:
<http://www.roncar.com.br/atendimento/pergunta_frequente.aspx?loja=725>. Acesso em 28/jan./2015.

RONCAR. **Catálogo on line.** Ribeirão Preto, 2015b. Disponível em:
<http://www.roncar.com.br/produto/detalhe_produto.aspx?loja=725&produto=6822&desc=aluminium-redondo-cromado-cg-150-titan-ks/es-2009/...-fan-150-2009-150-mix-es>. Acesso em 29/ago./2015.

SANDBERG, U. **Noise emissions of road vehicles effect of regulations:** final report 01-1. Relatório. Linköping, Suécia: International Institute of Noise Control Engineering – I-INCE, 2001. 56 p.

SARACHÚ. **Legislação sobre ruído.** São Paulo, 2014. Disponível em:
<<http://www.sarachu.com.br/legislacao-sobre-ruído.html>>. Acesso em 26/ago./2014.

SARACHÚ. **Catálogo on line.** São Paulo, 2015. Disponível em:
<<http://www.sarachu.com.br/cg-150-titan-esd-2004-2008-escapamento-preto-c-ponteira-aluminio-redonda.html#.VeHfUX3R YoM>>. Acesso em 29/ago./2015.

SCHMIDT, D. E. **Impacto do programa de controle de ruído veicular**. Brochura. CETESB: São Paulo, 1992. 28 p.

SEERIG, L. M. **Motociclistas: perfil, prevalência de uso da moto e acidentes de trânsito – estudo base-populacional**. 2012. 105 p. Dissertação (Mestrado em Epidemiologia) – Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SELIGMAN, J. Efeitos não auditivos e aspectos psicossociais no indivíduo submetido a ruído intenso. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, São Paulo, vol. 59, Ed. 4, outubro-dezembro de 1993, p. 257-259.

SIEMENS. **Standards and regulations in pass-by noise testing**. Siemens PLM Software, 2014. Disponível em: <http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/lms/testing/acoustics/pass-by-noise-testing.shtml#lightview-close>. Acesso em 07/ago./2015

SOUZA, J. M. P. de **Estudos de caso-controle**. Brasília: Organização Pan-americana da Saúde / Fundação Nacional da Saúde, 1997, 235 p.

SVMA – Secretaria do Verde e Meio Ambiente da Prefeitura da cidade de São Paulo. **Portaria nº 009/SVMA-G/2013**: Estabelece objeto da inspeção veicular anual tratado no programa de inspeção e manutenção de veículos em uso – I/M-SP. Legislação. Diário Oficial da cidade de São Paulo: São Paulo, 29/jan./2013, p. 20-25.

THIVANT, M. et al. Towards a reduction of noise emission of powered two-wheels – part 2. In: INTERNOISE 2014, Melbourne, Australia. **On line conference proceedings**. Melbourne, Australia: Australian Acoustics Society, 2014. Disponível em: <http://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/INTERNOISE2014/papers/p363.pdf>. Acesso em 22/abr./2015.

TORBAL. **Dúvidas**. Itaquaquecetuba, 2015. Disponível em: <<http://www.torbal.com.br/duvidas.html>>. Acesso em 31/ago./2015.

UFMS – Universidade Federal de Santa Maria. **Psicoacústica**. Santa Maria, 2015. Disponível em: <<http://www.eac.ufsm.br/pesquisa/qualidade-sonora>>. Acesso em 28/ago./2015.

UNECE – Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa – Ministry of land, infrastructure and transport, Japan. **Measures taken against motor vehicle exhaust noise pollution in Japan – Informal Document No. GRB-40-2.** Relatório. Genebra, Suíça: UNECE, 2004. 10 p. Disponível em: <<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2004/wp29grb/TRANS-WP29-GRB-40-02e.pdf>>. Acesso em 07/jul./2015.

UNECE – Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa – RWTÜV Fahrzeug GmbH Institute for vehicle technology. **Motorcycle noise emission – Informal Document No. GRB-41-10.** Relatório. Genebra, Suíça: UNECE, 2005. 11 p. Disponível em: <<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2005/wp29grb/TRANS-WP29-RB-41-inf10e.ppt>>. Acesso em 07/jul./2015.

UNECE – Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa – Ministry of the environment, Japan. **Current framework of vehicle noise regulation in Japan – Informal Document GRB-56-18.** Relatório. Genebra, Suíça: UNECE, 2012a. 36 p. Disponível em: <<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/wp29grb/ECE-TRANS-WP29-GRB-56-inf18e.pdf>>. Acesso em 25/mar./2014.

UNECE – Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa. **Adendum 40: Regulation n.º. 41 – revision 2:** Uniform provisions concerning the approval of motor cycles with regard to noise. Legislação. Genebra, Suíça, 14/08/2012b. Disponível em: <<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs41-60.html>>. Acesso em 21/jul./2015.

UNECE – Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa – CEDR – Conference of European directors of roads. **Traffic noise and motorway pavements – Informal Document GRB-61-16.** Relatório. Genebra, Suíça: UNECE, 2015a. 24 p. Disponível em: <<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2015/wp29grb/GRB-61-17e.pdf>>. Acesso em 13/ago./2015.

UNECE – Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa. **WP.29 – Introduction.** Genebra, Suíça, 2015b. Disponível em: <<http://www.unece.org/trans/main/wp29/introduction.html>>. Acesso em 07/set./2015.

UNECE – Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa. **Addendum 50 – Regulation n.º. 51 – revision 3:** Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles having at least four wheels with regard their sound emissions. Legislação. Genebra, Suíça, 05/fev./2016. Disponível em: <<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs41-60.html>>. Acesso em 17/mar./2016.

UOL. **Enquete: Qual ruído urbano é o mais irritante?** São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/enquetes/2013/09/16/qual-ruído-urbano-e-o-mais-irritante.htm>>. Acesso em 06/ago./2015.

VASCONCELLOS, E. A. O custo social da motocicleta no Brasil. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, São Paulo, ano 30/31, p. 127-142, 3º e 4º trimestres, 2008.

VIANNA, K. M. P. **Poluição sonora no município de São Paulo: avaliação do ruído e o impacto da exposição na saúde da população.** 2014. 145 p. Tese (Doutorado em Epidemiologia) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.

WHO – World Health Organization. **Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe.** Copenhagen, Dinamarca, 2011. 126 p. Disponível em: <http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf>. Acesso em 20/jul./2015.

YAMAHA MOTOR DO BRASIL LTDA. **Limite de emissão de ruído.** Guarulhos, 2015. Disponível em: <<http://www.yamaha-motor.com.br/>>. Acesso em 22/jun./2015.

ZANNIN, P. H. T. et al. Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba, PR. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, ago. 2002, vol. 36, n. 4, p. 521-524. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102002000400020&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 05/ago./2015.

ZANNIN, P. H. T. Aspects of urban noise pollution in a large Brazilian city. Artigo. **Noise & Vibration Worldwide**, Brentwood, Inglaterra, nov. 2003, vol. 34, p. 16-22. Disponível em: <<http://nvw.sagepub.com/content/34/10/16.full.pdf+html>>. Acesso em 17/jan./2014.

GLOSSÁRIO

Cilindrada – volume total deslocado pelo(s) pistão(s) de um motor, geralmente expresso em centímetros cúbicos (cm³). A potência do motor é diretamente influenciada pela cilindrada.

Conjunto motriz – sistema que realiza propriamente a movimentação do veículo, composto de motor, câmbio e transmissão.

CVT – *Continuously Variable Transmission* – sistema de câmbio com polias e correia, ao invés das tradicionais engrenagens, permite a variação contínua da relação de transmissão, com melhor aproveitamento da energia do motor. É um tipo de câmbio automático muito utilizado em scooters.

Escapamento – vide *sistema de escape*.

Esticar as marchas – comportamento de condução que procura utilizar o motor em regimes de rotação elevados, normalmente próximos da rotação de potência máxima.

Marcha lenta – situação onde o motor não recebe nenhum acionamento do acelerador, resultando na menor rotação de funcionamento do mesmo.

Potência – capacidade do motor do veículo de gerar trabalho, medido em quilowatts (kW) ou cavalos-vapor (CV). A potência é calculada em função direta do torque e da rotação em que o motor gira.

RPM – rotações por minuto – quantidade de giros do motor no período de um minuto.

Rotação de potência máxima – rotação na qual o motor desenvolve sua maior potência, na maioria das vezes próxima, mas abaixo da rotação máxima.

Scooter – motocicleta de baixa-média cilindrada com câmbio automático e com o condutor pilotando na posição sentada, diferente das motocicletas em que o condutor vai montado, privilegia o conforto e tem foco de utilização em vias urbanas.

Silencioso – componente intermediário ou final do sistema de escape com a função de reduzir o ruído provocado pelos gases, através de câmaras de ressonância ou de elementos fibrosos, como lã de vidro.

Sistema de escape – tubulação que sai do motor e conduz os gases de combustão para o meio ambiente, também com a função de reduzir o ruído provocado pela exaustão dos gases.

Torque – força que o motor possui, a ser aplicado na transmissão e roda, expresso em Newtons-metro (Nm) ou quilogramas-força-metro (kgfm).

Veículo leve – veículo automotor de massa até 2.720 kg, projetado para o transporte de até 12 passageiros ou carga, como automóveis, vans e picapes.

Veículo pesado – veículo automotor acima de 2.720 kg, projetado para o transporte de passageiros ou carga, como ônibus e caminhões.

WOT – *Wide Open Throttle* – Abertura plena da borboleta – situação quando o acelerador do veículo é acionado até o fim de seu curso, resultando na abertura total da borboleta (válvula) que controla a admissão do fluxo de ar para o motor, para a máxima aceleração possível do motor.



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Projeto: Influência de modificações no sistema de escape de motocicletas na emissão de ruído

Pesquisador Responsável: André Luiz Silva Forcetto

Este projeto tem o objetivo de avaliar o nível de ruído emitido por escapamentos originais e não originais de motocicletas, tanto em movimento como em situação de inspeção veicular (parado).

Para tanto será necessário realizar os seguintes procedimentos:

- Medir por cinco minutos o nível de ruído médio das motocicletas em circulação no local de pesquisa para base de comparação.
- Medir o nível de ruído da motocicleta selecionada para a pesquisa em movimento, ao se aproximar ou se retirar do local da pesquisa.
- Medir o nível de ruído da mesma motocicleta parada, conforme o procedimento de inspeção veicular: acelerar o motor até rotação determinada pelo fabricante no Manual do Proprietário e medir o ruído a 50 cm da saída do escapamento, por três vezes.
- Avaliar o veículo nos seguintes pontos: marca, modelo, ano de fabricação, quilometragem, estado de conservação geral e originalidade do sistema de escape.

Durante a execução do projeto os riscos ao sujeito e ao veículo são mínimos, devido ao acionamento e aceleração do motor com o veículo parado.

As seguintes precauções devem ser tomadas:

- Cabe ao condutor do veículo a aceleração da motocicleta na rotação estabelecida pelo fabricante. O pesquisador pode orientar a execução, mas não deve operar o veículo.
- O condutor do veículo não deve acelerar a motocicleta com rotação excessiva para evitar danos ao motor.
- O condutor não deve se aproximar de nenhuma parte aquecida da motocicleta, cabendo ao pesquisador a medição nas proximidades do escapamento.

Após ler e receber explicações sobre a pesquisa, e ter meus direitos de:

1. Receber resposta a qualquer pergunta e esclarecimento sobre os procedimentos, riscos, benefícios e outros relacionados à pesquisa;
2. Retirar o consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo;

3. Não ser identificado e ser mantido o caráter confidencial das informações relacionadas à privacidade.
4. Receber uma via deste termo de consentimento livre e esclarecido.
5. Procurar esclarecimentos com o Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, sito à Av. Dr. Arnaldo, 715, Cerqueira César – CEP 01246-904, São Paulo, SP – Telefone: (11) 3061-7779 – e-mail: coep@fsp.usp.br, em caso de dúvidas ou notificação de acontecimentos não previstos.

Declaro que concordo em participar desta pesquisa e que me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

São Paulo, _____ de _____ de _____.

Nome do sujeito/ ou do responsável: _____

Assinatura: _____

Eu, *André Luiz Silva Forcetto*, declaro que forneci todas as informações referentes ao projeto ao participante e/ou responsável.

_____ Data: __/__/__. Telefone: (11) 97017-9755

APÊNDICE C – DADOS DE MEDIÇÕES DE CAMPO

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	GERAL													
2						24	46%	Desloc.						
3			Honda	65%		25	48%	Trab.						
4			Yamaha	35%		3	6%	Lazer					Tipo:	
5				Anos Uso:		Km médio:	Km/ano média:		Bom	79%		92%	Estralador	
6				4,9		42.732	11561,2		Reg.	21%		8%	Doutros	
7	Motocicletas > 6 dB(A)													
8						9	35%	Desloc.						
9			Honda	69%		14	54%	Trab.						> 85 dB(A)
10			Yamaha	31%		3	12%	Lazer						35%
11				Anos Uso:		Km médio:	Km/ano média:		Bom	69%				> 80 dB(A)
12				5,0		49.296	11746,9		Reg.	31%				81%
13	Medição n°.	Data	Fabricante	Modelo	Ano	Km	Km/ano	Utiliz.	Estado conserv.	Tipo Escap/to	Cond. M / F	Leq	Ruído referência	Ruído Circulação
14	27	18/jun	Yamaha	YBR 125	2008	85.100	-	Trab.	Bom	Estralador	M	-	69,1	80,1
15	33	20/jun	Yamaha	YBR 125	2006	77.700	-	Trab.	Reg.	Estralador	M	-	70,2	85,4
16	1	15/mai	Yamaha	Factor 125	2010	38.000	7600,0	Trab.	Bom	Estralador	M	70,2	70,4	85,4
17	3	15/mai	Honda	CG 125	2008	80.000	11428,6	Trab.	Reg.	Estralador	M	70,2	70,4	83,4
18	5	23/mai	Honda	Fan 125	2011	44.000	11000,0	Desloc.	Bom	Estralador	M	68,5	70,0	82,6
19	7	23/mai	Honda	Fan 125	2010	9.600	1920,0	Desloc.	Bom	Estralador	M	68,5	70,0	78,3
20	9	23/mai	Honda	CG 125	2009	37.900	6316,7	Desloc.	Bom	Estralador	M	68,5	70,0	81,2
21	11	30/mai	Honda	Titan 150	2008	n/a	n/a	Trab.	Reg.	Estralador	M	71,5	72,0	83,4
22	13	30/mai	Honda	Titan 150	2005	116.000	11600,0	Trab.	Bom	Estralador	M	71,5	72,0	80,2
23	15	30/mai	Yamaha	Factor 125	2014	12.200	12200,0	Lazer	Reg.	Estralador	M	71,5	72,0	89,7
24	17	30/mai	Honda	Fan 150	2013	34.600	17300,0	Desloc.	Bom	Estralador	M	71,5	72,0	79,2
25	19	05/jun	Honda	Fan 125	2013	n/a	n/a	Trab.	Bom	Estralador	M	70,1	70,2	88,6
26	21	05/jun	Honda	Fan 125	2007	67.900	8487,5	Lazer	Bom	Estralador	M	70,1	70,2	79,5
27	23	05/jun	Honda	Titan 150	2008	37.500	5357,1	Trab.	Bom	Esporrivo	M	70,1	70,2	78,7
28	25	13/jun	Yamaha	YBR 125	2004	77.900	7081,8	Desloc.	Bom	Estralador	M	71,4	69,1	80,8
29	29	20/jun	Yamaha	Factor 125	2014	8.300	8300,0	Desloc.	Bom	Estralador	M	69,7	69,7	86,6
30	31	20/jun	Honda	Titan 150	2010	32.700	6540,0	Trab.	Bom	Estralador	M	69,7	69,7	87,7
31	35	26/jun	Honda	Fan 125	2011	50.000	12500,0	Trab.	Reg.	Estralador	M	69,6	70,9	87,0
32	37	26/jun	Honda	Fan 125	2008	n/a	n/a	Trab.	Reg.	Estralador	M	69,6	70,9	81,4
33	39	27/jun	Honda	Fan 150	2013	47.700	23850,0	Trab.	Bom	Estralador	M	69,1	70,6	89,1
34	41	27/jun	Honda	Titan 150	2007	151.000	18875,0	Trab.	Reg.	Estralador	M	69,1	70,6	81,2
35	43	27/jun	Yamaha	YBR 125	2008	77.900	11128,6	Trab.	Bom	Estralador	M	69,1	70,6	81,3
36	45	18/jul	Honda	Fan 125	2008	83.000	11857,1	Lazer	Bom	Estralador	M	69,4	71,5	79,9
37	47	31/jul	Yamaha	Factor 125	2014	19.600	19600,0	Trab.	Bom	Estralador	M	72,4	70,7	80,7
38	49	31/jul	Honda	Fan 125	2008	27.900	3365,7	Desloc.	Reg.	Estralador	M	72,4	70,7	83,6
39	51	01/ago	Yamaha	Factor 125	2013	27.000	13500,0	Desloc.	Reg.	Boca 8	M	70,7	71,2	87,3
40	53	01/ago	Yamaha	Factor 125	2014	26.400	26400,0	Desloc.	Bom	Estralador	M	70,7	71,2	90,6
41	55	01/ago	Honda	Fan 150	2013	26.700	13350,0	Trab.	Bom	Estralador	M	70,7	71,2	84,1
42														
43													Média:	83,5
44														

	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
GERAL											
Motocicletas > 6 dB(A)											
							Segur. p/corredor	43%	13	Tem	
							Gosta de barulho / gosta d	23%	7	resposta	
							Anda mais	17%	5	com 2	
							Outros:	17%	5	motivos	
Dif. Circul. Média:				Dif. Lim.	N-Ok		Total de motivos:		30		
12,8				8,5	100%						
Dif ref x circul.	Lim. Ruído Parado	R. Parado Medido	Dif lim x parado	Ok / Não Ok	Porque escolheu este escape?	Dif Leq x parado <10 dB					< 99 dB(A)
11,9	80,6	87,3	6,7		Segur. p/corredor	-	NÃO			ERRO NO RPM	
15,2	80,6	80,2	9,6		Comprou a moto assim	-	NÃO			ERRO NO RPM	
15,0	77,4	92,9	15,5	N-Ok	Segur. p/corredor	23	NÃO				Ok
13,0	82,7	92,0	9,3	N-Ok	Outros: Era o que tinha	22	NÃO				Ok
12,6	82,6	90,3	7,7	N-Ok	Segur. p/corredor	22	NÃO				Ok
8,3	82,0	88,9	6,9	N-Ok	Anda mais, Segur. p/corre	20	NÃO				Ok
11,2	82,0	88,7	6,7	N-Ok	Segur. p/corredor	20	NÃO				Ok
11,4	82,8	89,3	6,5	N-Ok	Segur. p/corredor	18	NÃO				Ok
8,2	82,8	89,3	6,5	N-Ok	Outros: Econ. Gasol., Seg	18	NÃO				Ok
17,7	81,8	89,8	8,0	N-Ok	Segur. p/corredor	18	NÃO				Ok
7,2	83,8	92,7	8,9	N-Ok	Segur. p/corredor	21	NÃO				Ok
18,4	82,6	93,3	10,7	N-Ok	Gosta de barulho	23	NÃO				Ok
9,3	82,7	89,2	6,5	N-Ok	Gosta de barulho	19	NÃO				Ok
8,5	82,8	93,8	11,0	N-Ok	Segur. p/corredor	24	NÃO				Ok
11,7	82,5	91,8	9,3	N-Ok	Segur. p/corredor	20	NÃO				Ok
16,9	81,8	85,7	3,9	N-Ok	Gosta de barulho	16	NÃO				Ok
18,0	84,9	93,4	8,5	N-Ok	Segur. p/corredor	24	NÃO				Ok
16,1	82,6	92,8	10,2	N-Ok	Anda mais	23	NÃO				Ok
10,5	82,7	91,2	8,5	N-Ok	Outros: Mais barato	22	NÃO				Ok
18,5	83,8	97,5	13,7	N-Ok	Anda mais	28	NÃO				Ok
10,6	82,8	91,5	8,7	N-Ok	Anda mais	22	NÃO				Ok
10,7	80,6	85,1	4,5	N-Ok	Segur. p/corredor	16	NÃO				Ok
8,4	82,7	87,2	4,5	N-Ok	Gosta do som	18	NÃO				Ok
10,0	81,8	92,4	10,6	N-Ok	Gosta do som	20	NÃO				Ok
12,9	82,7	88,8	6,1	N-Ok	Gosta de barulho / anda m	16	NÃO				Ok
16,1	80,7	91,3	10,6	N-Ok	Gosta do som / segur. p/cor	21	NÃO				Ok
19,4	81,8	91,8	10,0	N-Ok	Outros: comprou assim, vs	21	NÃO				Ok
12,9	83,8	90,5	6,7	N-Ok	Outros: Era o que tinha	20	NÃO				Ok

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
46	Motocicletas < 6 dB(A)											
47							58%	Desloc.				
48			Honda	62%			42%	Trab.	Bom	88%		
49			Yamaha	38%			0%	Lazer	Reg.	12%		
50			Anos Uso:			Km médio:	Km/ano média:					
51					4,9	36.694	11390,5					
52	Medição nº.	Data	Fabricante	Modelo	Ano	Km		Utiliz.	Estado conserv.	Tipo Escapito	Cond. M / F	Leq
53	28	18/jun	Honda	Titan 150	2011	67.100		Trab.	Bom	Original	M	-
54	34	20/jun	Honda	Fan 150	2016	3.200		Trab.	Bom	Original	M	-
55	2	15/mar	Honda	CG 125	2009	43.000	7166,7	Desloc.	Bom	Original	M	70,2
56	4	15/mar	Yamaha	Factor 125	2014	5.000	5000,0	Trab.	Bom	Original	M	70,2
57	6	23/mar	Honda	Titan 150	2009	n/a		Desloc.	Reg.	Original	M	68,5
58	8	23/mar	Honda	Titan 150	2005	32.600	3260,0	Trab.	Bom	Original	M	68,5
59	10	23/mar	Yamaha	Factor 125	2012	24.800	8266,7	Desloc.	Bom	Similar	M	68,5
60	12	30/mar	Honda	Fan 150	2014	3.540	3540,0	Desloc.	Bom	Original	M	71,5
61	14	30/mar	Honda	Fan 125	2006	23.800	2644,4	Desloc.	Reg.	Similar	M	71,5
62	16	30/mar	Honda	Fan 150	2014	16.600	16600,0	Trab.	Bom	Original	M	71,5
63	18	30/mar	Honda	Titan 150	2006	70.300	7811,1	Trab.	Reg.	Original	M	71,5
64	20	05/jun	Yamaha	Factor 125	2015	43.600	87200,0	Trab.	Bom	Original	M	70,1
65	22	05/jun	Yamaha	YBR 125	2008	28.700	4100,0	Trab.	Bom	Original	M	70,1
66	24	05/jun	Yamaha	Factor 125	2012	27.100	9033,3	Trab.	Bom	Original	M	70,1
67	26	13/jun	Honda	Fan 150	2012	14.400	4800,0	Desloc.	Bom	Original	M	71,4
68	30	20/jun	Yamaha	Factor 125	2015	700	1400,0	Desloc.	Bom	Original	M	69,7
69	32	20/jun	Yamaha	YBR 125	2005	85.600	8560,0	Trab.	Bom	Original	M	69,7
70	36	26/jun	Honda	Fan 150	2011	79.100	19775,0	Desloc.	Bom	Original	M	69,6
71	38	26/jun	Yamaha	Factor 125	2014	13.700	13700,0	Desloc.	Bom	Original	M	69,6
72	40	27/jun	Honda	Titan 150	2006	56.000	6222,2	Desloc.	Bom	Original	M	69,1
73	42	27/jun	Honda	Cargo 125	2011	28.200	7050,0	Trab.	Bom	Original	M	69,1
74	44	27/jun	Yamaha	YBR 125	2007	23.800	2975,0	Desloc.	Bom	Original	M	69,1
75	46	18/jul	Yamaha	Factor 125	2015	4.000	8000,0	Desloc.	Bom	Original	M	69,4
76	48	31/jul	Honda	Fan 150	2014	24.500	24500,0	Trab.	Bom	Original	M	72,4
77	50	31/jul	Honda	Fan 150	2013	15.000	7500,0	Desloc.	Bom	Original	M	72,4
78	52	01/ago	Honda	Titan 150	2006	107.100	11900,0	Desloc.	Bom	Original	M	70,7
79	54	01/ago	Honda	Titan 150	2004	94.900	8627,3	Trab.	Bom	Original	M	70,7
80	56	01/ago	Honda	Titan 150	2005	51.300	5130,0	Desloc.	Bom	Original	M	70,7
81												
82												
83												Des

Dados Gerais

Gráficos

L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
Motocicletas < 6 dB(A)										
						Dif. Lim. Ok:	-1,8	Dif Leq a parado < 10 dB		
Dif. Circul. Média:			Dif. Lim. Não Ok:	1,6	N-Ok	%				
			Dif. Lim. GERAL:	-0,7	31%					
eq	Ruído referência	Ruído Circulação	Dif ref a circul.	Lim. Ruído Parado	R. Parado Medido	Dif lim a parado	Ok / Não Ok	Observações	Dif	< 10 dB?
-	69,1	70,2	1,2	82,8	82,9	-1,8	-	Erro na medição do caso (n° 27)		
-	70,2	71,4	1,2	82,8	82,9	-1,6	-	Erro na medição do caso (n° 33)		
3,2	70,4	71,4	1,0	82,0	82,9	0,9	N-Ok		13	NÃO
3,2	70,4	69,8	-0,6	81,8	79,6	-2,2	Ok		9	SIM
3,5	70,0	71,0	1,0	84,9	88,0	3,1	N-Ok		20	NÃO
3,5	70,0	69,1	-0,9	82,8	82,7	-0,1	Ok		14	NÃO
3,5	70,0	68,3	-1,7	80,7	79,7	-1,0	Ok		11	NÃO
1,5	72,0	73,0	1,0	83,8	82,1	-1,7	Ok		11	NÃO
1,5	72,0	72,0	0,0	82,7	83,2	0,5	N-Ok		12	NÃO
1,5	72,0	71,7	-0,3	83,8	83,0	-0,8	Ok		12	NÃO
1,5	72,0	71,7	-0,3	82,8	83,3	0,5	N-Ok		12	NÃO
0,1	70,2	68,9	-1,3	81,8	79,6	-2,2	Ok		10	NÃO
0,1	70,2	69,6	-0,6	80,6	79,6	-1,0	Ok		10	NÃO
0,1	70,2	68,1	-2,1	80,7	80,5	-0,2	Ok		10	NÃO
1,4	69,1	71,1	2,0	85,4	80,8	-4,6	Ok		9	SIM
3,7	69,7	69,0	-0,7	81,8	80,0	-1,8	Ok		10	NÃO
3,7	69,7	70,4	0,7	82,5	81,7	-0,8	Ok		12	NÃO
3,6	70,9	72,4	1,5	85,4	81,4	-4,0	Ok		12	NÃO
3,6	70,9	72,9	2,0	81,8	78,2	-3,6	Ok		9	SIM
9,1	70,6	72,6	2,0	82,8	86,0	3,2	N-Ok	Peças soltas (interno)	17	NÃO
9,1	70,6	70,0	-0,6	82,6	84,0	1,4	N-Ok		15	NÃO
9,1	70,6	69,9	-0,7	80,6	83,3	2,7	N-Ok	Escape modif	14	NÃO
3,4	71,5	71,8	0,3	81,8	78,3	-3,5	Ok		9	SIM
2,4	70,7	69,2	-1,5	83,8	82,8	-1,0	Ok		10	NÃO
2,4	70,7	72,4	1,7	83,8	82,0	-1,8	Ok		10	NÃO
3,7	71,2	68,7	-2,5	82,8	81,7	-1,1	Ok		11	NÃO
3,7	71,2	70,5	-0,7	82,8	82,3	-0,5	Ok		12	NÃO
3,7	71,2	70,7	-0,5	82,8	83,0	0,2	N-Ok		12	NÃO
	Média:	70,6								
	Desvio padrão:	1,5								