



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO EM UMA COMUNIDADE VIZINHA A UMA
INDÚSTRIA METALÚRGICA DE AUTOPEÇAS LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE
BELO HORIZONTE – MG**

RAÍSSA SANTOS FIGUEIREDO

BELO HORIZONTE

2016

RAÍSSA SANTOS FIGUEIREDO

AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO EM UMA COMUNIDADE VIZINHA A UMA
INDÚSTRIA METALÚRGICA DE AUTOPEÇAS LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE
BELO HORIZONTE – MG

Trabalho apresentado ao Centro Federal de
Educação Tecnológica de Minas Gerais como
requisito para aprovação na disciplina de Trabalho
de Conclusão de Curso II do curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof^ª. Doutora Adriana Alves Pereira Wilken

Raissa Santos Figueiredo

Aluna

Raíssa Santos Figueiredo

Adriana Alves Pereira Wilken

Professora orientadora do CEFET- MG
Adriana Alves Pereira Wilken

BELO HORIZONTE

2016



Serviço Público Federal – Ministério da Educação
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENGENHARIA
AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ATA DE DEFESA FINAL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II**

Aos trinta dias do mês de junho de 2016, no *campus* I do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, reuniram-se os professores Adriana Alves Pereira Wilken, Luciana de Melo Gomides, Simone Queiróz da Silveira Hirashima e Gilberto Cifuentes Dias Araújo, para participarem da banca de avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO EM UMA COMUNIDADE VIZINHA A UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA DE AUTOPEÇAS LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE – MG” de autoria do(a) aluno(a) Raíssa Santos Figueiredo, do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Uma vez avaliado, o trabalho foi declarado:

- Aprovado.
 Reprovado.

Belo Horizonte, 30 de junho de 2016.

Banca Examinadora:

Prof^a. Orientadora Adriana Alves Pereira Wilken

Prof^a. Coorientadora Luciana de Melo Gomides

Prof^a. Simone Queiróz da Silveira Hirashima

Prof. Gilberto Cifuentes Dias Araujo

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a todos aqueles que acreditaram no meu trabalho e estimularam a concluí-lo.

Aos meus Familiares pelo incentivo, paciência e compreensão.

À professora Adriana Wilken, pela disponibilidade, paciência, orientação e dedicação, que foram importantes para início e conclusão do trabalho.

À Luciana Gomides, por acreditar no tema do trabalho, pelo apoio, motivação e por me ajudar a concluí-lo

À Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Belo Horizonte, em especial Wanderson Marinho, José Eustáquio de Ávila e Rafael Bruno, sem eles este trabalho não seria possível.

À Ambrosina Marques pela bibliografia indicada e disponibilizada, além das discussões e direcionamento inicial do trabalho.

À Aven Engenharia Termoacústica pelo suporte e aos conhecimentos repassados.

À Nathalia Oliveira, pela disposição em colaborar com as informações pertinentes ao estudo e que foram de suma importância para o desenvolvimento e êxito do trabalho.

Não poderia deixar de agradecer aos meus colegas do CEFET-MG e aos amigos de uma vida inteira que me deram suporte emocional para continuar.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para esta construção.

RESUMO

Nos últimos anos, os altos níveis de ruído se transformaram em uma das formas de poluição que atinge maior número de pessoas. Quando uma indústria está inserida em um meio onde existem pessoas ou comunidades, o ruído surge como um dos principais impactos ambientais. O ruído incomoda, perturba, interfere no rendimento do trabalho e prejudica a saúde e o bem-estar da população. O objetivo do presente trabalho é avaliar os níveis de pressão sonora a que a comunidade vizinha a uma indústria metalúrgica de autopeças instalada no município de Belo Horizonte - MG está exposta, verificando se a imissão sonora está em conformidade com a legislação pertinente ao assunto. Para isso, foram utilizados dados provenientes de relatórios de automonitoramento declarados pela empresa em seu processo de licenciamento ambiental junto à Prefeitura de Belo Horizonte. Além disso, foram realizadas medições de ruído em uma escola de educação infantil localizada no entorno da indústria em questão. A partir dos resultados obtidos, foi possível verificar que as principais fontes de ruído decorrentes das atividades industriais referem-se principalmente à movimentação de veículos pesados, sobretudo de caminhões e empilhadeiras na área externa aos galpões e na lateral direita da indústria, onde se encontram as residências mais próximas ao empreendimento. Conclui-se que os níveis de pressão sonora que a comunidade vizinha à indústria metalúrgica de autopeças está exposta, nos períodos diurno, vespertino e noturno, estão em desacordo com a legislação vigente, principalmente nos pontos de monitoramento 6 e 7. Além disto, o ponto de medição na escola infantil mostrou-se também bastante crítico, uma vez que os níveis de ruído neste ponto são considerados elevados pela norma ABNT NBR 10.151/2000 e pela Lei Municipal de Belo Horizonte n.º 9.505/2008. Em face do exposto, o monitoramento dos níveis de pressão sonora, o estudo do processo industrial e a avaliação dos respectivos impactos sonoros causados tornam-se ferramentas que contribuem para o desenvolvimento de medidas de controle que possam minimizar os efeitos nocivos da poluição sonora para a vizinhança.

Palavras-chave: ruído, medições de ruído, comunidade, indústria de autopeças, escola infantil.

ABSTRACT

Over the last few years, high noise levels have become a form of pollution that affects many people. When the industry is placed in an environment where there are people or communities, the noise appears as one of the main environmental impacts. The noise annoys, disturbs, interferes with work performance and affects the populations's health and welfare. The aim of this study is to assess the levels of sound pressure that the neighboring community of a metallurgical industry of auto parts located in the city of Belo Horizonte - MG is exposed, checking if the sound immission is in compliance with current legislation. Self-monitoring data from reports has been used by this company in its environmental licensing process with the Belo Horizonte Municipality. In addition, noise measurements were carried out in a preschool which borders the concerned industry. From the results, it was possible to identify that the main sources of noise arising from industrial activities are related mainly to the movement of heavy vehicles, especially trucks and forklifts that stand outside the hangars and on the right side of the industry, where there are the closest homes to the enterprise. It is concluded that the sound pressure levels that the surrounding community is exposed during day, vespertine and night shifts, are at odds with current legislation, particularly at the monitoring points 6 and 7. In addition, the measuring point at the preschool was also proved to be quite critical, since the noise levels at this point are considered high by the standard NBR 10.151/2000 and the Municipal Legislation of Belo Horizonte n. ° 9505/2008. Given the above, the monitoring of sound pressure levels, the study of the industrial process and the evaluation of their sonic impacts became tools that contribute to the development of control measures that can eliminate or minimize the harmful effects of noise pollution to the neighbourhood.

Key words: noise, noise measurement, community, industry of auto parts, school childhood education

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Formas de ondas (A) Forma da onda de um tom puro (B) Forma da onda de um ruído.....	19
Figura 2 - Pressões sonoras (P) e níveis de pressão sonora (L_p) para sons do cotidiano	21
Figura 3 - Mecanismos mais significativos da atenuação sonora ao ar livre	22
Figura 4 - Exemplos de registro de ruído ambiente em uma comunidade urbana (à tarde e à noite).....	25
Figura 5 - Modelo de poluição sonora.....	26
Figura 6 - Flutuação nas leituras com constante de tempo de resposta rápida e lenta	28
Figura 7 - Ranking mundial de produção de veículos em 2015	38
Figura 8 - Produção de veículos no Brasil entre 2000 a 2015	39
Figura 9 – Croqui de localização da indústria e da comunidade do entorno, localizados em Belo Horizonte - MG.....	41
Figura 10 - Fluxograma de produção da indústria metalúrgica de autopeças localizada em Belo Horizonte - MG.....	43
Figura 11 – Ilustração esquemática do galpão de carregamento de peças	47
Figura 12 - Redução do ruído devido à regularização do piso	47
Figura 13 - Localização dos pontos de medição de nível de pressão sonora no entorno da indústria de autopeças.....	50
Figura 14 - Medidor de pressão sonora (01 dB FUSION) utilizado nos ensaios de medição sonora na escola.....	53
Figura 15 - Posicionamento do medidor de pressão sonora no espaço físico da escola infantil	54
Figura 16 - Espaços físicos da indústria metalúrgica de autopeças.....	55
Figura 17 - Talude com altura variável que delimitam a área interna na lateral direita da indústria de autopeças.....	56
Figura 18 - Muros de alvenaria (à esquerda na foto) que delimitam a área interna da indústria de autopeças.....	56
Figura 19 - Placas metálicas (à direita na foto) que delimitam a área interna da indústria de autopeças.....	56
Figura 20 - Presença de vegetação alta e pouco densa nos limites entre a indústria de autopeças e seu entorno.....	56
Figura 21 - Ponto de medição 01 - Passeio público localizado aos fundos da indústria de autopeças – Lateral esquerda.....	58

Figura 22 - Ponto de medição 02 - Passeio público localizado aos fundos da indústria de autopeças – Próximo à Portaria 3.	58
Figura 23 - Ponto de medição 03 - Passeio público localizado aos fundos da indústria de autopeças – Lateral direita.....	58
Figura 24 - Ponto de medição 05 - Ponto interno.....	58
Figura 25 - Ponto de medição 06 - Passeio público localizado na lateral direita da indústria de autopeças - Entre os pontos 05 e 07.	58
Figura 26 - Ponto de medição 07 - Passeio público localizado na lateral direita da indústria de autopeças – Próximo a Portaria 2.	58
Figura 27 - Dia da medição do ruído ambiente na Escola de Educação Infantil- 03 de maio de 2016. (A) Parte externa da indústria - Vista da escola infantil (B) Parte externa da indústria – Vista de dentro da indústria	68
Figura 28 - Dia da medição do ruído de total na Escola de Educação Infantil - 30 de maio de 2016. (A) Movimentação de cargas na parte externa da indústria – Vista da escola infantil (B) Área de recreação da escola.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais mecanismos de atenuação sonora ao ar livre.....	23
Tabela 2 - Nível de Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos.	33
Tabela 3 - Limites de emissão de ruído segundo faixas de horários, de acordo com o art. 4º da Lei 9.505/2008 do município de Belo Horizonte	34
Tabela 4 - Limites de emissão de ruído segundo faixas de horários, de acordo com o art. 4º, parágrafo 6º, da Lei 9.505/2008 do município de Belo Horizonte	35
Tabela 5 - Produção anual da indústria de autopeças localizada em Belo Horizonte.	43
Tabela 6 - Número de funcionários da indústria de autopeças localizada em Belo Horizonte (2011 e 2014).....	44
Tabela 7 - Horários de trabalho indústria de autopeças localizada em Belo Horizonte.....	44
Tabela 8 - Datas e intervalos de tempo das medições das emissões de ruído no entorno da indústria metalúrgica de autopeças.....	49
Tabela 9 - Descrição dos pontos de medição dos níveis de pressão sonora no entorno da indústria de autopeças.....	49
Tabela 10 – Ruído ambiente (R_{ambiente}) medido no entorno da indústria metalúrgica de autopeças (maio de 2016). Valores expressos em dB(A).....	61
Tabela 11 – Níveis de ruído corrigidos proveniente da indústria metalúrgica de autopeças, medidos no período diurno (fevereiro de 2013 a maio de 2016). Valores expressos em dB(A)	63
Tabela 12 – Níveis de ruído corrigidos proveniente da indústria metalúrgica de autopeças, medidos no período vespertino (fevereiro de 2013 a maio de 2016). Valores expressos em dB(A).....	64
Tabela 13 - Níveis de ruído corrigidos proveniente da indústria metalúrgica de autopeças, medidos no período noturno (fevereiro de 2013 a maio de 2016). Valores expressos em dB(A)	65
Tabela 14 - Ruído ambiente, ruído total e ruído da fonte verificados na escola infantil. Valores expressos em dB(A).	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ALF – Alvará de Localização e Funcionamento

COMAM – Conselho Municipal de Meio Ambiente de Belo Horizonte

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

DN – Deliberação Normativa

IEC – *International Electrotechnical Commission*

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

IOMG – Imprensa Oficial de Minas Gerais

IPI – Imposto sobre produto industrializado

ISO – *International Standards Organization*

JIT – *Just in time*

LI – Licença de Implantação

LO – Licença de Operação

LP – Licença Prévia

NBR – Normas Brasileiras

NCA – Nível de conforto acústico

OICA – Organização Internacional de Fabricantes de Veículos Automotores

OMS – Organização Mundial de Saúde

PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente

RBC – Rede Brasileira de Calibração

SMMA – Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura de Belo Horizonte

LISTA DE SÍMBOLOS

c – Velocidade do som no ar

dB – Decibéis

dB (A) – Decibéis na ponderação A

f – Frequência de onda

Hz – Hertz (ciclo por segundo)

L_{10} – Nível sonoro que foi excedido em 10% do tempo de medição

L_{50} – Nível sonoro que foi excedido em 50% do tempo de medição

L_{90} – Nível sonoro que foi excedido em 90% do tempo de medição

L_{Aeq} – Nível sonoro equivalente na ponderação A

L_{eq} – Nível sonoro equivalente

L_i – Nível de pressão sonora no instante i

L_{min} – Nível sonoro mínimo

L_{max} - Nível sonoro máximo

L_p – Nível de pressão sonora

L_{pt} – Somatório do nível de pressão sonora da fonte 1 e da fonte 2

L_{p1} – Nível de pressão sonora da fonte 1

L_{p2} – Nível de pressão sonora da fonte 2

P – Pressão sonora

P_o – Pressão de referência, 2×10^{-5} Pa

Pa – Pascal

λ – Comprimento de onda

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo geral.....	17
2.2	Objetivos específicos.....	17
3	ESTADO DA ARTE E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1	Conceitos fundamentais do som	18
3.2	Propagação sonora	21
3.3	Ruído.....	23
3.3.1	<i>Classificação de ruído</i>	24
3.3.2	<i>Ruído e o homem</i>	26
3.3.3	<i>Fundamentos de medição de ruído</i>	27
3.3.3.1	<i>Ponderação em Frequência</i>	27
3.3.3.2	<i>Ponderação do tempo.....</i>	28
3.3.4	<i>Descritores acústicos.....</i>	29
3.3.4.1	<i>Nível de Pressão Sonora Equivalente (L_{eq}).....</i>	29
3.3.4.2	<i>Níveis Estatísticos (L_{10}, L_{50}, L_{90}).....</i>	29
3.3.4.3	<i>Nível de Pressão Sonora Máximo (L_{max}).....</i>	30
3.3.4.4	<i>Nível de Pressão Sonora Mínimo (L_{min}).....</i>	30
3.3.5	<i>Legislação.....</i>	30
3.3.5.1	<i>Federal</i>	31
3.3.5.2	<i>Estadual.....</i>	33
3.3.5.3	<i>Municipal</i>	34
3.3.6	<i>Controle do ruído</i>	36
3.4	Indústria metalúrgica de autopeças.....	37
3.4.1	<i>Conceitos</i>	37

3.4.2	<i>Histórico da indústria automotiva</i>	37
4	METODOLOGIA	40
4.1	Caracterização da área de estudo	40
4.1.1	<i>Processo produtivo</i>	42
4.1.2	<i>Produção anual</i>	43
4.1.3	<i>Mão-de-obra</i>	44
4.1.4	<i>Histórico de poluição sonora do empreendimento</i>	44
4.1.5	<i>Medidas de controle de ruído implantadas</i>	45
4.2	Diagnóstico das fontes de emissões sonoras da indústria	47
4.3	Monitoramento de componentes sonoras	48
4.3.1	<i>Relatórios de automonitoramento da indústria</i>	48
4.3.2	<i>Medições de ruído na escola infantil</i>	51
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1	Diagnóstico das fontes de emissões sonoras da indústria	55
5.2	Relatórios de automonitoramento	56
5.2.1	<i>Avaliação da metodologia aplicada</i>	56
5.2.1.1	<i>Escolha dos pontos de medição</i>	56
5.2.1.2	<i>Escolha dos dias e horários de medição</i>	59
5.2.1.3	<i>Duração das medições</i>	60
5.2.2	<i>Resultados do automonitoramento</i>	61
5.2.2.1	<i>Análise do ruído ambiente</i>	61
5.2.2.2	<i>Análise dos níveis de ruído proveniente da indústria metalúrgica de autopeças na comunidade vizinha</i>	62
5.2.3	<i>Medições de ruído na escola infantil</i>	67
6	CONCLUSÃO	71

REFERÊNCIAS.....	72
ANEXO 1 – LAUDO DE CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO DE NÍVEL DE PRESSÃO SONORA (FABRICANTE 01DB, MODELO FUSION).....	76
ANEXO 2 – LAUDO DE CALIBRAÇÃO DO CALIBRADOR ACÚSTICO (FABRICANTE 01DB, MODELO FUSION).....	77

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, os centros urbanos estão em um processo acelerado de desenvolvimento, tanto do ponto de vista econômico como social. Atrrelados a este desenvolvimento, surgem os problemas e os impactos dos mais diversos tipos que afetam a integridade ambiental (SURIANO *et al.*, 2015). Dentre as diversas formas de poluição ambiental, a poluição sonora está cada vez mais presente na paisagem ambiental dos grandes centros urbanos e é uma das formas que tem conduzido à deterioração da qualidade de vida da população (NAGEM, 2008).

De acordo com Lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), poluição é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem às condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente e lancem matéria ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981).

O ambiente sonoro urbano é resultante da combinação de diversas fontes como, por exemplo, os transportes, as indústrias, a construção civil, as atividades de lazer, as escolas e o comércio. De acordo com SOUSA (2004), a intensa urbanização associada à crescente industrialização e à expansão do sistema de transporte vem acarretando um aumento nos níveis de pressão sonora.

De acordo com Zajarkiewicz (2010), diferentemente da degradação causada pelos resíduos sólidos, líquidos e gasosos oriundos da industrialização, que atinge indiretamente o ser humano através da degradação dos recursos naturais, como a água, o ar e o solo, o ruído atinge o homem diretamente. O efeito do ruído no ser humano varia não apenas com a intensidade, mas com a frequência, com o modo como ele varia no tempo (NARDI, 2004).

A poluição sonora constitui-se não só em uma fonte de incômodo à população, mas, também, em um problema de saúde pública. Isto se deve ao fato que a poluição sonora causa efeitos adversos a saúde humana (OMS, 2015). Os problemas relacionados com ruído incluem perda de audição, *stress*, hipertensão, efeitos fisiológicos, perda de sono, falta de concentração, baixa produtividade, deterioração da qualidade de vida, redução de oportunidades de repouso, interferência na conversação, no lazer e nas demais atividades cotidianas (CORDEIRO, 2009).

Bistafa (2006) relatou que o ruído, além de deteriorar a qualidade de vida, também impacta econômica e financeiramente a vida das pessoas e de organizações. O autor apontou

um estudo desenvolvido na Dinamarca que mostrou que o preço das casas decresce à medida que o ruído de tráfego aumenta. Aviões e jatos antigos mais barulhentos já não podem mais operar em muitos aeroportos dos Estados Unidos e da Europa. Estudos em vários países demonstram que o aprendizado nas escolas fica comprometido por atividades ruidosas. O autor ressalta ainda que embora sejam algumas constatações de estudos envolvendo outros países, são casos que se verificam igualmente no Brasil.

O aumento do nível de poluição sonora geralmente é acompanhado por um aumento do número de reclamações de pessoas expostas ao ruído. Nesse sentido, legislações de prevenção e controle de ruído têm sido utilizadas como mecanismo de proteção da coletividade quanto aos efeitos adversos à saúde decorrentes da exposição a níveis excessivos de ruído (GUEDES, 2005).

A melhoria da qualidade de vida da população exige, portanto, um monitoramento dos níveis de pressão sonora a que a população está exposta. Ambientes que excedem os níveis de ruído determinados pela legislação vigente requerem monitoramento e estudos para serem alcançadas soluções de controle e atenuação acústica (SURIANO *et al.*, 2015).

O presente estudo objetiva avaliar os níveis de ruído a que uma comunidade vizinha a uma indústria metalúrgica de autopeças localizada no município de Belo Horizonte – MG está exposta. A escolha da empresa justifica-se pelos incômodos que as atividades exercidas pela mesma vêm causando para a população do seu entorno, uma vez que o número de reclamações associadas à poluição sonora, junto a Prefeitura de Belo Horizonte, aumentou a partir de 2006. Dentre essas reclamações registradas, o maior incômodo está relacionado à poluição sonora no período noturno (BELO HORIZONTE, 2011a; SACWEB, 2016).

Nas diversas etapas do processo produtivo da empresa existem fontes geradoras de ruído. A fonte mais expressiva de ruído é a movimentação de empilhadeiras e carretas que circulam por toda a área do empreendimento (BELO HORIZONTE, 2011a). De acordo com os registros do processo de licenciamento ambiental da empresa, foram adotadas, a partir de 2009, diversas medidas preventivas, mitigadoras e administrativas visando à redução das emissões sonoras provenientes de seu processo produtivo (BELO HORIZONTE, 2015). Essas medidas foram implantadas de modo a atender aos limites máximos de níveis de emissão sonora¹ estabelecidos na Lei Municipal n.º 9.505/2008 (BELO HORIZONTE, 2008).

¹ A emissão sonora é a pressão sonora que efetivamente chega ao sistema auditivo do receptor ou ao ponto de recepção, podendo ser definida como o nível de pressão sonora emitido por uma fonte menos as perdas na transmissão entre a fonte e o receptor (CALIXTO, 2002). Enquanto a emissão sonora é a pressão sonora que efetivamente é emitida pela fonte geradora de som.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar os níveis de pressão sonora a que a comunidade vizinha a uma indústria metalúrgica de autopeças, localizada no município de Belo Horizonte, MG, está exposta.

2.2 Objetivos específicos

- I. Reunir e sintetizar informações a respeito dos níveis de pressão sonora registrados na comunidade do entorno da empresa.
- II. Verificar se os níveis de pressão sonora no entorno da empresa estão em conformidade com a legislação nacional, estadual e municipal.
- III. Analisar criticamente a metodologia utilizada nos relatórios de automonitoramento, reportados ao órgão ambiental competente, para medição de níveis de pressão sonora nas comunidades próximas à indústria estudada.

3 ESTADO DA ARTE E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Conceitos fundamentais do som

De acordo com Silva (2005), há dois conceitos importantes para a palavra som: o som vibração, ou perturbação física, que percorre um meio qualquer de propagação e o som sensação sonora, psicofisiológica, que é captado pelo nosso ouvido. Para Bistafa (2006) o som pode ser definido como uma variação da pressão ambiente detectável pelo sistema auditivo.

Do ponto de vista do fenômeno físico, sempre que escutamos um som, há um corpo material que vibra, produzindo este som. O som consiste em flutuações de pressão propagando-se em forma de ondas sonoras ou ondas acústicas. No entanto, nem todas as flutuações de pressão, que atingem ao ouvido humano, despertam sensações auditivas. A sensação de som somente ocorrerá para determinados valores de amplitude de pressão e de frequência (GUEDES, 2005).

Halliday (2009) define onda sonora como qualquer onda mecânica longitudinal. Uma onda é qualquer perturbação de uma condição de equilíbrio que se propaga de uma região para outra. Uma onda mecânica é uma perturbação que se desloca através de um meio material (ar, água, sólidos) no qual a onda se propaga, sem que as partículas do meio sejam transportadas. Vale salientar então que uma onda sonora não se propaga no vácuo. À medida que a onda se propaga através do meio, as partículas que o constituem sofrem deslocamentos de diversas espécies, dependendo da natureza da onda. Quando as partículas do meio oscilam na direção de propagação da onda, esse tipo de movimento é denominado longitudinal (Halliday, 2009; Young, 2003).

O som percebido pelo ouvido humano tem como meio de propagação o ar. Ao vibrar, as partículas do ar formam sucessivas zonas de rarefação e compressão, impelindo na partícula vizinha o mesmo movimento e resultando na propagação sonora. Pode-se dizer que as partículas vibram em torno de seu centro de equilíbrio, transmitindo a energia acústica até se extinguir a flutuação da pressão sonora (SOUZA *et al.*, 2012).

O deslocamento máximo da partícula em relação ao seu centro de equilíbrio é chamado de amplitude e o número de vezes que ela se desloca completando um ciclo de rarefação e compressão por um intervalo de tempo, é denominado de frequência e é medida em Hertz (Hz). A distância percorrida durante um ciclo, ou distância dada por duas compressões máximas, é denominada comprimento de onda, que pode ser definido pela Equação 1 (HALLIDAY, 2009):

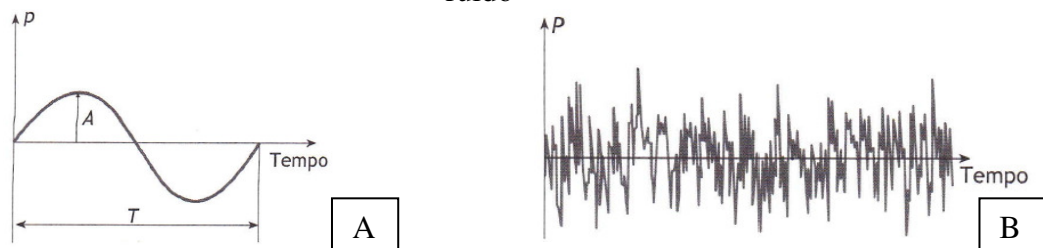
$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo f a frequência dada em Hertz (Hz), c a velocidade do som no ar (344 m/s a 25°C e $1,05 \times 10^5$ Pa) em m/s e λ o comprimento de onda em m.

Uma onda longitudinal propagando-se em um meio material com frequência inferior a 20 Hz (infra-som) ou superior a 20.000 Hz (ultra-som) não provocam nenhuma sensação sonora ao atingir o ouvido de uma pessoa. Para que uma pessoa perceba uma sensação sonora, é necessário que a frequência da onda esteja compreendida entre esses limites (SILVA, 2005).

A maioria das fontes sonoras contém várias frequências, determinando a percepção sonora da característica chamada tom. Quando uma fonte sonora emite um som com uma única frequência, este som é chamado de tom puro (movimento harmônico simples), como pode ser observado na figura 1A. Entretanto, as fontes sonoras normalmente emitem sons mais complexos (Figura 1B), com várias frequências (SOUZA *et al.*, 2012).

Figura 1 - Formas de ondas (A) Forma da onda de um tom puro (B) Forma da onda de um ruído



Fonte: Bistafa (2006)

Toda e qualquer onda sonora apresenta três características físicas: forma, frequência e energia, das quais decorrem qualidade como o timbre, a altura e a intensidade dos sons. (AZEVEDO, 1987).

A forma como as frequências se combinam é chamada timbre. Essa característica é a responsável por nosso ouvido conseguir distinguir sons de mesma frequência e mesma amplitude, porém emitidos por diferentes fontes (SOUZA *et al.*, 2007).

A altura é a qualidade do som que nos permite classificá-lo como grave ou agudo, que é caracterizada pela frequência da onda sonora. Os sons de frequências mais altas são chamados de agudos e possuem grande número de oscilações. Já os sons de frequências mais baixas ou graves, possuem menor número de oscilações temporais. Quanto maior o número de oscilações, maior é a frequência do som (HALLIDAY, 2009).

A intensidade é uma propriedade do som que está relacionada com a energia de vibração da fonte que emite a onda sonora. Ao se propagar, a onda transporta esta energia, distribuindo-a em todas as direções. Quanto maior for a quantidade de energia transportada

pela onda, maior será a intensidade do som. A intensidade de um som é tanto maior quanto maior for a amplitude da onda. Os sons de grande intensidade, de maneira geral, são desagradáveis ao ouvido humano e quando atingem uma intensidade próxima de 140 dB, começam a produzir sensações dolorosas (BISTAFA, 2006; HALLIDAY, 2009).

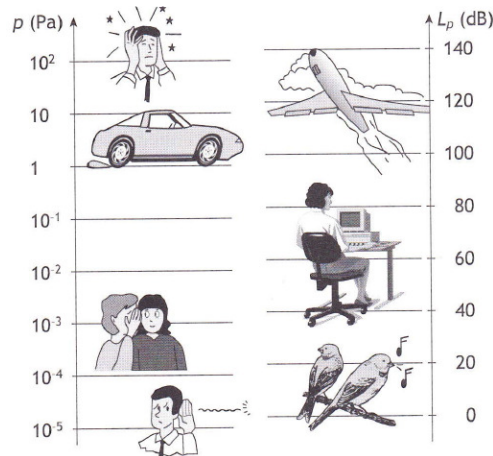
Há muita diferença entre a intensidade do ruído do apito de uma locomotiva e o ruído de uma folha que cai. Dessa forma, o intervalo de valores de pressão sonora que provoca a sensação auditiva é bastante amplo, sendo que o limiar de audição corresponde a 2×10^{-5} Pa e o limiar da dor é considerado com 200 Pa. Na prática, além dessa escala ser de difícil manuseio, a percepção que o ouvido apresenta para a pressão sonora ou intensidade sonora corresponde a uma resposta não-linear, ou seja, dobrando seu valor, o ouvido não irá perceber o som como duas vezes mais intenso. A escala logarítmica se aproxima da percepção do ouvido às flutuações da pressão e da intensidade sonora, portanto representa o nível de pressão sonora (L_p) medido em decibel (dB) e definido conforme a Equação 2 (BRÜEL & KJÆR, 2000; SILVA, 2005):

$$L_p = 20 \log \frac{P}{P_o} \text{ dB} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo P a pressão sonora e P_o a pressão de referência, 2×10^{-5} Pa. A pressão de referência é aquela pressão mínima audível.

A figura 2 apresenta valores de pressões sonoras compreendidas aproximadamente entre o limiar da audibilidade e o limiar da dor, e os correspondentes níveis de pressão sonora, com ilustrações das atividades geradoras dos sons associados. Além disso, a figura 2 mostra a vantagem de se trabalhar com níveis de logarítmicos. A faixa de pressões sonoras, que cobre sete ordens de magnitude (10^{-5} Pa a 10^2 Pa), fica comprimida na escala logarítmica, a duas ordens de magnitude (0 a 140 dB).

Figura 2 - Pressões sonoras (P) e níveis de pressão sonora (L_p) para sons do cotidiano



Fonte: Bistafa (2006)

Os níveis de pressão sonora, por serem valores dados em escala logarítmica, não podem ser somados de forma aritmética. Para a realização do cálculo da soma dos níveis sonoros de duas fontes pode ser utilizada a Equação 3 (BRÜEL & KJÆR, 2000):

$$L_{pt} = 10 \log \left[10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}} \right] \quad \text{Equação 3}$$

Em que L_{p1} é o nível de pressão sonora da fonte 1, L_{p2} é o nível de pressão sonora da fonte 2 e L_{pt} é o somatório do nível de pressão sonora da fonte 1 e da fonte 2.

Em alguns momentos, é necessário realizar a subtração de níveis de pressão sonora. A correção pode ser feita utilizando a Equação 4 (BRÜEL & KJÆR, 2000):

$$L_{p2} = 10 \log \left[10^{\frac{L_{pt}}{10}} - 10^{\frac{L_{p1}}{10}} \right] \quad \text{Equação 4}$$

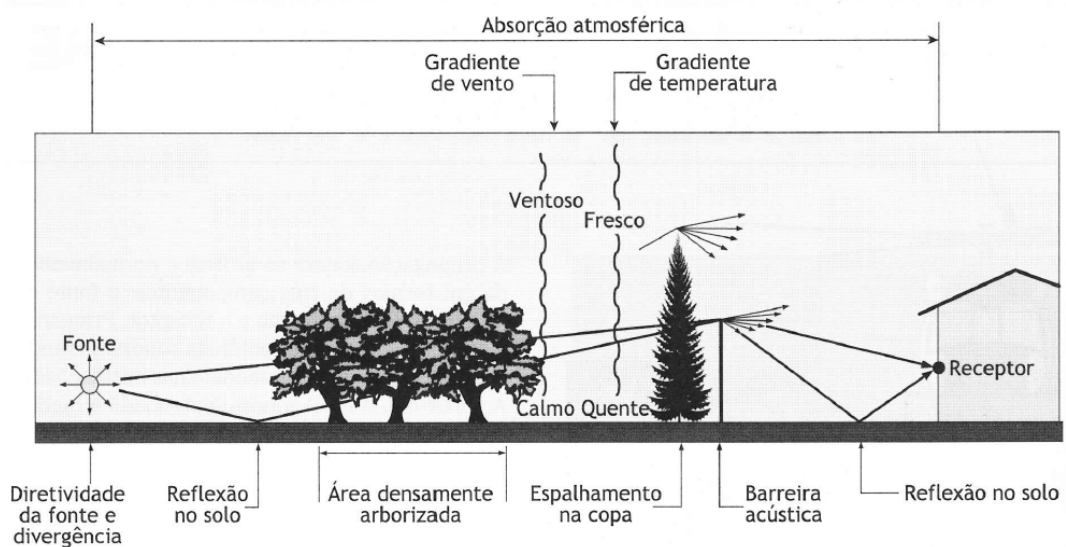
3.2 Propagação sonora

Para se fazer a análise do campo acústico em comunidades deve-se levar em consideração a potência das fontes, a influência do caminho de propagação do ruído e receptor (NARDI, 2008). Primeiramente, a fonte emite uma certa potência sonora, gerando um nível sonoro que pode ser medido nas imediações da fonte. A partir daí, o nível sonoro é atenuado à medida que o som se propaga, entre a fonte e o receptor, ao longo de uma determinada trajetória.

A propagação do som ao ar livre é afetada pela atenuação ao longo de seu caminho de transmissão através da absorção no ar e no solo, das reflexões, dos efeitos da topografia do solo, das condições atmosféricas (umidade relativa do ar, temperatura e vento) e dos obstáculos (barreiras, edificações, vegetação) (BRÜEL & KJÆR, 2000).

A figura 3 ilustra os mecanismos mais significativos da atenuação sonora ao ar livre. O nível sonoro se reduz com a distância, à medida que o som diverge da fonte. A absorção sonora do ar atmosférico atenua o som ao longo da sua trajetória. Reflexões no solo interferem com o som direto, causando atenuação ou amplificação (menos frequente). Áreas densamente arborizadas, barreiras naturais e artificiais conferem atenuação adicional ao som. O espalhamento do som na copa de árvores pode reduzir a eficácia das barreiras. Gradientes verticais de vento e de temperatura refratam as trajetórias sonoras para cima e para baixo, gerando regiões de sombra acústica, alterando a interferência com o solo e modificando a efetividade das barreiras (BISTAFÁ, 2006; BRÜEL & KJÆR, 2000).

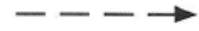

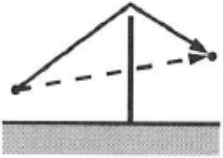
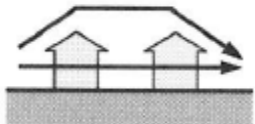
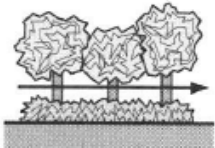
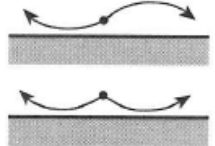
Figura 3 - Mecanismos mais significativos da atenuação sonora ao ar livre



Fonte: Bistafa (2006)

A tabela 1 resume os principais mecanismos de atenuação sonora ao ar livre, indicando sob que condições cada um deles é mais significativo.

Tabela 1 - Principais mecanismos de atenuação sonora ao ar livre

Mecanismo	Descrição sucinta	Atenuação aproximada de 5 dB
		Condições
Absorção do ar 	Absorção sonora do ar atmosférico	A 10°C e 70% de umidade relativa.
Solo macio 	Interferência entre o som direto e o refletido sobre o solo acusticamente “macio”	Para alturas da fonte e do receptor da ordem de 1,2 m.
Barreira 	Atenuação provocada por uma barreira acústica entre a fonte e o receptor	Quando o receptor encontra-se na sombra acústica gerada pela barreira, em temperaturas normais e sem vento.
Edificações 	Atenuação provocada por edificações entre a fonte e o receptor	Com uma fileira de edificações com aproximadamente 25% de abertura.
Vegetação densa 	Atenuação provocada por vegetação densa entre a fonte e o receptor	Áreas com muitas árvores e vegetação densa no solo.
Vento e temperatura 	Alteração da atenuação do solo e/ou da barreira, ou criação de sombras acústicas causadas por gradientes verticais de temperatura e ventos	Em dias ensolarados, para alturas da fonte e do receptor da ordem de 1,2 m

Fonte: Adaptado de Bistafa (2006)

3.3 Ruído

De um ponto de vista físico, não há diferença entre os conceitos de som e ruído. Porém, considera-se ruído uma classe de sons que é considerada como indesejada (BISTAFA, 2006). Para Berglund e Lindvall (1995), não é possível definir o ruído exclusivamente com base em parâmetros físicos do som. Em vez disso, o ruído pode ser definido como energia sonora acústica que pode afetar o fisiológico e o bem-estar psicológico das pessoas.

A poluição sonora ambiental, resultante da combinação de diversas fontes sonoras, como atividades comerciais e serviços, indústrias, obras de construção civil e o trânsito de veículos automotores, tem elevado o nível de ruído urbano e contribuído para o surgimento de ambientes sonoros cada vez mais desagradáveis. Atualmente, tem sido considerada como um

dos problemas ambientais mais comuns, degradando o meio ambiente e comprometendo a qualidade de vida (GUEDES 2005).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) relata que o ruído excessivo prejudica seriamente a saúde humana e interfere com as atividades diárias das pessoas na escola, no trabalho, em casa e no lazer. Ele pode perturbar o sono, causar efeitos cardiovasculares e psicofisiológicos, reduzir o desempenho e provocar respostas como aborrecimento e mudanças no comportamento social (OMS, 2015).

Um dos fatores contribuintes para o avanço da poluição sonora são as atividades das indústrias. No passado elas se localizavam em regiões mais afastadas por conta dos seus incômodos, mas aos poucos foram sendo incorporadas ao perímetro urbano diante do rápido avanço dos limites das cidades (GUEDES, 2005).

Sousa (2004) ressalta que em plantas industriais o ruído advém de uma variedade de fontes sendo operadas simultaneamente e próximas uma das outras, muitas das quais apresentam natureza complexa. Vários tipos de máquinas e equipamentos podem emitir ruído apresentando conteúdo espectral em baixas e altas frequências, componentes tonais (tons puros) ou, ainda, serem impulsivos (altos níveis de intensidade sonora, num intervalo de tempo muito pequeno).

3.3.1 Classificação de ruído

Quando se deseja realizar uma medição sonora é comum classificar o ruído de acordo com a situação do ambiente acústico no momento da medição. Dessa forma, para o presente trabalho é fundamental a apresentação da classificação dos tipos de ruído que são abordados em normas e legislações pertinentes para a avaliação do ruído:

Ruído contínuo: aquele com flutuações de nível de pressão sonora tão pequenas que podem ser desprezadas dentro do período de observação (BELO HORIZONTE, 2008);

Ruído intermitente: aquele cujo nível de pressão sonora oscila bruscamente várias vezes, durante o intervalo de tempo de medição, sendo o período em que o nível sonoro se mantém constante igual ou superior a 01 (um) segundo (BELO HORIZONTE, 2008);

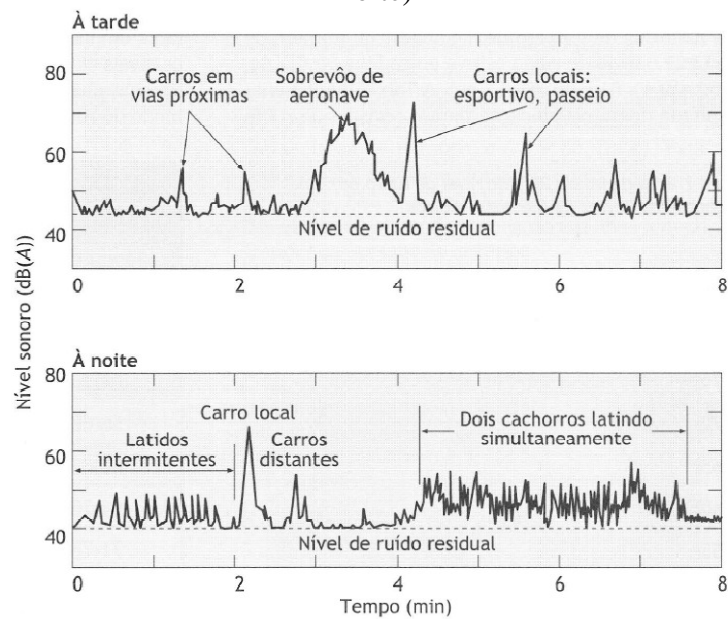
Ruído impulsivo: aquele que consiste de uma ou mais impulsos de energia sonora, tendo, cada uma, duração inferior a 01 (um) segundo e que se repetem a intervalos maiores que 01 (um) segundo, por exemplo, martelagens, tiros e explosões (ABNT NBR 10.151, 2000);

Ruído tonal: som que contém tons puros, que podem ser identificados por meio da comparação de níveis sonoros (como por exemplo, som de apitos e zumbidos) (ABNT NBR 10.151, 2000);

Ruído ambiente: Bistafa (2006) define ruído ambiente como uma superposição de ruídos, normalmente de naturezas diferentes e origens distintas, próximas e remotas, nenhum deles, porém, é o objeto de interesse, ou consideração específica. Nesse caso podem ser incluídos ruído de tráfego externo, movimentação de pedestres, atividades externas de outras empresas, animais, entre outras características ambientais no horário das medições que não são relacionadas às atividades do objeto de interesse.

A figura 4 apresenta dois exemplos de registro de ruído ambiente em uma comunidade urbana, um no período da tarde e o outro no período da noite.

Figura 4 - Exemplos de registro de ruído ambiente em uma comunidade urbana (à tarde e à noite)



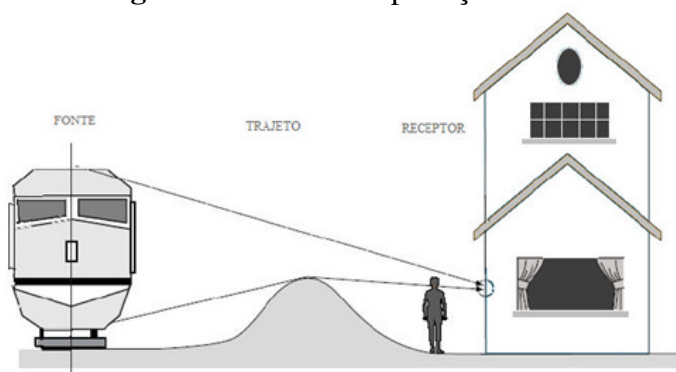
Fonte: Bistafa (2006)

Ruído residual: é o nível sonoro mínimo, o qual não parece se reduzir durante o intervalo de tempo de medição. Pode ser devido ao tráfego de veículos em vias mais distantes, ruído do movimento de vegetação causado pelo vento ou outras fontes que, quando combinadas, geram um ruído estacionário básico (BISTAFA, 2006). Na figura 4, o ruído residual à tarde está em torno de 44 dB(A) e a noite 40 dB(A).

3.3.2 Ruído e o homem

A caracterização e percepção das categorias de ruído indicadas anteriormente, assim como a forma que cada uma delas afeta o ser humano, é um fenômeno complexo e que depende da combinação de diversos fatores. Esses fatores, segundo SOUSA (2004), são: (a) as características da fonte sonora e, portanto, as características físicas do ruído emitido por esta fonte; (b) as características do meio de propagação que, por sua vez, sofre alterações devido às condições climatológicas e ao tipo de malha urbana e (c) das respostas dos receptores. Essas características compõem um modelo da poluição sonora, o qual pode ser representado pela figura 5.

Figura 5 - Modelo de poluição sonora



Fonte: Sousa (2004)

O incômodo provocado pelo ruído é um atributo extremamente subjetivo. Segundo Bistafa (2006), pesquisadores têm encontrado dificuldade em avaliar quantitativamente o incômodo do ruído, pois este parece depender da noção de audibilidade do ouvinte, do grau de aceitação do ruído, do seu potencial intrusivo, assim como da perturbação que ele causa. Sabe-se que os parâmetros que mais contribuem com a sensação subjetiva de incômodo são:

- Conteúdo espectral e níveis sonoros associados;
- A complexidade do espectro e a existência de tons puros;
- Duração e hora de ocorrência;
- Amplitude e frequência das flutuações de nível; e
- Tempo de subida de sons impulsivos.

Segundo o mesmo autor, as pessoas reagem diferentemente ao mesmo ruído. O ruído que incomoda uma pessoa pode ser imperceptível para outra. Não importa o quão baixo possa ser o nível do ruído, contando que seja audível, alguma pessoa fará objeção a ele por uma razão ou outra.

3.3.3 Fundamentos de medição de ruído

A quantificação dos níveis de ruído é necessária no controle da poluição sonora. As medições dos níveis de ruído possibilitam a realização de análises das condições de impacto produzidas pelo ruído, permitindo a adoção de medidas para seu controle (CORDEIRO, 2009).

O componente básico de instrumentos para medidas acústicas é um sensor de pressão sonora. Esse sensor, conhecido como microfone, transforma a pressão sonora em um sinal elétrico equivalente. Esse é condicionado e expresso em termos de nível de pressão sonora. O instrumento que realiza essa tarefa é o medidor de pressão sonora, também denominado sonômetro, e popularmente conhecido como decibelímetro (SILVA, 2005).

Os medidores de nível de pressão sonora são classificados, de acordo com normas internacionais, em quatro tipos: o Tipo 0, o mais acurado e, portanto, aplicável como padrão de referência para laboratórios de ensaio, com precisão de 0,4 dB; o Tipo 1, destinado mais para estudos de campo e laboratórios de controle de ambiental, com precisão de 0,7 dB; o Tipo 2, utilizado em aplicações gerais, com precisão em torno de 1,0 dB; e o Tipo 3, é o menos acurado e portanto, utilizável em medições preliminares para verificar os níveis de ruído, com precisão entre 1,0 e 1,5 dB (SILVA, 2005).

O medidor de nível sonoro básico somente fornece o nível sonoro total do som que incide no microfone. No entanto, esse medidor tem normalmente incorporado filtros ponderadores, os quais são utilizados para fornecer um nível sonoro melhor correlacionado ao nível de audibilidade (BISTAFA, 2006).

3.3.3.1 Ponderação em Frequência

O ouvido humano possui sensibilidades diferentes ao som de acordo com a frequência, sendo que o ouvido é mais sensível às frequências médias entre 1 kHz a 4 kHz e menos sensível às frequências, extremamente baixas ou altas (GUEDES, 2005). Por isso, os medidores sonoros apresentam seus circuitos eletrônicos já padronizados e classificados segundo o comportamento do ouvido humano.

Para isso, os medidores de níveis sonoros são dotados de filtros de ponderação, que podem ser do tipo A, B, C e D. A utilização dos filtros de ponderação é aconselhada em função dos níveis de ruídos que são analisados, uma vez que a sensibilidade auditiva se altera à medida que o som é mais intenso. O filtro A é utilizado para sons abaixo de 55 dB; o filtro B, para sons entre 55 e 85 dB; e o filtro C, para sons acima de 85 dB. A curva D dá especial ênfase à gama de frequências entre 1.000 Hz e 10.000 Hz e é utilizada em medições de ruído

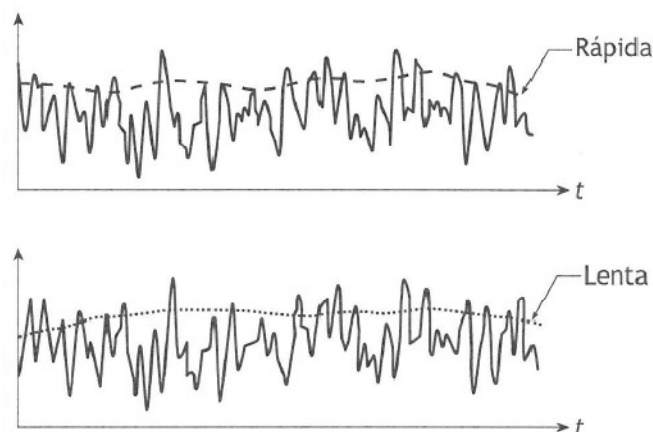
de tráfego aéreo. Para as medidas obtidas com esses filtros, são registradas as respectivas unidades: dB(A), dB(B), dB(C), dB(D) (SOUZA *et al.*, 2012). Entre estes, o mais usado é a ponderação A, que, de acordo com Gerges (2000), aproxima curvas de igual audibilidade para baixos níveis de pressão sonora.

3.3.3.2 Ponderação do tempo

Segundo Brüel & Kjær (2000), os tempos de respostas padronizados foram, originalmente, desenvolvidos nos instrumentos de medição para fornecer uma indicação visual de flutuação dos níveis de ruído. Observa-se na figura 6 que o ruído tem uma forma de onda irregular, sendo necessário reduzir as flutuações do dispositivo a fim de permitir leituras pelo olho humano.

Para reduzir tais flutuações, os medidores de nível sonoro incorporam o chamado ponderador temporal, caracterizado pelas constantes de tempo de resposta (subida e queda) para o sinal de alimentação. Essas constantes de tempo podem ser as ponderações lenta, rápida e impulsiva (*slow*, *fast* e *impulsive*, respectivamente). Essa nomenclatura está associada à rapidez com que o dispositivo acompanha as flutuações do nível de pressão sonora (BISTAFA, 2006; GUEDES, 2005). Observa-se na figura 6 a menor flutuação das leituras com a constante de tempo de resposta lenta quando comparada com a constante de tempo de resposta rápida.

Figura 6 - Flutuação nas leituras com constante de tempo de resposta rápida e lenta



Fonte: Bistafa (2006)

3.3.4 Descritores acústicos

Serão discutidos alguns conceitos que ajudarão a compreender o significado dos dados e dos resultados obtidos nas medições sonoras no presente trabalho.

3.3.4.1 Nível de Pressão Sonora Equivalente (L_{eq})

Para registros de níveis sonoros como o da figura 4, é natural que se procure um nível médio durante o período de registro. Uma forma de se calcular esse nível médio é através da Equação 5, cujo resultado é denominado nível de pressão sonora equivalente (L_{eq}) (ABNT, 2000):

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_i/10} \right] \quad \text{Equação 5}$$

Sendo L_i o nível de pressão sonora no instante i e N o número total de leituras.

Para Bistafa (2006), o L_{eq} pode ser definido como o nível de um som contínuo, que em um intervalo de tempo específico, possui a mesma energia do som medido, cujo nível varia com o tempo. O nível de pressão sonora equivalente com ponderação em A, ou seja, o L_{Aeq} , tem obtido grande expressão como parâmetro de ruído, adotado, por exemplo, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da Norma Brasileira de Regulação (NBR) 10.151/2000, para medidas de exposição do ruído em comunidade.

3.3.4.2 Níveis Estatísticos (L_{10} , L_{50} , L_{90})

De acordo com Bistafa (2006), os registros de níveis sonoros em função do tempo e do tipo daqueles apresentados na figura 4 podem ser caracterizados mais concisamente usando-se grandezas estatísticas. O critério mais usual consiste em calcular a porcentagem do tempo que um determinado nível sonoro foi excedido durante o período de medição. Os mais usuais são o L_{10} , L_{50} , L_{90} , assim definidos estatisticamente:

- L_{10} nível sonoro que foi excedido em 10% do tempo de medição. É uma medida dos níveis de ruído de pico (intrusivos);
- L_{50} nível sonoro que foi excedido em 50% do tempo de medição. É uma medida do nível de ruído mediano;
- L_{90} nível sonoro que foi excedido em 90% do tempo de medição. É uma medida do nível de ruído ambiente.

A diferença de L_{10} e L_{90} é um indicador da variabilidade do ruído durante o período de medição. O L_{90} mede a condição mais característica do ruído medido, enquanto L_{10} é o nível a

partir do qual estão os níveis de pico mais significativos. Assim, quanto mais afastado estiver o L_{10} do L_{90} , maior será o incomodo do ruído, devido a variações bruscas de nível (BISTAFA, 2006).

3.3.4.3 *Nível de Pressão Sonora Máximo (L_{max})*

O nível de pressão sonora máximo (L_{max}) consiste no descritor acústico que representa o nível sonoro máximo, tido como o nível de ruído ambiental mais alto que ocorre numa determinada posição, durante certo tempo. É, frequentemente, utilizado com um outro parâmetro acústico, por exemplo, o L_{eq} , para garantir que um evento único de ruído não exceda um limite. É essencial para o L_{max} especificar a ponderação no tempo (lenta, rápida ou impulsiva) (BRÜEL & KJÆR, 2000).

3.3.4.4 *Nível de Pressão Sonora Mínimo (L_{min})*

O nível de pressão sonora mínimo (L_{min}) é o descritor acústico que representa o nível sonoro mínimo, tido como o nível de ruído ambiental mais baixo, que ocorre numa determinada posição, durante certo tempo. Para este descritor também é bastante importante especificar a ponderação no tempo que foi utilizada (BRÜEL & KJÆR, 2000).

3.3.5 *Legislação*

A análise efetuada do ponto de vista legal e normativo é imprescindível, pois todo o conjunto de ações de medição e caracterização do ruído passa por determinados procedimentos padronizados.

As legislações de prevenção e controle de ruído têm sido utilizadas como mecanismo de proteção da coletividade quanto aos efeitos adversos à saúde decorrentes da exposição a níveis excessivos de ruído (GUEDES, 2005).

No Brasil, existem inúmeras leis vigentes, quer seja no nível federal, estadual, ou municipal. Em geral, as leis são fundamentadas em normas internacionais ou nacionais, destacando as da ISO (*International Organization for Standardization*), as da IEC (*International Electrotechnical Commission*), e as da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

A definição do papel de cada ente federativo é tema de fundamental importância para a eficácia das normas de proteção ambiental (MMA, 2009). A competência legislativa em matéria ambiental é concorrente entre a União, os Estados e o Distrito Federal, conforme o disposto no Art. 24 da Constituição Federal: Compete à União, aos Estados e ao Distrito

Federal legislar concorrentemente sobre proteção do meio ambiente e controle da poluição. Cabe à União estabelecer normas gerais, ou seja, fixar parâmetros mínimos de proteção ao meio ambiente que deverão ser observados pelos demais entes federativos. Aos estados e ao Distrito Federal incumbe legislar suplementarmente, adaptando as normas jurídicas às peculiaridades regionais (BRASIL, 1988).

Dessa forma, o Art. 24º exclui dos municípios a competência legislativa em matéria ambiental. Porém, da interpretação do Art. 30º da Constituição Federal depreende-se que cabe aos municípios legislar sobre assuntos de interesse local (inciso I) e de forma complementar a legislação federal e estadual no que couber (inciso II) (BRASIL, 1988). Desta forma, mesmo em matéria de meio ambiente, caberá aos municípios legislar sobre temas de interesse local. Ressalta-se, no entanto, que os estados, o Distrito Federal e os municípios não poderão legislar de modo a oferecer menor proteção ao meio ambiente do que aquela prevista nas normas federais.

3.3.5.1 Federal

No Brasil, a Resolução nº 001 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), de 9 de março de 1990, estabelece padrões para emissão de ruído no território brasileiro (BRASIL, 1990). Trata-se de uma resolução que visa limitar a emissão de ruídos em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, no interesse da saúde e no sossego público. Nessa resolução todas as atividades geradoras de ruído devem seguir as diretrizes vinculadas à ABNT através da norma NBR 10.151/2000 - Avaliação do nível de ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade (ABNT, 2000).

A norma ABNT NBR 10.151/2000 especifica o método para medição do ruído e aplicação de correção nos níveis medidos para obter uma melhor avaliação do incômodo a comunidade, se o ruído apresentar características especiais (de acordo com a duração, característica espectral e fator de pico) e o método de avaliação.

Para a medição do ruído, o medidor de nível de pressão sonora deve atender às especificações da IEC para o tipo 0, tipo 1 ou tipo 2 e o calibrador acústico deve ser classe 2 ou melhor. Os equipamentos de medição deverão ser calibrados, no máximo, bianualmente, conforme procedimento estabelecido nas normas IEC apontadas pelo fabricante dos equipamentos, pela Rede Brasileira de Calibração (RBC) ou Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Deve ser realizada uma verificação do medidor de

nível de pressão sonora pelo operador, com o calibrador acústico, imediatamente antes e após cada medição, ou conjunto de medições relativas ao mesmo evento. As medições devem ser efetuadas em pontos afastados aproximadamente 1,2 m do piso e pelo menos 2 m do limite da propriedade e de quaisquer outras superfícies refletoras, como muros, paredes, etc (ABNT, 2000).

Em relação à aplicação de correção nos níveis medidos, deve-se fazer as observações seguintes:

- Se o ruído ambiente for superior aos valores da tabela 2, o NCA assume o valor do ruído ambiente.
- O nível corrigido para um ruído sem características especiais é determinado pelo L_{Aeq} .
- Quando o ruído tiver características impulsivas ou de impacto o nível corrigido deve ser o nível máximo medido acrescido de 5 dB(A).
- Quando o ruído tiver características tonais o nível corrigido será o L_{Aeq} acrescido de 5 dB(A).
- Para ruídos que apresentem tanto características impulsivas ou de impacto como características tonais, o nível corrigido deve ser determinado, aplicando-se os procedimentos anteriores e tomando-se o maior valor encontrado.

O método de avaliação é baseado numa comparação entre os níveis sonoros corrigidos com o Nível de Critério de Avaliação (NCA) estabelecido como admissível, indicando se o nível sonoro está na faixa tolerável ou se são necessárias medidas para reduzi-lo. Ou seja, a norma ABNT NBR 10.151/2000 fixa as condições exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidade, independente da existência de reclamações.

São apresentados na tabela 2 os NCA para ambientes externos em função dos horários diurno e noturno, os quais, segundo a norma ABNT NBR 10.151/2000, podem ser definidos pelas autoridades a depender dos hábitos da população.

Tabela 2 - Nível de Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos.

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

Fonte: ABNT (2000)

3.3.5.2 Estadual

A Lei Estadual nº. 10.100, de 17 de janeiro de 1990, dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no Estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 1990). Esta lei define limites máximos permitidos para níveis de pressão sonora visando a proteger a saúde, a segurança ou o sossego públicos. Os limites são (art. 2º):

I – valores que atinjam, no ambiente exterior do recinto em que têm origem, nível de som superior a 10 (dez) dB(A) acima do ruído de fundo (ruído ambiente) existente no local, sem tráfego;

II – valores que, independentemente do ruído de fundo, atinjam, no ambiente exterior do recinto em que têm origem, nível sonoro superior a 70 dB(A), durante o dia, e 60 dB(A), durante a noite, explicitado o horário noturno como aquele compreendido entre as 22 horas e as 6 horas, se outro não estiver estabelecido na legislação municipal pertinente.

Para efeitos desta lei, todos os níveis de som são referidos à curva de Ponderação (A) dos aparelhos medidores. Além disso, o aparelho medidor de nível de som conectado à resposta lenta deverá estar com o microfone afastado, no mínimo, 1,50 m (um metro e cinquenta centímetros) da divisa do imóvel que contém a fonte de ruído e à altura de 1,20 m (um metro e vinte centímetros) do solo. O microfone do aparelho medidor de nível de som deverá estar sempre afastado, no mínimo, 1,20 m (um metro e vinte centímetros) de quaisquer obstáculos, bem como guarnecido com tela de vento.

3.3.5.3 *Municipal*

A Lei Municipal nº. 9.505, de 23 de janeiro de 2008, popularmente chamada de “Lei do Silêncio”, dispõe sobre o controle de ruídos, sons e vibrações no município de Belo Horizonte, estabelecendo os limites de imissão (pressão sonora que chega ao local de medição) segundo faixas de horários pré-definidos e critérios a serem utilizados nas medições de verificação (BELO HORIZONTE, 2008).

O art. 2º da referida Lei estabelece a proibição de emissão de ruídos, sons e vibrações produzidos de forma que:

- I - ponha em perigo ou prejudique a saúde individual ou coletiva;
- II - cause danos de qualquer natureza às propriedades públicas ou privadas;
- III - cause incômodo de qualquer natureza;
- IV - cause perturbação ao sossego ou ao bem-estar públicos;
- V - ultrapasse os níveis fixados nesta Lei.

As imissões de ruído provenientes de fontes fixas e móveis no município de Belo Horizonte devem obedecer aos níveis máximos fixados, relacionados na tabela 3, medidas nos locais do suposto incômodo (art. 4º).

Tabela 3 - Limites de imissão de ruído segundo faixas de horários, de acordo com o art. 4º da Lei 9.505/2008 do município de Belo Horizonte

Período	Horário	Nível de pressão sonora [dB(A)]
Diurno	07h01min – 19h00min	70
Vespertino	19h01min – 22h00min	60
Noturno	22h01min – 23h59min	50
	00h00min – 7h00min	45

Observações:

- (1) O nível corrigido para ruído contínuo e intermitente é determinado pelo L_{Aeq} .
- (2) Quando o ruído tiver características impulsivas ou som com componentes tonais o nível de som corrigido será o L_{Aeq} acrescido de 5 dB(A).

Fonte: BELO HORIZONTE (2008)

Na impossibilidade de verificação dos níveis de imissão no local do suposto incômodo, será admitida a realização de medição no passeio imediatamente contíguo ao mesmo, sendo considerados como limites os níveis máximos relacionados na tabela 3 acrescidos de 05 (cinco) dB(A) (art. 4º, parágrafo 3º).

De acordo com o art. 4º, parágrafo 6º, quando a propriedade em que se dá o suposto incômodo tratar-se de escola, creche, biblioteca pública, cemitério, hospital, ambulatório, casa de saúde ou similar, deverão ser atendidos os limites apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Limites de imissão de ruído segundo faixas de horários, de acordo com o art. 4º, parágrafo 6º, da Lei 9.505/2008 do município de Belo Horizonte

Período	Horário	Nível de pressão sonora
Diurno	07h01min e as 19h00min	55 dB(A)
Vespertino	19h01min – 22h00min	50 dB(A)
Noturno	22h01min – 7h00min	45 dB(A)

Fonte: BELO HORIZONTE (2008)

Além disso, o nível de som proveniente da fonte poluidora, medido dentro dos limites reais da propriedade onde se dá o suposto incômodo e independentemente do ruído de fundo, não poderá exceder os níveis estabelecidos na lei (art. 4º, parágrafo 5º) e, além disso, não poderá exceder em 10 (dez) dB(A) o nível do ruído de fundo existente no local (art. 4º, parágrafo 7º).

As medições do nível de som serão realizadas utilizando-se a curva de ponderação A com circuito de resposta rápida, devendo o microfone ficar afastado, no mínimo, de 1,50 m (um metro e cinquenta centímetros) dos limites reais da propriedade onde se dá o suposto incômodo, e à altura de 1,20 m (um metro e vinte centímetros) do piso.

A Lei Municipal nº. 9505/2008 estabelece que os estabelecimentos e atividades efetiva ou potencialmente poluidores deverão dispor de proteção, de instalação ou de meios adequados ao isolamento acústico que não permitam a propagação de ruídos, sons e vibrações acima do permitido para o exterior (art. 8º). Dessa forma, estão incluídos estabelecimentos recreativos, culturais, educacionais, filantrópicos, industriais, comerciais ou de prestação de serviços; espaços destinados ao funcionamento de máquinas ou equipamentos ruidosos, dentre outros.

Os infratores da referida Lei conforme art. 13º estarão sujeitos às seguintes penalidades, além da obrigação de cessar a transgressão: advertência; multa; interdição parcial ou total da atividade, até a correção das irregularidades; e cassação do Alvará de Localização e Funcionamento (ALF) ou de licença.

É importante salientar que a ABNT NBR 10.151/2000, apontada pela Resolução CONAMA nº 01/1990, considera que os níveis de pressão sonora superiores aos

estabelecidos são prejudiciais à saúde e ao sossego público. Esta norma estabelece diferentes limites de níveis sonoros de acordo com o uso e ocupação do solo e os períodos do dia, diurno e noturno. No entanto, verifica-se que a Legislação Estadual (Lei nº 10.100/1990) e Legislação Municipal (Lei nº 9505/2008) não seguiram os critérios estabelecidos na referida norma, estabelecendo um só critério, sem distinção de zoneamento, para diferentes períodos.

3.3.6 Controle do ruído

O controle do ruído envolve medidas visando atenuar o efeito do ruído sobre as pessoas. Todo problema de controle de ruído envolve uma fonte sonora, a trajetória de transmissão e o receptor (FERNANDES, 2005).

Assim, estabelece a hierarquia do controle do ruído. O método mais eficaz consiste em controlar o ruído da fonte, ou seja, eliminar ou minimizar a geração do ruído na origem. Porém, o controle do ruído normalmente recai sobre a trajetória de transmissão, onde são mais comuns soluções do tipo enclausuramento da fonte, barreiras acústicas, tratamento de absorção sonora, silenciadores, etc. (GUEDES, 2005).

Bistafa (2006) relata que medidas de controle de ruído envolvem tecnologias multidisciplinares que visam obter um nível de ruído aceitável em determinado ambiente, consistente com os aspectos:

- Econômicos: caso a solução proposta seja muito cara ela provavelmente não será implantada;
- Operacionais: levar em consideração os aspectos operacionais da máquina ou equipamento em questão;
- Legais: existência de normas e legislações a serem consideradas;
- Médicos: associados ao ambiente de trabalho;
- Psicológicos: há pessoas mais sensíveis ao ruído do que outras.

O controle do ruído na fonte consiste em introduzir modificações que alteram o processo de geração de ruído de determinada máquina. Para que modificações sejam sugeridas, deve-se em primeiro lugar entender como o som é produzido. A engenharia de controle de ruído na fonte identifica as causas primárias de geração deste e o que pode ser feito para eliminar ou minimizar os mecanismos básicos que o geram (BISTAFA, 2006).

Quando não é possível o controle do ruído na fonte, ou a redução obtida foi insuficiente, deve-se considerar medidas que visem controlar o ruído na sua trajetória de propagação. Esta é a segunda linha de controle do ruído (FERNANDES, 2005). Bistafa

(2006) apresenta alguns métodos mais frequentemente empregados para minimizar a transmissão sonora entre a fonte e o receptor: Aumentar a distância entre a fonte e o receptor; isolar as máquinas por meio de barreiras, enclausuramento total ou parcial; segregar as áreas barulhentas por meio de partições e tratar as superfícies do recinto com materiais fonoabsorventes.

3.4 Indústria metalúrgica de autopeças

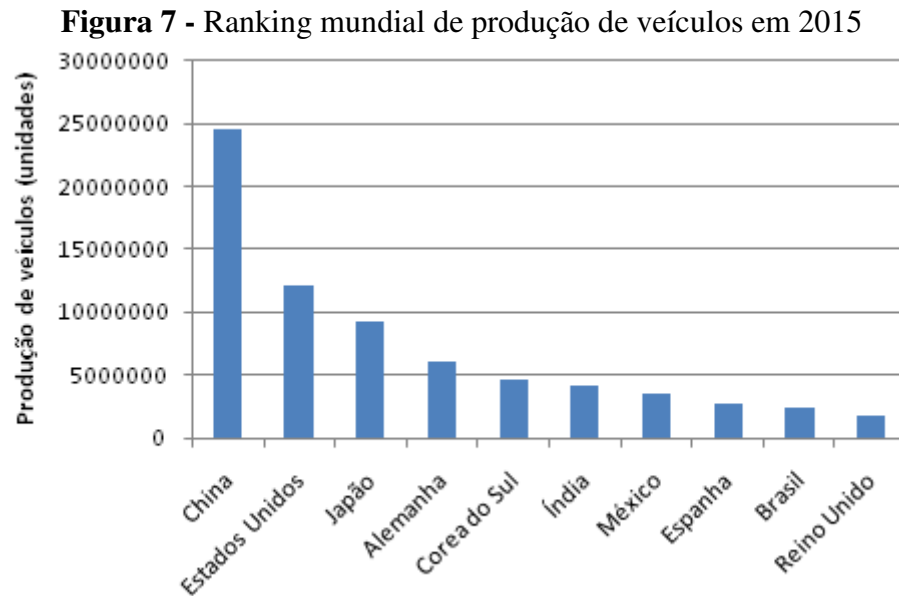
3.4.1 Conceitos

O ramo metalúrgico está ligado ao setor da indústria de transformação, que é definido pelas atividades que envolvem a transformação física, química e biológica de materiais, substâncias e componentes, com a finalidade de obter produtos novos. A metalurgia possui uma divisão muito heterogênea e está relacionada exclusivamente à produção e transformação dos metais. Abarca desde a fundição dos minérios metálicos (ferro, zinco, cobre, alumínio etc.) até a construção de grandes plataformas petrolíferas, produção automobilística, itens domésticos e máquinas para uma infinidade de outros setores, passando por processos como usinagem, estamparia, forjaria, montagem, controle de qualidade, entre outros, a depender do segmento que é tratado (CARDOSO, 2015).

Ainda para Cardoso (2015) um dos segmentos da indústria metalúrgica é o segmento automotivo que pode ser definido como a agregação da indústria automotiva propriamente dita, também conhecida como montadoras (empresas fabricantes de automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus), e a indústria de autopeças (empresas fabricantes de peças e acessórios para veículos). O presente trabalho busca avaliar a influência das operações de uma indústria metalúrgica de autopeças, que utiliza chapas de aço para produzir peças automotivas estampadas, nos níveis de ruído nas comunidades vizinhas.

3.4.2 Histórico da indústria automotiva

De acordo com os dados da Organização Internacional de Fabricantes de Veículos Automotores (OICA), no ano de 2015, foram produzidos aproximadamente 90,8 milhões de veículos (incluindo automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus) em todo o mundo (OICA, 2016). Com se pode observar na figura 7, a China lidera o ranking com uma produção geral superior a 24 milhões neste mesmo ano, o que corresponde a 27% do total. O Brasil ficou em nono lugar geral com uma participação de 2,7% da produção mundial de veículos.

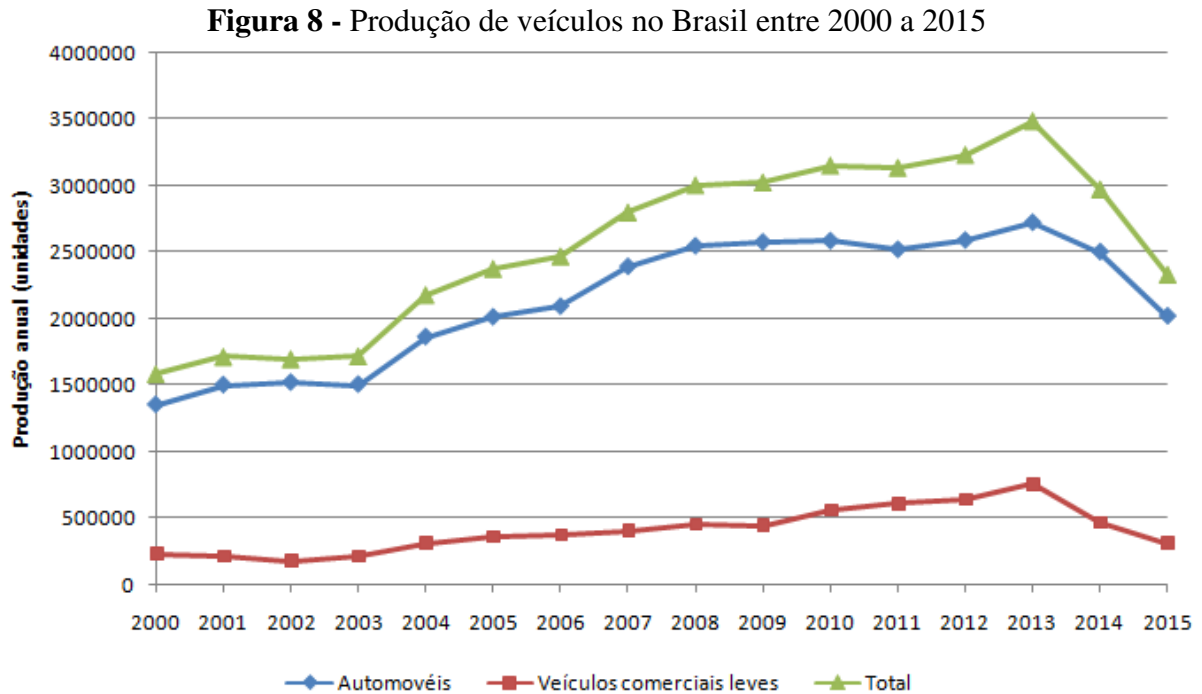


Fonte: OICA (2016)

Em 2004, de modo bastante agressivo, o setor automotivo no Brasil iniciou seu processo de crescimento, conforme observado na figura 8. Este crescimento vinha apresentando consistência até 2009, momento em que a produção retraiu em consequência da crise financeira americana iniciada em 2008 (SMABC, 2012). Uma das medidas adotadas no Brasil para combater os efeitos da crise financeira mundial foi a redução da alíquota do Imposto sobre Produto Industrializado (IPI) para automóveis, com o objetivo de aumentar a demanda destes bens e, com isso, estimular a economia. A primeira redução ocorreu no período de dezembro de 2008 a março de 2010. Diante do agravamento da crise financeira no mundo, a alíquota dos produtos industrializados foi reduzida pela segunda vez, em maio de 2012 a dezembro de 2013 (ALVES e WILBERT, 2014).

Ao observar o comportamento da produção de veículos mostrado na figura 8 é perceptível a queda de produção em dois anos consecutivos, 2014 e 2015, ou seja, o que se tem é um setor industrial com comportamento marcadamente negativo. O cenário desfavorável se apóia principalmente na combinação entre o aumento do desemprego, a redução da renda média do trabalhador, a inflação em alta e o crédito mais caro. Dado o ambiente de incerteza há uma natural retração nas decisões de investimento e de consumo por parte das famílias (VETTORAZZO, 2016). Diante desse panorama, algumas montadoras brasileiras, a exemplo da Fiat Automóveis S/A localizada em Betim (MG), estão optando pelos recursos de paralisação de algumas linhas de montagem, férias coletivas e paradas

técnicas para adaptar seu ritmo de produção a uma demanda que não se recupera e evitar demissões em massa (SOUZA, 2016).



O desenvolvimento do pólo automotivo mineiro ocorreu a partir de 1974, com a implantação da Fiat Automóveis no município de Betim, na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Esse fato ocorreu mais devido à forte participação do Estado do que à existência de um ambiente ou cultura empresarial no setor automobilístico. O governo de Minas Gerais concedeu um conjunto de incentivos fiscais, financeiros e de infraestrutura para instalação da indústria no Estado (LIMA *et al.*, 2002).

O pólo automotivo de Minas Gerais consolidou-se no final de 1990, com a implantação no estado das montadoras Daimler-Chrysler, localizada em Juiz de Fora, e a Iveco, subsidiária de Fiat para a produção de caminhões e comerciais leves, localizada em Sete Lagoas. A partir de então, ocorreu o crescimento do número de fornecedores de sistemas automotivos no estado de Minas Gerais (LIMA *et al.*, 2002), a exemplo da indústria de autopeças considerada no presente trabalho.

No Brasil, em meados dos anos 2000, iniciou-se o processo de transferência das atividades de fabricação de autopeças de dentro das montadoras para empresas especializadas e/ou independentes. Essa nova dinâmica buscou a redução de operações internas associada à necessidade de ganhos de espaço e redução de custos (BNDS, 2000).

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo

O presente trabalho pretende avaliar as imissões sonoras em uma comunidade vizinha a uma indústria metalúrgica de autopeças, localizada no município de Belo Horizonte - MG. A indústria produz peças estampadas de metal para veículos automotores destinadas a montadoras.

A área total do terreno do empreendimento é de aproximadamente de 210 mil m². O local escolhido para a instalação da indústria foi próximo a uma via de grande circulação de veículos leves e pesados, local privilegiado por estar às margens do trecho de ligação das rodovias de acesso e saída da capital (Figura 9). A escolha desta localização considerou a possibilidade de oferecer um rápido escoamento da produção da empresa e também a obtenção de maior eficiência em sua logística de suprimentos (BELO HORIZONTE, 2011). Próxima a esta via, estão localizadas a Portaria 1, onde há o acesso de pedestres, e a Portaria 2, onde ocorre o acesso de veículos pesados (Figura 9). Considerou-se essa parte a frente da indústria. Entende-se pelo fundo da indústria a parte onde está localizada a Portaria 3, onde se dá o acesso de pedestres e veículos leves (Figura 9).

No entorno do empreendimento a região é urbanizada com predominância de imóveis residenciais. Destaca-se a presença de uma escola de educação infantil, vizinha próxima da indústria (Figura 9), e que teve o início de suas atividades em março de 2016. A escola infantil está localizada na lateral direita da indústria. Na lateral esquerda, tem-se uma empresa de distribuição de correspondências e encomendas.

Figura 9 – Croqui de localização da indústria e da comunidade do entorno, localizados em Belo Horizonte - MG.



Fonte: Adaptado de Geosiorbe, acesso em 10 de junho de 2016

De acordo com a Imprensa Oficial do Governo de Minas Gerais (IOMG, 2010), a indústria metalúrgica de autopeças do presente trabalho foi constituída legalmente em 1997 e no ano seguinte deu-se o início de suas atividades. A indústria se instalou em Minas Gerais atraída pelo programa de mineirização da Fiat Automóveis, em parceria com o Governo de Minas, que consistia na atração de fornecedores da montadora para as proximidades da fábrica de Betim, na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). A indústria fornece peças automotivas estampadas de metal para veículos automotores. As peças produzidas são entregues à Fiat através sistema *Just in time* (JIT). O sistema JIT é um modelo de gestão da produção, em que os insumos são fornecidos apenas no momento em que serão processados, dessa forma, o produto só é fabricado pela indústria de autopeças quando é feito um pedido de compra por parte da Fiat.

Em 2010, o empreendimento produzia diariamente 700 peças estampadas para veículos, funcionava em três turnos e consumia diariamente 250 toneladas de aço. O faturamento anual era de R\$ 200 milhões (IOMG, 2010).

A partir de 2006 foram registradas junto à Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura de Belo Horizonte (SMMA) reclamações de moradores que indicam que as atividades exercidas pela empresa causam incômodos para a população do seu entorno. O número de reclamações referentes à poluição sonora aumentou com o aumento da produção do empreendimento, fato agravado devido às atividades serem também exercidas no período noturno. A contribuição da indústria em relação às emissões de componentes sonoras advém, sobretudo, do processo produtivo, da movimentação de veículos nos seus domínios físicos (caminhões, automóveis, empilhadeiras, etc.), do setor de carregamento e descarregamento e do manuseio inadequado de peças na execução dos serviços. A saída de funcionários durante as trocas de turno também é uma fonte considerável de ruído, especialmente em horário noturno, quando os níveis de ruído de uma determinada fonte se sobressaem devido à rarefação das componentes do ruído ambiente do local. A instalação de novas prensas e o aumento do número de funcionários para atender à demanda fizeram com que a movimentação de caminhões e empilhadeiras potencializasse os impactos gerados pelos ruídos (BELO HORIZONTE, 2011a).

4.1.1 Processo produtivo

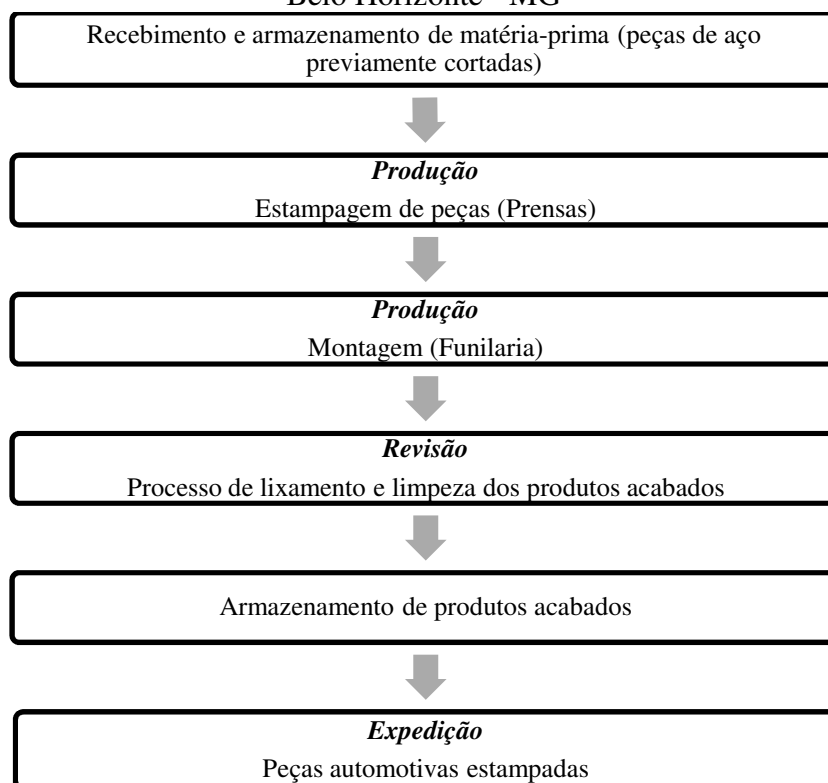
O processo produtivo da indústria de autopeças do presente estudo consiste nas seguintes etapas: estampagem, funilaria, revisão e expedição (Figura 10).

As chapas laminadas de aço plano são previamente cortadas nos tamanhos pré-estabelecidos para cada peça a ser fabricada. A operação de corte de chapas é realizada por siderúrgicas ou por distribuidores de aço ligados a estas empresas (BNDS, 2000).

A matéria-prima chega ao empreendimento por meio de carretas no pátio interno e a descarga e o armazenamento se faz por empilhadeiras. Em função da programação, as peças são enviadas para o setor de estampagem, onde as peças previamente cortadas passam por uma série de prensas onde é feita a conformação da chapa, dando-lhe o formato de uma porta, teto, capô, lateral, assoalho, etc, de acordo com o modelo automotivo a ser produzido. Essas são as peças de maiores dimensões e irão compor a superfície externa do veículo. Associada a cada uma dessas, são preparadas as peças internas, com função basicamente estrutural.

Depois das peças estampadas, as chapas de aço são direcionadas à funilaria, onde ocorre a montagem das peças estampadas por meio do processo de soldagem. Após a montagem, as peças montadas percorrem a linha de revisão, em que passam por um processo de lixamento e limpeza, para depois serem armazenadas ou encaminhadas para expedição onde são transportadas em caminhões para o cliente.

Figura 10 - Fluxograma de produção da indústria metalúrgica de autopeças localizada em Belo Horizonte - MG



Fonte: Adaptado de Permitis Engenharia (2014)

4.1.2 Produção anual

Os volumes produzidos na indústria de autopeças, entre os anos 2004 e 2013, estão apresentados na tabela 5. Apesar dos dados relativos aos anos de 2009 e 2010 não terem sido reportados, é possível perceber que a produção industrial da empresa triplicou no período de 2004 a 2008, e que ocorreu uma redução de cerca de 10% da produção no período de 2012 a 2013.

Tabela 5 - Produção anual da indústria de autopeças localizada em Belo Horizonte.

Ano	Produção anual (em milhões de unidades de produtos acabados)
2004	4,6
2005	6,8
2006	10,0
2007	12,7
2008	13,0
2009	Não informado
2010	Não informado
2011	15,3
2012	15,4
2013	13,6
2014	Não informado
2015	Não informado

Fontes: Permitis Engenharia (2008); Permitis Engenharia (2014)

4.1.3 Mão-de-obra

Em relação à mão-de-obra, a tabela 6 apresenta a quantidade de empregados por turno e a tabela 7 os horários de trabalho da indústria.

Tabela 6 - Número de funcionários da indústria de autopeças localizada em Belo Horizonte (2011 e 2014)

Ano	1º Turno	2º Turno	3º Turno	Turno Central	Total Diário
2011	1035	1026	643	293	2997
2014	1266	1013	487	402	3176

Fonte: Permitis Engenharia (2011); Permitis Engenharia (2014)

Tabela 7 - Horários de trabalho indústria de autopeças localizada em Belo Horizonte

	Turno	Horário	Período
Produção	1º Turno	06h00min às 15h48min	2ª a 6ª
	2º Turno	15h48min às 01h08min	2ª a 6ª
	3º Turno*	01h08min às 06h00min	2ª a 6ª
Administrativo		07h42min às 17h35min	2ª à 6ª
	Central	07h57min às 17h50min	2ª a 6ª
		08h12min às 18h05min	2ª a 6ª

* O setor de produção não está operando neste turno desde fevereiro de 2015.

Fonte: BELO HORIZONTE (2016)

Quanto ao funcionamento da empresa aos finais de semana, a empresa não funciona aos domingos, porém somente a atividade de produção ocorre em sábados alternados, sendo que o horário de funcionamento normalmente é até às 20 horas (BELO HORIZONTE, 2016).

4.1.4 Histórico de poluição sonora do empreendimento

A atividade desenvolvida no empreendimento do presente estudo é passível de Licenciamento Ambiental no âmbito municipal, sendo promovido pela SMMA, de acordo com a Lei n.º 7.277, de 17 de janeiro de 1997 (BELO HORIZONTE, 1997).

O empreendimento obteve a primeira Licença de Operação (LO) em 1998 para exercer a atividade de fabricação de peças e acessórios para veículos automotores (BELO HORIZONTE, 1997).

Até meados de 2004, ano em que foi emitida nova LO para o empreendimento, os níveis de ruídos no entorno da empresa encontravam-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente. A partir do ano seguinte, ocorreu a ampliação da capacidade de produção do empreendimento (Tabela 5), inclusive com trabalhos no período noturno. No ano de 2006 foram registradas as primeiras reclamações referentes à poluição sonora nas comunidades do

entorno da empresa (Belo Horizonte, 2011b). Em novembro do mesmo ano, técnicos da SMMA vistoriaram o empreendimento e seu entorno e foram constatados níveis de ruídos acima do limite permitido no período noturno, período em que era realizado o carregamento e o descarregamento de caminhões com uso de empilhadeiras, principal motivo das reclamações dos vizinhos (BELO HORIZONTE, 2011b).

Em 2007, como condição para a empresa obter a renovação da sua LO, a SMMA solicitou que o empreendedor implementasse medidas para redução das emissões de ruídos em suas atividades, uma vez que as medições dos níveis de ruído nas comunidades do entorno ainda apresentavam valores acima dos limites estabelecidos pela legislação vigente na época (BELO HORIZONTE, 2011a).

Em 2009, o empreendedor informou à SMMA que estavam sendo estudadas medidas de minimização das emissões de ruído para atender aos limites previstos na legislação vigente. Em vistoria técnica da SMMA, em setembro de 2009, constatou-se construção de parte de uma barreira para minimizar poluição sonora junto aos moradores do entorno (BELO HORIZONTE, 2011a). Em 2011, a empresa apresentou à SMMA o relatório técnico de mapeamento sonoro e proposta de soluções acústicas para o empreendimento (BELO HORIZONTE, 2010).

Em 2012, técnicos da SMMA realizaram uma consulta junto à comunidade próxima às dependências da indústria e verificaram que o ruído ainda causava incômodos à população. Os técnicos constataram que o movimento de caminhões e empilhadeiras na indústria ainda era a atividade causadora das emissões indesejadas de ruído, sobretudo durante o horário noturno. Além disto, os técnicos verificaram um novo acesso de veículos leves na empresa, que segundo os moradores, a movimentação no local caracterizava-se como uma nova fonte de poluição sonora. De acordo com os moradores, a situação era mais crítica durante a noite, principalmente quando havia troca de turnos de trabalho (BELO HORIZONTE, 2012).

Em 2015, constatou-se que o empreendedor realizou várias melhorias com o objetivo de minimizar as emissões de ruídos, concluiu as obras de construção dos galpões acústicos e modificou a logística de carga e descarga dos produtos acabados (BELO HORIZONTE, 2015).

4.1.5 Medidas de controle de ruído implantadas

A seguir são descritas de forma sucinta as principais medidas preventivas, mitigadoras e administrativas implantadas pela empresa visando à redução das emissões de ruído em suas atividades (BELO HORIZONTE, 2015).

I. Utilização de carretas com maior capacidade de carga

Essa medida reduziu o número de veículos transitando nas dependências da indústria, bem como o impacto no fluxo viário da região. Pode-se dizer que, para cada duas carretas transportando produtos, um caminhão deixou de rodar no mesmo circuito.

II. Substituição dos veículos e empilhadeiras

A empresa estabeleceu um programa junto aos seus fornecedores de transporte para redução da idade da frota circulante, uma vez que veículos mais novos implicam menor desgaste e, conseqüentemente, geram menos ruído.

III. Não utilização de buzinas e/ou sinais sonoros

A empresa estabeleceu um regimento interno que proíbe a utilização de buzinas e sinais sonoros em suas dependências, salvo em caso de risco iminente de acidentes.

IV. Minimização da movimentação, carga e descarga nos períodos vespertino e noturno.

O volume de carga e descarga após as 22 horas foi reduzido; conseqüentemente, o número de caminhões trafegando no interior da fábrica, também diminuiu. Além disso, foi proibido o trânsito de caminhões, carretas e empilhadeiras a partir das 20 horas nas áreas mais próximas às residências, localizadas na lateral direita e aos fundos da fábrica.

V. Fechamento Acústico

Nas áreas da fábrica onde há etapas de produção (estampagem e funilaria) foram executados fechamentos acústicos. Utilizando técnicas e materiais adequados, buscou-se evitar que o ruído passasse do local onde se encontram as fontes para os ambientes externos, minimizando os efeitos nocivos à comunidade devidos o ruído gerado pelo processo produtivo.

VI. Galpão acústico: área de carregamento de peças

O tratamento consistiu em isolar a área de carregamento das peças acabadas nos caminhões em relação à área externa que sofria com níveis sonoros indesejáveis. Neste galpão foi instalado portões de correr na entrada e saída dos caminhões (Figura 11). Os portões possuíam composição similar ao utilizado para o fechamento do galpão.

Figura 11 – Ilustração esquemática do galpão de carregamento de peças

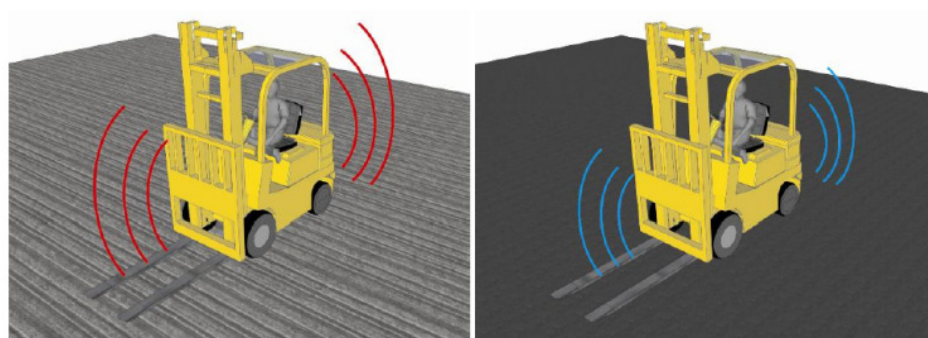


Fonte: Aven Engenharia Termoacústica (2010)

I. Regularização do piso externo

Com relação ao piso foram homogeneizadas e aprimoradas as superfícies das áreas externas aos galpões e internas aos domínios da empresa, com o objetivo de reduzir atritos e vibrações e, conseqüentemente, minimizar a geração de componentes sonoras (Figura 12). O tratamento dos pisos foi feito com aplicação de mistura asfáltica de composição adequada, com a substituição do ligante asfáltico convencional por ligante modificado por polímero ou por asfalto-borracha o que tornaria uma medida eficiente para o aumento da resistência do pavimento.

Figura 12 - Redução do ruído devido à regularização do piso



Fonte: Aven Engenharia Termoacústica (2010)

4.2 Diagnóstico das fontes de emissões sonoras da indústria

De modo a se obter o maior conhecimento a respeito da contribuição sonora da indústria de autopeças nos pontos de medição, foi realizado um levantamento de informações sobre as instalações da indústria e também do processo produtivo, desde a chegada da

matéria-prima até a saída dos produtos acabados. As informações foram obtidas a partir do processo de licenciamento ambiental da empresa junto à SMMA.

Além das informações obtidas na SMMA, foram realizadas duas visitas técnicas ao empreendimento, uma no dia 20 de agosto de 2015 e outra no dia 03 de maio de 2016. As visitas foram realizadas com o objetivo de conhecer as etapas do processo produtivo da empresa que contribuem efetivamente para o aumento dos níveis de ruído na vizinhança, de averiguar as medidas tomadas para minimização do ruído e de verificar os locais da área externa e próximos ao empreendimento passíveis de maior incômodo em relação à poluição sonora.

4.3 Monitoramento de componentes sonoras

De forma a verificar os níveis de ruído na comunidade do entorno da indústria metalúrgica de autopeças, foram analisados os dados de automonitoramento apresentados a SMMA para o processo de licenciamento ambiental da empresa. Além desses dados, foi realizada uma medição do nível de pressão sonora na escola de educação infantil, em um ponto localizado na área externa da escola, onde as crianças fazem recreação.

Para verificação do atendimento da instalação industrial no que diz respeito à imissão de ruídos, foi utilizada a legislação vigente, sendo elas, a Lei Municipal de Belo Horizonte n.º 9.505/2008 (BELO HORIZONTE, 2008), a Lei Estadual de Minas Gerais n.º 10.100/1990 (MINAS GERAIS, 1990) e a Resolução CONAMA n.º 001/1990 (BRASIL, 1990), que faz menção a ABNT NBR 10.151/2000 (ABNT, 2000).

4.3.1 Relatórios de automonitoramento da indústria

No presente trabalho foram utilizados os dados de níveis de pressão sonora registrados nas comunidades vizinhas ao empreendimento no período de fevereiro de 2013 a maio de 2016, totalizando 06 (seis) medições, realizadas nas datas e nos horários mostrados na Tabela 8. As datas e os horários para a realização das medições foram estabelecidos pela indústria.

Tabela 8 - Datas e intervalos de tempo das medições das imissões de ruído no entorno da indústria metalúrgica de autopeças

Medição	Datas da realização das medições	Intervalo de tempo da realização das medições		
		Diurno	Vespertino	Noturno
01	Fevereiro de 2013	09:00 às 10:28	19:16 às 20:36	00:00 às 01:13
02	Junho de 2013	09:21 às 10:43	19:01 às 20:07	00:02 às 01:02
03	Janeiro de 2014	08:46 às 10:03	19:23 às 20:55	00:15 às 01:20
04	Dezembro 2014	12:27 às 13:27	19:11 às 20:12	00:01 às 01:07
05	Outubro de 2015	08:10 às 09:23	19:01 às 20:03	00:29 às 01:30
06	Maio de 2016	10:01 às 11:43	19:22 às 20:18	00:00 às 00:58

Fonte: Aven Engenharia Termoacústica (2013a, 2013b, 2014a, 2014b, 2015, 2016)

As medições foram realizadas em 07 (sete) pontos correspondentes aos locais de suposto incômodo, nos horários diurno, vespertino e noturno, conforme Lei Municipal nº. 9.505/2008 (BELO HORIZONTE, 2008). A tabela 9 e a figura 13 apresentam os pontos de medição estabelecidos em acordo com a indústria e a SMMA para realização dos ensaios de ruído. Observa-se que, com exceção dos pontos 04 e 05 que são internos à empresa, todos os outros pontos localizam-se externamente à propriedade industrial. A escolha dos pontos internos faz com que a avaliação de ruído seja mais conservativa uma vez que os pontos estão mais próximos às fontes emissoras de ruído (Figura 13).

Tabela 9 - Descrição dos pontos de medição dos níveis de pressão sonora no entorno da indústria de autopeças

Pontos	Descrição dos pontos de medição
01	Passeio público localizado aos fundos da indústria – Lateral esquerda.
02	Passeio público localizado aos fundos da indústria – Próximo a Portaria 3.
03	Passeio público localizado aos fundos da indústria – Lateral direita.
04	Ponto interno localizado aos fundos da indústria – Lateral direita.
05	Ponto interno localizado na lateral direita da indústria – Frente ao galpão de carregamento.
06	Passeio público localizado na lateral direita da indústria - Entre os pontos 05 e 07.
07	Passeio público localizado na lateral direita da indústria – Próximo a Portaria 2

Figura 13 - Localização dos pontos de medição de nível de pressão sonora no entorno da indústria de autopeças



Fonte: Adaptado de Geosurbe, acesso em 10 de junho de 2016

Os equipamentos utilizados para medição dos níveis de pressão sonora foram um medidor de nível sonoro Tipo 1 (Fabricante Brüel & Kjær, modelo 2270/4189), com circuito de resposta rápida (*fast*), e um calibrador acústico (Fabricante Brüel & Kjær, modelo 4231), devidamente calibrados. As medições foram realizadas conforme orientação da ABNT NBR 10151/2000 e com duração de 5 (cinco) minutos, conforme recomendação da norma internacional ISO 1996-2/2007 para realização de medições de ruído em plantas industriais (AVEN ENGENHARIA TERMOACÚSTICA, 2013a, 2013b, 2014a, 2014b, 2015, 2016).

Nos monitoramentos das campanhas de fevereiro de 2013 a outubro de 2015 foram realizadas medições de ruído total nos sete pontos. Entende-se por ruído total o somatório do ruído proveniente das atividades da indústria e o ruído ambiente. Posteriormente, utilizou-se o software modelo 7820 EVATUATOR - Brüel & Kjær desenvolvido para o pós-processamento dos dados coletados durante o levantamento de fontes sonoras. Esse software permite avaliação distinta dos níveis sonoros durante o período de medição e a partir dele é possível realizar o cálculo e se ter o real conhecimento da contribuição da indústria durante a

obtenção total dos níveis energéticos das medições realizadas (AVEN ENGENHARIA TERMOACÚSTICA, 2013a, 2013b, 2014a, 2014b, 2015).

No monitoramento da campanha de maio de 2016 a determinação dos níveis ruído proveniente da indústria nos sete pontos foi realizada através da subtração logarítmica entre o ruído total e o ruído ambiente (AVEN ENGENHARIA TERMOACÚSTICA, 2016). Essa metodologia foi possível uma vez que no mês de maio a empresa realizou algumas paradas técnicas, o que viabilizou a medição de ruído ambiente. Dessa forma, o ruído proveniente da indústria ($R_{indústria}$) foi calculado de acordo com a Equação 6:

$$R_{indústria} = 10 \log \left[10^{\frac{R_{total}}{10}} - 10^{\frac{R_{ambiente}}{10}} \right] \quad \text{Equação. 6}$$

Em que o $R_{indústria}$ é o ruído proveniente da indústria de autopeças, R_{total} é o ruído total e $R_{ambiente}$ é o ruído ambiente.

De modo a estudar a contribuição de ruído proveniente da indústria metalúrgica de autopeças nos pontos de medição, foram utilizados os valores de ruído da indústria apresentados nos relatórios de fevereiro de 2013 a maio de 2016. Por outro lado, de forma a estudar o ruído ambiente nos pontos de avaliação foram utilizados os valores de ruído ambiente apresentados no relatório de maio de 2016.

Na campanha realizada em maio de 2016 foram medidos e calculados ruído ambiente com tráfego e ruído ambiente sem tráfego. O ruído ambiente com tráfego é todo o ruído coletado do ambiente do entorno juntamente com a influência de tráfego de veículos, ou seja, todo o ruído registrado pelo equipamento. O ruído ambiente sem tráfego é todo o ruído coletado do ambiente do entorno sem a influência de tráfego de veículos perceptíveis, obtido através de software modelo 7820 EVATUATOR - Brüel & Kjær (AVEN ENGENHARIA TERMOACÚSTICA, 2016).

4.3.2 Medições de ruído na escola infantil

Além dos dados contidos nos relatórios de automonitoramento da empresa, foi realizada uma medição dos níveis de pressão sonora em um ponto localizado dentro da escola infantil. Foram realizadas medições para caracterização do ruído ambiente e de ruído total.

O ponto de medição escolhido foi em um espaço aberto de recreação localizado na divisa da indústria com a escola. A escolha desse ponto justifica-se por ser o mais próximo à indústria.

As medições de ruído total e ruído ambiente foram realizadas em dois dias distintos. A escolha dos dias e horários de medição foi justificada pelas características típicas que pudessem refletir situações sonoras semelhantes. Dessa forma, as medições foram realizadas no mês de maio, em dias de semana, durante o período letivo. A determinação do ruído proveniente da indústria foi realizada através da subtração logarítmica, de acordo com a Equação 6 apresentada anteriormente.

A medição de ruído ambiente foi realizada no dia 03 de maio de 2016, aproveitando o momento em que a empresa estava com as atividades de produção paralisadas. A medição de ruído total foi realizada no dia de 30 de maio de 2016, quando a indústria estava operando em condições normais. Ressalta-se que o espaço de tempo compreendido entre as medições de ruído ambiente e ruído total justifica-se em decorrência de sucessivas paralisações das atividades da indústria ou ainda pelo fato de a mesma não estar operando em condições normais, o que inviabilizava a caracterização do ruído proveniente da indústria.

O horário de medição foi compreendido entre às 9h00 e 11h00. Vale salientar que não foram realizadas medições nos períodos vespertino e noturno visto que escola apenas funciona no período diurno, sendo que as atividades são iniciadas às 7 h (sete horas) da manhã e terminam às 18 h (dezoito horas) do mesmo dia.

Para o levantamento desses dados, utilizou-se um medidor de nível de pressão sonora Tipo 1 (Fabricante 01dB, modelo FUSION, apresentado na Figura 14) e um calibrador acústico (Fabricante 01dB, modelo Cal21), devidamente calibrados (Anexo 1 e Anexo 2, respectivamente). Nos dias de medição, foi realizada a aferição do medidor de nível de pressão sonora pelo operador do equipamento, com o calibrador acústico, imediatamente antes e após cada medição. Além disso, também foi utilizado um protetor para o microfone prevenindo os efeitos de ventos. As medições foram realizadas respeitando os procedimentos elencados na norma ABNT NBR 10151/2000 (ABNT, 2000).

Figura 14 - Medidor de pressão sonora (01 dB FUSION) utilizado nos ensaios de medição sonora na escola

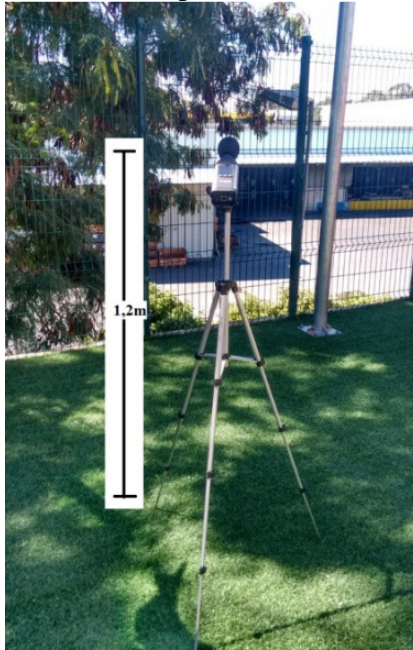


Fonte: FUSION 01dB (2015)

Configurou-se o medidor de nível de pressão sonora com as especificações apropriadas, como o circuito de compensação em A, com ponderação no tempo de resposta rápida (*fast*), a cada 5 (cinco) segundos durante o tempo de medição do ruído. O tempo de medição foi determinado de forma a permitir a caracterização do ruído em questão de acordo com a norma ABNT NBR 10151/2000. Foi adotado como padrão, o tempo de 05 (cinco) minutos, conforme recomendação da norma internacional ISO 1996-2/2007, para realização de medições para plantas industriais.

O microfone do aparelho manteve-se afastado, no mínimo, de 2,0 m (dois metros) do limite da propriedade e de quaisquer outras superfícies refletoras, como muros, paredes, etc, e à altura de no mínimo 1,20 m (um metro e vinte centímetros) do piso. O equipamento foi posicionado com auxílio de um tripé, obedecendo às especificações citadas anteriormente (Figura 15). Além disso, foram observadas possíveis interferências audíveis advindas de fenômenos da natureza, chuvas e trovões, por exemplo. O equipamento foi posicionado de forma que o microfone ficasse voltado para o lado da indústria de autopeças. Através da figura 15, verifica-se que não existia qualquer tipo de obstáculo que atenuasse o ruído proveniente da indústria.

Figura 15 - Posicionamento do medidor de pressão sonora no espaço físico da escola infantil



O medidor em questão dispõe de uma função para o cálculo automático do nível de pressão sonora equivalente (L_{eq}), em decibéis ponderados em A [dB (A)]. Utilizou-se o software dBTreit, versão 3.1, também produzido pela 01dB, para descarregar os dados do medidor de nível de pressão sonora para um computador.

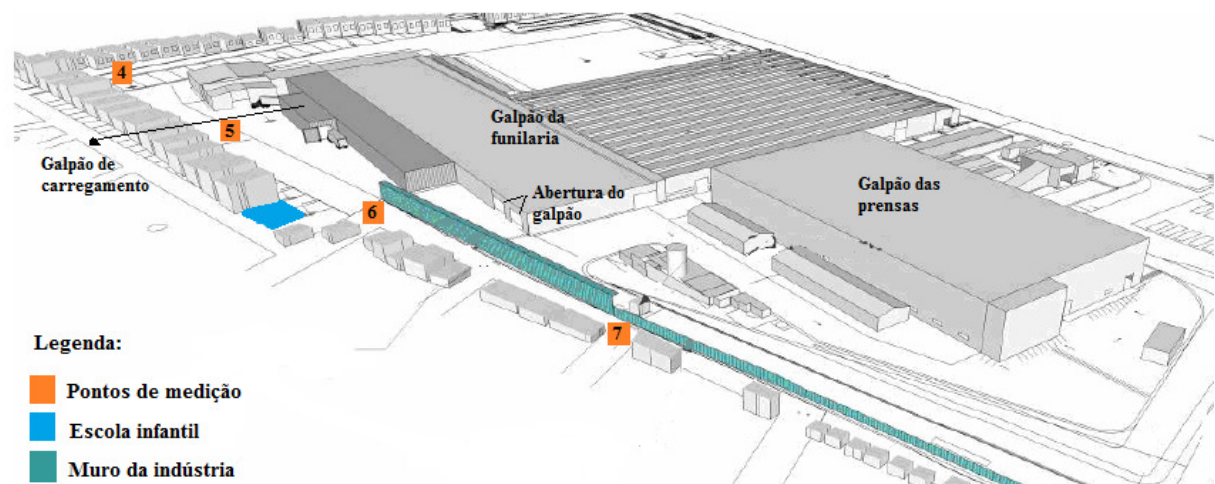
Durante o período de medição, qualquer informação ou acontecimento importante para a análise dos dados coletados foi registrado em um bloco de notas. Características especiais ou mudanças repentinas nas fontes sonoras e no ruído ambiental foram anotadas, juntamente com o horário e a duração em que ocorreram.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Diagnóstico das fontes de emissões sonoras da indústria

Os espaços físicos da indústria de autopeças que podem contribuir para a emissão de ruídos em seu entorno, ou seja, onde estão localizadas as fontes emissoras de ruídos, basicamente se resumem em galpões onde são realizadas as operações da estampagem (galpão das prensas), da montagem das peças (funilaria) e o galpão de carregamento de peças (Figura 16). Esses galpões contam com isolamento acústico, no entanto, destaca-se que há uma abertura no galpão da funilaria utilizada para passagem de empilhadeiras durante o carregamento dos caminhões (Figura 16). Essa abertura proporciona a saída de ruído proveniente das atividades da funilaria. Além disso, a movimentação de empilhadeiras e caminhões entre os galpões na área externa para transporte de matéria-prima e de peças é fonte expressiva de ruídos. Ocorre também a contribuição de ruído advindo de manuseios negligentes de equipamentos e peças por funcionários, gerando ruídos de natureza impulsiva (BELO HORIZONTE, 2015). Os pontos de medição 4, 5, 6 e 7 foram escolhidos de modo a monitorar os níveis de ruído proveniente das atividades citadas anteriormente (Figura 16). Para atenuação dos níveis de ruído que atingem as residências próximas aos pontos 6 e 7 observa-se a construção de um muro de alvenaria (Figura 16; Figura 18).

Figura 16 - Espaços físicos da indústria metalúrgica de autopeças



Fonte: Adaptado de Aven Engenharia Termoacústica (2010)

A área de influência do empreendimento no que diz respeito à poluição sonora está restrita a seu entorno, principalmente nas áreas das residências localizadas nos limites da empresa (Figura 13; Figura 16). Os galpões da indústria encontram-se muito próximos às residências sendo que em frente ao galpão de carregamento de peças a distância é de

aproximadamente 50 metros. As residências localizadas na lateral direita situam-se em cotas distintas, separadas por um talude com altura variável de aproximadamente 10 metros (Figura 17). Entre os galpões industriais e as residências há muros de alvenaria (Figura 18) ou placas metálicas (Figura 19) separando os limites da empresa e, em algumas partes, há também a presença de vegetação alta e pouco densa (Figura 20).

Figura 17 - Talude com altura variável que delimitam a área interna na lateral direita da indústria de autopeças



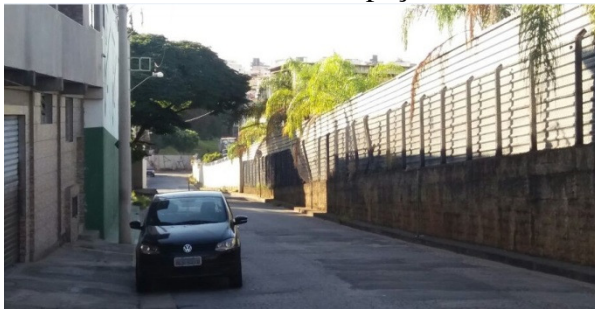
Fonte: Registrada pela autora, 03 de maio de 2016

Figura 18 – Muros de alvenaria (à esquerda na foto) que delimitam a área interna da indústria de autopeças



Fonte: Registrada por Luciana Gomides, 22 de maio 2016

Figura 19 - Placas metálicas (à direita na foto) que delimitam a área interna da indústria de autopeças



Fonte: Registrada por Luciana Gomides, 22 de maio 2016

Figura 20 – Presença de vegetação alta e pouco densa nos limites entre a indústria de autopeças e seu entorno



Fonte: Registrada por Luciana Gomides, 22 de maio 2016

5.2 Relatórios de automonitoramento

5.2.1 Avaliação da metodologia aplicada

5.2.1.1 Escolha dos pontos de medição

Em ensaios de medição de pressão sonora em comunidade, a definição do número de pontos de medição e sua distribuição pelo espaço é uma etapa muito importante da metodologia para avaliação dos níveis de ruído. Isso porque o nível de ruído de uma determinada área varia com o local de medição e com as diversas fontes existentes.

Observa-se que a malha de amostragem, definida pela indústria em conjunto com a SMMA, apresenta uma distribuição uniforme de pontos de forma a avaliar a exposição da população ao ruído proveniente da indústria. Dessa forma, não foram definidos pontos para realização de medições na lateral esquerda, uma vez que neste lado há um empreendimento comercial que não é fonte significativa de ruídos para o entorno. Além disto, na lateral esquerda, as residências localizam-se mais distantes da indústria que as residências localizadas na lateral direita (Figura 13). Não foram definidos também pontos de medições de ruídos na frente da indústria, pois neste local tem-se maior contribuição de ruído proveniente do tráfego da rodovia.

Os pontos de medição 1, 2 e 3 (Figuras 21, 22 e 23, respectivamente) estão localizados nos fundos da indústria, sendo que a maior contribuição da fábrica nesses pontos está relacionada com o trânsito de pessoas e veículos que entram e saem do empreendimento através da Portaria 3 (Figura 13), principalmente durante a troca de turno de trabalho. Nesses pontos, devido à existência de residências e edificações, pode-se inferir que ocorre atenuação dos valores de ruído proveniente da planta industrial.

A contribuição da indústria nos níveis de ruído nos pontos 4, 5 (Figura 24), 6 (Figura 25) e 7 (Figura 26) ocorre principalmente devido à movimentação de caminhões, carretas e empilhadeiras na parte externa aos galpões próxima a esses pontos, ou seja, na lateral direita da indústria (Figura 13; Figura 16). Os veículos pesados são capazes de emitir ruídos que podem ser classificados em dois blocos: ruído proveniente do funcionamento do veículo, que corresponde ao funcionamento do motor e de sua potência mecânica, e o ruído proveniente da movimentação, constituído por quatro efeitos: velocidade, marcha e contato pneu-pavimento. Além disso, há os ruídos ocasionais como buzinas, frenagens, ruídos da troca de marchas (reduções e acelerações). Além do ruído proveniente da movimentação de veículos pesados, próximos aos pontos 4, 5, 6 e 7 tem-se a contribuição de ruído de manuseios incorreto de equipamentos e peças por funcionários, gerando ruídos de natureza impulsiva (BELO HORIZONTE, 2015).

Vale ressaltar que os pontos 4 e 5 estão localizados na área interna da empresa (Figura 13; Figura 16), porém estão situados em pontos que fazem divisa com as residências. A localização interna desses pontos faz com que a avaliação de ruído seja mais conservativa, visto que pode-se inferir que os níveis de ruído nesses pontos são mais elevados em relação a outro ponto externo à indústria devido às proximidades com as fontes emissoras de ruído.

Figura 21 – Ponto de medição 01 - Passeio público localizado aos fundos da indústria de autopeças – Lateral esquerda.



Fonte: Registrada pela autora, 03 de maio de 2016

Figura 22 - Ponto de medição 02 - Passeio público localizado aos fundos da indústria de autopeças – Próximo à Portaria 3.



Fonte: Registrada por Luciana Gomides, 22 de maio 2016

Figura 23 - Ponto de medição 03 - Passeio público localizado aos fundos da indústria de autopeças – Lateral direita.



Fonte: Registrada pela autora, 03 de maio de 2016

Figura 24 - Ponto de medição 05 - Ponto interno localizado na lateral direita da indústria de autopeças – Frente ao galpão de carregamento.



Fonte: Registrada pela autora, 03 de maio de 2016

Figura 25 - Ponto de medição 06 - Passeio público localizado na lateral direita da indústria de autopeças - Entre os pontos 05 e 07.



Fonte: Registrada por Luciana Gomides, 22 de maio 2016

Figura 26 - Ponto de medição 07 - Passeio público localizado na lateral direita da indústria de autopeças – Próximo a Portaria 2.



Fonte: Registrada por Luciana Gomides, 22 de maio 2016

5.2.1.2 Escolha dos dias e horários de medição

Em relação à determinação dos dias e dos horários para a avaliação do ruído na vizinhança de um empreendimento, o ideal seria a realização de monitoramento contínuo que se medisse o ruído em um período de tempo completo, tais como dias, semanas ou até mesmo meses (NAGEM, 2004). Isso porque a variação de ruído pode ocorrer em uma dada hora, de hora em hora, durante o dia, de dia em dia, durante uma semana, mensalmente, etc.

Medições contínuas de níveis de ruído poderiam ser utilizadas para se construir um perfil das imissões de ruído durante todo o funcionamento da empresa. A partir dos resultados obtidos nessas medições seria possível, então, realizar uma análise localizando possíveis intervalos de tempo que refletiriam os horários onde os níveis de ruído são mais críticos ou aqueles que representam as atividades ruidosas existentes (NAGEM, 2004). As medições contínuas iriam possibilitar a visualização do comportamento acústico da vizinhança do entorno da indústria de autopeças ao longo de todo o dia, semana ou mês. Contudo, essas longas medições podem ser caras e difíceis de serem executadas.

Nas medições das imissões de ruído nos sete pontos reportados à SMMA pela empresa, os horários de medição foram escolhidos sem necessariamente considerar os horários em que se tem maior contribuição de ruído da fábrica, ou seja, nos períodos mais críticos. Nos relatórios, apenas foi mencionado que a escolha dos horários para a realização das amostragens foi de exclusiva responsabilidade da indústria contratante do serviço. Também é de exclusiva responsabilidade da indústria manter seu regime de funcionamento, durante as medições, em suas condições normais, sem variações que possam afetar o resultado dos trabalhos.

Da forma como as informações foram expostas nos relatórios, não se tem garantia de que a empresa estava funcionando em condições normais durante as medições de ruído. Além disso, para a realização das análises de ruído seria imprescindível a informação do funcionamento da indústria no que diz respeito à produção realizada no período avaliado. Essas informações seriam utilizadas para correlacionar a produção nos períodos de medição com os níveis de ruído gerados pela indústria. No entanto, essas informações não constam nos relatórios de monitoramento da empresa. A contribuição do ruído da indústria para os níveis sonoros totais está estritamente ligada ao regime de funcionamento no dia e horário de medição. Além disso, no caso da indústria de autopeças do presente trabalho, essa informação seria crucial nas análises, uma vez que a mesma funciona no sistema *Just in time*, ou seja, as atividades da indústria variam de acordo com a demanda gerada pela montadora.

Sabe-se que as medições de longa duração podem ser inviabilizadas pelo alto custo, pela dificuldade na execução e pela demanda de equipamentos específicos. Sugere-se então, para o caso da empresa do presente trabalho, que a medição das imissões sonoras seja planejada em função do regime de funcionamento da indústria, devendo ser realizada pelo menos em dois momentos distintos em cada período, por exemplo, dois momentos no período diurno, no período vespertino e no período noturno.

É importante ressaltar que, sempre que possível, as medições devem ser realizadas nos mesmos horários e dias da semana para todos os pontos.

5.2.1.3 Duração das medições

A duração das medições de ruído reportadas à SMMA pela empresa nos relatórios de automonitoramento foi de 05 (cinco) minutos. Este tempo foi determinado conforme recomendação da norma internacional ISO 1996-2/2007 para realização de medições de ruído em plantas industriais. Segundo a ABNT NBR 10.151/2000, o tempo de medição deve ser escolhido de forma a permitir a caracterização do ruído em questão. Porém, essa norma não especifica esse tempo de medição, deixando em aberto a escolha da duração.

O ruído da indústria metalúrgica de autopeças estudada não é caracterizado como ruído contínuo, com flutuações de nível de pressão sonora pequenas, como por exemplo de uma máquina em funcionamento constante. Como descrito anteriormente, a maior contribuição nos níveis de emissão de ruído proveniente da planta industrial refere-se à movimentação de carretas e empilhadeiras na área externa. Esta atividade está relacionada à geração de um ruído intermitente, ou seja, um ruído que oscila bruscamente várias vezes, durante o intervalo de tempo de medição. Isso evidencia que no momento da medição pode ser que ocorra a passagem de alguns veículos mas também pode ser que não passe nenhum. Dessa forma, a medição durante um período curto de tempo pode não caracterizar o ruído proveniente das atividades da indústria.

Sabendo que a indústria funciona 19 h por dia, uma única amostragem com duração de cinco minutos não garante a representatividade da amostra para determinação de valores de níveis de pressão sonora de contribuição da indústria. Ou seja, esse curto período de tempo não corresponde ao perfil de ruído ao longo das jornadas de trabalho. Isso demonstra mais uma vez a importância de se realizar o monitoramento contínuo durante o período de trabalho.

5.2.2 Resultados do automonitoramento

5.2.2.1 Análise do ruído ambiente

O ruído ambiente pode se originar de diversas fontes, tais como ruído de tráfego, ruído das obras de construção civil, ruído de estabelecimentos comerciais e de serviços, ruído de animais, ruído de outras atividades, ou seja, o nível de ruído ambiente em um determinado local está intimamente relacionado com o uso e ocupação do solo. Devido a essas considerações, a medição do ruído ambiente é fundamental para avaliar as influências do meio nos pontos de avaliação e assim verificar qual a real contribuição de um empreendimento para o nível de ruído total em seu entorno.

A tabela 10 apresenta os resultados de ruído ambiente com tráfego ($R_{\text{ambiente COM tráfego}}$) e ruído ambiente sem tráfego ($R_{\text{ambiente SEM tráfego}}$) nos sete pontos de monitoramento no entorno da indústria metalúrgica de autopeças. As medições foram realizadas nos períodos diurno, vespertino e noturno, na campanha realizada no mês de maio de 2016.

Tabela 10 – Ruído ambiente (R_{ambiente}) medido no entorno da indústria metalúrgica de autopeças (maio de 2016). Valores expressos em dB(A)

Ponto de medição	Período diurno ⁽¹⁾		Período vespertino ⁽²⁾		Período noturno ⁽³⁾	
	$R_{\text{ambiente COM tráfego}}$	$R_{\text{ambiente SEM tráfego}}$	$R_{\text{ambiente COM tráfego}}$	$R_{\text{ambiente SEM tráfego}}$	$R_{\text{ambiente COM tráfego}}$	$R_{\text{ambiente SEM tráfego}}$
1	65	55	66	54	41	41
2	65	58	67	57	45	41
3	66	56	66	50	50	41
4	52	52	50	50	46	46
5	51	51	49	49	47	46
6	78	55	63	54	75	45
7	67	53	68	54	59	49

(1) Horário de medição entre 10:01 e 11:43 do dia 03 de maio de 2016.

(2) Horário de medição entre 19:22 e 20:18 do dia 03 de maio de 2016.

(3) Horário de medição entre 00:00 e 00:58 do dia 04 de maio de 2016.

Fonte: Aven Engenharia Termoacústica (2016)

A partir da tabela 10, verifica-se que o ponto 6 (Figura 13; Figura 16), nos períodos diurno e noturno, apresentou níveis de ruído ambiente com tráfego mais elevados que os demais pontos. Porém, o ruído ambiente sem tráfego foi muito inferior ao ruído ambiente com tráfego nesse ponto. Diante disso, podemos inferir que a maior contribuição de ruído ambiente nesse ponto é proveniente do tráfego local.

Verifica-se uma diminuição de modo geral dos níveis de ruído ambiente noturno em todos os pontos em relação aos outros períodos (Tabela 10). Isso provavelmente se deve à redução das atividades laborais da comunidade, que são mais intensas no período diurno,

principalmente durante os horários de maior movimentação de pessoas e tráfego de veículos. A diminuição do ruído ambiente noturno agrava as reclamações de poluição sonora nas comunidades do entorno, visto que o baixo ruído ambiente torna o ruído proveniente da indústria mais perceptível pela população.

Os pontos 4 e 5, em todos os períodos avaliados, praticamente não apresentaram diferenças entre o ruído ambiente com tráfego e o ruído ambiente sem tráfego (Tabela 10). Isto evidencia que esses pontos não sofrem influências do tráfego, uma vez que são pontos localizados internamente à propriedade da indústria (Figura 13; Figura 16). Para os demais pontos de medição, foram observadas diferenças entre os níveis de ruído ambiente com e sem tráfego (chegando a 30 dB(A), no caso do ponto 6 do período noturno), evidenciando que o ruído ambiente da região é influenciado pelo trânsito de veículos nas ruas adjacentes ao empreendimento.

5.2.2.2 Análise dos níveis de ruído proveniente da indústria metalúrgica de autopeças na comunidade vizinha

A tabela 11 apresenta os resultados dos níveis de pressão sonora corrigidos nos sete pontos de monitoramento no entorno da indústria metalúrgica de autopeças, medidos no período diurno, entre fevereiro de 2013 e maio de 2016. As medições ocorreram entre 08:00h e 10:30h em todos as campanhas, exceto em dezembro de 2014, cuja medição ocorreu entre 12:20h e 13:20h.

Tabela 11 – Níveis de ruído corrigidos proveniente da indústria metalúrgica de autopeças, medidos no período diurno (fevereiro de 2013 a maio de 2016). Valores expressos em dB(A)

Ponto de medição	Fevereiro de 2013	Junho de 2013	Janeiro de 2014	Dezembro de 2014	Outubro de 2015	Mai de 2016
1	NA 1 ⁽¹⁾	NA 1 ⁽¹⁾	52	48	52	56
2	NA 1 ⁽¹⁾	NA 1 ⁽¹⁾	55	57	60	NA 2 ⁽²⁾
3	53	NA 1 ⁽¹⁾	53	50	55	NA 2 ⁽²⁾
4	60	52	51	54	51	59
5	67	61	54	57	56	66
6	68	65	65	61	64	NA 2 ⁽²⁾
7	67	67	61	59	61	65

Observações:

- (1) NA 1 Fonte Não Avaliada devido a não percepção e caracterização da fonte de ruído proveniente da indústria.
 (2) NA 2: Fonte Não Avaliada uma vez que não foi possível calcular ou assegurar com precisão o ruído da fonte uma vez que o nível de ruído total apresenta próximo ao ruído ambiente da região.
 - Limite máximo de imissão sonora segundo a ABNT NBR 10.151/2000 para o período diurno é 55 dB(A), considerando área mista, predominantemente residencial (ABNT NBR 10.151, 2000).
 - Limite máximo de imissão sonora segundo Lei Estadual n.º 10.001/1990 para o período diurno é 70 dB(A), de acordo com o artigo 2º, inciso II (MINAS GERAIS, 1990).
 - Limite máximo de imissão sonora segundo Lei Municipal n.º 9.505/2008 para o período diurno é 75 dB(A), segundo parágrafos 3º e 5º do artigo 4º (BELO HORIZONTE, 2008).

Fonte: Aven Engenharia Termoacústica (2013a, 2013b, 2014a, 2014b, 2015, 2016)

Apesar da campanha de dezembro de 2014 ter ocorrido em um horário diferente em relação às outras campanhas, observa-se que não ocorreram grandes variações de ruído entre as campanhas e os pontos de monitoramento (Tabela 11).

Observa-se que todos os pontos avaliados atendem às legislações estadual e municipal vigentes, não excedendo os limites máximos estabelecidos de 70 e 75 dB(A), respectivamente (Tabela 11). Porém, os pontos 5, 6 e 7 não atenderam ao limite estabelecido na ABNT NBR 10.151/2000, que é de 55 dB(A) (Tabela 11). Além disto, os níveis de ruído no ponto 2 (dezembro de 2014 e outubro de 2015) e no ponto 4 (fevereiro de 2013 e maio de 2016) também não ficaram abaixo do limite estabelecido pela ABNT NBR 10.151/2000 (Tabela 11).

Cabe ressaltar que os pontos 5 e 7 estão em desacordo com a Legislação Estadual, visto que o nível de ruído proveniente da indústria (66 dB(A) e 65 dB(A), respectivamente) é superior a 10 dB(A) do ruído ambiente sem tráfego existente no local (51 dB(A) e 53 dB(A), respectivamente).

A tabela 12 apresenta os resultados dos níveis de pressão sonora corrigidos nos sete pontos de monitoramento no entorno da indústria metalúrgica de autopeças, medidos no

período vespertino, entre fevereiro de 2013 a maio de 2016. As medições ocorreram entre 19:00h e 20:50h.

Tabela 12 – Níveis de ruído corrigidos proveniente da indústria metalúrgica de autopeças, medidos no período vespertino (fevereiro de 2013 a maio de 2016). Valores expressos em dB(A)

Ponto de medição	Fevereiro de 2013	Junho de 2013	Janeiro de 2014	Dezembro de 2014	Outubro de 2015	Mai de 2016
1	NA 1 ⁽¹⁾	NA 1 ⁽¹⁾	54	53	53	NA 2 ⁽²⁾
2	NA 1 ⁽¹⁾	NA 1 ⁽¹⁾	53	57	56	65
3	NA 1 ⁽¹⁾	NA 1 ⁽¹⁾	53	51	51	NA 2 ⁽²⁾
4	57	53	54	52	57	47
5	54	60	61	57	58	50
6	64	71	64	59	58	69
7	59	70	65	66	60	63

Observações:

- (1) NA 1 Fonte Não Avaliada devido a não percepção e caracterização da fonte de ruído proveniente da indústria
- (2) NA 2: Fonte Não Avaliada uma vez que não foi possível calcular ou assegurar com precisão o ruído da fonte uma vez que o nível de ruído total apresenta próximo ao ruído ambiente da região.
- Limite máximo de emissão sonora segundo a ABNT NBR 10.151/2000 para o período vespertino é de 55 dB(A), considerando área mista, predominantemente residencial (ABNT NBR 10.151, 2000). A referida norma não possui horário vespertino, porém, de acordo com o horário de medição considerou-se o limite máximo do período diurno.
 - Limite máximo de emissão sonora segundo Lei Estadual n.º 10.001/1990 para o período vespertino é de 70 dB(A), de acordo com o artigo 2º, inciso II (MINAS GERAIS, 1990). A referida lei não possui horário vespertino, porém, de acordo com o horário de medição considerou-se o limite máximo do período diurno.
 - Limite máximo de emissão sonora segundo Lei Municipal n.º 9.505/2008 para o período vespertino é de 65 dB(A), segundo parágrafos 3º e 5º do artigo 4º (BELO HORIZONTE, 2008).

Fonte: Aven Engenharia Termoacústica (2013a, 2013b, 2014a, 2014b, 2015, 2016)

De uma forma geral, observa-se que não ocorreram grandes variações de ruído entre as campanhas e os pontos de monitoramento (Tabela 12). Além disto, os níveis de ruído na maioria dos pontos atenderam aos limites estabelecidos nas legislações estadual e municipal, não excedendo os limites máximos estabelecidos de 70 e 65 dB(A), respectivamente (Tabela 12). Porém, os níveis de ruído no ponto 6 (nas campanhas de junho de 2013 e maio de 2016) e no ponto 7 (nas campanhas de junho de 2013 e dezembro de 2014) não atenderam ao limite estabelecido na Lei Municipal n.º 9.505/2008. Na maioria das campanhas o limite máximo de emissão sonora estabelecido pela norma ABNT NBR 10152/2000, de 55 dB(A), não foi respeitado, principalmente, nos pontos de monitoramento 5, 6 e 7 (Tabela 12).

Cabe ressaltar que o ponto 6 está em desacordo com a Legislação Estadual, visto que o nível de ruído proveniente da indústria, 69 dB(A), é superior a 10 dB(A) do ruído ambiente sem tráfego existente no local, 54 dB(A).

A tabela 13 apresenta os resultados dos níveis de pressão sonora corrigidos nos sete pontos de monitoramento no entorno da indústria metalúrgica de autopeças, medidos no período noturno, entre fevereiro de 2013 a maio de 2016. As medições ocorreram entre 00:00h a 01:20h.

Tabela 13 - Níveis de ruído corrigidos proveniente da indústria metalúrgica de autopeças, medidos no período noturno (fevereiro de 2013 a maio de 2016). Valores expressos em dB(A)

Ponto de medição	Fevereiro de 2013	Junho de 2013	Janeiro de 2014	Dezembro de 2014	Outubro de 2015	Mai de 2016
1	NA 1 ⁽¹⁾	47	44	43	45	52
2	60	NA 1 ⁽¹⁾	47	44	45	60
3	64	66	45	44	46	52
4	50	52	46	48	49	NA 2 ⁽²⁾
5	53	59	49	57	49	49
6	63	57	59	59	58	NA 2 ⁽²⁾
7	62	60	55	57	55	NA 2 ⁽²⁾

Observações:

- (1) NA 1 Fonte Não Avaliada devido a não percepção e caracterização da fonte de ruído proveniente da indústria
- (2) NA 2: Fonte Não Avaliada uma vez que não foi possível calcular ou assegurar com precisão o ruído da fonte uma vez que o nível de ruído total apresenta próximo ao ruído ambiente da região.
 - Limite máximo de emissão sonora segundo a ABNT NBR 10.151/2000 para o período noturno é de 50 dB(A), considerando área mista, predominantemente residencial (ABNT NBR 10.151, 2000).
 - Limite máximo de emissão sonora segundo Lei Estadual n.º 10.001/1990 para o período noturno é de 60 dB(A), de acordo com o artigo 2º, inciso II (MINAS GERAIS, 1990).
 - Limite máximo de emissão sonora segundo Lei Municipal n.º 9.505/2008 para o período noturno é de 50 dB(A), de acordo com os parágrafos 3º e 5º do artigo 4º (BELO HORIZONTE, 2008).

Fonte: Aven Engenharia Termoacústica (2013a, 2013b, 2014a, 2014b, 2015, 2016)

De modo geral, não ocorreram grandes variações nos níveis de ruído entre os pontos monitorados e as campanhas (Tabela 13). No período noturno, os pontos 6 e 7 apresentaram valores superiores ao limite máximo estabelecido nas legislações municipal e federal, ou seja, superiores a 50 dB(A), em todas as campanhas realizadas (Tabela 13). Os outros pontos também não atenderam à legislação municipal e federal em várias campanhas (Tabela 13). Por outro lado, todos os pontos avaliados atenderam ao limite estabelecido pela legislação estadual [60 dB(A)], exceto o ponto 3, nas campanhas de fevereiro de 2013 e junho de 2013, e os pontos 6 e 7, na campanha de fevereiro de 2013 (Tabela 13). Por outro lado, cabe ressaltar que os pontos 1, 2 e 3 estão em desacordo com a Legislação Estadual, visto que o nível de ruído proveniente da indústria (52 dB(A), 60 dB(A) e 52 dB(A), respectivamente) é superior a 10 dB(A) do ruído ambiente sem tráfego existente no local (41 dB(A) para os três pontos).

É possível observar que, de forma geral, os níveis de ruído encontrados nas campanhas de janeiro 2014 a maio de 2016 foram inferiores aos níveis de ruído encontrados nas campanhas de fevereiro de 2013 e junho de 2013 (Tabela 13). Isso pode ser explicado pelo fato de o setor de produção da indústria estar paralisada no período noturno. Porém, ainda ocorrem atividades de manutenção e organização da planta industrial até às 01:08 (BELO HORIZONTE, 2016). Essas atividades proporcionam a movimentação de empilhadeiras nos pátios da indústria, principalmente próximos aos pontos de medição 6 e 7 (Figura 13; Figura 16). Essa movimentação acontece em uma área aberta sem o devido tratamento acústico, gerando níveis de ruído no entorno da indústria em desacordo com a legislação municipal. Nota-se ainda que a construção do muro na lateral direita da indústria (Figura 16; Figura 18) e a instalação de placas metálicas (Figura 19) não foram suficientes para a redução dos níveis de ruído para atingir os níveis aceitáveis pela legislação.

É possível observar que, embora os pontos 4 e 5 serem mais conservativos por estarem localizados internamente a indústria (Figura 13; Figura 16), não apresentaram níveis de ruídos acima do permitido pela legislação vigente, de modo geral (Tabela 13). Diante disso, pode-se inferir que as atividades que são desenvolvidas na indústria no período noturno não contribuem para o aumento dos níveis de ruídos nesses pontos.

Verifica-se, de uma forma geral, que os pontos 6 e 7, em todos os períodos de monitoramento, excederam os níveis de ruído determinados pela legislação vigente e por isso requerem o monitoramento e estudos de soluções de controle e atenuação acústica para minimizar o impacto nas residências próximas a esses pontos.

É importante salientar que o período noturno apresenta uma situação mais crítica por ser o período de descanso e também devido aos baixos níveis de ruído ambiente de modo geral (Tabela 10), o que torna mais perceptível o ruído proveniente da indústria.

Cabe ressaltar que uma vez que os pontos de medição não foram estabelecidos dentro dos limites reais de propriedade, não foi possível avaliar o atendimento ao parágrafo 7º do artigo 4º da Lei Municipal, em nenhum dos períodos avaliados (diurno, vespertino e noturno). O parágrafo citado define que nível de som proveniente da fonte poluidora, medido dentro dos limites reais da propriedade onde se dá o suposto incômodo, não poderá exceder em 10 dB(A) o nível do ruído de fundo existente no local (BELO HORIZONTE, 2008).

Em face do exposto e tendo em vista as medidas preventivas, mitigadoras e administrativas já implantadas pela empresa visando à redução das emissões de ruído em suas atividades, a situação do ruído da indústria no presente trabalho ainda é considerada não satisfatória principalmente no que diz respeito ao ruído do período noturno. O não

atendimento a legislação pode gerar transtornos e desconforto para a comunidade vizinha à indústria.

Para a realização das análises de ruído seria imprescindível a informação do funcionamento da indústria no que diz respeito à produção realizada no período avaliado. Isso porque a contribuição do ruído da indústria está estritamente ligada ao regime de funcionamento no dia e horário de medição.

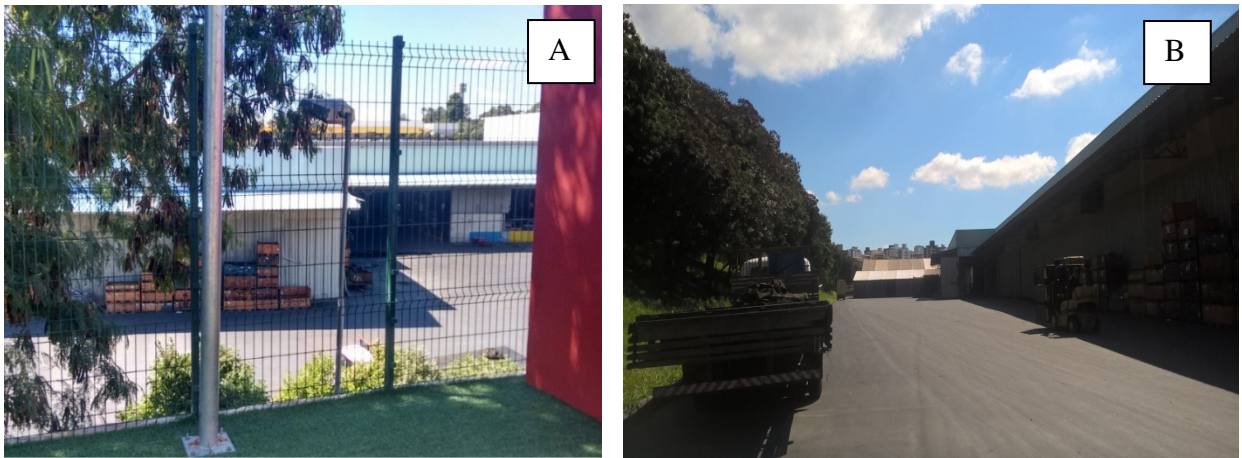
Numa visão mais ampla, os níveis sonoros aceitáveis não devem ser encarados apenas como um fator determinante do conforto ambiental, mas deve ser visto como um direito do cidadão e dever do Estado. Ressalta-se então que podem ocorrer situações de incômodo decorrente de ruído mesmo que os níveis sonoros estejam dentro da legislação aplicável. Isso se deve ao fato de que uma condição de incômodo depende muito da percepção sonora do indivíduo (BISTAFA, 2006).

5.2.3 Medições de ruído na escola infantil

A Escola de Educação Infantil do presente estudo foi inaugurada recentemente, no dia 21 de março de 2016, e foi projetada para atender 440 crianças. Atualmente a unidade atende aproximadamente 170 crianças de 0 (zero) a 5 (cinco) anos, no período de 7:00h às 17:30. A unidade está instalada em um terreno de 1.665 m², possui dois pavimentos com banheiros e salas de aula, pátio coberto, sala multiuso, biblioteca, berçário, parquinho e cozinha (BELO HORIZONTE, 2016).

A figura 27 e a figura 28 apresentam o ambiente em que foram realizadas as medições de ruído ambiente e ruído total, respectivamente, na Escola de Educação Infantil. As fotos foram tiradas no ponto escolhido para realizar as medições de ruído no espaço de recreação da escola, exceto a foto da figura 27B.

Figura 27 - Dia da medição do ruído ambiente na Escola de Educação Infantil- 03 de maio de 2016. (A) Parte externa da indústria - Vista da escola infantil (B) Parte externa da indústria – Vista de dentro da indústria



Fonte: Registrada pela autora, em 03 de maio de 2016

Figura 28 - Dia da medição do ruído de total na Escola de Educação Infantil - 30 de maio de 2016. (A) Movimentação de cargas na parte externa da indústria – Vista da escola infantil (B) Área de recreação da escola



Fonte: Registrada pela autora, em 30 de maio de 2016

No dia da realização da medição de ruído ambiente, no ponto de medição foram audíveis vozes de funcionários da escola, vozes e choros de crianças, arrastamento de cadeiras, sendo tênue a influência de ruídos de vizinhança. Além disso, foi perceptível o ruído residual do movimento de veículos da rodovia localizada a cerca de 400 metros.

Por outro lado, no dia da realização da medição de ruído total, foi audível o ruído proveniente do funcionamento da indústria, sendo foi possível observar carretas, caminhões e empilhadeiras transitando na parte externa aos galpões e próximo à escola (Figura 28A; Figura 28B). Além disso, foi perceptível o ruído proveniente das atividades exercidas no galpão de funilaria. O ponto de medição escolhido foi o mais crítico localizado dentro da escola, pois situa-se logo à frente da indústria e não há nenhum tipo de tratamento acústico.

A tabela 14 apresenta os resultados das medições de ruído ambiente e de ruído total na escola infantil no período diurno. Além disso, a tabela 14 apresenta o valor do ruído proveniente da indústria, calculado de acordo com a equação 6.

É importante ressaltar que no dia de medição de ruído total as atividades de produção da indústria no 1º turno foram realizadas com 100% da capacidade da estamperia e, em média, 60% da capacidade da funilaria. Além disso, ressalta-se que o percentual de movimentação de carga é proporcional à produção (BELO HORIZONTE, 2016). Dessa forma, a medição de ruído total foi realizada em um período considerado crítico na geração de ruído da indústria.

Tabela 14 - Ruído ambiente, ruído total e ruído da fonte verificados na escola infantil. Valores expressos em dB(A).

	Data de medição	Início da Medição	Leq
Ruído ambiente	03/05/2016	11h14min	57
Ruído Total	30/05/2016	09h10min	65
Ruído da fonte CALCULADO	-	-	64

Observações:

- (1) Limite máximo de emissão sonora segundo a ABNT NBR 10.151/2000 para o período diurno é 50 dB(A), considerando área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas. Porém, como o ruído ambiente é superior ao limite máximo para a área e o horário em questão, o limite assume o valor do ruído ambiente, ou seja, 57 dB(A) (ABNT NBR 10.151, 2000).
- (2) Limite máximo de emissão sonora segundo Lei Estadual n.º 10.001/1990 para o período diurno é 70 dB(A), de acordo com o artigo 2º, inciso II (MINAS GERAIS, 1990).
- (3) Limite máximo de emissão sonora segundo Lei Municipal n.º 9.505/2008 para o período diurno é de 55 dB(A), de acordo com o parágrafo 6º do artigo 4º (BELO HORIZONTE, 2008)

A legislação municipal é mais rigorosa que a legislação estadual no caso de um ambiente de suposto incômodo se tratar de uma escola. Isto provavelmente se deve aos prejuízos causados às atividades pedagógicas por níveis altos de ruído em sala de aula, interferindo assim na realização das atividades escolares.

A partir dos resultados apresentados na tabela 14, verifica-se que o nível de emissão sonora medido na escola infantil está em conformidade com o parágrafo 7º da Lei Municipal n.º 9.505/2008, visto que a diferença entre o ruído da fonte e de ruído ambiente é de 8 dB(A) (BELO HORIZONTE, 2008). Porém, o nível de emissão sonora neste local [64 dB(A)] não atende aos limites estabelecidos pela lei municipal e pela norma ABNT NBR 10.151/2000 (Tabela 14). Por outro lado, o nível de ruído na escola está em conformidade com a legislação estadual, já que o limite máximo definido por esta lei é de 70 dB(A), independente das atividades exercidas no entorno da fonte.

Diante dessa análise, sugere-se que o ponto de medição localizado dentro da escola deve ser incluído nos monitoramentos futuros dos níveis de imissões de ruído no entorno da indústria de autopeças. Além disto, estudos visando a implementar soluções de controle e atenuação acústica devem ser desenvolvidos pela indústria, de modo a minimizar o impacto de suas atividades ruidosas na rotina da escola. A Lei Municipal n°. 9505/2008 estabelece que os estabelecimentos e atividades efetiva ou potencialmente poluidores deverão dispor de proteção, de instalação ou de meios adequados ao isolamento acústico que não permitam a propagação de ruídos, sons e vibrações acima do permitido para o exterior (BELO HORIZONTE, 2008). A fiscalização do Poder Público é fundamental para coibir atividades com níveis acima do permitido, exigindo-se a adequação acústica, quando for o caso.

Além das considerações anteriores, tendo em vista o diagnóstico da área realizado neste trabalho, sabe-se que o local da implantação da escola, é o de maior dificuldade de minimização dos níveis médios de imissões sonoras devido à movimentação de carretas e empilhadeiras na parte externa aos galpões industriais.

É importante ressaltar que as medições dos níveis de ruído ocorreram em um local aberto considerado o mais crítico da escola, devido à proximidade com a propriedade da indústria. O interessante seria a repetição dos ensaios em um local interno e em horários indicados por funcionários da escola, em que os níveis de ruído da indústria possam causar condições de incômodos às crianças prejudicando o desenvolvimento das atividades realizadas na escola.

6 CONCLUSÃO

A poluição sonora tem sido considerada como um dos problemas ambientais mais comuns da atualidade, principalmente em aglomerados urbanos, degradando o meio ambiente e comprometendo a qualidade de vida da população. Justifica-se, portanto, a busca de maiores conhecimentos sobre o problema e a verificação do atendimento aos padrões legais para minimizar a exposição da população a níveis excessivos de ruído.

O presente trabalho abordou as atividades desenvolvidas por uma indústria metalúrgica de autopeças que está inserida em um meio onde existem comunidades muito próximas. Dessa forma, o aumento dos níveis de ruído no entorno surge como um dos principais impactos ambientais advindos da indústria estudada. As principais fontes de ruído decorrentes das atividades industriais referem-se principalmente à movimentação de veículos pesados, sobretudo de caminhões e empilhadeiras na área externa aos galpões e na lateral direita da indústria, onde se encontram as residências mais próximas ao empreendimento.

Conclui-se que os níveis de pressão sonora que a comunidade vizinha à indústria metalúrgica de autopeças está exposta, nos períodos diurno, vespertino e noturno, estão em desacordo com a legislação vigente, principalmente nos pontos de monitoramento 6 e 7, situados na lateral direita da indústria. Isto se deve ao fato desses pontos estarem próximos aos locais de maior geração de ruído na indústria, onde ocorrem atividades de movimentação e carregamento de caminhões por empilhadeiras. Além disto, o ponto de medição na escola infantil mostrou-se também bastante crítico, uma vez que os níveis de ruído neste ponto são considerados elevados pela norma ABNT NBR 10.151/2000 e pela Lei Municipal de Belo Horizonte n.º 9.505/2008.

A partir da análise crítica da metodologia utilizada para medição de níveis de pressão sonoras em comunidades próximas a indústrias, foi possível perceber que a escolha dos pontos (número e distribuição), data, horário e duração das medições e correlação com dados de produção da empresa são fatores cruciais para avaliar a questão do ruído em comunidades próximas empreendimentos industriais.

Em face do exposto, o monitoramento dos níveis de pressão sonora, o estudo do processo industrial e a avaliação dos respectivos impactos sonoros causados são ferramentas que devem contribuir para o desenvolvimento de medidas de controle que possam eliminar ou minimizar os efeitos nocivos da poluição sonora para a vizinhança.

REFERÊNCIAS

- ALVES, L. S. WILBERT, M. D. **Redução do imposto sobre produto industrializado e a venda de automóveis**. In: XI Congresso USP de Iniciação Científica em Contabilidade, 2014, São Paulo.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2000.
- AVEN ENGENHARIA TERMOACÚSTICA. **Medição de nível de pressão sonora, mapeamento sonoro e análise de soluções acústicas para a unidade fabril de Belo Horizonte**. 2010.
- AVEN ENGENHARIA TMOACÚSTICA. **Laudo de ensaio de medição do nível de pressão sonora (ruído)**. 2013a. Volume único, 17f.
- AVEN ENGENHARIA TMOACÚSTICA. **Laudo de ensaio de medição do nível de pressão sonora (ruído)**. 2013b. Volume único, 20f.
- AVEN ENGENHARIA TMOACÚSTICA. **Laudo de ensaio de medição do nível de pressão sonora (ruído)**. 2014a. Volume único, 17f.
- AVEN ENGENHARIA TMOACÚSTICA. **Laudo de ensaio de medição do nível de pressão sonora (ruído)**. 2014b. Volume único, 18f.
- AVEN ENGENHARIA TMOACÚSTICA. **Laudo de ensaio de medição do nível de pressão sonora (ruído)**. 2015. Volume único, 17f.
- AVEN ENGENHARIA TMOACÚSTICA. **Laudo de ensaio de medição do nível de pressão sonora (ruído)**. 2016. Volume único, 22f.
- AZEVEDO, A. V. **Avaliação e controle do ruído industrial**. Rio de Janeiro: CNI, 1987.
- BELO HORIZONTE. **Lei Municipal n.º 7.277**, de 17 de janeiro de 1997. Institui a Licença Ambiental e dá outras providências. Publicada no DOM em 24 de janeiro de 1997.
- BELO HORIZONTE. **Lei Municipal n.º 9.505**, de 23 de janeiro de 2008. Dispõe sobre o controle de ruídos, sons e vibrações no Município de Belo Horizonte e dá outras providências. Publicada no DOM, em 24 de janeiro de 2008.
- BELO HORIZONTE. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Parecer Técnico n.º 0038/11**, de 15 de fevereiro de 2011a.
- BELO HORIZONTE. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Parecer Técnico n.º 2042/11**, de 06 de setembro de 2011b.
- BELO HORIZONTE. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Parecer Técnico n.º 2256/12**, de 31 de outubro de 2012.

BELO HORIZONTE. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Parecer Técnico nº. 2308/15**, 12 de agosto de 2015.

BELO HORIZONTE. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Ofício nº. 1551/16**, 05 de maio de 2016.

BELO HORIZONTE. Portal da Prefeitura de Belo Horizonte. Disponível em: <<http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/noticia.do?evento=portlet&pAc=not&idConteudo=235392&&IdPlc=&app=salanoticias>>. Acesso em: 13 de junho de 2016, às 20:29.

BERGLUND, B.; LINDVALL, T. (Eds.). **Community noise**. Archives of the Center for Sensory Research. Estocolmo, 1995. Disponível em: <<http://www.nonoise.org/library/whonoise/whonoise.htm>>. Acesso em 04 de abril de 2016, às 19:32.

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

BRASIL. **Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Publicada no DOU em 02 de setembro de 1981.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**, 1988.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº. 001**, de 08 de março de 1990. Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política. Publicada no D.O.U, em 02 de abril de 1990.

BRÜEL & KJÆR. **Environmental noise**. Denmark: Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S, 2000.

CALIXTO, A. **O ruído gerado pelo tráfego de veículos em Rodovias-Grandes Avenidas, situadas dentro do perímetro urbano de Curitiba, analisados sobre parâmetros acústicos objetivos e seu impacto ambiental**. 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2001.

CARDOSO, A. O. (Org.) **As faces da indústria metalúrgica no Brasil: uma contribuição à luta sindical**. Confederação Nacional dos Metalúrgicos. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. São Bernardo do Campo, 2015.

CORDEIRO, E. P. **Avaliação da propagação do ruído industrial na poluição sonora**. 2009. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2009.

FERNANDES, J. C. **Acústica e ruídos**. Bauru: Unesp/Departamento de Engenharia Mecânica, 2005. 105 f.

FUSION 01dB. **Fusion smart sound & vibration analyzer: user manual**. 01dB-Metravib SAS, maio de 2015, 225f.

GEOSIURBE. Sistema de informações urbanísticas e endereços. Disponível em: <<http://geosiuurbe.pbh.gov.br/webmap/>>. Acesso em: 10 de junho de 2016 às 15:43.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**. 2. ed. Florianópolis: NR Editora, 2000. 676p.

GUEDES, I. C M. **Influência da forma urbana em ambiente sonoro: um estudo no bairro jardins em Aracaju (SE)**. 2005. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2005.

IMPRESA OFICIAL DO GOVERNO DE MINAS GERAIS (IOMG). Disponível em: <<http://www.iof.mg.gov.br/index.php?/acao-do-governo/>>. Acesso em: 20 de abril de 2016, às 14:58.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1996: Acoustic – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 2: Determination of environmental noise levels**. Genebra, 2007

LIMA, C. M. **Fornecedores da Ford: uma avaliação preliminar das oportunidades de investimento na Bahia**. Agência de Fomento do Estado da Bahia – Desenhahia. Bahia, 2002.

MINAS GERAIS. **Lei nº. 10.100**, de 17 de janeiro de 1990. Dá nova redação ao artigo 2º da Lei nº 7.302, de 21 de julho de 1978, que dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no Estado de Minas Gerais. Publicada no DOEMG em 18 de janeiro de 1990.

MMA. Ministério de Meio Ambiente. **Programa Nacional de Capacitação de Gestores Ambientais: Caderno de Licenciamento Ambiental**. Brasília, 2009.

NAGEM, M. P. **Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia**. 2004. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. 2010.

NARDI, A. S. L. V. **Mapeamento sonoro em ambiente urbano: estudo de caso: área central de Florianópolis**. 2008. 162 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2008.

OICA. **Organização Internacional de Fabricantes de Veículos**. Disponível em: <<http://www.oica.net/category/production-statistics>>. Acesso em: 11 de abril de 2016, às 18:12.

OMS. Organização Mundial de Saúde. **Noise**. Disponível em: <<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise>>. Acesso em: 30 de outubro de 2015, às 15:26.

Permitis Engenharia. **Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental (RADA)**. 2008. Volume único, 58f.

Permitis Engenharia. **Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental (RADA)**. 2011. Volume único, 70f.

Permitis Engenharia. **Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental (RADA)**. 2014. Volume único, 101f.

SACWEB. Sistema Informatizado de Atendimento ao Cidadão de Belo Horizonte. <<http://portal6.pbh.gov.br>>. Acesso em: 06 de maio de 2016, às 21:30.

SILVA, P. **Acústica arquitetônica e condicionamento de ar**. 5º edição. Belo Horizonte: EDTAL E. T. Ltda, 2005.

SMABC. Sindicato dos Metalúrgicos do ABC. **A indústria automobilística no Brasil: Diagnóstico do setor e análise do novo regime automotivo**. Disponível em: <<http://www.smabc.org.br>>. Acesso em: 02 de março de 2016, às 12:43.

SOUSA, D. S. **Instrumentos de gestão de poluição sonora para a sustentabilidade das cidades brasileiras**. 2004. 616 f. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2004.

SOUZA, L. C. L.; ALMEIDA, M. G.; BRAGANÇA, L. **Bê-á-bá da Acústica Arquitetônica: ouvindo a arquitetura**. EduFSCar. São Carlos, 2012.

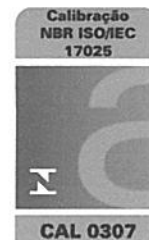
SOUZA, M. M. Fiat para linhas em fábrica de Betim e dá férias coletivas a operários. **Valor**, Belo Horizonte, 25 de abril de 2016. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/empresas/4535401/fiat-para-linhas-em-fabrica-de-betim-e-da-ferias-coletivas-operarios>>. Acesso em: 12 de maio de 2016 às 12:51.

VETTORAZZO, L. Produção industrial recua 11,4% em março e completa 25 meses de queda. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 03 de maio de 2016, Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2016/05/1767220-producao-industrial-recua-114-em-marco-e-completa-25-meses-de-queda.shtml>>. Acesso em: 21 de maio de 2016, às 11:35.

ZAJARKIEWICCH, D. F. B. **Poluição sonora urbana: principais fontes. Aspectos jurídicos e técnicos**. 2010. 135 f. Dissertação (Mestrado em Direito) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo. 2010.

ANEXO 1 – LAUDO DE CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO DE NÍVEL DE PRESSÃO SONORA (FABRICANTE 01DB, MODELO FUSION)

**CALILAB - LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO E ENSAIOS
RBC - REDE BRASILEIRA
DE CALIBRAÇÃO.**



CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº: RBC3-9408-563

1- CLIENTE/ EQUIPAMENTO

Data da calibração: 05/10/2015
Processo: 15833

Interessado: Indústria de Alimentos Kodama Ltda.
Endereço: Avenida Heraclito Mourão de Miranda, 101 - Belo Horizonte - MG - CEP 30882-640
Solicitante: 01dB Comércio de Equipamentos Ltda.

Equipamento: Medidor Integrador de Nível Sonoro
Marca: 01dB
Modelo: Fusion / Software: HW: LIS006E / FW: 2.34
Número de Série: 10824
Identificação: ---
Classe: 1

Referência acústica: Calibrador de Nível Sonoro (código interno Nº P117), de propriedade do laboratório, com certificado de calibração Nº RBC2-9072-602, do(a) RBC, calibrado em 3/11/2014.

Configuração sob teste: ---

Marca (microfone): G.R.A.S.
Modelo (microfone): 40CE
Nº Série (microfone): 217636
Marca (pré-amplificador): ---
Modelo (pré-amplificador): ---
Nº Série (pré-amplificador): ---

2- PADRÕES E INSTRUMENTAÇÃO

Descrição	Código	Certificado:	Emitente:
Gerador Arbitrário	P234	DIMCI 1308/2014	INMETRO
Microfone	P114	RBC2-8705-625	RBC
Multímetro Digital	P160	RBC 14/0082	RBC
Atuador Eletrostático	P149		Termômetro P255
Pré-amplificador	P162		Barômetro Digital P255
Amplificador de Medição	P136		Higrômetro P255

3- INFORMAÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Local da calibração: Calibração realizada nas instalações do Calilab.

Procedimento: IT-572: Método de calibração de acordo com a norma IEC 61672-3:2006 - Electroacoustics - Sound level meters - Periodic Test. Este método define os testes acústicos e elétricos que integram as verificações periódicas de medidores de nível sonoro fabricados em conformidade com a norma IEC 61672-1 - Electroacoustics - Sound level meters. A calibração por este procedimento se aplica a medidores que tenham sido fabricados para atender esta norma.

Condições ambientais: Temperatura média: 22,6 °C, Umidade Relativa média: 65 %, Pressão Atmosférica média: 93,3 kPa.

Observações gerais:

- Os resultados apresentados referem-se à média dos valores encontrados.
- Cada Incerteza Expandida de Medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão combinada de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, para uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.
- O presente certificado de calibração é válido apenas para a configuração de Medidor de Nível Sonoro, conforme descrição do item 1, não sendo extensivo a quaisquer outras configurações, ainda que similares.
- Recomenda-se que o cliente mantenha registro das evidências de aprovação de modelo do item calibrado.
- Este certificado de calibração somente pode ser reproduzido completo. Reproduções para fins de divulgação em material publicitário, bem como reproduções parciais, requerem autorização escrita do laboratório emitente. Nenhuma reprodução poderá ser usada de maneira enganosa.
- Cgcre is Signatory of the ILAC Mutual Recognition Arrangement. Cgcre is Signatory of a Bilateral Mutual Agreement with EA. Cgcre is signatory of the IAAC Mutual Recognition Arrangement.

4- SUMÁRIO DOS RESULTADOS

Inspeção preliminar:	avaliado	Nível de pressão sonora de pico com ponderação C:	de acordo
Ruído auto gerado (acústico):	avaliado	Indicação de sobrecarga:	de acordo
Ruído auto gerado (elétrico):	avaliado	Resposta aos trens tonais:	de acordo
Linearidade de Níveis (faixa de referência):	de acordo	Ponderações em frequência (teste elétrico):	de acordo
Linearidade de Níveis (controle de faixas):	não se aplica	Teste acústico:	de acordo
Ponderações no tempo e na frequência em 1 kHz:	de acordo	RESULTADO GERAL:	de acordo

Executante: 

Página: 1/3

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela Cgcre (Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro) que avaliou a competência do laboratório e comprovou a sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida (ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI).

CALILAB - LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO E ENSAIOS
Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre (Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro) de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025 sob o N° 307.

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº: RBC3-9408-563

5- RESULTADOS E DECLARAÇÃO DA INCERTEZA

Inspecção preliminar:

Antes de iniciar a calibração, o medidor e todos os seus acessórios foram inspecionados visualmente, com atenção particular a eventuais danos ou acúmulo de materiais alheios (sujeira) na grade de proteção ou diafragma do microfone. Todos os controles relevantes foram operados para assegurar o pleno funcionamento e o estado operacional do conjunto sob teste.

Ruído Auto-gerado	avaliado	
	especificado	medido
máximo nível acústico - dB(A):	18,5	18,4
elétrico - dB(A):	13,0	9,3
elétrico - dB(C):	13,5	9,7
elétrico - dB(Z):	18,5	18,1

Nota: O preenchimento "---" indica que não há dados para esse campo

Linearidade de Níveis na faixa de referência:

nível de referência (dB)	excitação (dB)	erro (dB)	excitação (dB)	erro (dB)	de acordo	
					excitação (dB)	erro (dB)
94,0	138,0	-0,2	89,0	0,0	29,0	0,3
	137,0	-0,2	84,0	0,0	24,0	0,4
	136,0	-0,2	79,0	0,0	23,0	0,4
tolerância (dB)	135,0	-0,2	74,0	0,0	22,0	0,7
1,1	134,0	-0,2	69,0	0,0	---	---
	129,0	-0,2	64,0	0,0	---	---
	124,0	-0,2	59,0	0,1	---	---
incerteza (dB)	119,0	-0,2	54,0	0,0	---	---
k=2,00	114,0	-0,2	49,0	0,1	---	---
0,2	109,0	-0,2	44,0	0,1	---	---
	104,0	0,0	42,0	0,0	---	---
	99,0	0,0	39,0	0,1	---	---
	94,0	0,0	34,0	0,1	---	---

Linearidade de Níveis incluindo o controle de faixas: (medidor de uma única faixa de níveis)

nível de referência (dB)	faixa sob teste		excitação (dB)	erro (dB)	não se aplica	
	início	fim			excitação (dB)	erro (dB)
---	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---
tolerância (dB)	---	---	---	---	---	---
1,1	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---
incerteza (dB)	---	---	---	---	---	---
k= ---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---

Ponderações no tempo e na freqüência em 1 kHz:


referência dB(A, Fast)	erros (dB)			de acordo	
	dB(C, Fast)	dB(Z, Fast)	dB(Flat, Fast)	tolerância (dB)	incerteza (dB) k=2,00
94,0	0,0	0,0	---	0,4	0,1
referência dB(A, Fast)	erros (dB)			tolerância (dB)	incerteza (dB)
94,0	dB(A, Slow)	dB(A, Leq)		0,3	0,1
	0,0	0,0			

Nível de pressão sonora de pico com ponderação C:

nível de referência do sinal de teste 132,0 dB	nível esperado (dB)	erro (dB)	de acordo	
			tolerância (dB)	incerteza (dB) k=2,00
ciclo de 8 kHz	135,4	-0,2	2,4	0,2
semicíclo positivo 500 Hz	134,4	-0,1	1,4	0,2
semicíclo negativo 500 Hz	134,4	-0,1	1,4	0,2

Indicação de sobrecarga:

sinal de teste	indicação (dB)	diferença absoluta (dB)	de acordo	
			tolerância (dB)	incerteza (dB) k=2,00
semicíclo positivo	141,1	0,4	1,8	0,2
semicíclo negativo	141,5			

Executante: 

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO N°: RBC3-9408-563

Resposta aos trens tonais (nível de ref = 135 dB)

característica sob teste	largura do trem (ms)	nível esperado (dB)	erro (dB)
Fast	200	134,0	0,1
Fast	2	117,0	0,0
Fast	0,25	108,0	-0,2
Slow	200	127,6	0,0
Slow	2	108,0	0,0
LAE	200	128,0	0,0
LAE	2	108,0	0,1
LAE	0,25	99,0	-0,2

de acordo		
tolerância (dB)	incerteza (dB)	
	k=2,08	
0,8	-0,8	0,2
1,3	-1,8	0,2
1,3	-3,3	0,2
0,8	-0,8	0,2
1,3	-3,3	0,2
0,8	-0,8	0,2
1,3	-1,8	0,2
1,3	-3,3	0,2

Ponderações em frequência (teste elétrico)

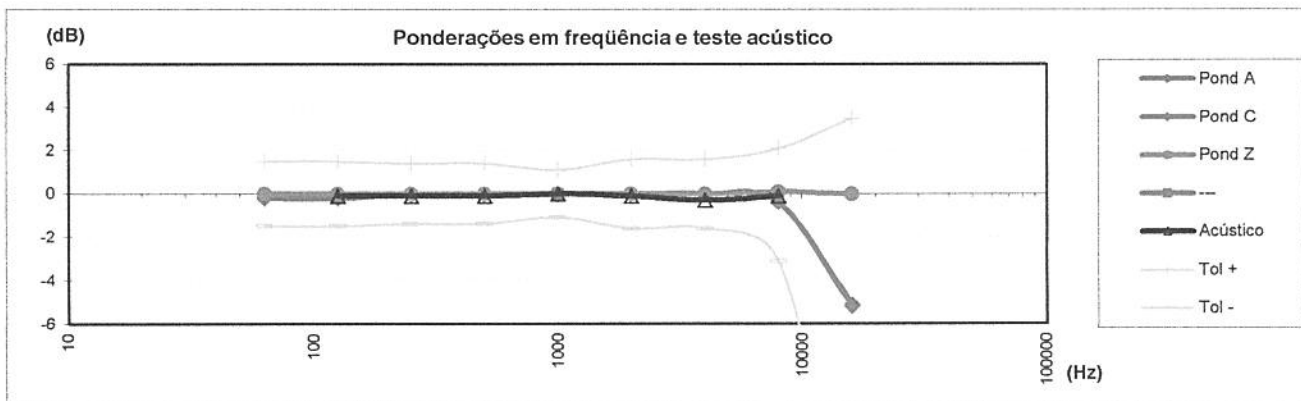
frequência de teste (Hz)	erros das ponderações em frequência (dB)			
	A	C	Z	Flat
63	-0,2	0,0	0,0	---
125	-0,2	0,0	0,0	---
250	0,0	0,0	0,0	---
500	0,0	0,0	0,0	---
1000	0,0	0,0	0,0	---
2000	0,0	0,0	0,0	---
4000	0,0	0,0	0,0	---
8000	-0,4	-0,4	0,1	---
16000	-5,1	-5,2	0,0	---

de acordo		
tolerância (dB)	incerteza (dB)	
	k=2,00	
1,5	-1,5	0,2
1,5	-1,5	0,2
1,4	-1,4	0,2
1,4	-1,4	0,2
1,1	-1,1	0,2
1,6	-1,6	0,2
1,6	-1,6	0,2
2,1	-3,1	0,2
3,5	-17	0,2

Teste acústico (nível de ref = 94,0 dB) - resultados corrigidos para Campo Livre

frequência de teste (Hz)	erro da Pond C (dB)
125	-0,1
250	-0,1
500	-0,1
1000	0,0
2000	-0,1
4000	-0,3
8000	-0,1

de acordo		
tolerância (dB)	incerteza (dB)	
	k=2,00	
1,5	-1,5	0,5
1,4	-1,4	0,4
1,4	-1,4	0,4
1,1	-1,1	0,4
1,6	-1,6	0,6
1,6	-1,6	0,6
2,1	-3,1	0,6




Ajustes e Reparos (não fazem parte do escopo de acreditação):

* A inspeção citada no item 5 não implica em qualquer tipo de revisão técnica ou manutenção.

Opiniões e Interpretações (não fazem parte do escopo de acreditação):

(campo vazio)

Executante:  Elvis Gouveia

Signatário Autorizado

Data da emissão: 05/10/2015

Página: 3/3

**ANEXO 2 – LAUDO DE CALIBRAÇÃO DO CALIBRADOR ACÚSTICO
(FABRICANTE 01DB, MODELO FUSION)**

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº: RBC2-9408-375

1- CLIENTE/ EQUIPAMENTO

Data da calibração: 05/10/2015
Processo: 15833

Nome: Indústria de Alimentos Kodama Ltda.
Endereço: Avenida Heraclito Mourão de Miranda, 101 - Belo Horizonte - MG - CEP 30882-640
Equipamento: Calibrador de Nível Sonoro
Fabricante: 01dB **Modelo:** Cal21
Número de Série: 34554763(2015) **Classe:** 1
Identificação: ---

2- PADRÕES E INSTRUMENTAÇÃO

Descrição	Código	Certificado	Emitente
Microfone: 1/2 polegada	P114	RBC2-8705-625	RBC
Multímetro Digital	P160	RBC-13/0734	RBC
Pré-amplificador	P162		Barômetro Digital P255
Amplificador de Medição	P136		Higrômetro P255
Multímetro Digital	P160		Termômetro P255

3- INFORMAÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Local da calibração: Calibração realizada nas instalações do Calilab.
Procedimento: IT-502: Método de calibração (por inserção de tensão) de acordo com a norma IEC 60942:1997.
Condições ambientais: Temperatura: 22,4 °C, Umidade Relativa: 70 %, Pressão Atmosférica: 93,3 kPa.
Observações gerais:
1- Os resultados apresentados referem-se à média dos valores encontrados.
2- A Incerteza Expandida de Medição relatada é declarada como a incerteza padrão combinada de medição multiplicada pelo fator de abrangência k , para uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.
3- O presente certificado de calibração é válido apenas para o calibrador de nível sonoro acima descrito, não sendo extensivo a quaisquer outros, ainda que similares.
4- Este certificado de calibração somente pode ser reproduzido completo. Reproduções para fins de divulgação em material publicitário, bem como reproduções parciais, requerem autorização escrita do laboratório emitente. Nenhuma reprodução poderá ser usada de maneira enganosa.

Cgcre is Signatory of the ILAC Mutual Recognition Arrangement. Cgcre is Signatory of a Bilateral Mutual Agreement with EA. Cgcre is signatory of the IAAC Mutual Recognition Arrangement.

Página: 1/2

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela Cgcre (Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro) que avaliou a competência do laboratório e comprovou a sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida (ou ao Sistema Internacional de Unidades – SI)

CALILAB - LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO E ENSAIOS
 Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre (Coordenação Geral
 de Acreditação do Inmetro) de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC
 17025 sob o Nº 307.

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº: RBC2-9408-375

4- RESULTADOS E DECLARAÇÃO DAS INCERTEZAS

Valor Nominal	Valor Medido	Tolerância	Incerteza	Unidade	k
94	94,1	0,3	0,1	dB	2,00
1000 (94 dB)	1002,7	20,0	0,1	Hz	2,37

Ajustes ou reparos (não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório):

(campo vazio)

Opiniões e Interpretações (não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório):

A calibração foi realizada com o adaptador marca 01dB, modelo BAC21 acoplado, de propriedade do Calilab. A utilização de outros adaptadores pode resultar níveis diferentes dos declarados neste certificado.



 Elvis Gouveia
 Signatário Autorizado

Data da emissão: 05/10/2015

Página: 2/2

CALILAB - LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO E ENSAIOS
Calibrador de Nível Sonoro: Medida da Distorção
OS RESULTADOS RELATADOS ABAIXO
NÃO FAZEM PARTE DO ESCOPO DE ACREDITAÇÃO**Carta Referência: DIST2-9408-375**

(As medidas da Amplitude e da Frequência estão relatadas no Certificado RBC2-9408-375 emitido na mesma data)

1- CLIENTE/ EQUIPAMENTO**Data:** 05/10/2015
Processo: 15833

Nome: Indústria de Alimentos Kodama Ltda.
Endereço: Avenida Heraclito Mourão de Miranda, 101 - Belo Horizonte - MG - CEP 30882-640
Equipamento: Calibrador de Nível Sonoro
Fabricante: 01dB **Modelo:** Cal21
Número de Série: 34554763(2015) **Classe:** 1
Identificação: ---

2- PADRÃO E INSTRUMENTAÇÃO


Descrição	Código	Certificado	Emitente
DAQ	P173	CL2-8901-375	INTERNO
Microfone: 1/2 polegada	P114		
Pré-amplificador	P162		
Amplificador de Medição	P136		

3- RESULTADO DA MEDIÇÃO

Devido à inexistência de rastreabilidade nacional no momento desta calibração, a informação sobre a distorção não pode ser expressa no certificado de calibração RBC. O padrão utilizado apontado na lista acima foi calibrado por comparação e não permite obter uma rastreabilidade a padrões nacionais de medida (ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI).

Valor Nominal	Valor Medido (TD)	Tolerância	Incerteza	Unidade
1000 (94 dB)	1,5	3,0	0,3	%TD

O critério de conformidade definido na norma IEC 60942:1997 estabelece que os desvios não devem exceder os limites de tolerância especificados (expressos na tabela). O mesmo critério de aceitação vale para amplitude e frequência. A norma estabelece requisitos de incertezas máximas para o laboratório de calibração. O Calilab atende esses requisitos.


Elvis Gouveia
Signatário Autorizado

Data da emissão: 05/10/2015

Página: 1/1