

RODRIGO TADEU FRANCO CAGINI

ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO DE PROFISSIONAIS DE
CONSULTORIA AMBIENTAL DO RAMO RODOVIÁRIO

São Paulo

2013

RODRIGO TADEU FRANCO CAGINI

ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO DE PROFISSIONAIS DE
CONSULTORIA AMBIENTAL DO RAMO RODOVIÁRIO

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Especialista em
Engenharia de Segurança do Trabalho

São Paulo

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Cagini, Rodrigo Tadeu Franco

Análise da exposição ao ruído de profissionais de consultoria ambiental do ramo rodoviário / R.T.F. Cagini. -- São Paulo, 2013.

p. 52

Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1. Exposição ocupacional 2. Poluição sonora 3. Rodovias I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II. t.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha esposa, Jéssica, por estar nesse momento segurando em seu ventre o que há de mais importante para nós, nosso filho Frederico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida que nos foi dada, e todos os demais momentos e oportunidades presentes nela;

Agradeço à Geotec Consultoria Ambiental, em especial às pessoas de Fernando Facciolla Kertzman, e Eduardo Augusto Rocha Campos, pelo apoio para que fosse possível a realização deste curso;

A toda minha família e amigos pelo apoio e compreensão, em especial minha esposa Jéssica, principalmente nos momentos em que me ausentei devido às longas horas de estudo, mais ainda nesse momento em que estamos grávidos de 33 semanas.

“Tudo aquilo que o homem ignora, não existe pra ele. Por isso o universo de cada um, se resume no tamanho de seu saber.”

Albert Einstein

RESUMO

Muitos foram os fatores que motivaram a análise da exposição a ruído de funcionários de uma empresa de consultoria ambiental do ramo rodoviário. A começar pelo próprio bem estar dos funcionários, foram analisados se os níveis de ruído de exposição eram superiores aos limites presentes na legislação brasileira. O constante e exponencial crescimento da área de Meio Ambiente na sociedade hodierna ocorreu através da conscientização ambiental, aliado às políticas públicas de investimento em infraestrutura que igualmente tem aumentado de volume. Esta combinação de valores (investimentos x conscientização ambiental) certamente aumentará a necessidade por mão-de-obra especializada do setor ambiental-rodoviário, com um aumento da busca por licenças e liberações de novas obras. Assim, os interesses políticos e os anseios da sociedade podem vir a diminuir a atenção das empresas ao bem estar do trabalhador, expondo-o aos perigos ocupacionais. Neste trabalho, foram analisadas as exposições ao ruído em três atividades distintas desta empresa de Consultoria Ambiental: Monitoramento ambiental de obras na região de Piracicaba/SP; Monitoramento ambiental de rodovia em operação na região de Campinas; e, Atividades de campo para licenciamento ambiental de uma obra de duplicação na região de Campinas/SP. Para as medições foi utilizado o aparelho Dosímetro Instrutherm DOS-500, onde foi registrada a Dose de Exposição (aproximadamente 7 horas) e posteriormente calculada a Dose em 8 horas de exposição. Constatou-se que os níveis de exposição não foram elevados, não atingindo o limite presente na legislação brasileira, e que as medidas de controle da empresa são suficientes para manutenção da saúde física e psíquica dos trabalhadores.

Palavras-chave: Exposição a Ruído. Dosimetria de Ruído. Análise de Riscos. Consultoria Ambiental. Rodovias.

ABSTRACT

Many factors influenced the analysis of noise exposure to employees of an environmental consulting company engaged in highways. Thinking on welfare of the employees, were analyzed if the levels of noise exposure were higher than the Brazilian legislation limits. The constant and exponential growth of environmental area in today's society occurred through environmental awareness, allied with the growth of public policy of infrastructure investments that also has increased its volume. This combination of values (investments x environmental awareness) certainly will increase the need for skilled labor of environmental-road sector, with a growth in the search of licenses and new projects release. So, the political interests and society aspirations may decrease the companies attention to worker welfare, exposing them to occupational hazards. In this research were analyzed the noise exposure of three distinct activities of this environmental consulting company: Environmental monitoring works in the area of Piracicaba/SP; Environmental monitoring of highways in operation in area of Campinas/SP; and, Field activities for environmental license for construction of a highway duplication in area of Campinas/SP. The measurements were done in Dosimeter Instrutherm DOS-500 device, recording the amount of exposure (approximately 7 hours), being subsequently estimated the amount of 8 hours of exposure. It was found that exposure measurements was not elevated, and that the measures of control of the company are enough to maintenance of workers physical and psychic health.

Key-words: Exposure to Noise. Noise Dosimetry. Risk Analysis. Environmental Consulting. Highways.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização dos trechos que receberão investimentos – Ferrovias	14
Figura 2 – Localização dos trechos que receberão investimentos – Rodovias	14
Figura 3 - Sistema auditivo periférico	21
Figura 4 – A orelha humana	23
Figura 5 – A orelha média e interna	23
Figura 6 - Espectro sonoro	24
Figura 7 - Curvas de mesmo nível de audibilidade para tons puros – Curvas isoaudíveis	25
Figura 8 - A área de audição dos seres humanos é delimitada pelo limiar da audição (Curva A) e pelo limiar do desconforto auditivo (Curva B)	25
Figura 9 - Dosímetro DOS-500 e Calibrador CAL-4000 utilizados nas medições de Dose de exposição	35
Figura 10 – Registros de nível de pressão sonora registrados ao longo da 1ª medição	39
Figura 11 – Histograma dos níveis de ruído divididos em classes da 1ª medição ...	39
Figura 12 – Registros de nível de pressão sonora registrados ao longo da 2ª medição	42
Figura 13 – Histograma dos níveis de ruído divididos em classes da 2ª medição ...	42
Figura 14 – Registros de nível de pressão sonora registrados ao longo da 3ª medição	45
Figura 15 – Histograma dos níveis de ruído divididos em classes da 3ª medição ...	45

Figura 16 – Comparativos de Lavg, TWA, Dose das 3 medições	48
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
AEPS	Anuário Estatístico da Previdência Social
APP	Área de Preservação Permanente
CA	Certificado de Aprovação
CAT	Comunicação de Acidente do Trabalho
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAF	Diretoria de Administração e Finanças
DATAPREV	Empresa de Tecnologia e Informações da Previdência Social
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
INSS'	Instituto Nacional do Seguro Social
MPS	Ministério da Previdência Social
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
NR	Norma Regulamentadora
NRR-sf	Índice de Redução de Ruído
ONU	Organização das Nações Unidas
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PAIR	Perda Auditiva Induzida pelo Ruído
PCMSO	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
PNSST	Política Nacional de Segurança e Saúde no Trabalho
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
TLV	<i>Threshold Limit Values</i> (limites de tolerância)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de acidentes do trabalho referentes a orelha (Externa, Média, Interna, Audição e Equilíbrio)	27
Tabela 2 - Tempo máximo de exposição para cada nível de ruído, conforme NR-15	28
Tabela 3 – Tempo máximo de exposição para cada nível de ruído, conforme NHO-01	29
Tabela 4 - Limites de exposição (TLV's) para ruídos em frequência de 3 kHz e 4k Hz	30
Tabela 5 – Descrição das atividades de medição da exposição ao ruído	37
Tabela 6 – Valores informados pelo aparelho Dos-500 a respeito da 1ª medição...	38
Tabela 7 – Valores informados pelo aparelho Dos-500 a respeito da 2ª medição ..	41
Tabela 8 – Valores informados pelo aparelho Dos-500 a respeito da 3ª medição ..	44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO	17
1.2 JUSTIFICATIVA	17
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	18
2.1 SOM E RUÍDO	18
2.2 ONDAS	18
2.2.1 Amplitude (A)	19
2.2.2 Comprimento da onda (λ)	19
2.2.3 Período (T).....	19
2.2.4 Frequência (f)	19
2.3 INTENSIDADE (I).....	20
2.4 PRESSÃO SONORA E NÍVEL DE PRESSÃO SONORA.....	20
2.5 RUÍDOS CONTÍNUOS, FLUTUANTES E DE IMPACTO.....	20
2.6 A ORELHA HUMANA	21
2.6.1 A orelha externa.....	21
2.6.2 A orelha média	22
2.6.3 A orelha interna.....	22
2.7 LIMIARES DE AUDIÇÃO	23
2.8 PAIR E DOENÇAS DO TRABALHO	25
2.9 DOSIMETRIA DE RUÍDO	27
2.10 LEGISLAÇÃO	27
2.10.1 Norma Regulamentadora nº 15 – Atividades e Operações Insalubres	27
2.10.2 Ordem de Serviço INSS/DAF/DSS nº 608 de 05 de Agosto DE 1998 .	28

2.10.3 Norma de Higiene Ocupacional – NHO 01 - Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído – (FUNDACENTRO)	29
2.10.4 ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists.....	30
2.10.5 Norma Regulamentadora nº 06 – Equipamento de Proteção Individual - EPI	31
2.10.6 Norma Regulamentadora nº 07 – PCMSO, e Norma Regulamentadora nº 09 - PPRA	32
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 MEDIÇÃO Nº 01 – 25/01/2013 - MONITORAMENTO AMBIENTAL DE OBRAS NA REGIÃO DE PIRACICABA/SP.....	38
4.2 MEDIÇÃO Nº 02 – 26/01/2013 - MONITORAMENTO AMBIENTAL DE RODOVIA EM OPERAÇÃO NA REGIÃO DE CAMPINAS/SP.....	41
4.3 MEDIÇÃO Nº 03 – 27/01/2013 - ATIVIDADES DE CAMPO PARA LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE OBRA DE DUPLICAÇÃO NA REGIÃO DE CAMPINAS/SP.....	44
4.4 ANÁLISE GERAL DE EXPOSIÇÃO DOS FUNCIONÁRIOS.....	47
5. CONCLUSÕES	49

1. INTRODUÇÃO

É notável o aumento da importância que as questões ambientais vem alcançando em nosso cenário atual. As pessoas conscientizaram-se com as alterações no clima, degelo de calotas polares e elevação dos níveis dos oceanos, extinção de espécies animais e vegetais, catástrofes climáticas, entre outros.

Em paralelo, as forças públicas, através de políticas públicas, reformulações legais, entre outros, têm atuado para o desenvolvimento sustentável. De acordo com o Relatório Brundtland (ONU, 1987), Desenvolvimento Sustentável remete aquele que atende as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem às suas necessidades e aspirações.

A estruturação ambiental legal brasileira está baseada na Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, e todas suas alterações, a qual estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente, o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que é o órgão consultivo e deliberativo do SISNAMA.

O CONAMA, através da Resolução nº 237/97, mostra ser necessário o licenciamento ambiental, que é o procedimento administrativo por meio do qual o órgão competente aprova e autoriza a localização, instalação, ampliação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.

Enquadram-se nestes empreendimentos e atividades as obras rodoviárias, como duplicações, construções de vias marginais, construções de dispositivos de acesso e retorno, implantação de novas rodovias, etc.

O governo federal lançou em agosto de 2012 o Programa de Investimentos em Logística que prevê aplicação de R\$ 133 bilhões em 9 trechos de rodovias e em 12 trechos de ferrovias. Os R\$ 133 bilhões serão destinados à construção de ferrovias, com investimentos de R\$ 91 bilhões, e duplicação e construção de rodovias, com aplicação de R\$ 42 bilhões. Tais valores serão utilizados em benfeitorias (construção de novas vias, duplicações, construções de portos intermodais, entre

outros) num montante de aproximadamente 17,5 mil quilômetros, sendo 10 mil quilômetros de ferrovias e 7,5 mil quilômetros de rodovias. As Figuras 1 e 2 mostram a localização de cada trecho objeto do Programa de Investimentos em Logística: Rodovias e Ferrovias.



Figura 1 – Localização dos trechos que receberão investimentos – Ferrovias.
(Fonte: Programa de Investimentos em Logística: Rodovias e Ferrovias, 2012)

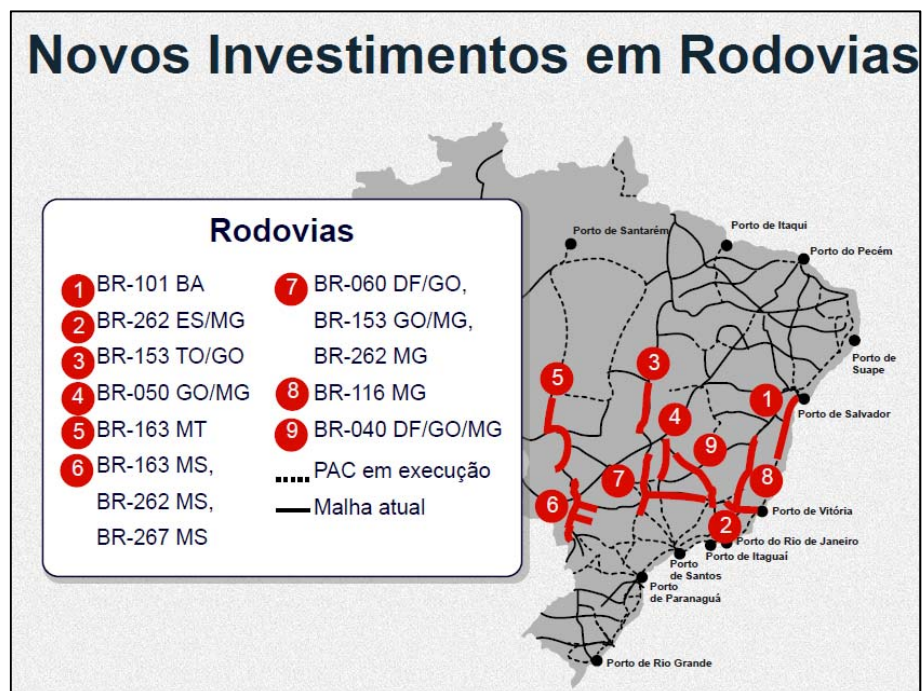


Figura 2 – Localização dos trechos que receberão investimentos – Rodovias.
(Fonte: Programa de Investimentos em Logística: Rodovias e Ferrovias, 2012)

Correlacionando a necessidade de licenciamento ambiental para empreendimentos potencialmente poluidores com os investimentos no setor de infraestrutura do Brasil, espera-se um aumento na demanda por profissionais especializados neste setor e, conseqüentemente, uma maior probabilidade de surgimento de doenças relacionadas à execução do ofício.

O Brasil possui um conjunto normativo que vincula a segurança e a saúde dos trabalhadores à responsabilidade dos empregadores. Isso pode ser observado na Constituição Federal, Códigos Civil e Penal, além de outras Leis e Decretos.

Como exemplificação, a Constituição Federal cita como direito dos trabalhadores a redução dos riscos do trabalho, e a existência de um seguro contra os acidentes do trabalho. O Código Civil caracteriza o empregador como responsável por qualquer dano causado aos trabalhadores advindos de sua ação ou omissão, tendo este que reparar o dano. Já o Código Penal imputa penas de detenção para responsáveis por lesões corporais advindas de técnicas profissionais, sendo estas um terço maiores do que as penas não relacionadas ao labor. Por sua vez, a Lei nº 8.213 de 24 de julho de 1991 apresenta como contravenção penal quando uma empresa não cumpre com as normas de segurança e higiene do trabalho.

O Brasil possui ainda a Política Nacional de Segurança e Saúde no Trabalho – PNSST, Decreto Nº 7.602, de 7 de novembro de 2011, a qual tem por objetivos a promoção da saúde e a melhoria da qualidade de vida do trabalhador e a prevenção de acidentes e de danos à saúde advindos, relacionados ao trabalho ou que ocorram no curso dele, por meio da eliminação ou redução dos riscos nos ambientes de trabalho.

Os trabalhadores, no exercício de sua função, geralmente se deparam com diversas situações onde são expostos a condições perigosas que podem acarretar em sérios danos à saúde ou até mesmo a vida. São os agentes ambientais, os quais podem ser classificados em 3 tipos: Agentes físicos (ruído, vibrações, calor/frio, radiações, pressões, etc.), químicos (gases, vapores, aerodispersóides, hidrocarbonetos aromáticos, etc.) e biológicos (microrganismos patogênicos como: vírus, bactérias, fungos).

O ruído é um dos principais agentes físicos presentes nos ambientes de trabalho, em diversos tipos de instalações ou atividades profissionais, sendo um dos maiores focos de atenção dos profissionais voltados para a segurança e saúde do trabalhador.

Na maioria dos países, o ruído é o agente nocivo que prevalece no ambiente de trabalho. Sua presença nas atividades laborais soma-se à sua intensa disseminação nos ambientes urbanos e sociais, especialmente nas atividades de lazer (MIRANDA, 1998).

1.1 OBJETIVO

Esta monografia tem por objetivo analisar a exposição ao ruído de profissionais de Consultoria Ambiental do ramo rodoviário, em diferentes áreas de sua atuação.

1.2 JUSTIFICATIVA

Justifica-se tal estudo pela alta frequência com que se relacionam a Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR) às atividades laborais. Intensifica-se ainda a justificativa, já que o ramo rodoviário mostra-se várias vezes muito heterogêneo, onde é possível encontrar ora um ambiente suficientemente silencioso, dispensando-se o uso de Equipamentos de Proteção, ora ambientes deveras ruidoso, onde se faz necessária a utilização destes equipamentos de proteção.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 SOM E RUÍDO

Diversas são as definições de som e ruído encontradas na literatura. Cutnell e Johnson (2006) citam que os sons são formados por ondas, e que estas por sua vez são perturbações que se propagam, transportando energia de um local para outro, entretanto não havendo escoamento de massa. George (1992) complementou definindo o som como sendo uma forma de energia que é transmitida pela colisão das moléculas do meio podendo ser representado por uma série de compressões e rarefações do meio em que se propaga, a partir da fonte sonora. Já Bistafa (2011) apresenta o som como uma variação da pressão ambiente detectável pelo sistema auditivo.

Comparando-se som com ruído, Bistafa (2011) diz que o som é a sensação produzida no sistema auditivo, e ruído é um som indesejável, em geral de conotação negativa, que também pode ser entendido como sons sem harmonia.

Bistafa (2011) insiste ainda que os ruídos podem gerar efeitos indesejáveis: em níveis suficientemente elevados, podem causar perda da audição e aumento da pressão arterial (efeitos fisiológicos), incômodos, (efeitos psicológicos), por exemplo, perturbação do sono, stress, tensão, queda do desempenho; dentre outros.

2.2 ONDAS

Cutnell e Johnson (2006) apresenta que, de maneira geral, as ondas podem ser divididas em ondas transversais e longitudinais, da seguinte forma:

Onda transversal é uma onda na qual a perturbação ocorre perpendicularmente à direção de propagação da onda. Exemplos: ondas de rádio, luz, micro-ondas;

Onda longitudinal é uma onda na qual a perturbação ocorre paralelamente à linha de propagação da onda. Exemplo: onda sonora.

Sabe-se ainda que, muitas vezes as ondas não são absolutamente transversais ou longitudinais, sendo assim possível observar componentes de ambas numa mesma onda.

2.2.1 Amplitude (A)

Cutnell e Johnson (2006) define amplitude como o afastamento máximo de uma partícula do meio a partir de sua posição não perturbada.

2.2.2 Comprimento da onda (λ)

Segundo Cutnell e Johnson (2006), comprimento de onda é o comprimento horizontal de um ciclo da onda, ou a distância horizontal entre dois pontos equivalentes sucessivos sobre a onda.

Nepomuceno (1994) diz que o comprimento da onda é o espaço curto percorrido pela perturbação que, num dado momento, repete o movimento em amplitude e fase.

2.2.3 Período (T)

Período é o tempo necessário para um ciclo completo para cima e para baixo na onda, tendo como unidade de medida o segundo (s). (CUTNELL; JOHNSON, 2006).

2.2.4 Frequência (f)

Fernandes (2002) classifica frequência como o número de oscilações por segundo do movimento vibratório do som. De acordo está Bistafa (2011) que define frequência como o número de períodos existentes em um segundo.

2.3 INTENSIDADE (I)

Bistafa (2011) define intensidade sonora como a quantidade média de energia, na unidade de tempo, que atravessa uma área unitária perpendicular à direção de propagação da onda, tendo como unidade de medida o W/m^2 .

2.4 PRESSÃO SONORA E NÍVEL DE PRESSÃO SONORA

Pressão sonora representa a variação de pressão atmosférica, em relação a um valor de referência, percebido pela orelha, e é expressa em N/m^2 , ou Pascal (Pa).

Como a faixa de audibilidade percebida pela orelha humana varia de $0,00002 N/m^2$ (mínima pressão perceptível à frequência de 1.000 Hz) até valores muito elevados, atingindo $200 N/m^2$ (limiar da dor), utiliza-se uma relação logarítmica para expressar os resultados, que é o decibel (dB). (Santos, 1996). Este é o Nível de Pressão Sonora.

2.5 RUÍDOS CONTÍNUOS, FLUTUANTES E DE IMPACTO

Piedade (2010) apresenta uma classificação do ruído levando em consideração o Nível de Pressão Sonora ao longo do tempo em três tipos: Ruído Contínuo, Flutuante e de Impacto.

- **Ruídos Contínuos:** sua variação de níveis de intensidade é muito pequena em relação ao tempo de observação. Exemplos: chuva, geladeiras, compressores, ventiladores, etc.

- **Ruídos Flutuantes:** são aqueles que apresentam grandes variações de níveis de intensidade em relação ao tempo de observação. São os ruídos do nosso dia-a-dia. Exemplos: trânsito de veículos, ruídos de conversas, etc.

- **Ruídos de Impacto:** ruídos esporádicos, apresentando altos níveis de intensidade sonora, num intervalo de tempo muito curto. São os ruídos do tipo pancadas e explosões. Exemplos: martelotes, rebidadeiras e guilhotinas.

2.6 A ORELHA HUMANA

Garbe (2010) diz que o sistema auditivo divide-se em duas partes: sistema auditivo periférico e sistema auditivo central. O sistema auditivo periférico é dividido em orelha externa, média e interna (Figura 3), e o sistema auditivo central é formado pelo nervo e córtex auditivo.

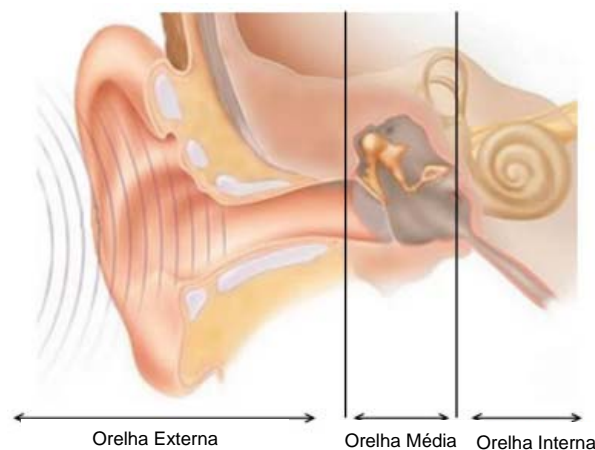


Figura 3 - Sistema auditivo periférico [adaptado de: Mundo Educação, 2010].

2.6.1 A orelha externa

Segundo Garbe (2010), a orelha externa capta os sons, dirigindo à orelha média. Na membrana timpânica, os movimentos de pressão e descompressão, fazem com que a energia mecânica seja comunicada à cadeia ossicular. Os ossículos da orelha média estão articulados de tal forma que os deslocamentos de um deles interferem no deslocamento dos outros. A movimentação do cabo do martelo determina também no estribo um movimento de encontro à janela oval da cóclea, originando que o movimento vibratório se propague pelos líquidos da orelha interna, transformando a energia mecânica em hidráulica. As vibrações, captadas pelas terminações das células nervosas da cóclea, são transformadas em impulsos até ao cérebro, energia elétrica, resultando em sensações sonoras.

2.6.2 A orelha média

A orelha média possui uma forma cúbica e é repleto de ar. É constituído pela cadeia ossicular (martelo, bigorna e estribo), seis ligamentos, dois músculos e respectivos tendões e uma porção do nervo facial. Inclui ainda a mastóide e a trompa de Eustáquio. A energia sonora é conduzida pelo canal auditivo externo até a membrana timpânica, onde é transformada em energia mecânica, que por sua vez, é comunicada aos ossículos da orelha média. A caixa timpânica separa-se do exterior pela membrana timpânica e comunica com a rinofaringe pela trompa de Eustáquio. (Garbe, 2010).

2.6.3 A orelha interna

Garbe (2010) diz que a comunicação entre a orelha média e a orelha interna é realizada através da janela oval, ou seja, o estribo passa as vibrações para a janela oval, que é uma membrana que cobre a abertura da cóclea.

A janela oval possui um diâmetro menor do que a membrana timpânica. Esse reduzido tamanho, faz com que se produza a amplificação crítica necessária para se igualar a impedância entre as ondas do som no ar e o fluido coclear.

A orelha interna é dividida em duas partes: labirinto ósseo e labirinto membranoso. Encontram-se na orelha interna dois líquidos peculiares, a endolinfa, que enche todas as cavidades do labirinto membranoso, e a perilinfa, que preenche o espaço entre o labirinto membranoso e o labirinto ósseo. Ele funciona com dois receptores sensoriais: a cóclea responsável pela audição, na sua parte anterior, e o vestíbulo e os canais semicirculares, responsáveis pelo equilíbrio, na sua parte posterior. (Garbe, 2010).

Sobotta (2006) apresenta graficamente os componentes da orelha humana:

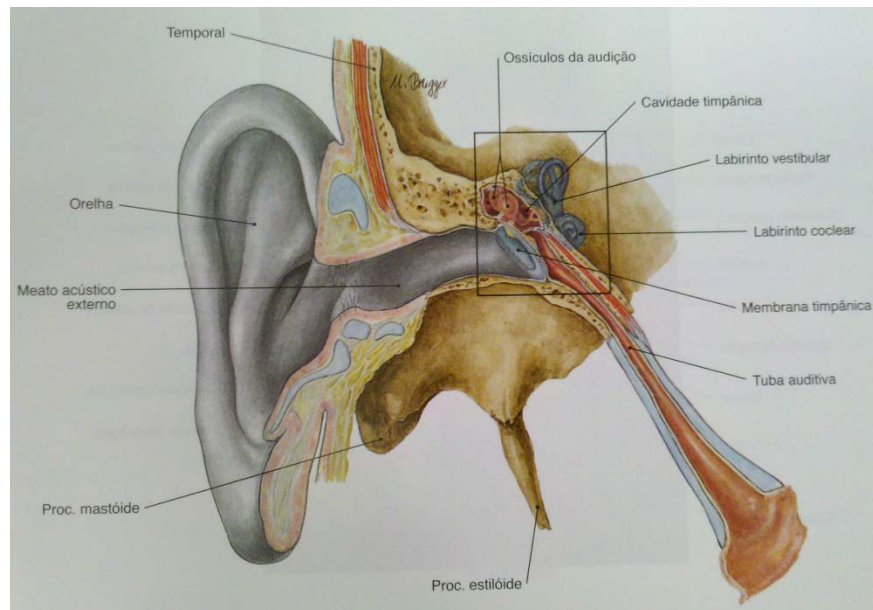


Figura 4 – A orelha humana.
(Fonte: Sobotta, 2006)

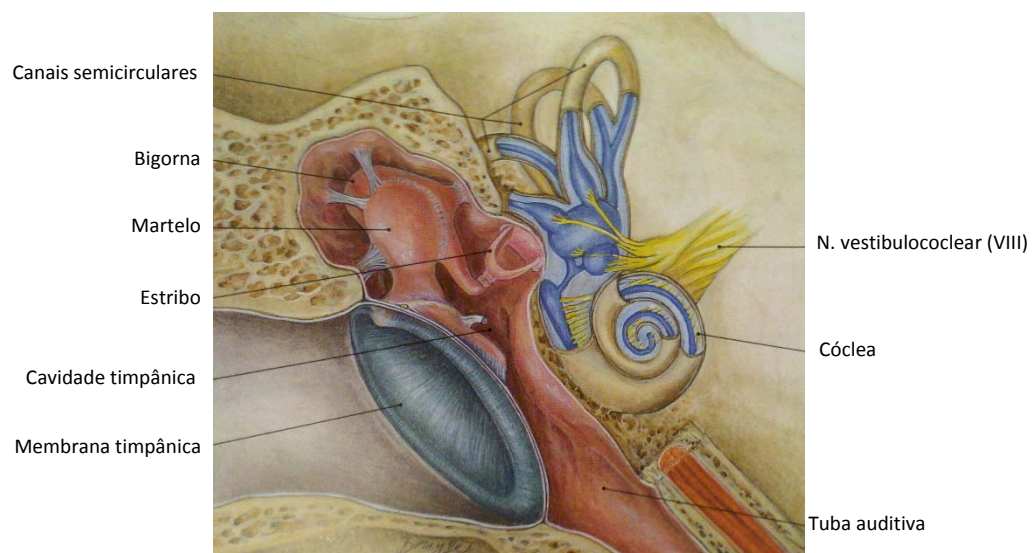


Figura 5 – A orelha média e interna.
(Fonte: Sobotta, 2006)

2.7 LIMIARES DE AUDIÇÃO

Segundo Bistafa (2011) a orelha humana é capaz de detectar sons na faixa de frequência compreendida entre 20 Hz e 20 kHz. Os sons com frequência abaixo de 20 Hz são conhecidos como infrassons, enquanto que os sons com frequência acima de 20 kHz são conhecidos como ultrassons.

Também é possível encontrar alguns autores considerando a faixa audível entre 16 Hz a 20 kHz. (Henrique, 2002).

A Figura 6 abaixo apresenta graficamente todo o espectro sonoro, ou seja, as faixas de infrassons, sons audíveis e ultrassons.

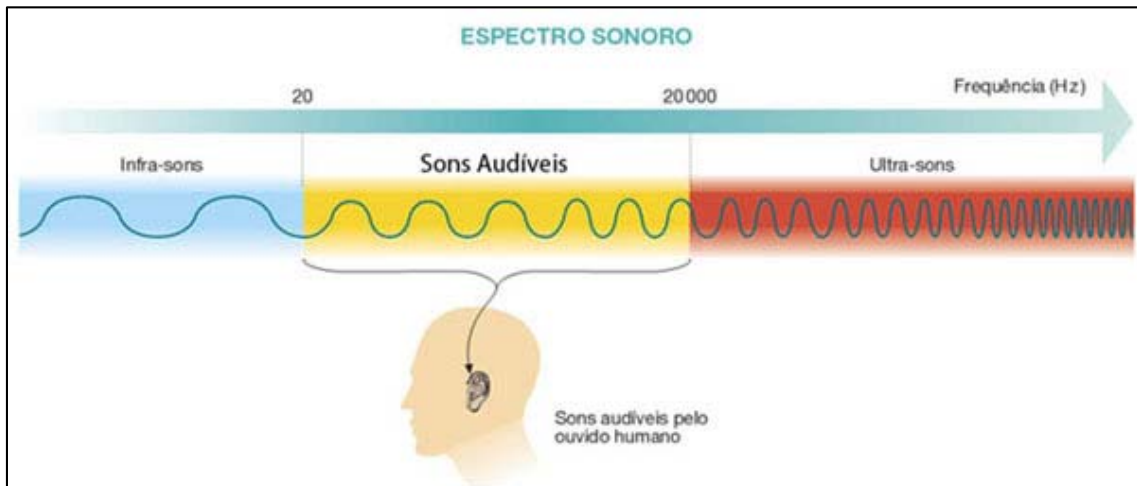


Figura 6 - Espectro sonoro.

(Fonte: Disponível em: <http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f_07.html>. Acesso em 21 fev. 2013).

A orelha humana capta com sensibilidade distinta sons de diferentes frequências, assim como diferentes níveis de pressão sonora. Este fenômeno pode ser chamado de Nível de Audibilidade (fone). Este nível é obtido através da relação entre o Nível de Pressão Sonora (dB) e a Frequência (Hz).

É possível obter o mesmo Nível de Audibilidade combinando diferentes valores de Nível De Pressão Sonora e Frequência. Após esta observação foi possível montar as Curvas Isoaudíveis (Figura 7). De modo geral, os sons mais graves, ou seja, de frequência mais baixa, são menos perceptíveis à orelha humana, necessitando de maior Nível de Pressão Sonora para sensibilizar a orelha. Já os sons mais agudos ou de frequência mais alta necessitam de um menor Nível de Pressão Sonora para serem percebidos.

A Figura 7 mostra as curvas isoaudíveis, onde é possível notar que a faixa de frequência localizada entre 3 e 5 Hz é a que requer os menores níveis de pressão sonora para gerar o mesmo nível de audibilidade que outras frequências.

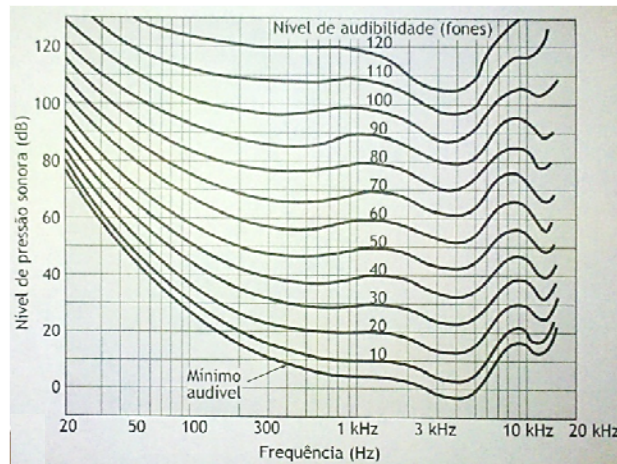


Figura 7 - Curvas de mesmo nível de audibilidade para tons puros – Curvas isoaudíveis.
(Fonte: Bistafa, 2011).

O gráfico do Nível de Audibilidade da orelha humana, pode ser dividido em 3 partes: Limiar da Audição, Área de Audição e Limiar do Desconforto/Dor. Tais áreas são representadas na Figura 8 a seguir.

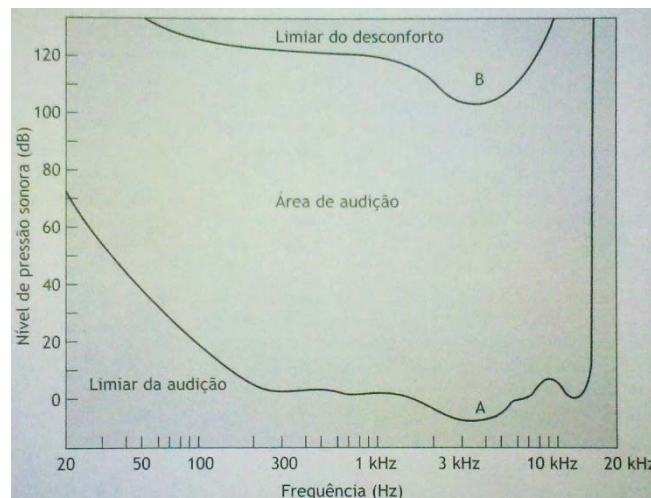


Figura 8 - A área de audição dos seres humanos é delimitada pelo limiar da audição (Curva A) e pelo limiar do desconforto auditivo (Curva B).
(Fonte: Bistafa, 2011).

2.8 PAIR E DOENÇAS DO TRABALHO

A exposição ao ruído, pela frequência e por suas múltiplas consequências sobre o organismo humano, constitui um dos principais problemas de saúde ocupacional e ambiental na atualidade. Na atualidade cresce a preocupação com os efeitos extra-auditivos provocados pela exposição ao ruído. Apesar de serem ainda pouco

conhecidos, as evidências clínicas e epidemiológicas alertam para sua importância. Manifestam-se, entre outros, pela hipertensão arterial, distúrbios gastrintestinais, alterações do sono e psicoafetivas, de grande repercussão sobre a qualidade de vida dos trabalhadores.

A perda da audição provocada pelo ruído ou perda auditiva induzida por ruído (PAIR) relacionada ao trabalho é uma diminuição gradual da acuidade auditiva decorrente da exposição continuada a níveis elevados de pressão sonora.

A PAIR tem como características principais a irreversibilidade e a progressão gradual com o tempo de exposição ao agente. A sua história natural mostra, inicialmente, o acometimento dos limiares auditivos em uma ou mais frequências da faixa de 3.000 a 6.000 Hz. As frequências mais altas e mais baixas podem levar mais tempo para serem afetadas. Uma vez cessada a exposição, não haverá progressão da redução auditiva.

Bistafa (2011) diz que há dois tipos de perdas de audição causados por ruído intenso:

- **Perda de Audição Temporária:** denominada alteração temporária do limiar, como o próprio nome indica, tem como característica a recuperação da audição normal após a exposição a ruído intenso. Neste tipo de perda auditiva, as células ciliadas recuperam-se, readquirindo suas funções normais.

- **Perda de Audição Permanente:** denominada alteração permanente do limiar, tem como causa a lesão das células ciliadas, e até o desaparecimento destas. Não há recuperação natural das células ciliadas lesionadas, e sua reposição através de meios artificiais ainda não é possível.

O Ministério da Previdência Social mantém todos os registros de acidentes de trabalho ocorridos no Brasil. No ano de 2010 foram registrados 2.241 acidentes de trabalho referentes à orelha (Externa, Média, Interna, Audição e Equilíbrio), e no ano de 2011 foram 1.835 os acidentes registrados. Estes dados podem ser encontrados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Quantidade de acidentes do trabalho referentes à orelha (Externa, Média, Interna, Audição e Equilíbrio). (Fonte: Anuário Estatístico da Previdência Social – AEPS 2011/Ministério da Previdência Social/Empresa de Tecnologia e Informações da Previdência Social – Brasília: MPS/DATAPREV).

Ano	Quantidade de acidentes					Sem CAT Registrada	
	Total	Com CAT Registrada			Sem CAT Registrada		
		Total	Motivo				Sem CAT Registrada
			Típico	Trajeto			
2010	2.241	2.241	780	41	1.420	-	
2011	1.835	1.835	697	30	1.108	-	

Acidentes Típicos – são os acidentes decorrentes da característica da atividade profissional desempenhada pelo acidentado;
Acidentes de Trajeto – são os acidentes ocorridos no trajeto entre a residência e o local de trabalho do segurado e vice-versa;
Acidentes Devidos à Doença do Trabalho – são os acidentes ocasionados por qualquer tipo de doença profissional peculiar a determinado ramo de atividade constante na tabela da Previdência Social;

2.9 DOSIMETRIA DE RUÍDO

A grande maioria das ocupações laborais apresentam uma ampla gama de níveis de exposição ao ruído, impossibilitando a fácil identificação da quantidade de ruído absorvido pelo trabalhador, assim como o cálculo deste valor. Para isso, existem aparelhos que fazem tal medição instantaneamente. O cálculo deste aparelho é realizado automaticamente de acordo com a Equação 1:

$$\text{Equação 1: } D = \frac{Te1}{Tp1} + \frac{Te2}{Tp2} + \dots + \frac{Ten}{Tpn}$$

Onde:

D = dose de ruído (valores acima de 1 significam excesso de ruído);

Te1 = tempo de exposição a um determinado nível;

Tp1 = tempo de exposição permitido pela legislação para o mesmo nível.

2.10 LEGISLAÇÃO

2.10.1 Norma Regulamentadora nº 15 – Atividades e Operações Insalubres

Paralelamente a outros níveis máximos de exposição, no Brasil a Norma Regulamentadora NR-15 apresenta condições as quais são denominadas de

Insalubres, ou seja, quando ocorre a exposição a níveis superiores ao limite considerado na norma.

Com relação ao ruído, a NR-15 possui uma tabela contendo os níveis de exposição ao ruído e a máxima exposição diária permissível. Estes valores são apresentados na Tabela 2 a seguir. Notar-se-á que o tempo de exposição deve ser diminuído à metade sempre que houver incremento de 5 dB nos níveis de exposição.

Tabela 2 - Tempo máximo de exposição para cada nível de ruído, conforme NR-15.

NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
105	30 minutos
110	15 minutos
115	7 minutos

Fonte: NR-15 – Atividades e Operações Insalubres

2.10.2 Ordem de Serviço INSS/DAF/DSS nº 608 de 05 de Agosto DE 1998

A Ordem de Serviço Nº 608 aprova a Norma Técnica sobre diagnóstico da Perda Auditiva Neurosensorial por Exposição Continuada a Níveis Elevados de Pressão Sonora de Origem Ocupacional.

Ela tem como base principal a atualização desta norma, e apresenta a análise clínica da Perda Neurosensorial por Exposição Continuada a Níveis Elevados de

Pressão Sonora de Origem Ocupacional (PAIR OCUPACIONAL) (Seção I), e a Norma Técnica de Avaliação da Incapacidade Laborativa (Seção II).

Em suma, esta ordem de serviço passou a constituir dois módulos: a Atualização Clínica da Patologia e a Avaliação da Incapacidade Laborativa.

2.10.3 Norma de Higiene Ocupacional – NHO 01 - Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído – (FUNDACENTRO)

A Norma de Higiene Ocupacional – NHO-01 da FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - estipulou valores limites para a exposição ao ruído de acordo com a carga horária de trabalho. Ela define como limite de Nível de Exposição 85 dB(A) para uma jornada de trabalho de 8 horas (480 minutos). Cita ainda que o tempo de exposição deve ser diminuído à metade sempre que houver incremento de 3 dB nos níveis de exposição.

A Tabela 3 apresenta uma tabela adaptada da presente na NHO-01 da FUNDACENTRO.

Tabela 3 – Tempo máximo de exposição para cada nível de ruído, conforme NHO-01 (continua).

Nível de Ruído dB(A)	Máxima jornada permitida	
	minutos	horas
80	1.523,90	25,40
81	1.209,52	20,16
82	960,00	16,00
83	761,95	12,70
84	604,76	10,08
85	480,00	8,00
86	380,97	6,35
87	302,38	5,04
88	240,00	4,00
89	190,48	3,17
90	151,19	2,52
91	120,00	2,00
92	95,24	1,59
93	75,59	1,26
94	60,00	1,00
95	47,62	0,79
96	37,79	0,63
97	30,00	0,50

Nível de Ruído dB(A)	Máxima jornada permitida	
	minutos	horas
98	23,81	0,40
99	18,89	0,31
100	15,00	0,25
101	11,90	0,20
102	9,44	0,16
103	7,50	0,13
104	5,95	0,10
105	4,72	0,08
106	3,75	0,06
107	2,97	0,05
108	2,36	0,04
109	1,87	0,03
110	1,48	0,02
111	1,18	0,02
112	0,93	0,02
113	0,74	0,01
114	0,59	0,01
115	0,46	0,01

Fonte: NHO-01 – FUNDACENTRO conclusão.

2.10.4 ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists

Igualmente à NHO-01 já citada, a ACGIH, entidade americana, também elaborou valores limites de exposição de trabalhos ao ruído. São os TLV (Threshold Limit Values – limites de tolerância). Ele indica o valor o qual se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta repetidamente, sem sofrer efeitos adversos à capacidade de ouvir e entender uma conversa normal (ACGIH,2009). Estes valores são apresentados na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 - Limites de exposição (TLV's) para ruídos em frequência de 3 kHz e 4 kHz (continua).

Unidade de tempo	Duração diária	Nível de ruído dB(A)
Horas	24	80
	16	82
	8	85
	4	88
	2	91
	1	94
Minutos	30	97
	15	100

Unidade de tempo	Duração diária	Nível de ruído dB(A)
	7,5	103
	3,75	106
	1,88	109
	0,94	112
Segundos	28,12	115
	14,06	118
	7,03	121
	3,52	124
	1,76	127
	0,88	130
	0,44	133
	0,22	136
	0,11	139

Fonte: ACGIH, 2009.

Conclusão.

2.10.5 Norma Regulamentadora nº 06 – Equipamento de Proteção Individual - EPI

A Norma Regulamentadora nº 06 do Ministério do Trabalho e Emprego diz que as empresas/empregadores são responsáveis pelo fornecimento dos Equipamentos de Proteção aos empregados, para todas aquelas atividades em que haja algum perigo à saúde dos mesmos. Esta NR diz ainda que o uso e conservação do equipamento é de responsabilidade do trabalhador.

Estes EPI's devem ser apresentados ao Ministério do Trabalho e Emprego previamente à comercialização para que seja obtida aprovação e emissão do Certificado de Aprovação (CA) para comprovar o controle/atenuação do agente nocivo.

A NR nº 15 indica a necessidade de uso de atenuadores de pressão sonora para quando a exposição for superior a 85 dB(A).

2.10.6 Norma Regulamentadora nº 07 – PCMSO, e Norma Regulamentadora nº 09 - PPRA

A Norma Regulamentadora NR-07 instituiu o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional, que são parâmetros médicos de controle que deverão ser analisados periodicamente nos trabalhadores, visando analisar a influência da atividade laboral em sua saúde.

A NR-09 instituiu o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, que se trata do plano de identificação de todos os perigos aos quais os trabalhadores estão expostos durante a atividade laboral. Este servirá como base para a proposição de medidas de proteção, como a necessidade de utilização de EPIs. Além disso, a NR-09 apresenta o Nível de Ação, que é o valor o qual, se ultrapassado, devem ser tomadas ações de controle do agente de perigo. No caso do ruído, o nível de ação deve ser de 50% da Dose, ou seja, deverão ser tomadas ações de proteção caso a Dosimetria de Ruído ultrapasse 0,5.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Inúmeros são os locais de trabalho dos profissionais de consultoria em geral, em especial os trabalhadores do ramo rodoviário, tendo em vista nossa vasta malha rodoviária. Outrossim, as estradas do Estado de São Paulo revezam-se estando, ora em ambientes altamente urbanizados, ora em ambientes bastante rudimentares, como pequenas cidades com baixíssimo movimento.

Dentro do ramo da consultoria ambiental para as rodovias, podem ser citadas 3 áreas principais:

- Licenciamento ambiental;
- Gestão e monitoramento ambiental de obras;
- Monitoramento de rodovias em operação.

Destes, o primeiro é caracterizado pela caracterização ambiental (meios físico, biótico e socioeconômico) de áreas às vezes sem qualquer urbanização, como é o caso de licenciamento de novas rodovias, por exemplo, às vezes por locais já urbanizados, como é o caso de licenciamentos de rodovias em operação, como obras de duplicação, faixas adicionais, dispositivos operacionais, entre outros.

Por sua vez, a gestão e monitoramento ambiental de obras pode ser novamente dividida em duas: acompanhamento documental (gestão de licenças e dispositivos legais para correto andamento da obra); e monitoramento em campo das atividades inerentes à obra, por exemplo, terraplenagens, construção de pontes, viadutos, utilização de áreas de apoio (canteiros de obras, jazidas de material de empréstimo, bota-foras), intervenções em Áreas de Preservação Permanente (APP), atividades com geradores de energia elétrica, óleos lubrificantes, combustíveis, entre outros, garantindo o menor impacto ambiental possível.

Finalmente, a gestão e monitoramento de rodovias em operação é caracterizada por atividades de monitoramento de todo o corpo estradal, como pés e saias de taludes, galerias de drenagem subterrânea, sistemas de drenagens pluviais, onde observa-se a conservação dos mesmos, e a necessidade de obras de conservação, buscando sempre prevenir possíveis movimentações indesejadas, agindo preventivamente e garantindo menores impactos ambientais.

De modo geral, todo este trabalho exigiu atividades em campo, onde foram colhidas todas as informações pertinentes, observações, medições, caracterizações, etc., assim como trabalhos em gabinete, através do tratamento dos dados coletados em campo e elaboração de relatórios (de monitoramento, de caracterização, Estudos Ambientais, entre outros).

Para a realização das medições foi escolhida uma empresa de Consultoria Ambiental com corpo técnico de aproximadamente 50 funcionários, estabelecida no estado de São Paulo, porém com atuação em todo o território nacional. Foram realizadas 3 medições das doses de ruído a que os trabalhadores ficaram expostos durante os trabalhos de campo, já que os níveis encontrados no escritório dificilmente atingem os limites pré-definidos pela legislação brasileira.

Cada uma das doses analisou uma destas atividades da consultoria supracitadas:

- Monitoramento ambiental de obras na região de Piracicaba/SP;
- Monitoramento ambiental de rodovia em operação na região de Campinas; e,
- Atividades de campo para licenciamento ambiental de uma obra de duplicação na região de Campinas/SP.

Escolheu-se realizar as medições de dose de ruído em licenciamento de obra de duplicação, pois geralmente as interferências das obras de novas rodovias ocorrem em áreas rurais, com níveis de ruído baixos, que muito provavelmente sequer atingiriam os limites presentes nas legislações brasileiras.

Para a realização das medições de DOSE de ruído a que os trabalhadores estão expostos, foi utilizado o aparelho modelo **DOS-500** marca **INSTRUTHERM**, devidamente calibrado através do calibrador **CAL-4000** da mesma marca, em 94 dB numa frequência de 1kHz. A Figura 09 ilustra os aparelhos citados.



Figura 9 - Dosímetro DOS-500 e Calibrador CAL-4000 utilizados nas medições de Dose de exposição.

Fonte: www.instrutherm.com.br

A medição da dose de ruído foi realizada em aproximadamente 7 horas de exposição, onde foi possível garantir a representatividade da exposição. O aparelho foi configurado de acordo com as regulamentações da NR-15:

- **Nível critério (L_{crit}): 85 dBA** – Nível para o qual é permitida uma exposição de 8 horas;
- **Fator de troca (q): 5 dBA** – representa que a cada acréscimo ou decréscimo de 5 dBA, o tempo de exposição deve ser diminuído ou aumentado, respectivamente;
- **Nível Limiar de Integração (L_L): 80 dBA** – definido como o nível de ruído a partir do qual a dose começa a ser computada.
- **Circuito de resposta:** lenta (slow) – ideal para aferimento de níveis de ruído contínuos ou intermitentes, ou seja, não de impactos.

Através da análise dos dados coletados em campo, e utilizando-se dos parâmetros supra referidos, de acordo com a Norma Regulamentadora nº 15, foram calculados os valores:

- **Nível Médio Ponderado no Tempo (L_{avg}):** definido como o nível sonoro estacionário que produz a mesma dose de ruído que os eventos sonoros reais:

$$\text{Equação 2: } L_{avg} = L_{crit} + \frac{10 \cdot q}{3} \cdot \log \left[\frac{8h}{T_e} \cdot \frac{D\%}{100\%} \right]$$

- **Nível Médio Ponderado no Tempo Normalizado (TWA):** trata-se do L_{avg} normalizado para a jornada de trabalho nominal de 8 horas:

$$\text{Equação 3: } TWA = L_{avg} + \frac{10 \cdot q}{3} \cdot \log \left(\frac{T_e}{8 \text{ horas}} \right)$$

- **Dose Projetada (D_{proj}):** calculada a partir da Dose referente ao tempo de exposição, quando diferente do tempo de jornada de trabalho, através do princípio de proporcionalidade:

$$\text{Equação 4: } D_{proj}(\%) = \frac{T_{proj}}{T_e} \cdot D(\%)$$

Deve ser ressaltado que apenas o valor de Dose projetada (D_{proj}) será utilizada para comparação com a legislação, e assim identificar situações de insalubridade da atividade laboral.

Além destes, o software **DOS-500** de interface com o Dosímetro utilizado também fornece alguns parâmetros, como: tempo de exposição, Dose para o tempo de exposição, TWA (8%horas), registros de pico, etc.

Foram realizadas 3 medições dos níveis de ruído, nas seguintes datas, e com as respectivas atividades:

Tabela 5 – Descrição das atividades de medição da exposição ao ruído.

Evento	Data	Atividade executada pelo funcionário
Medição 01	25/01/2013	Monitoramento ambiental de obras na região de Piracicaba/SP
Medição 02	26/01/2013	Monitoramento ambiental de rodovia em operação na região de Campinas/SP
Medição 03	27/01/2013	Atividades de campo para licenciamento ambiental de uma obra de duplicação na região de Campinas/SP

Cada uma destas três medições de ruído podem ser separadas em 2 partes: trajeto e atividade propriamente dita:

Trajeto: diz respeito ao caminho necessário do escritório até à área externa de trabalho (obra/rodovia/etc.). Nesta etapa, as medições foram realizadas dentro do veículo, com os vidros fechados, o auto rádio desligado, e o ar-condicionado ligado.

Atividade: atividade propriamente dita, onde a medição foi realizada nas áreas de atuação dos profissionais (áreas laterais à rodovias, principalmente), sem peculiaridades relevantes, a não ser a própria exposição ao ruído.

Utilização de EPIs

A empresa em estudo disponibiliza aos funcionários um protetor auricular da marca MAXXI ROYAL, C.A. nº 11.512, composto em silicone farmacêutico, com NRR-sf: 16dB, ou seja, possui capacidade de atenuação de 16 dB. Após as medições foi analisado se o mesmo apresenta capacidade de atenuação suficiente às exposições que os funcionários são submetidos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização das 03 medições, foi possível obter valores que retratassem com fidelidade a exposição dos trabalhadores ao ruído.

O aparelho utilizado (*Dosímetro Instrutherm DOS-500*) automaticamente fornece através do seu software de interface alguns valores, como dose no tempo de exposição, TWA, valores de pico. Porém, foi necessário calcular o valor da Dose Projetada (Dproj). Aproveitou-se, como caráter informativo, realizar o cálculo do Lavg e TWA.

4.1 MEDIÇÃO Nº 01 – 25/01/2013 - MONITORAMENTO AMBIENTAL DE OBRAS NA REGIÃO DE PIRACICABA/SP

A Tabela 6 apresenta os valores fornecidos pelo software. Em seguida, as Figuras 10 e 11 apresentam, respectivamente, os Níveis de Pressão Sonora identificados ao longo da medição, e o Histograma do ruído.

Tabela 6 – Valores informados pelo aparelho Dos-500 a respeito da 1ª medição.

Parâmetros	Valores
Nível de critério	85dB
Nível limiar	80dB
Taxa de troca	5dB
Ponderação de tempo	LENTO
dBRMS 115	Não
Excedeu 140 dB	Não
Data de início(mm-dd)	01-25
Hora de início(hh:mm)	08:04
Hora de finalização(hh:mm)	14:51
Tempo de exposição(hh:mm)	06:47
Valor de dose (%)	10.3
TWA (%Dose 8 horas)	68.6
Hora de sinalização de pico (hh:mm)	-
Duração de pico (mm:ss)	-

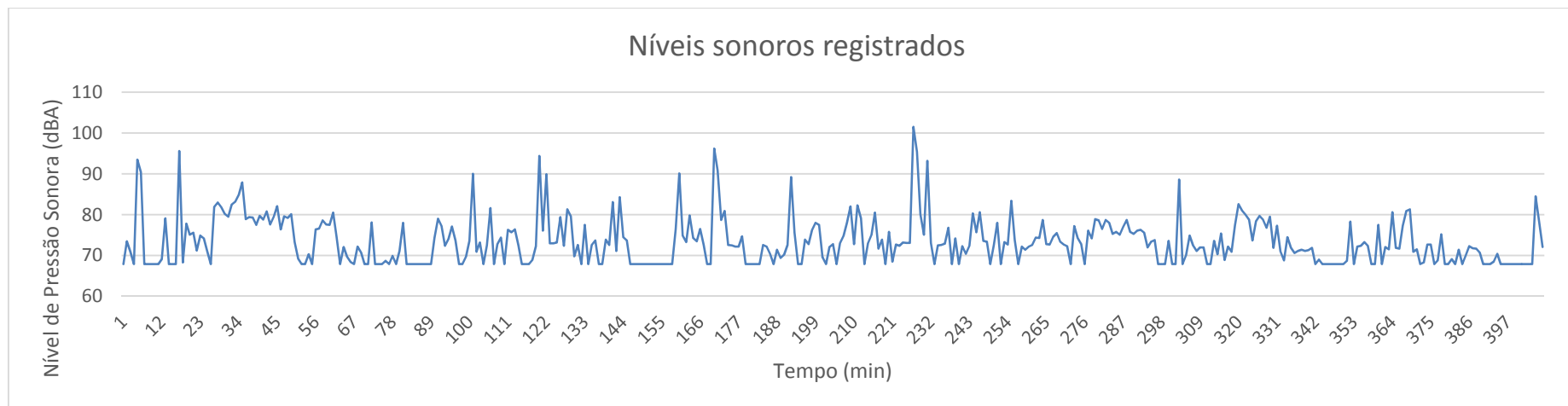


Figura 10 – Registros de nível de pressão sonora registrados ao longo da 1ª medição.

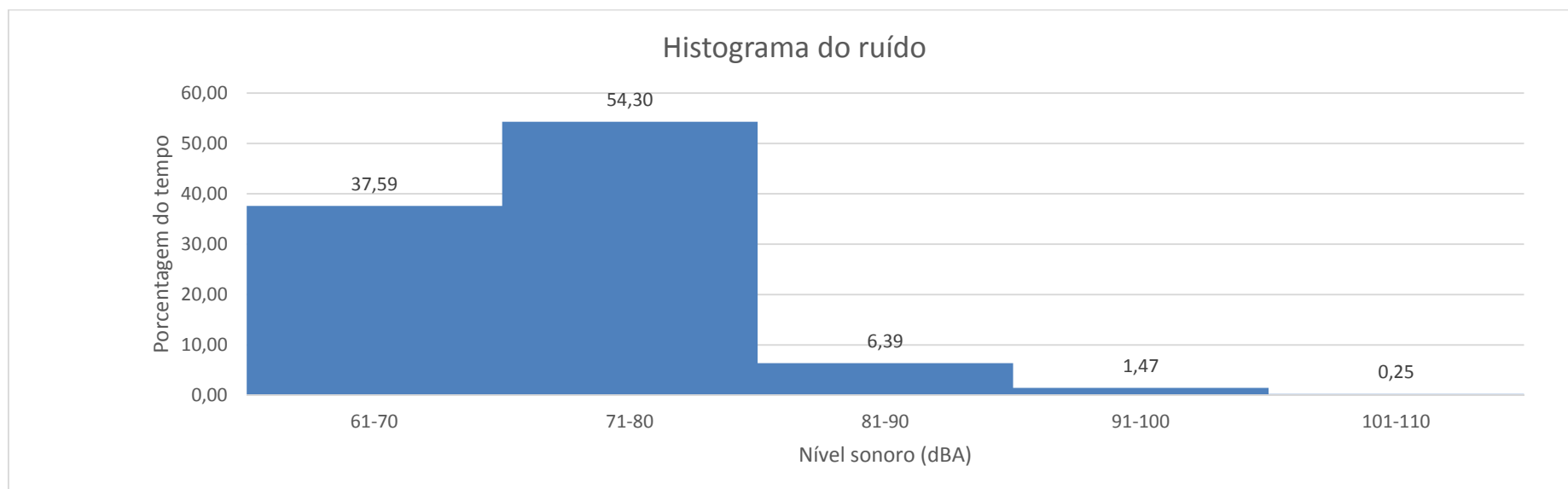


Figura 11 – Histograma dos níveis de ruído divididos em classes da 1ª medição.

Dentre os valores que não foram calculados (L_{avg} e Dose para 8 horas), segue o cálculo de cada um deles. Além destes, foi também calculado o TWA para efeito comparativo com os apresentados pelo software.

- **Dose Projetada (D_{proj}):**

$$D_{proj}(\%) = \frac{T_{proj}}{T_e} \cdot D(\%)$$

$$D_{proj}(\%) = \frac{8}{6,78} \cdot 10,3$$

$$D_{proj}(\%) = 12,15\%$$

- **Nível Médio Ponderado no Tempo (L_{avg}):**

$$L_{avg} = L_{crit} + \frac{10 \cdot q}{3} \cdot \log \left[\frac{8 h}{T_e} \cdot \frac{D\%}{100\%} \right]$$

$$L_{avg} = 85 + \frac{10 \cdot 5}{3} \cdot \log \left[\frac{8}{6,78} \cdot \frac{10,3}{100} \right]$$

$$L_{avg} = 69,75 \text{ dBA}$$

- **Nível Médio Ponderado no Tempo Normalizado (TWA):**

$$TWA = L_{avg} + \frac{10 \cdot q}{3} \cdot \log \left(\frac{T_e}{8 \text{ horas}} \right)$$

$$TWA = 69,75 + \frac{10 \cdot 5}{3} \cdot \log \left(\frac{6,78}{8} \right)$$

$$TWA = 68,6 \text{ dBA}$$

Após realizada a medição da exposição ao ruído na atividade de Monitoramento Ambiental de Obras, foi constatado que o funcionário não está exposto a quantidade excessiva de ruído. A dose de ruído para 8 horas de trabalho foi de 12,15% apenas, com $L_{avg} = 69,75$ dBA, e $TWA = 68,6$ dBA.

Poucos foram os instantes em que os níveis de ruído registrados ultrapassavam 85 dBA, conforme pôde ser observado na Figura 10. A Figura 11 mostrou que em 91,89% do tempo de exposição, o nível de ruído não ultrapassou 80 dBA. Vale ressaltar que em 0,25% do tempo o funcionário ficou exposto a níveis de ruído acima de 100 dBA.

Tais valores podem ser justificados devido à obra ser uma obra nova (implantação de uma nova rodovia), localizada em zona rural, onde o único ruído mais elevado é o das máquinas, que, entretanto, não faz parte da zona auditiva do funcionário, já que, por via de segurança, o mesmo nunca se aproxima de máquinas em funcionamento.

4.2 MEDIÇÃO Nº 02 – 26/01/2013 - MONITORAMENTO AMBIENTAL DE RODOVIA EM OPERAÇÃO NA REGIÃO DE CAMPINAS/SP

A Tabela 7 apresenta os valores fornecidos pelo software. Em seguida, as Figuras 12 e 13 apresentam, respectivamente, os Níveis de Pressão Sonora identificados ao longo da medição, e o Histograma do ruído.

Tabela 7 – Valores informados pelo aparelho Dos-500 a respeito da 2ª medição.

Parâmetros	Valores
Nível de critério	85dB
Nível limiar	80dB
Taxa de troca	5dB
Ponderação de tempo	LENTO
dBRMS 115	Não
Excedeu 140 dB	Não
Data de início(mm-dd)	01-26
Hora de início(hh:mm)	08:35
Hora de finalização(hh:mm)	17:31
Tempo de exposição(hh:mm)	07:07
Valor de dose (%)	31.86
TWA (%Dose 8 horas)	76.7
Hora de sinalização de pico (hh:mm)	-
Duração de pico (mm:ss)	-

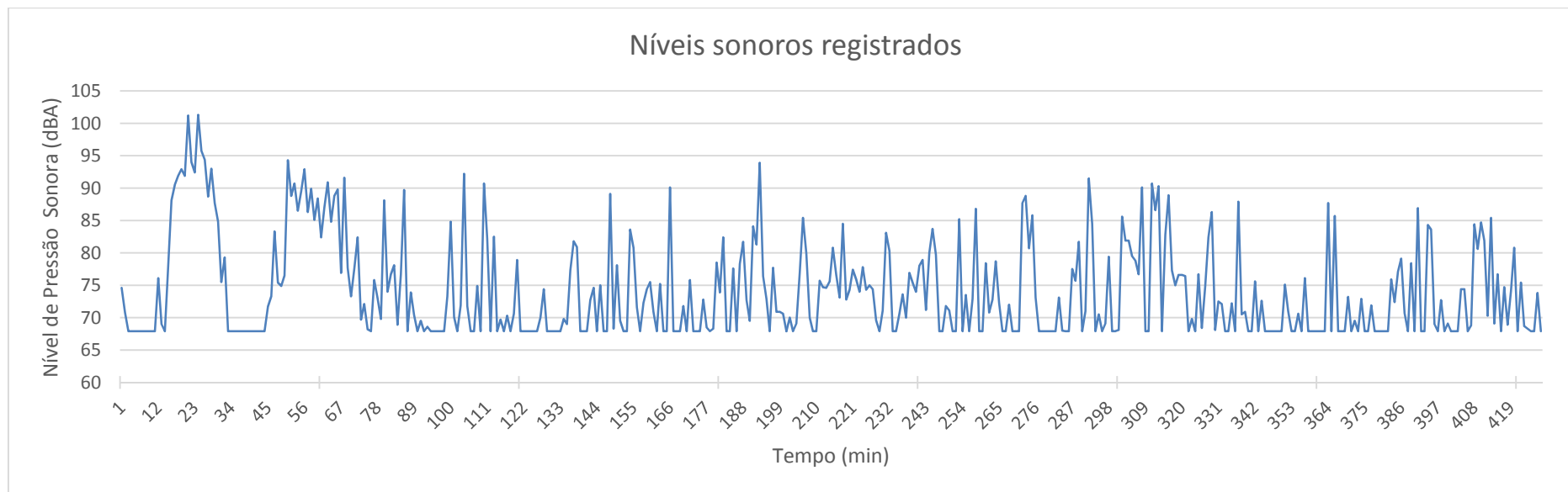


Figura 12 – Registros de nível de pressão sonora registrados ao longo da 2ª medição.

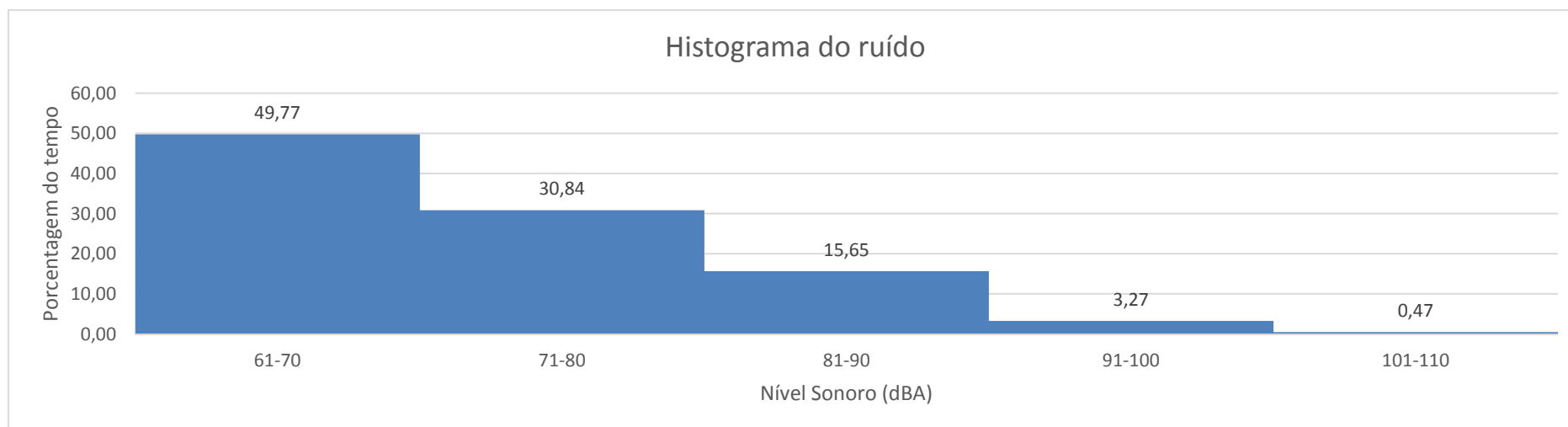


Figura 13 – Histograma dos níveis de ruído divididos em classes da 2ª medição.

Abaixo segue o cálculo do Lavg, Dose para 8 horas, assim como o valor do TWA para efeito comparativo com os apresentados pelo software.

- **Dose Projetada (D_{proj}):**

$$D_{proj}(\%) = \frac{T_{proj}}{T_e} \cdot D(\%)$$

$$D_{proj}(\%) = \frac{8}{7,12} \cdot 31,86$$

$$D_{proj}(\%) = 35,80\%$$

- **Nível Médio Ponderado no Tempo (L_{avg}):**

$$L_{avg} = L_{crit} + \frac{10 \cdot q}{3} \cdot \log \left[\frac{8 h}{T_e} \cdot \frac{D\%}{100\%} \right]$$

$$L_{avg} = 85 + \frac{10 \cdot 5}{3} \cdot \log \left[\frac{8}{7,12} \cdot \frac{31,86}{100} \right]$$

$$L_{avg} = 77,56 \text{ dBA}$$

- **Nível Médio Ponderado no Tempo Normalizado (TWA):**

$$TWA = L_{avg} + \frac{10 \cdot q}{3} \cdot \log \left(\frac{T_e}{8 \text{ horas}} \right)$$

$$TWA = 77,56 + \frac{10 \cdot 5}{3} \cdot \log \left(\frac{6,78}{8} \right)$$

$$TWA = 76,71 \text{ dBA}$$

Após realizada a medição da exposição ao ruído na atividade de Monitoramento Ambiental de rodovia em operação, foi constatado que o funcionário também não

está exposto a quantidade excessiva de ruído. A dose de ruído para 8 horas de trabalho foi de 35,80% apenas, com $L_{avg} = 77,56$ dBA, e TWA = 76,71 dBA.

Nesta medição, o nível observado foi maior do que na primeira, muito provavelmente influenciado pelo fato de ser uma rodovia em operação de fluxo médio, com volume considerável de veículos pesados, os quais são mais ruidosos.

Podemos perceber também que a ocorrência de níveis de ruído acima de 85 dBA foram mais frequentes, e também que em 80,61% do tempo os níveis de exposição foram abaixo de 80 dBA, aproximadamente 11% abaixo da primeira medição. Ou seja, em quase 20% do tempo de exposição o funcionário ficou exposto a ruídos acima de 80 dBA. Tais informações puderam ser conferidas nas Figuras 12 e 13.

Vale destacar que em 0,47% do tempo, o funcionário ficou exposto a valores acima de 100 dBA, porém, o trabalhador objeto da medição informou que precisou abrir o vidro do veículo em alguns momentos para remoção de um inseto do interior do veículo.

4.3 MEDIÇÃO Nº 03 – 27/01/2013 - ATIVIDADES DE CAMPO PARA LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE OBRA DE DUPLICAÇÃO NA REGIÃO DE CAMPINAS/SP

A Tabela 8 apresenta os valores fornecidos pelo software após as medições. Em seguida, as Figuras 14 e 15 apresentam, respectivamente, os Níveis de Pressão Sonora identificados ao longo da medição, e o Histograma do ruído.

Tabela 8 – Valores informados pelo aparelho Dos-500 a respeito da 3ª medição.

Parâmetros	Valores
Nível de critério	85dB
Nível limiar	80dB
Taxa de troca	5dB
Ponderação de tempo	LENTO
dBRMS 115	Não
Excedeu 140 dB	Não
Data de início(mm-dd)	27/01
Hora de início(hh:mm)	08:41
Hora de finalização(hh:mm)	15:32
Tempo de exposição(hh:mm)	06:51
Valor de dose (%)	9,3
TWA (%Dose 8 horas)	67,8
Hora de sinalização de pico (hh:mm)	-
Duração de pico (mm:ss)	-

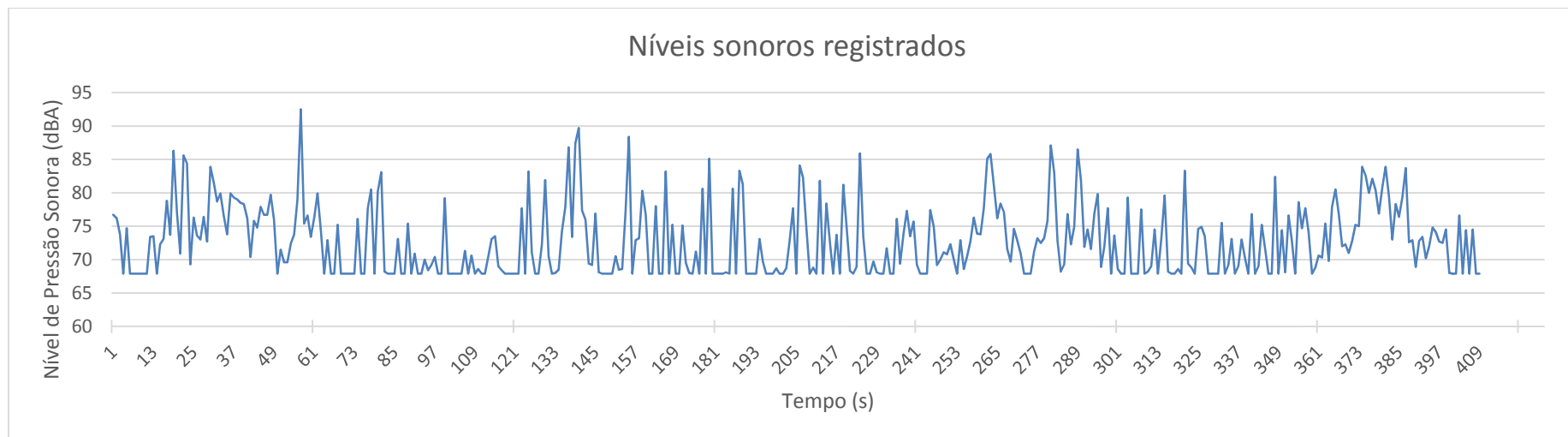


Figura 14 – Registros de nível de pressão sonora registrados ao longo da 3ª medição.

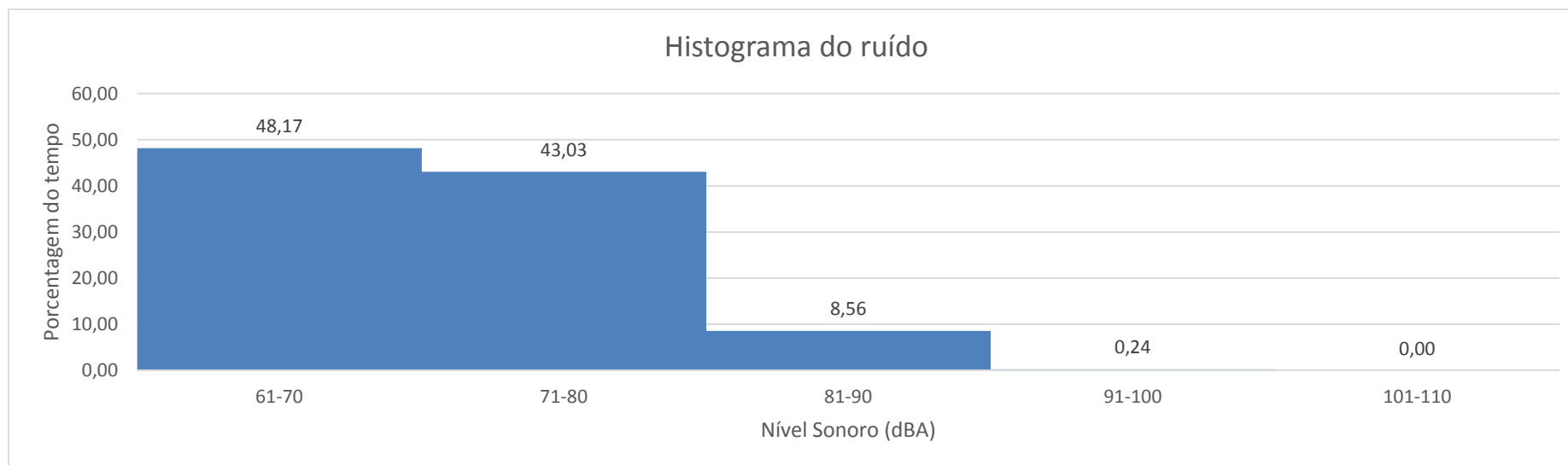


Figura 15 – Histograma dos níveis de ruído divididos em classes da 3ª medição.

Segue o cálculo do L_{avg} , Dose para 8 horas, assim como o valor do TWA para efeito comparativo com os apresentados pelo software.

- **Dose Projetada (D_{proj}):**

$$D_{proj}(\%) = \frac{T_{proj}}{T_e} \cdot D(\%)$$

$$D_{proj}(\%) = \frac{8}{6,85} \cdot 9,30$$

$$D_{proj}(\%) = 10,86\%$$

- **Nível Médio Ponderado no Tempo (L_{avg}):**

$$L_{avg} = L_{crit} + \frac{10 \cdot q}{3} \cdot \log \left[\frac{8h}{T_e} \cdot \frac{D\%}{100\%} \right]$$

$$L_{avg} = 85 + \frac{10 \cdot 5}{3} \cdot \log \left[\frac{8}{6,85} \cdot \frac{9,3}{100} \right]$$

$$L_{avg} = 68,93 \text{ dBA}$$

- **Nível Médio Ponderado no Tempo Normalizado (TWA):**

$$TWA = L_{avg} + \frac{10 \cdot q}{3} \cdot \log \left(\frac{T_e}{8 \text{ horas}} \right)$$

$$TWA = 68,93 + \frac{10 \cdot 5}{3} \cdot \log \left(\frac{6,85}{8} \right)$$

$$TWA = 67,80 \text{ dBA}$$

Esta medição foi realizada durante os trabalhos de campo para licenciamento de uma duplicação de rodovia em operação. Das três medições, esta foi a que apresentou os menores níveis de ruído. A Dose projetada para 8 horas ficou em 10,86%, o L_{avg} em 68,93 dBA, e o TWA em 67,80 dBA. Os trabalhos de campo referentes a estas medições se assemelham aos trabalhos da *Medição nº 02 - Monitoramento ambiental de rodovia em operação*, já que os trabalhos se dão às margens de rodovias em operação. A distinção se faz no que diz respeito à movimentação do trabalhador, que nesta medição é realizada na maior parte do tempo à pé, coletando informações pertinentes, enquanto que nos monitoramentos de malha, ocorre muito deslocamento de carro.

Quanto aos maiores níveis de ruído atingidos, este também foi pouco expressivo, já que apenas em um momento o nível de ruído ultrapassou os 90 dBA, o que representou apenas 0,24% do tempo de medição. Em 91,20% do tempo de exposição, o trabalhador ficou exposto a ruídos inferiores a 80 dBA.

4.4 ANÁLISE GERAL DE EXPOSIÇÃO DOS FUNCIONÁRIOS

Para os três casos estudados foi observado que os valores de Dose de Ruído foi satisfatório, não atingindo valores limites permitidos pela legislação brasileira (NR-15). Considerando como Nível de Ação o valor de 50% da Dose, ainda assim não seriam necessárias ações de controle do ruído e proteção do trabalhador, já que o maior valor de Dose foi de 35,80% obtido na 2ª medição. Entretanto, aconselha-se a utilização de atenuadores (protetores auriculares), conforme fornecido pela empresa, os quais possuem NRR-sf equivalente a 16 dB, visando prevenir possíveis valores elevados, já que foi notado que em alguns momentos o funcionário ficou exposto a níveis superiores a 100 dBA.

Soma-se a este fato o conhecimento que o nível de ruído em ambientes externos é muito heterogêneo, principalmente às margens de rodovias, impossibilitando definir com exatidão os níveis de ruído a que os trabalhadores estarão expostos, sendo válido então agir preventivamente.

Para efeito comparativo entre as 3 medições, foi montado a Figura 16, onde são apresentados os dados de Dose, TWA e Lavg de cada medição.

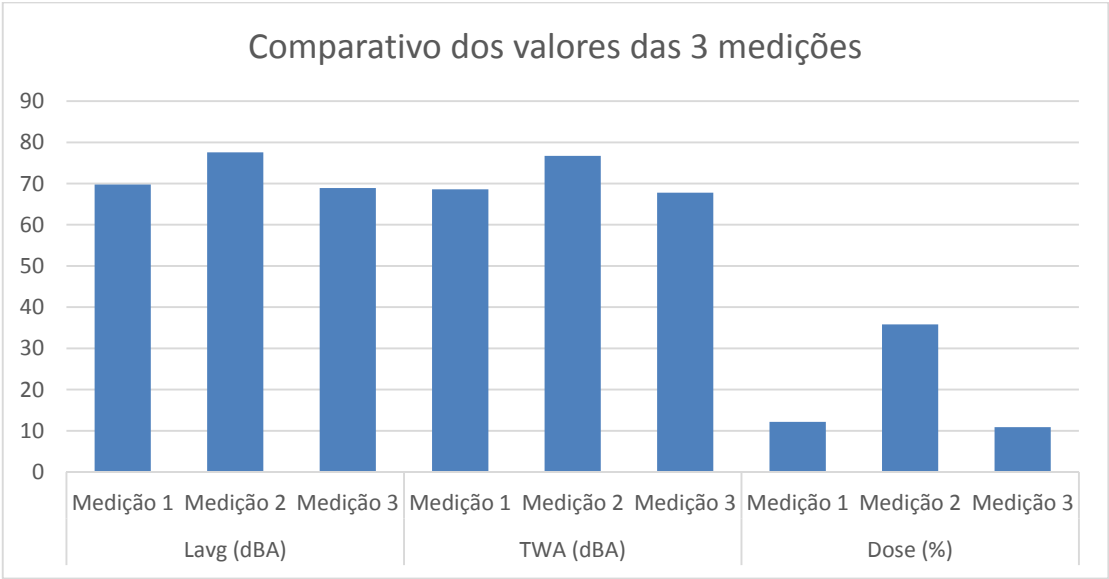


Figura 16 – Comparativos de Lavg, TWA, Dose das três medições.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho tinha como objetivo a análise da exposição ao ruído dos profissionais de Consultoria Ambiental do ramo rodoviário, o que foi concluído após a realização das 3 campanhas de medição dos níveis de ruído de três trabalhadores, em três atividades distintas: licenciamento ambiental, monitoramento de obras e monitoramento de rodovias em operação.

Os resultados obtidos foram satisfatórios, estando todos abaixo dos limites presentes na legislação brasileira: 50% da Dose (NR-09 e NR-15). Entretanto, permaneceu a questão da necessidade ou não da utilização dos EPIs fornecidos pela empresa. Assim, como medida preventiva, orienta-se que os trabalhadores continuem portando o atenuador – protetor auricular, e sempre que notarem um acréscimo de nível sonoro, utilizem os mesmos, garantindo que, caso o ruído venha a ser superior ao limite legal, ele já esteja protegido.

A empresa em estudo possui em seu Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional, a necessidade da realização periódica de audiometria. Nestes, fomos informados que, até então, não foram registradas diminuições do nível de audição dos trabalhadores, o que atesta os aferimentos presentes neste documento.

REFERÊNCIAS

ACGIH, TLVs. Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents and Biological Exposure Indices. In: **American Conference of Governmental Industrial Hygienists**. 2009.

BISTAFA, S. R. **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. 2ª edição – São Paulo: Blucher, 2011.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, RESOLUÇÃO Nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Brasília-DF.

_____. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF. Senado, 1988. Brasília-DF.

_____. Decreto Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940. **Institui o Código Penal**. Brasília-DF.

_____. Decreto nº 7.602, de 7 de novembro de 2011. **Dispõe sobre a Política Nacional de Segurança e Saúde no Trabalho - PNSST**. Brasília-DF.

_____. Instituto Nacional do Seguro Social – INSS. Ordem de Serviço INSS/DAF/DSS nº 608 de 05 de Agosto de 1998. **Aprova Norma Técnica sobre Perda Auditiva Neurossensorial por Exposição Continuada a Níveis Elevados de Pressão Sonora de Origem Ocupacional**. Brasília-DF.

_____. Lei 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**. Disponível em: www.planalto.gov.br Acesso em 15 fev. 2013, v. 14, 2010. Brasília-DF.

_____. Lei n. 8.213, de 24 de julho de 1991. **Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências**. Brasília-DF.

_____. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências**. Brasília-DF.

_____. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. **Institui o Código Civil**. Brasília-DF.

_____. Ministério da Previdência Social. **Anuário Estatístico da Previdência Social – AEPS 2011**. 2011. Ministério da Previdência Social/Empresa de Tecnologia e Informações da Previdência Social – Brasília/DF: MPS/DATAPREV. Brasília-DF.

_____. Ministério da Saúde do Brasil - Organização Pan-Americana da Saúde/Brasil. 2001 **Doenças Relacionadas ao Trabalho - Manual de Procedimentos para os Serviços de Saúde** - Série A. Normas e Manuais Técnicos; n. 114 Brasília/DF.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Licenciamento Ambiental. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/governanca-ambiental/portal-nacional-de-licenciamento-ambiental/licenciamento-ambiental>>. Acesso em 16 fev. 2013.

_____. Ministério do Trabalho. Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO. Norma de Higiene Ocupacional – NHO nº 01 – Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído. 2001.

_____. Ministério do Trabalho. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978- NR 06, NR 07, NR 09, NR 15. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília.

_____. Ministério dos Transportes. **Programa de Investimentos em Logística destina R\$ 133 bilhões para rodovias e ferrovias**. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/noticia/conteudo/id/65391>>. Acesso em: 16 fev. 2013.

CUTNELL, J. D., e JOHNSON, K. W. **Física Volume I**. 6ª edição. Rio de Janeiro. LTC, 2006.

EPUSP, Universidade de São Paulo. **Apostila de Higiene do Trabalho – Parte A – eST-103**. São Paulo/SP. 2011.

_____, Universidade de São Paulo. **Apostila de Higiene do Trabalho – Parte B – eST-202**. São Paulo/SP. 2011.

FERNANDES, João Cândido; **Apostila Acústica e Ruídos**, Universidade Estadual de São Paulo. São Paulo/SP – Faculdade de Engenharia Mecânica, Laboratório de Acústica e Vibrações, 2002.

FILHO, A F B. **Curso de Musicoterapia da Universidade da Associação de Ensino de Ribeirão Preto**. Ribeirão Preto/SP. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/23454361/Curso-Basico-dePSICOACUSTICA>>. Acesso em: 18 fev. 2013.

GARBE, A. C. **Estudo biomecânico para reabilitação do ouvido médio humano**. 2010. Tese - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto – Portugal. 2010.

GEORGES, S. N. Y., **Ruído: fundamentos e controle**. Revisores: Elizabeth R. C. Marques, Roberto Müller Heidrih. – Florianópolis: S. N. Y. Georges, 1992 – XXXVI, 600p., il., grafs., tabs. – Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina – Primeira edição. Santa Catarina.

HENRIQUE, L. **Acústica Musical**. Lisboa - Portugal. 2002. Fundação Calouste Gulbenkian.

MIRANDA, C.R., col. **Perda Auditiva Induzida pelo Ruído em Trabalhadores Industriais da região Metropolitana de Salvador**, Bahia. Informe Epidemiológico do SUS; 7(1):v87– 94, jan/mar. 1998.

NEPOMUCENO, L. A. **Elementos de Acústica Física e Psicoacústica**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 104p.

ONU. **Relatório Brundtland - Nosso futuro comum**. Comissão Mundial entre Meio Ambiente e Desenvolvimento. 1987.

PIEIDADE, S. N. **Avaliação e Controle de Ruídos em Praças de Pedágios e Áreas Habitadas Próximas às Rodovias**. 2010. Monografia - Faculdade Anhanguera Educacional – unidade de Pirassununga/SP. 2010

OLIVEIRA, F. L. C. et al. **Nível de ruído em sala de parto**. Florianópolis, v. 20, n. 2, jun. 2011. Disponível em
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-07072011000200010&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 13 fev. 2013.

RUSSO, I.C.P. & SANTOS, T.M.M. dos. **A Prática da audiologia clínica**. 4ª edição. São Paulo/SP: Cortez. 1993. p. 15-42.

SANTOS, U. P. et al. **Riscos e Prevenção**. São Paulo - Editora Hucitec, 1996, 157p.

SOBOTTA, J. **Atlas de anatomia humana: cabeça, pescoço e extremidade superior; Atlas of human anatomy: head, neck and lower extremities**. 2006. Guanabara Koogan.