

**VANIR SAMPAIO MONTEIRO**

**ESTUDO DE CASO DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL  
E OCUPACIONAL SONORO NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO  
RAMO DE FUNDAÇÕES**

São Paulo  
2010

**VANIR SAMPAIO MONTEIRO**

**ESTUDO DE CASO DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL  
E OCUPACIONAL SONORO NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO  
RAMO DE FUNDAÇÕES**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a Obtenção do Título de Engenheiro de Segurança do Trabalho.

Área de Concentração:  
Engenharia de Segurança do Trabalho

São Paulo

2010

A minha esposa "Luzia Cristina" e aos meus filhos "Bruna Cristina e Gustavo Felipe" que muito me apoiaram e estimularam para fazer o curso de Engenharia de Segurança.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos mestres e professores de Pós-graduação do PECE, pela dedicação e desempenho durante o curso.

Ao coordenador do curso Professor Dr. Sérgio Médici de Eston, pelo incentivo dado aos alunos.

Ao Engenheiro Hélio Silva Júnior que possibilitou este trabalho dentro do grupo de suas empresas.

## RESUMO

A presente monografia é um estudo de caso onde se avaliou os tipos de ruídos provenientes da cravação de estacas metálicas com o uso de um martelo hidráulico. Em função das obras serem executadas em campo aberto, sem a possibilidade do controle do ruído através da melhoria do ambiente de trabalho, o foco é as avaliações para os Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) dos funcionários que atuam diretamente neste serviço e os incômodos causados a população vizinha. O método adotado para avaliação ocupacional é a dosimetria e o método para avaliação do ruído da periferia é o método do nível de ruído equivalente. Os valores obtidos com estas medições de campo foram analisados e comparados com os valores normativos vigentes na legislação atual, levando-se em conta o conforto e o bem estar dos funcionários e da comunidade. E mostrar as medidas mitigadoras no conjunto equipamento e canteiro de obra para reduzir o ruído.

**Palavras chave:** Fundações. Cravação de Perfil Metálico. Martelo Hidráulico. Ruído. EPI. Normas.

## **ABSTRACT**

This monograph is a case study which evaluated the types of noise originated by the driving pile using a hydraulic impact hammer. The job is carried out in the open field, which makes the possibility of controlling noise by improving the work environment in vain. The focus is the ratings for the Personal Protective Equipment (PPE) of employees who work directly in this service and the bothering for local residents. The method is to assess occupational dosimetry and the alternative for noise assessment of the periphery is the method of noise level equivalent. The values obtained with these field measurements were analyzed and compared with normative values prevailing in the current legislation considering the comfort and well being of employees and the community. Finally show the mitigation measures in all equipment and construction site to reduce noise.

**Keywords:** Foundations. Pile of steel profile. Hydraulic Impact Hammer. Noise. PPE. Standard.

## LISTA DE FIGURAS

|             |                                                       |    |
|-------------|-------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1  | – Curva de atenuações, ponderação ou compensação..... | 20 |
| Figura 1.2  | – Nível de som equivalente e contínuo.....            | 25 |
| Figura 1.3  | – Estrutura do ouvido.....                            | 34 |
| Figura 2.1  | – Colocação do perfil .....                           | 41 |
| Figura 2.2  | – Posicionando perfil no capacete .....               | 41 |
| Figura 2.3  | – Posicionando perfil .....                           | 41 |
| Figura 2.4  | – Posicionando perfil no capacete .....               | 41 |
| Figura 2.5  | – Operadores com dosímetros .....                     | 43 |
| Figura 2.6  | – Ajudante com dosímetro .....                        | 43 |
| Figura 2.7  | – Operador com dosímetro .....                        | 43 |
| Figura 2.8  | – Ponto B - no ato da medição .....                   | 44 |
| Figura 4.1  | – Vista da obra – parte de trás .....                 | 52 |
| Figura 4.2  | – Vista da parte interna da obra .....                | 53 |
| Figura 4.3  | – Anteparo – vista da fresta horizontal .....         | 53 |
| Figura 4.4  | – Montagem do silencioso .....                        | 55 |
| Figura 4.5  | – Motor acelerado com silencioso novo .....           | 55 |
| Figura 4.6  | – Martelo hidráulico com a saia recolhida .....       | 56 |
| Figura 4.7  | – Anel de borracha em volta do capacete .....         | 56 |
| Figura 4.8  | – Anel de borracha no capacete .....                  | 57 |
| Figura 4.9  | – Saia de lona - vista lateral .....                  | 58 |
| Figura 4.10 | – Saia de lona - vista frontal .....                  | 58 |
| Figura 4.11 | – Saia montada no martelo .....                       | 59 |
| Figura 4.12 | – Martelo na obra com a saia .....                    | 59 |
| Figura 4.13 | – Tapume/barreira/anteparo .....                      | 60 |
| Figura 4.14 | – Anteparo - com bandeja .....                        | 61 |

## LISTA DE TABELAS

|            |                                                                                                                   |    |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1.1 | – NR-15 Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente                                                 | 21 |
| Tabela 1.2 | – Critério de julgamento e tomada de decisão conforme NHO-01 .                                                    | 23 |
| Tabela 1.3 | – Demonstrativo de correlação entre dose equivalente e limite de tolerância de acordo com a NR-15 – Anexo 1 ..... | 23 |
| Tabela 1.4 | – Ruído contínuo ou intermitente .....                                                                            | 27 |
| Tabela 1.5 | – Ruído de impacto .....                                                                                          | 28 |
| Tabela 1.6 | – Cálculo do nível do ruído com uso do protetor .....                                                             | 33 |
| Tabela 1.7 | – Graus de perda auditiva .....                                                                                   | 37 |
| Tabela 3.1 | – Dosimetrias individuais .....                                                                                   | 46 |
| Tabela 3.2 | – Medições do nível equivalente contínuo .....                                                                    | 47 |
| Tabela 3.3 | – Medições antes do início dos serviços .....                                                                     | 48 |
| Tabela 4.1 | – Cálculo das avaliações dos protetores auricular .....                                                           | 51 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|                      |                                                                        |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------|
| (q)                  | – Incremento de duplicidade de dose                                    |
| $\mu\text{Pa}$       | – Unidade de medida de pressão - micro Pascal                          |
| A                    | – Amplitude da onda                                                    |
| ABNT                 | – Associação brasileira de normas técnicas                             |
| BAR                  | – Unidade de medida de pressão                                         |
| BR                   | – Brasil                                                               |
| C.A.                 | – Certificado de aprovação                                             |
| CD                   | – Contagem da dose (porcentagem)                                       |
| CIPA                 | – Comissão interna de prevenção de acidentes                           |
| CLT                  | – Consolidação das leis do trabalho                                    |
| Conama               | – Conselho nacional do meio ambiente                                   |
| d                    | – Distância                                                            |
| dB                   | – Decibel                                                              |
| dB(Lin)              | – Decibel linear                                                       |
| DEA                  | – Departamento de Equipamentos e Abastecimento                         |
| dina/cm <sup>2</sup> | – Unidade de medida de pressão                                         |
| D.O.M.               | – Diário oficial do município                                          |
| DOU                  | – Diário oficial da união                                              |
| dt                   | – Derivação em função do tempo                                         |
| EPI                  | – Equipamento de proteção individual                                   |
| Ex.                  | – Exemplo                                                              |
| f                    | – Frequencia                                                           |
| F                    | – Frequencia                                                           |
| Fig.                 | – Figura                                                               |
| Fundacentro          | – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho |
| HL                   | – Hearing level (nível de audição)                                     |
| Hz                   | – Hertz                                                                |
| HP                   | – Horse power                                                          |
| I                    | – Intensidade sonora de um som                                         |
| IL                   | – Intensity Level (nível de intensidade)                               |

|                  |                                                                         |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Inmetro          | – Instituto nacional de metrologia, normalização e qualidade industrial |
| INSS             | – Instituto nacional da seguridade social                               |
| IREF             | – Intensidade sonora de referência                                      |
| IT               | – Itália                                                                |
| Joule            | – Unidade de Energia                                                    |
| KHz              | – Kilo Hertz                                                            |
| KJ               | – Unidade de energia- Kilo Joule                                        |
| L                | – Nível de pressão sonora                                               |
| LA               | – Índice de escala de compensação de frequência                         |
| LAEQ             | – Ruído médio equivalente na curva A                                    |
| LAVG             | – Nível médio de ruído                                                  |
| LB               | – Índice de escala de compensação de frequência                         |
| LC               | – Índice de escala de compensação de frequência                         |
| LD               | – Índice de escala de compensação de frequência                         |
| Leq              | – Ruído médio equivalente                                               |
| Ln               | – Ruído de fundo                                                        |
| log              | – Função logarítmica                                                    |
| Lpa              | – Nível de pressão sonora ponderada                                     |
| Lra              | – Nível de ruído ambiente                                               |
| Ls               | – Ruído da fonte                                                        |
| LT               | – Limite de tolerância                                                  |
| LTVT             | – Limite de tolerância valor teto                                       |
| M                | – Unidade de medida – metro                                             |
| Mm               | – Unidade de medida – milímetro                                         |
| MT               | – Ministério do trabalho                                                |
| MTE              | – Ministério do trabalho e emprego                                      |
| n                | – Número de impactos                                                    |
| N/m <sup>2</sup> | – Unidade de medida de pressão Newton por metro ao quadrado             |
| NB               | – Normas brasileiras                                                    |
| NC               | – Noise criteria                                                        |
| NCA              | – Nível critério de avaliação                                           |

|                   |                                                         |
|-------------------|---------------------------------------------------------|
| NHO               | – Norma de higiene ocupacional                          |
| Niosh             | – National institute for occupational safety and health |
| NIS               | – Nível de Intensidade sonora                           |
| NLD               | – Nível limiar de detecção                              |
| NM                | – Nível médio                                           |
| Np                | – Nível de pressão sonora                               |
| NPS               | – Nível de pressão sonora                               |
| NR                | – Norma regulamentadora                                 |
| NT                | – Número de picos máximos                               |
| OS                | – Ordem de serviço                                      |
| Pa                | – Pressão sonora no instante (t)                        |
| Po                | – Pressão sonora                                        |
| PAIR              | – Perda auditiva induzida por ruído                     |
| PBPS              | – Plano de benefícios da previdência social             |
| PCMSO             | – Programa de controle médico e segurança ocupacional   |
| PPRA              | – Programa de prevenção de riscos ambientais            |
| Psu               | – Programa silêncio urbano                              |
| SL                | – Sensation level (nível de sensação)                   |
| SPL               | – Sound Pressure Level (nível de pressão Sonora)        |
| t                 | – Tempo                                                 |
| TM                | – Tempo de amostragem (horas decimais)                  |
| Ton               | – Tonelada                                              |
| W/cm <sup>2</sup> | – Unidade de medida de energia                          |

## LISTA DE SÍMBOLOS

- ∫ – Símbolo matemático de integral
- % – Símbolo matemático de porcentagem
- ∅ – Diâmetro
- λ – Comprimento da onda

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTAS DE FIGURAS

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTAS DE SIMBOLOS

|                                                           |               |
|-----------------------------------------------------------|---------------|
| <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                   | <b>15</b>     |
| OBJETIVO .....                                            | 15            |
| JUSTIFICATIVA .....                                       | 15            |
| <br><b>1 REVISÃO DE CONCEITO BÁSICO DE ACÚSTICA .....</b> | <br><b>17</b> |
| 1.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DO SOM .....                   | 17            |
| 1.1.1 Acústica e audição .....                            | 17            |
| 1.1.2 Som e ruído .....                                   | 17            |
| 1.1.3 Nível de pressão sonora – decibel .....             | 18            |
| 1.2 CURVAS DE ATENUAÇÃO.....                              | 19            |
| 1.3 RESPOSTAS DINÂMICAS .....                             | 20            |
| 1.4 AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO RUÍDO .....     | 20            |
| 1.4.1 Aspectos técnico-legais .....                       | 21            |
| 1.4.2 Dose de ruído .....                                 | 22            |
| 1.4.3 Critério de referência .....                        | 22            |
| 1.4.4 Dosimetria ao ruído .....                           | 24            |
| 1.4.5 Fator de troca .....                                | 24            |
| 1.4.6 Nível médio (Lavg) .....                            | 24            |
| 1.4.7 Ruído médio equivalente (Leq) .....                 | 25            |
| 1.4.8 Análise espectral .....                             | 26            |
| 1.4.9 Qualidades da onda sonora .....                     | 27            |
| 1.4.10 Grupo homogêneo .....                              | 27            |
| 1.5 COMPARATIVO ENTRE AS NORMAS NR-15 E NHO-01 .....      | 27            |
| 1.6 ATENUAÇÃO DE PROTETORES AURICULARES .....             | 29            |

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.6.1 Método do Rc / NRR .....                                                        | 29        |
| 1.6.2 NTRsf .....                                                                     | 30        |
| 1.6.3 Como usar o NRRsf .....                                                         | 31        |
| 1.6.4 Cálculo de atenuação pelo método longo .....                                    | 32        |
| 1.7 RUÍDO – OS EFEITOS CAUSADOS À SAÚDE DOS EXPOSTOS .....                            | 33        |
| 1.7.1 Estrutura do ouvido .....                                                       | 33        |
| 1.7.2 Os efeitos nocivos do ruído no aparelho auditivo .....                          | 35        |
| 1.7.2.1 Mudança temporária do limiar de audição .....                                 | 35        |
| 1.7.2.2 Trauma acústico .....                                                         | 35        |
| 1.7.2.3 Surdez permanente .....                                                       | 35        |
| 1.7.3 Os efeitos nocivos do ruído na atividade cerebral .....                         | 36        |
| 1.7.4 Os efeitos nocivos do ruído nos órgãos internos .....                           | 37        |
| 1.7.5 Os efeitos nocivos do ruído nas atividades física e mental .....                | 37        |
| <b>2 MATERIAIS E METÓDOS .....</b>                                                    | <b>39</b> |
| 2.1 EMPRESA AVALIADA.....                                                             | 39        |
| 2.2 OBRA EM ESTUDO.....                                                               | 39        |
| 2.3 POPULAÇÃO ALVO.....                                                               | 40        |
| 2.4 EQUIPAMENTOS DE CRAVAÇÃO DE ESTACAS METÁLICAS .....                               | 40        |
| 2.5 INSTRUMENTOS DE MEDIDA.....                                                       | 42        |
| <b>3 RESULTADOS.....</b>                                                              | <b>46</b> |
| 3.1 RESULTADOS DOS NIVEIS DE RUÍDO OCUPACIONAL.....                                   | 46        |
| 3.2 RESULTADOS DE RUÍDOS DE PERIFERIA.....                                            | 46        |
| 3.3 MEDIÇÕES ANTES DO INÍCIO DA OBRA.....                                             | 47        |
| <b>4 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS .....</b>                                              | <b>49</b> |
| 4.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO RUÍDO OCUPACIONAL .....                               | 49        |
| 4.1.1 Considerando um conjunto trabalhando .....                                      | 49        |
| 4.1.2 Considerando dois conjuntos trabalhando .....                                   | 49        |
| 4.1.3 Análise para determinação de proteção auditiva .....                            | 50        |
| 4.2 DISCUSSÕES DAS MEDIDAS DO RUÍDO DE PERIFERIA .....                                | 52        |
| 4.3 COMPARAÇÃO DO NÍVEL EQUIVALENTE CONTÍNUO ANTES E DURANTE A EXECUÇÃO DA OBRA ..... | 54        |

|                                                                   |        |
|-------------------------------------------------------------------|--------|
| 4.4 MEDIDAS E AÇÕES PARA REDUZIR O RUÍDO .....                    | 55     |
| 4.4.1 Medidas em execução .....                                   | 55     |
| 4.4.2 Medidas em estudo no equipamento para atenuar o ruído ..... | 61     |
| 4.5 ZONA DE FRESNEL .....                                         | 61     |
| <br>5 CONCLUSÃO .....                                             | <br>63 |
| <br>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                              | <br>64 |
| <br>BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS .....                               | <br>66 |
| <br>ANEXOS .....                                                  | <br>67 |

## INTRODUÇÃO

A presente monografia consiste na avaliação de um “estudo de caso” realizado em uma empresa de construção civil do ramo de fundações, nome X, empresa aplicadora (cravadora) de perfil metálico no mercado nacional, empresa localizada em São Paulo, a fim de entender os ruídos pertinentes deste tipo de serviço e quantificá-los e apresentar o que já vem sendo feito para reduzir os níveis dos ruídos gerados pela cravação dos perfis no uso do Conjunto Cravador, que é composto de um guindaste sobre esteiras e um martelo hidráulico de cravação.

As medições de ruído foram montadas em tabelas, e as avaliações têm como base as normas e instruções vigentes na legislação, tendo como principal meta, o conforto e bem estar dos funcionários da obra e a vizinhança.

O levantamento dos dados se deu no período de setembro de 2009 a novembro de 2009, com apoio de uma empresa de consultoria na área de Segurança do Trabalho.

## OBJETIVO

Esta monografia tem como objetivo conhecer os ruídos procedentes destes conjuntos de cravação equipados com martelo hidráulico e pela oportunidade de ter os dois conjuntos trabalhando na mesma obra.

Levantar dados referentes aos níveis de ruídos na obra, avaliarem a exposição ocupacional dos operadores de guindaste e dos ajudantes e do ruído na periferia da obra, com a finalidade de dimensionar os protetores auriculares para os colaboradores e verificar se os ruídos estão dentro da lei orgânica do município e demonstrar as ações mitigadoras que estão sendo feitas para reduzir este incômodo.

## JUSTIFICATIVA

Sendo este tipo de trabalho, cravação de estacas metálicas com martelo hidráulico, um serviço recente no país, é de suma importância que se estudem os seus efeitos sobre a saúde do trabalhador e o que ele trará de incômodo para os vizinhos destas obras.

Como o ruído ele causa transtornos de ordem física e psíquica é importante que se tenha um conhecimento mais aprofundado do mesmo e principalmente nesta obra em questão onde teremos dois conjuntos de cravação.

# 1 REVISÃO DE CONCEITOS BÁSICOS DE ACÚSTICA

## 1.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DO SOM

### 1.1.1 Acústica e audição

Na física estudamos a acústica como a ciência que estuda a produção, transmissão e detecção do som. Estuda-se o som pelo aspecto da acústica física – vibração mecânica e ondas mecânicas – e pela acústica psicoacústica – detecção e percepção do som.

A audição é essencialmente a percepção do som pelo ouvido humano.

### 1.1.2 Som e ruído

O som é o resultado das vibrações dos corpos elásticos, quando essas vibrações se verificam em determinados limites de frequências.

Vibrações sonoras recebem este nome quando são vibrações mais ou menos rápidas. Têm-se estruturas que tem vibração, mas não gera som.

O som é uma variação de pressão atmosférica capaz de sensibilizar nossos ouvidos, ou melhor, caracteriza-se por flutuações em meio compressível que causarão uma sensação de percepção auditiva quando a amplitude dessas flutuações e a frequência com que elas se repetem estiverem dentro de determinados valores perceptíveis ao ouvido humano e, em média, na faixa de 20 Hz a 20.000 Hz.

O ruído pode ser definido como o som constituído por um grande número de vibrações acústicas com relações de amplitude e fase distribuídas ao acaso, destituídos de caráter musical, estrondo, barulho, estrépito, fragor, sons desagradáveis e indesejáveis (GERGES, 1993).

O ruído é o fator de risco mais frequente, universalmente distribuído e identificado como um risco ocupacional e um dos principais agentes causadores de perda auditiva (COSTA, 1997).

Os ruídos, por sua vez, transmitem sensações tanto menos agradáveis, quanto maior é o número de notas que o compõem e mais alta sua frequência.

### 1.1.3 Nível de pressão sonora – decibel

O nível de pressão sonora é o valor instantâneo da variação da pressão atmosférica devido a qualquer vibração que ocasione esta variação. (ABEL, 2008) A unidade do nível de pressão sonora é o decibel e podem ser utilizadas as curvas de atenuação A, B, C e D. Muito utilizado na acústica, sendo medido em d/cm<sup>2</sup>, micro-bars ou micro Pascal.

Como os sons tem uma larga faixa de variação de pressão sonora (de 20 µPa até 200 Pa), ter um equipamento para fazer medição não teria praticidade. O artifício usado é uma escala logarítmica de relação de grandezas, o decibel (dB).

O decibel não é uma unidade em si, e sim uma relação adimensional definida pela seguinte equação:

$$L=20. \log_{10}.(P/P_0) \quad (1)$$

Sendo:

L=nível de pressão sonora (dB)

P<sub>0</sub>=pressão sonora de referência, por convenção 20 µPa

P=pressão sonora encontrada no ambiente (Pa)

O decibel é um logaritmo, uma razão, portanto, é uma medida relativa. O zero dB não significa ausência de som.

Pode ser expresso com diferentes níveis de referência:

- IL – Intensity Level (Nível de Intensidade);
- SPL – Sound Pressure Level (Nível de Pressão Sonora);
- HL – Hearing Level (Nível de Audição);
- SL – Sensation Level (Nível de Sensação);
- Lavg – (Nível Médio).

Onde:

- Nível de Intensidade – IL

Sua referência é a intensidade, sendo medida em W/m<sup>2</sup>.

- Nível de Audição – HL

Sua referência é o nível de audição.

O zero dB HL de cada frequência é a intensidade do som necessária para que um ouvido normal perceba o som. Ou seja, para cada frequência, é necessária uma

intensidade diferente. Esta intensidade não é linear, sendo necessário um dB SPL maior para as frequências mais baixas.

Esta é a medida utilizada nos audiômetros.

Onde:

- Nível de Sensação - SL

Sua referência é estritamente individual.

- Nível Equivalente -  $L_{vag}$

Sua referência é a relação com o tempo de exposição.

## 1.2 CURVAS DE ATENUAÇÃO

Nos medidores de nível sonoro são colocados filtros eletrônicos para aproximar a resposta do instrumento à resposta do ouvido humano, com isto, temos as “Curvas de Atenuação”, “Curvas de Ponderação” ou de “Compensação” (A, B, C e D). Apresentamos, a seguir, as utilizações dos filtros e as curvas de atenuações:

- **FILTRO A:** O filtro “A” corresponde a uma aproximação de percepção do ruído pelo corpo humano para ruídos moderados. É com a utilização do filtro “A” que temos uma curva que melhor correlaciona Nível Sonoro com Probabilidade de Dano Auditivo. Sua utilização é identificada pela unidade dB(A).
- **FILTRO B:** Este filtro “B” corresponde à resposta do corpo humano para ruídos medianos. Sua utilização é indicada pela unidade dB(B), sendo um filtro de pouca utilização na prática.
- **FILTRO C:** O filtro “C” corresponde à resposta do corpo humano para ruídos elevados. Sua utilização é indicada pela unidade dB(C).
- **FILTRO D:** Foi criado para situações específicas como sobrevoo de uma aeronave. Sua utilização é identificada pela unidade dB(D).

Quando não é utilizado nenhum filtro, a medição é linear e representamos por dB ou dB (Lin).

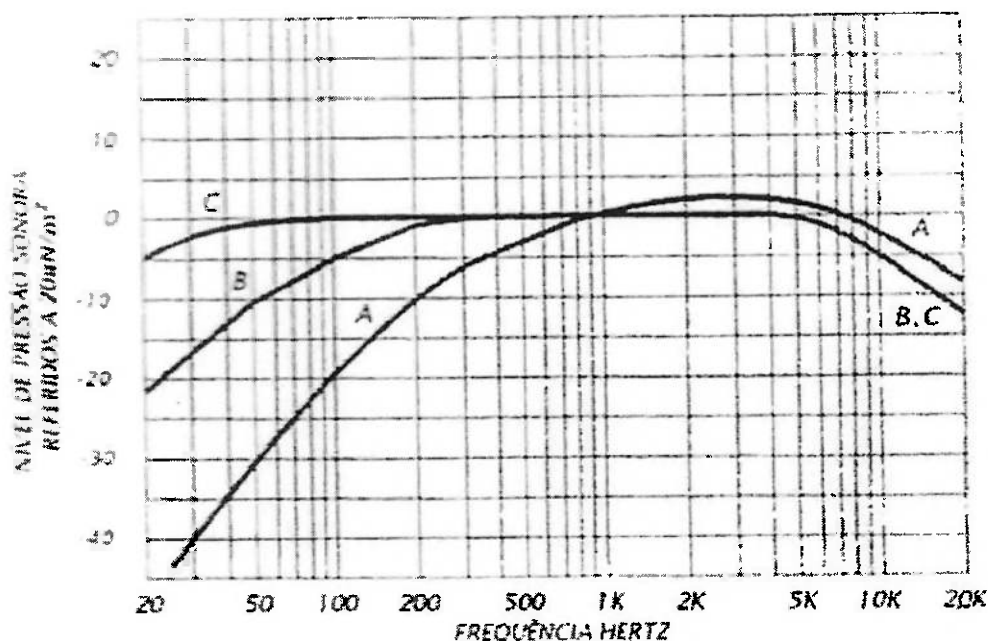


Figura 1.1 – Curva de atenuações, ponderação ou compensação  
Fonte: LARQUESA, 2008.

### 1.3 RESPOSTAS DINÂMICAS

Os medidores de ruído dispõem de padrões para as velocidades de respostas, de acordo com o tipo de ruído a ser medido e os objetivos da avaliação. A diferença entre tais respostas está no tempo de integração do sinal ou constante de tempo.

“SLOW” – resposta lenta – avaliação ocupacional de ruídos contínuos ou intermitentes, avaliação de fontes não estáveis;

“FAST” - resposta rápida - avaliação ocupacional legal de ruído de impacto (com ponderação dB(C), calibração;

“IMPULSE” – resposta de impulso – para avaliação ocupacional legal de ruído de impacto (com ponderação linear).

### 1.4 AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO RUÍDO

Neste item, trataremos da parte ocupacional do ruído e, mais à frente, abordaremos a parte ambiental, o ruído como fonte de poluição.

### 1.4.1 Aspectos técnico – legais

- A) De acordo com a Legislação Brasileira, por meio da Portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho – NR -15, Anexo 1, os limites de tolerância para exposição a ruído contínuo ou intermitente são representados por níveis máximos permitidos, segundo o tempo diário de exposição, ou, alternativamente, por tempos máximos de exposição diária em função dos níveis existentes de ruído. Estes níveis serão medidos em dB (A), resposta lenta. A Tabela 1.1 da NR-15 da citada portaria é reproduzida a seguir:

Tabela 1.1 – NR-15 Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

| 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                              |
| 102                   | 45 minutos                          |
| 104                   | 35 minutos                          |
| 105                   | 30 minutos                          |
| 106                   | 25 minutos                          |
| 108                   | 20 minutos                          |
| 110                   | 15 minutos                          |

continua

conclusão

| Nível de Ruído dB (A) | Máxima Exposição Diária Permissível |
|-----------------------|-------------------------------------|
| 112                   | 10 minutos                          |
| 114                   | 08 minutos                          |
| 115*                  | 07 minutos                          |

\*As atividades ou operações que exponham os trabalhadores a níveis de ruído, contínuo ou intermitente, superiores a 115 dB (A), sem proteção adequada, oferecerão risco grave e iminente.

- B) De acordo com a portaria do Ministério do Trabalho – NR-15 Anexo 2, temos os limites de tolerância para ruídos de impacto, que são aqueles que apresentam picos de energia acústica de duração inferior a 1 (um) segundo, a intervalos superiores a 1 (um) segundo. Os níveis de impacto deverão ser avaliados em decibéis (dB), com medidor de nível de pressão sonora operando em circuito linear e circuito de resposta para impacto. As leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador. O limite de tolerância para ruído de impacto será de 130 dB (LINEAR). Nos intervalos entre os picos, o ruído existente deverá ser avaliado como ruído contínuo. No caso de dispor de medidor do nível de pressão sonora com circuito de resposta para impacto, será válida a leitura feita no circuito de resposta rápida (FAST) e circuito de compensação “C”. Neste caso, o limite de tolerância será de 120 dB(C).

#### 1.4.2 Dose de ruído

É um parâmetro utilizado para caracterização da exposição ocupacional ao ruído, expresso em porcentagem de energia sonora, tendo por referência o valor máximo da energia sonora diária admitida, definida com base no nível de critério e no fator de troca (FUNDACENTRO, 2001).

O limite de tolerância da dose diária de ruído é de 100%.

#### 1.4.3 Critério de referência

Corresponde ao nível médio que, após 8 horas de exposição, gerará uma dose de 100%.

De forma que, valores maiores que 100% significam uma superexposição (tabelas 1.2 e 1.3) e o empregado está obrigado ao uso de protetores auriculares, pois sua ausência poderá levar a danos à saúde dos expostos.

Tabela 1.2 – Critério de julgamento e tomada de decisão conforme NHO-01

| Dose Diária (%) | NEN (A) | dB | Consideração Técnica         | Atenuação Recomendada                                                        |
|-----------------|---------|----|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 0 a 50          | Até 82  |    | Aceitável                    | No mínimo manutenção da condição existente                                   |
| 50 a 80         | 82 a 84 |    | Acima do nível de ação       | Adoção de medidas preventivas                                                |
| 80 a 100        | 84 a 85 |    | Região de incerteza          | Adoção de medidas preventivas e corretivas, visando à redução da dose diária |
| Acima de 100    | >85     |    | Acima do limite de exposição | Adoção imediata de medidas corretivas                                        |

Tabela 1.3 – Demonstrativo da correlação entre dose equivalente e limite de tolerância de acordo com a NR-15 – Anexo 1

| Valor da Dose | Nível – dB (A) | Dose (%) | Tempo (h) | Limite de Tolerância (A) |
|---------------|----------------|----------|-----------|--------------------------|
| 0,1           | 68             | 10       | 8         | -                        |
| 0,5           | 80             | 50       | 8         | -                        |
| 0,6           | 81             | 60       | 8         | -                        |
| 0,8           | 83             | 80       | 8         | -                        |
| 0,9           | 84             | 90       | 8         | -                        |
| 1,0           | 85             | 100      | 8         | 8                        |

Continua

## Conclusão

| Valor da Dose | Nível – dB (A) | Dose (%) | Tempo (h) | Limite de Tolerância (A) |
|---------------|----------------|----------|-----------|--------------------------|
| 1,1           | 86             | 110      | 8         | 7                        |
| 1,3           | 87             | 130      | 8         | 6                        |
| 1,6           | 88             | 160      | 8         | 5                        |
| 1,7           | 89             | 170      | 8         | 4,5                      |
| 2,0           | 90             | 200      | 8         | 4                        |

#### 1.4.4 Dosimetria do ruído

Na verdade, nunca existirão somente 3 ou 4 situações acústicas que, com somente 3 ou 4 frações, será possível encontrar a dose. O que se observa é uma exposição a níveis de ruído que oscilam muito rapidamente, com difícil obtenção de dados relativos a tempos de execução e níveis de ruído. Para se obter uma dose representativa, torna-se necessário o uso de um dosímetro. Em suma, o dosímetro é um instrumento que será instalado em determinado indivíduo e fará o trabalho de obtenção da dose, acompanhando todas as situações de exposição experimentadas pelo mesmo, informando em seu visor o valor acumulado da dose, ao final da jornada, bem como vários outros parâmetros tais como Nível Médio (Lavg), Nível Máximo, etc (FANTAZZINI, 2003).

A dosimetria nos dá um parâmetro real (média de exposição do período) dos níveis de ruído existente em cada posto de trabalho e a dose a que está submetido o trabalhador exposto àquele ruído.

#### 1.4.5 Fator de troca

É um incremento em decibel que, quando adicionado a um determinado nível de ruído, implica a duplicação da dose de exposição ou a redução para metade do tempo máximo permitido. Indicado pela letra q.

#### 1.4.6 Nível médio (Lavg)

É o nível ponderado sobre o período de medição, que pode ser considerado como nível de pressão sonora contínuo, em regime permanente, que produziria a

mesma dose de exposição que o ruído real, flutuante, no mesmo período de tempo. No caso dos limites de tolerância NR – 15, a fórmula simplificada de cálculo é:

$$L_{avg}=80+16,61 \log_{10} (0,16 \text{ CD/TM}) \quad (2)$$

TM= tempo de amostragem (horas decimais)

CD= contagem da dose (porcentagem)

#### 1.4.7 Ruído médio equivalente (Leq)

As variações de nível de um ruído flutuante podem ser representadas pelo Ruído Médio Equivalente. Neste parâmetro, obtemos um nível de ruído contínuo que possui a mesma energia acústica que os níveis flutuantes originais, durante um período de tempo. O princípio da mesma energia assegura a precisão do método para avaliação dos efeitos do ruído sobre o aparelho auditivo (FERNANDES, 2002).

O Leq é definido pela equação:

$$L_{eq} = 10 \cdot \log_{10} \cdot \int_0^t \frac{P_s(t)}{P_0} \cdot dt \quad (3)$$

Onde:

Leg= Ruído Médio Equivalente em dB.

P= Pressão Sonora no Instante (t) em Pascal.

P<sub>0</sub>= Pressão Sonora em Pascal.

A Figura 1.2 mostra o Leq graficamente.

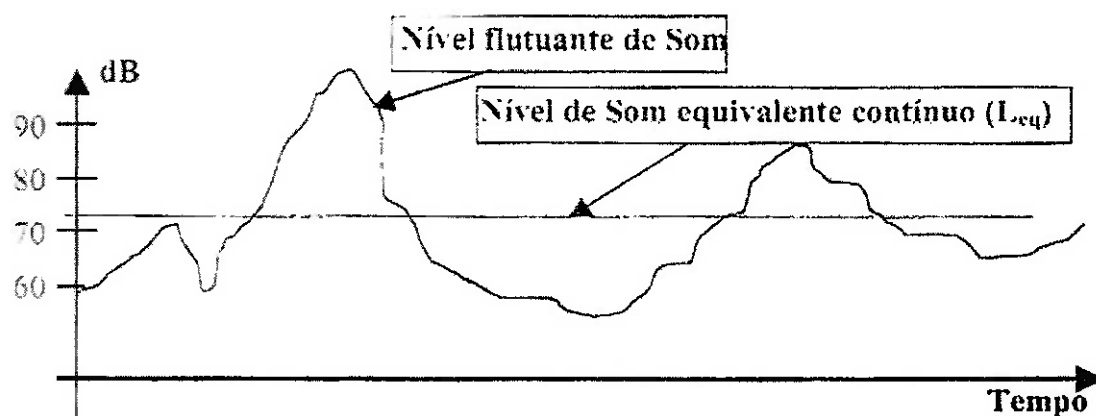


Figura 1.2 – Nível de som equivalente contínuo

Fonte: (FERNANDES, 2002).

Para encontrarmos  $L_{eq}$ , segundo a Norma de Higiene Ocupacional (NHO) 01 da FUNDACENTRO, devemos usar a constante de tempo em “lento” e a ponderação na curva “A”, indicando-se por  $L_{aeg}$ . O tempo usado no método pode ser escolhido conforme a indústria ou o tipo de ruído, podendo ser, por exemplo, de 60 segundos, 30 minutos, 1 hora, etc. Esse método é muito preciso para avaliar o risco auditivo.

#### 1.4.8 Análise espectral

“A análise espectral é o estudo das frequências que compõem um som complexo” (FORNARI, 2003). A análise espectral ou análise de frequências consiste na divisão do espectro audível (20 Hz a 20 kHz) em faixas de igual tamanho, para melhor conhecer as características de determinado som ou ruído. A finalidade básica de tal análise é possuir elementos para subsidiar projetos de controle acústico. Por meio de métodos específicos, também pode ser utilizada para estudar a atenuação de protetores auriculares.

A medição consiste no emprego de filtros acoplados a um medidor de nível de pressão sonora, por meio dos quais se eliminam componentes cujas frequências estejam acima ou abaixo dos limites de cada faixa selecionada (oitavas, terço de oitavas, etc.), conhecendo-se a pressão sonora exclusiva de cada faixa espectral.

As bandas de oitavas (intervalo de frequência compreendido entre uma determinada frequência e outra igual ao dobro da anterior) podem ser definidas facilmente a partir de 1000 Hz. Multiplicando-se por 2 (dois), sucessivamente, obtêm-se as bandas de oitavas superiores e, dividindo-se por 2 (dois), obtêm-se as bandas de oitavas inferiores, de forma a cobrir amplamente o espectro audível.

Assim, temos:

|                    |      |     |     |                |      |      |                   |      |       |      |
|--------------------|------|-----|-----|----------------|------|------|-------------------|------|-------|------|
| 31,5               | 63,0 | 125 | 250 | 500            | 1000 | 2000 | 4000              | 8000 | 16000 | (HZ) |
| Frequências baixas |      |     |     | Frequências de |      |      | Frequências altas |      |       |      |
| (som grave)        |      |     |     | voz falada     |      |      | (som agudo)       |      |       |      |

As bandas menores, terços de oitavas, por exemplo, são obtidas pela divisão de cada banda de oitava, em partes iguais.

#### 1.4.9 Qualidades da onda sonora

- **ALTURA** – Relacionada à frequência, que pode ser expressa em uma escala que varia de grave a aguda. O som será grave, quanto mais baixa for a frequência. O som será agudo, quanto mais alta for a frequência;
- **INTENSIDADE** – Relacionada à amplitude da onda sonora. É equivalente à pressão e à energia transportada pelo movimento vibratório. Esta sensação de potência acústica é classificada dentro de uma escala que varia de fraco a forte;
- **TIMBRE** – Esta é uma qualidade da fonte sonora e não do som. Esta qualidade nos permite identificar diferentes fontes a partir de um som de mesma frequência.

#### 1.4.10 Grupo homogêneo

Pela definição de Fantazzini (2004), corresponde a um grupo de *trabalhadores* que experimentam exposição semelhante, de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de parte do grupo seja representativo da exposição de todos os trabalhadores que compõem o mesmo grupo.

### 1.5 COMPARATIVO ENTRE AS NORMAS NR-15 E NHO-01

As tabelas apresentadas são para facilitar o entendimento das análises do caso em estudo.

Tabela 1.4 – Ruído contínuo ou intermitente

| Ruído Contínuo ou Intermitente       | NR-15          | NHO-01   |
|--------------------------------------|----------------|----------|
| Limite de Tolerância para 8 horas    | 85             | 85       |
| Incremento de Duplicação de Dose (q) | 5              | 3        |
| Nível Limiar de Detecção (NLD)       | Sem referência | 80       |
| Nível Médio (NM)                     | Sem referência | Equação  |
|                                      |                | continua |

conclusão

| Ruído Contínuo ou Intermitente               | NR-15                                       | NHO-01                                      |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Valores Abaixo de 80 dB(A)                   | Desprezíveis para efeito de cálculo de dose | Desprezíveis para efeito de cálculo de dose |
| Nível de Exposição                           | <i>Sem referência</i>                       | Equação                                     |
| Nível de Exposição Normalizado               | <i>Sem referência</i>                       | Equação                                     |
| Nível de Ação Referente (Jornada de 8 horas) | (NR-9)                                      | Nível de exposição                          |
|                                              | 80 dB(A) – Dose- 50%                        | Normalizado 82 dB(A)                        |
| Risco Grave e Iminente                       | 115 dB(A)                                   | 115 dB(A)                                   |

Fonte: (ARAÚJO, 2002)

Tabela 1.5 – Ruído de impacto

| Ruído de impacto                                                              | NR-15                           | NHO-01                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Limite de tolerância (LT)                                                     | 120 dB(C) ou<br>130 dB (linear) | Função no nível de pressão sonora pico (NP) e o número de impactos da jornada. |
| Limite de tolerância valor teto (LTVT)                                        | 130 dB(C) ou<br>140 dB (linear) | 140 dB (linear)                                                                |
| Relaciona número de picos Máximos admissíveis em função do número de impactos | Sem referência                  | Tabela específica ou equação<br>$N_t = 160 - 10 \log(n)$ Db                    |
| Nível de ação                                                                 | Sem referência                  | ( $N_p - 3$ ) Db                                                               |
| Deteção                                                                       | Fast ou impulsivo               | Pico (Peak)                                                                    |

Fonte; (Araújo, 2002)

## 1.6 ATENUAÇÃO DE PROTETORES AURICULARES

Segundo Gabas (2004), a atenuação proporcionada pelo protetor é um dos fatores fundamentais na seleção de um protetor auditivo. É preciso avaliar a grande variação de atenuações entre os diferentes tipos e modelos de protetores existentes. Protetores auditivos, aparentemente semelhantes, podem ter eficiência de atenuação diferente.

Nos próximos tópicos um pouco de história. A atenuação oferecida por protetores auditivos em ambientes de trabalho tem sido motivo de discussões por mais de vinte anos.

### 1.6.1 Método do $R_c$ / NRR

Em meados da década dos anos 80, em um laboratório do Instituto Eletrotécnico da USP, professores começaram a realizar ensaios com protetores auditivos em uma câmara anecoica. Neste mesmo local, foi desenvolvido um equipamento que produzia um som com componentes em praticamente todas as frequências audíveis pelo ouvido humano. Este equipamento, com medidores apropriados de nível de ruído, foi utilizado para avaliação de protetores auditivos. Os valores de atenuação, chamados de  $R_c$ , obtidos pelo método então empregado, chegavam a resultados tão absurdos quanto 42 dB para protetores de inserção. Em vista de distorções desta grandeza, formou-se um grupo para discussões e elaboração de um projeto de norma que seria, então, submetido ao sistema ABNT de criação de normas de ensaio. Este grupo, após anos de discussões, criou padrões para ensaio de protetores do tipo concha e criou condições favoráveis à implantação de um laboratório de ensaios de protetores auditivos na Universidade Federal de Santa Catarina (LARI).

Ao mesmo tempo em que se seguiam discussões para elaboração de normas de ensaio, fabricantes nacionais e internacionais, instalados no Brasil, seguiam a comercialização de seus produtos com base em informações obtidas por laboratórios estrangeiros. Os números representativos do desempenho desses protetores auditivos ( $R_c$  ou NRR, dependendo da fonte) eram obtidos por meio de ensaios realizados em laboratórios de reconhecimento internacional, em alguns casos, por meio de ensaios realizados sem qualquer padrão científico e com metodologia duvidosa em outros ou, ainda, por similaridade, ou seja, tendo como base resultados obtidos

com produto similar comercializado no exterior. Em outras palavras, não tendo um critério nacional normatizado era aceito pelo Ministério do Trabalho, onde apenas solicitava um Termo de Responsabilidade do Fabricante, no qual constavam valores de atenuação de ruído, sem a necessidade de comprovação da origem desses resultados.

Ao mesmo tempo em que, no Brasil, não se definia uma metodologia padronizada para ensaio de protetores auditivos, nos Estados Unidos, as discussões davam-se em torno do valor de atenuação NRR, obtido nos laboratórios de ensaio, segundo a norma ANSI S3. 19 de 1974 e sua aplicação como representativo do nível de atenuação oferecido por este mesmo produto em um ambiente real, de fábrica.

Estudos comprovam que os valores de atenuação constantes das embalagens e folhas de informações técnicas sobre desempenho desses produtos estavam muito distantes dos valores reais obtidos na prática. O resultado de tais discussões foi uma recomendação do NIOSH, de 1998, para que os valores de atenuação constantes nas embalagens e dados técnicos sobre o desempenho do produto fossem reduzidos de acordo com o seguinte critério:

- 25% para protetores auditivos tipo concha
- 50% para protetores de espuma moldável
- 70% para protetores pré-moldados

O NIOSH ainda recomenda que se faça uma correção de 7 dB nos casos em que o nível de ruído representativo da exposição do trabalhador tenha sido medido, utilizando-se a curva “A” de compensação. Em outras palavras, o nível de ruído oferecido por um protetor auditivo ficaria ( $NRR \times 0,75 - 7$ ) para os protetores auditivos do tipo conchos; ( $NRR \times 0,50 - 7$ ) para protetores auditivos do tipo moldável e ( $NRR \times 0,30 - 7$ ) para protetores auditivos do tipo pré-moldados.

### 1.6.2 NRRsf

O método de ensaio “B” da norma ANSI 12.6, de 1997, diferentemente do Método utilizado pelos laboratórios norte-americanos, tem como principal diferença o uso de pessoas que não possuam familiaridade com o uso de protetores auditivos para serem submetidos como sujeitos do ensaio.

Os valores de atenuação obtidos por meio desta metodologia são, então, definidos como NRRsf. Tendo em vista a capacitação do laboratório LARI da Universidade de Santa Catarina em realizar tais ensaios, o Ministério do Trabalho decidiu que somente aceitaria laudos de ensaio deste laboratório para Renovação / Emissão de novos Certificados de Aprovação. Os valores de atenuação definidos por este método "B" são, em geral, bem inferiores aos valores de NRR até então divulgados pelo fabricante. Portanto, temos hoje valores de atenuação preconizados aos protetores auditivos comercializados no país de um terço ou menores que aqueles indicados nas embalagens dos mesmos produtos em 1987, sem que necessariamente estes produtos tenham perdido eficiência. O que mudou, de lá para cá, foram apenas os critérios para ensaio dos referidos produtos.

### 1.6.3 Como usar o NRRsf

Para aplicar corretamente o valor de atenuação NRRsf, obtido segundo metodologia de ensaio ANSI 12.6 de 1997 – método B, basta subtraí-lo do valor da exposição individual medida em dB (A), como a seguir, lembrando que não se deve fazer nenhum tipo de redução em seu valor antes de aplicá-lo, pois estas "salvaguardas" já foram consideradas durante a obtenção do número único de atenuação, conforme a metodologia mencionada e equação a seguir:

$$dBA = dBA' - NRRsf$$

onde:

- dBA = ruído entrando no ouvido protegido
- dBA' = ruído equivalente (dose de exposição) medido na escala A.

$$NRRsf = \text{atenuação do protetor}$$

Ensaar o protetor para quantificar sua atenuação de ruído não significa aprovar ou mostrar a qualidade do EPI. O ensaio apenas fornece os resultados de atenuação medidos em laboratórios, independentemente de ser boa ou ruim a qualidade do protetor.

#### 1.6.4 Cálculo de atenuação pelo método longo

A diferença em se escolher utilizar o “método longo” do NIOSH ao invés do número único NRRsf (método curto), para avaliação do nível de ruído a que uma pessoa utilizando protetores auditivos estaria exposta, como o próprio nome diz, é que ele é mais longo e não mais correto ou mais eficaz. O método longo, no qual é considerada a variação da atenuação nas diferentes frequências, é mais antigo e também possui desvantagens, principalmente se a exposição do trabalhador não for fixa no seu posto de trabalho, pois o trabalhador ficará exposto a diversas frequências diferentes e intensidades de ruídos diferentes durante a jornada de trabalho.

Conclusão: perda da exatidão, necessitando da abordagem do pior caso no pior espectro da jornada, utilizando decibelímetro, pois ainda não está disponível no mercado dosímetro com filtro da banda, além da necessidade de se ter equipamentos caros, com filtros de bandas de oitava para avaliação da exposição.

A Tabela 1.10 mostra o método longo para cálculo dos níveis de pressão sonora nos ouvidos dos usuários com o uso de protetores auditivos. Neste cálculo, foi considerado o caso específico do espectro de ruído num ambiente (Ver linha 1). As linhas 2 e 3 mostram a atenuação e desvio padrão (Multiplicando por 2) do protetor auditivo (Informações obtidas do C.A. ou do fabricante ou do laboratório de ensaio). A linha 4 mostra os níveis de pressão sonora no ouvido do usuário com o uso de protetor (linha 1 – linha 4) para ter 98 % de confiança. A soma logarítmica das atenuações para cada banda de frequência da linha 4 fornece o nível de pressão sonora total em dBA para usuários com o uso do protetor auditivo. Estes níveis não podem passar de 85 dBA para 8 horas de trabalho, conforme Portaria do Ministério do Trabalho nº.3.214 de 1975.

Tabela 1.6 – Cálculo do nível do ruído com uso do protetor

| Frequência Central (Hz)      | 125  | 250  | 500   | 1K    | 2K    | 4K   | 8K   |
|------------------------------|------|------|-------|-------|-------|------|------|
| (1) NPS no Ambiente em dB(A) | 84,0 | 93,4 | 101,8 | 106,0 | 102,2 | 97,0 | 88,9 |
| (2) Atenuação Média          | 14   | 19   | 31    | 36    | 37    | 48   | 40   |
| (3) Desvio Padrão x 2        | 10   | 12   | 12    | 14    | 14    | 14   | 16   |
| (4) NPS com uso do Protetor  | 80,0 | 86,4 | 82,8  | 84,0  | 79,2  | 63,0 | 64,9 |

A soma logarítmica da linha (4)-NPS = (a)-(b)+(c) – representa o nível com uso do protetor = 90,3 dB(A).

FONTE: (SAMIR, 2000)

Caso haja necessidade de aplicação dos ajustes do NIOSH, então, pode-se calcular a atenuação total.

Por exemplo, se temos atenuação total = 109 (Soma logarítmica da linha 1) – 90,3 = 18,7 dB, e este é um protetor tipo concha, então, a atenuação deve ser multiplicada pelo fator de ajuste do NIOSH, isto é,  $18,3 \times 0,75 = 13,725$  dB. Assim, o nível de pressão sonora do usuário é  $109 - 13,725 = 95,275$  dB que se arredonda para 95,3 dB". (SAMIR, 2000)

## 1.7 RUÍDO – OS EFEITOS CAUSADOS À SAÚDE DOS EXPOSTOS

### 1.7.1 Estrutura do ouvido

"O ouvido é o órgão coletor dos estímulos externos, transformando as vibrações sonoras em impulsos sonoros para o cérebro. É, sem dúvida, a estrutura mecânica mais sensível do corpo humano, pois detecta quantidades mínimas de energia" (FERNANDES, 2002).

O som, quando chega a um indivíduo, percorre a aurícula, conduto auditivo externo, o tímpano, os ossículos do ouvido médio, o líquido interior da cóclea e o nervo auditivo. A superexposição ou exposição prolongada pode causar danos no trato condutivo ou no sistema neurossensorial. A perda auditiva por conta dos danos gerados a estes dois sistemas são definidas pelo INSS (1998) como "perda auditiva neurossensorial por exposição continuada a níveis elevados de pressão sonora".

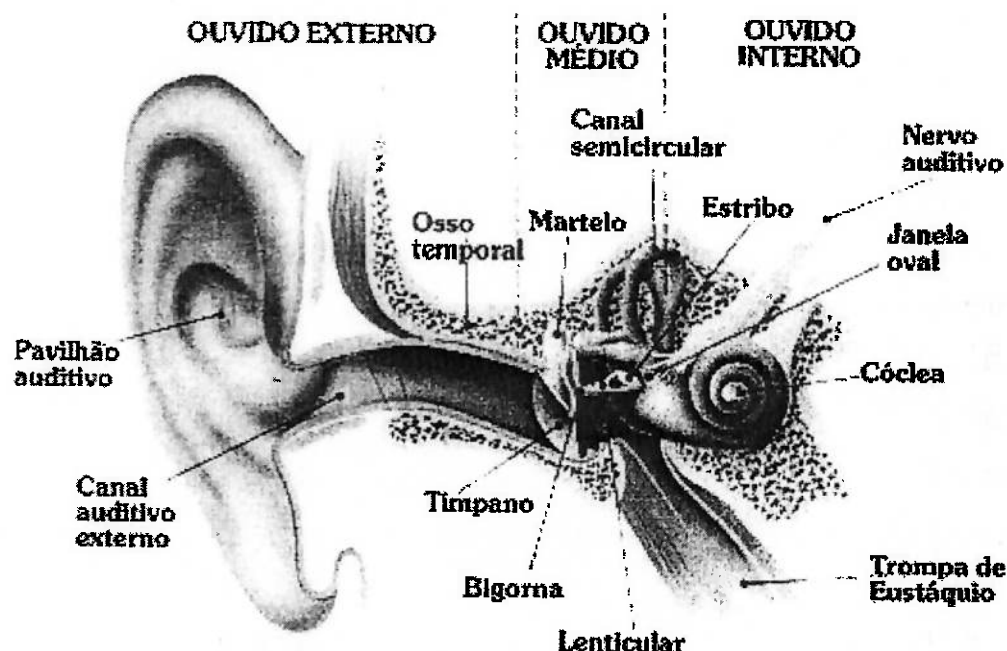


Figura 1.3 – Estrutura do ouvido  
Fonte: (ROCHA, 2000)

Para a comunidade, chamamos de limites ambientais e, limites de exposição, para ambientes de trabalho, chamados de limites ocupacionais. A investigação da exposição e suas consequências para a audição têm sido uma preocupação constante no campo da segurança e saúde do trabalho, envolvendo crescentes estudos para melhor entender e delimitar a ocorrência da perda auditiva induzida pelo ruído ocupacional, comumente chamada de PAIR (ALMEIDA. et. al., 2000 e GLORIG, 1980).

Na obra em estudo a exposição ao ruído é um alto risco à saúde dos trabalhadores que além de levar a incapacidade auditiva e consequências não-auditivas da perda (como, por exemplo, problemas cardiovasculares, digestivos, irritabilidade, ansiedade e isolamento), além de perturbar o trabalho, o descanso, o sono e a comunicação dos seres humanos.

O ruído diminui o nível de atenção e aumenta o tempo de reação do indivíduo frente a estímulos diversos, o que favorece o crescimento do número de erros cometidos e de acidentes que repercutem negativamente na qualidade e produtividade. (CORRÊA FILHO, et al. 2002) Segundo Corrêa Filho (2002), a PAIR é uma doença insidiosa, que vem crescendo ao longo dos anos, apresentando relação direta com a

intensidade, tempo de exposição e a predisposição individual do trabalhador ao ruído.

### **1.7.2 Os efeitos nocivos do ruído no aparelho auditivo**

Os danos provocados pela exposição podem ser classificados em 3 categorias:

#### **1.7.2.1 Mudança temporária do limiar de audição**

Também conhecida como surdez temporária, ocorre após a exposição a ruído intenso, mesmo que por um curto período de tempo, no qual a condição de perda permanece temporariamente, sendo que a mesma retorna ao normal, após algum tempo.

#### **1.7.2.2 Trauma acústico**

Segundo Torraca (1998), trauma acústico é conceituado como a perda auditiva súbita, proveniente de uma única exposição a níveis de ruído muito intenso. Em geral, é acompanhada de um zumbido imediato, podendo acontecer o rompimento do tímpano, hemorragia ou danos na cadeia ossicular.

A perda da audição resultante de exposição a níveis elevados de ruído pode ser temporária ou permanente. Quando a diminuição da capacidade auditiva (hipoacusia) for temporária, o indivíduo, gradualmente, recupera a sua audição. O mecanismo da surdez temporária não é bem conhecido; é como uma fadiga auditiva. O nível de ruído que causa alterações na capacidade auditiva deve ser considerado como uma possível ameaça de surdez profissional.

#### **1.7.2.3 Surdez permanente**

Origina-se da exposição repetida e de longa duração a ruído de intensidade elevada ou de alta intensidade e curta duração (Ex. explosão). Esta perda é irreversível e está associada à destruição dos elementos sensoriais da audição. Deve-se atentar para o fato de que, no começo do processo, as pessoas não percebem a

alteração, porque esta não atinge imediatamente as frequências utilizadas na comunicação verbal. (ARAÚJO, 2002) Entretanto, com o passar do tempo, as perdas progridem, envolvendo as frequências críticas para a comunicação oral (500 a 2.000 Hz). Deve ser lembrado que um fator de grande importância, em qualquer tipo de perda de audição, é a susceptibilidade individual. Indivíduos que se encontram num mesmo local ruidoso podem reagir de maneiras diferentes: alguns são extremamente sensíveis ao ruído e outros parecem não ser atingidos pelo mesmo.

Torraca (1998) diz que toda perda auditiva com nexos causal relacionado a condições específicas de trabalho é definida como Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR), também denominada por Disacusia, Hipoacusia ou Surdez ocupacional.

Como diagnóstico diferencial, as PAIR, de origem ocupacional, devem ser distinguidas daquelas originadas por surdez ou hipoacusia por embolia gasosa, por traumatismo craniano, por trauma barométrico do ouvido médio e da surdez ou hipoacusia provocada por agentes tóxicos industriais ou de uso terapêutico.

Como caracterizar a PAIR:

- São sempre do tipo neurosensorial;
- Geralmente, são bilaterais e simétricas;
- Inicia-se nas frequências de 4.000, 6.000 ou 3.000 Hz, havendo sempre uma perda mais acentuada nessas frequências do que nas frequências de 500, 1.000 ou 2.000 Hz;
- Comumente, a maior perda é na faixa de 4.000 Hz;
- As frequências mais altas e mais baixas que 4.000 e 6.000 Hz levam mais tempo para serem afetadas;
- Quase nunca produzem uma perda auditiva profunda, com limiares em torno de 40 dB nas baixas e de 75 nas altas frequências;
- Iniciam-se nos primeiros anos de exposição e atingem um limiar máximo de 10 a 15 anos de exposição;
- Em geral, não progridem significativamente depois de cessadas as exposições.

### 1.7.3 Os efeitos nocivos do ruído na atividade cerebral

Segundo o Dr. Foster Kenedy, as pessoas saudáveis podem adaptar-se às influências prejudiciais do ruído, apesar de não sentirem a aproximação da fadiga. A capacidade do organismo em se ajustar às diversas formas de ruído não implica na falta de ação do mesmo sobre os nervos. Isso se deve à

grande elasticidade e capacidade de adaptação do organismo humano aos estímulos do ambiente onde vive, já que, para o caso do ruído, o nosso corpo não oferece nenhuma barreira física eficaz para evitar a sua propagação pelo aparelho auditivo (ARAÚJO, 2002).

#### 1.7.4 Os efeitos nocivos do ruído nos órgãos internos

O ruído pode, também, agir sobre os órgãos internos, perturbando as funções neurovegetativas, com implicações no funcionamento orgânico. Essa influência vai desde a alteração na pressão arterial até a mudança na composição do sangue, náuseas, cefaléia, vômitos, perda de equilíbrio e tremores. As primeiras manifestações às ações do ruído são inquietude, irritabilidade e alteração do metabolismo basal, com distúrbios neuromusculares" (ARAÚJO, 2002).

#### 1.7.5 Os efeitos nocivos do ruído nas atividades física e mental

"O ruído reduz o rendimento do trabalho intelectual e físico. Dessa forma, o tratamento acústico é uma condição importante para o aumento do rendimento e melhoria das condições de trabalho" (ARAÚJO, 2002). O ruído ainda pode causar efeitos nocivos na produção, interferência nas comunicações e até mesmo ocorrências de acidentes. A incapacidade auditiva foi classificada em graus de incapacidade em termos de inteligibilidade da fala pelo Comitê de Audição da Academia Americana de Oftalmologia e Otorrinolaringologia. (apud USA, 1998) Assim, baseando-se no deslocamento médio do limiar de audibilidade em diferentes frequências, uma perda de 25 dB já é considerada suficiente para causar diminuição da inteligibilidade da fala, conforme mostra a Tabela 1.7.

Tabela 1.7 – Graus de perda auditiva

| Classe | Grau de incapacidade auditiva | Deslocamento médio do limiar de audibilidade em 500, 1000 e 2000 Hzs (na melhor orelha) |                   | Inteligibilidade da fala      |
|--------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------|
|        |                               | Mais que (dB)                                                                           | Não mais que (dB) |                               |
| A      | Não significativo             | -                                                                                       | 25                | Sem dificuldade com voz fraca |

continua

conclusão

| Classe | Grau de incapacidade auditiva | Deslocamento médio do limiar de audibilidade em 500, 1000 e 2000 Hzs (na melhor orelha) |                   | Inteligibilidade da fala                                     |
|--------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------|
|        |                               | Mais que (dB)                                                                           | Não mais que (dB) |                                                              |
|        |                               |                                                                                         |                   |                                                              |
| B      | Pequeno                       | 25                                                                                      | 40                | Dificuldade somente com voz fraca                            |
| C      | Suave                         | 40                                                                                      | 55                | Frequentemente difícil com voz normal                        |
| D      | Expressivo                    |                                                                                         |                   | Frequentemente difícil com voz alta                          |
| E      | Severo                        | 70                                                                                      | 90                | Entendimento possível somente com voz gritada ou amplificada |
| F      | Extremo                       | 90                                                                                      | -                 | Geralmente não consegue entender com voz amplificada         |

Fonte: (BISTAFA, 2006)

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta monografia usou conceitos básicos e as normas vigentes no país necessárias para avaliar a exposição ocupacional ao ruído e o incômodo aos vizinhos.

Na primeira parte, foi dada ênfase aos conceitos teóricos sobre o som, o ruído, o aparelho auditivo, os efeitos nocivos causados pelo ruído, as diversas escalas de ponderação e a determinação do nível de ruído médio equivalente.

### 2.1 EMPRESA AVALIADA

Fundada em 1996, com o a finalidade de atender ao mercado de fundações, e buscando um diferencial neste concorrido segmento, a empresa X trouxe para o Brasil o martelo hidráulico para cravar perfil e desenvolveu um novo produto, as estacas metálicas profundas decrescente.

Decorridos 14 anos, a empresa com 125 empregados, hoje tem uma gama de serviços a oferecer ao mercado de fundações, como; estacas tipo franki, micro estacas, estacas hélice continua, estacas secante, estacas holler auger, cravação de perfil metálico, tirantes, chumbadores e drenos.

### 2.2 OBRA EM ESTUDO

A obra a ser estudada fica no de litoral de São Paulo. Nela estão sendo cravados 488032 quilos de Perfil Metálico de diversas bitolas. Cada perfil mede 12 metros de comprimento e a média de cravação de cada estaca está em 54 metros. A obra terá 126 estacas cravadas. Solo macio (areia).

As medições individuais e as medições de ruído na periferia ocorreram em 18 de novembro de 2009 e as medições antes do início da obra, em 29 de setembro de 2009.

### 2.3 POPULAÇÃO ALVO

As medições dentro do canteiro de obra têm-se como prioridade os funcionários que trabalham próximo ao equipamento, como o operador e o frente de máquina.

As medições na parte externa da obra para avaliar o conforto da comunidade.

## 2.4 EQUIPAMENTOS DE CRAVAÇÃO DE ESTACAS METÁLICAS

A obra é executada com dois conjuntos cravando estacas e tem a seguinte composição:

a) Conjunto 1 - Guindaste Villares – mod. PH-955 A – N°. Interno: GE-01/001, acoplada em sua lança, uma torre tubular com 20 metros de comprimento, na qual corre em suas guias um martelo de cravação hidráulico da marca Mait (IT) com peso total de 8.200 kg e com um peso RAM de 5.000 KG, no qual temos uma energia de cravação em cada batida de 54,9 KJ.

Número de batidas por minuto igual a 42.

b) Conjunto 2 - Guindaste Villares – mod. PH-955-A – N°. Interno: GE-01/00, acoplada em sua lança, uma torre tubular com 21 metros de comprimento na qual corre em suas guias um martelo de cravação hidráulico da marca KCC (BR) com peso total de 9.880 kg e com um peso RAM de 5.000 KG, onde temos uma energia de cravação em cada batida de 57,8 KJ.

Número de batidas por minuto igual a 48.

As fotos a seguir são dos dois conjuntos em operação, no momento em que se posicionavam os perfis no capacete do martelo, e coincidentemente está operação se deu nas duas máquinas.



Figura 2.1 - Colocação do perfil  
Fonte: (Coleção do Autor, 2009)



Figura 2.2 - Posicionando perfil no capacete  
Fonte: (Coleção do Autor, 2009)



Figura 2.3 – Posicionando perfil  
Fonte: (Coleção do Autor, 2009)



Figura 2.4 – Posicionando perfil no capacete  
Fonte: (Coleção do Autor, 2009)

## 2.5 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

A) Nas dosimetrias individuais, as avaliações dos níveis de ruído foram efetuadas com medidores de nível pressão sonora/dosímetros da marca Quest, modelos Noise Pro DLX, e EDGE IV, Tipo 02, IEC 651 ou ANSI Sl. 4 de 1983, devidamente calibrados com calibrador QUEST, modelo QC-10. Os níveis de ruído foram medidos em decibéis (dB), com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (SLOW) e as leituras foram próximas ao ouvido do trabalhador, conforme determina a Portaria 3.214/78, NR – 15, Anexo nº. 1, item 2.

A legislação ocupacional a que se refere esta monografia está baseada nas normas NR-15 (Anexos I e II) da Portaria nº. 3.214 do Ministério do Trabalho, que estabelece o valor médio equivalente de 85 dB (A) como limite máximo de exposição diária (oito horas) e 120 dB(C) para ruídos de impacto.

Os funcionários receberam orientação para manter o trabalho em condições operacionais normais, como: postura, equipamentos de proteção individual.

O microfone foi colocado junto à zona auditiva do trabalhador, à altura do plano horizontal que contem o canal auditivo, os equipamentos foram identificados para cada trabalhador, controlados por uma ficha que consta a identificação do trabalhador, o número de série do aparelho, data e hora. Para melhor entendimento vide as figuras 2.5, 2.6 e 2.7, onde a figura 2.5 mostra os operadores com os seus respectivos dosímetros, na figura 2.6 o ajudante frente de máquina em operação e com o seu dosímetro e na figura 2.7 um dos operadores de guindaste no seu posto de trabalho.



**Figura 2.5 – Operadores com dosímetro**  
Fonte: (Coleção do Autor, 2009)



**Figura 2.6 – Ajudante com dosímetro**  
Fonte: (Coleção do Autor, 2009)



**Figura 2.7 – Operador com dosímetro**  
Fonte: (Coleção do Autor, 2009)

B) Nas medições para avaliação dos ruídos da periferia, as avaliações dos níveis de pressão sonora foram realizadas com um medidor de nível sonoro/dosímetro marca QUEST modelo Q300, tipo 2, na escala de compensação “C” em decibéis, e com respostas de leitura rápida (FAST), devidamente calibrado, com calibrador QUEST, modelo QC – 10.

#### OBSERVAÇÕES:

O instrumento de medição atende às exigências de – 651, SONÔMETROS;

- a) O instrumento realiza, em média, 120.000 medições por hora;
- b) O instrumento utilizado para avaliação encontra-se devidamente aferido;

O artigo 199 e o parágrafo VI da Lei Orgânica do Município de Santos estabelecem que as máquinas e equipamentos funcionem das sete às dezenove horas e não ultrapassem o nível máximo de 90 dB (C), medidos a uma distância de cinco metros de qualquer ponto da divisa do imóvel onde aquelas instalações estejam localizadas. No Anexo poderá ser verificado os pontos mais importantes desta lei.

Na figura 2.8 é o registro do momento das medições externas.



Figura 2.8 – Ponto B no ato da medição  
Fonte: (Coleção do Autor, 2009)

- C) Na avaliação feita antes do início da obra, medidor de nível de pressão sonora da marca INSTRUTHERM, modelo DEC – 460, calibrado pela SKILL-TEC, pelo certificado nº. 2612/08 de 25/08/2008, com validade até fev./2010. Pelo procedimento de calibração interno PI-24, o padrão Calibrador de Nível Sonoro, com certificado de calibração: 16969-RBC/CHROMPACK.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 RESULTADOS DOS NÍVEIS DE RUÍDO OCUPACIONAL

As dosimetrias foram executadas conforme a Portaria 3.214 de 1978, NR – 15, no seu Anexo nº. 1, item 2, com os aparelhos discriminados no item 2.5 -A. A Tabela 3.1 mostra estas medições:

Tabela 3.1 – Dosimetrias individuais

| NOME/FUNÇÃO           | ATIVIDADES | RUÍDO AVALIADO dB (A) |        |        |        |
|-----------------------|------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                       |            | Mínimo                | Máximo | NR - 9 |        |
|                       |            |                       |        | Lavg   | Dose   |
| Funcionário A         | GE-01/001  | 62,2                  | 112,9  | 92,9   | 3,019  |
| Operador de máquina 1 | Operando   |                       |        |        |        |
| Funcionário B         | GE-01/001  | 62,1                  | 109,5  | 86,3   | 1,1975 |
| Ajudante de máquina 1 | Auxiliando |                       |        |        |        |
| Funcionário C         | GE-01/002  | 55                    | 110,3  | 94,1   | 3,544  |
| Operador de máquina 2 | Operando   |                       |        |        |        |
| Funcionário D         | GE-01/002  | 62,1                  | 114    | 86,9   | 1,312  |
| Ajudante de máquina 2 | Auxiliando |                       |        |        |        |

#### 3.2 RESULTADOS DE RUÍDOS DA PERIFERIA

Adotada a metodologia estabelecida pela Lei Orgânica do Município de Santos de nº. 3.531, de 16 de abril de 1968 (Anexo A.3), exigida para avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade com o equipamento descrito no item 2.5 B e demonstrada na tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Medições do nível equivalente contínuo

| ATIVIDADE                            | NÍVEL EQUIVALENTE CONTÍNUO<br>(Leg) dB (C) | CONSIDERAÇÕES                                 |
|--------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| MÁQUINA GE-01/001                    | 88,9<br>Com pico de 91,8                   | Avaliado fora da obra<br>Ponto B              |
| MÁQUINA GE-01/002                    | 85,0<br>Com pico de 99,0                   | Avaliado fora da obra<br>Ponto B              |
| MÁQUINAS GE-01/001 e<br>GE-01/002    | 89,2<br>Com pico de 99,5                   | Avaliado fora da obra<br>Ponto B              |
| MOVIMENTAÇÃO DAS<br>MÁQUINAS NA OBRA | 79,0<br>Com pico de 83,0                   | Avaliado fora da obra<br>Ponto B              |
| MÁQUINAS LEVANTANDO                  | 76,9                                       | Avaliado fora da obra                         |
| PERFIL DE CRAVAÇÃO                   | Com o pico de 90,4                         | Ponto B                                       |
| MÁQUINA GE-01/001                    | 90,0                                       | Avaliação realizada na<br>traseira da máquina |
| MÁQUINA GE-01/002                    | 105,0                                      | Avaliação realizada na<br>traseira da máquina |

Importante: foi escolhido o ponto b (vide croqui da obra – anexo A.6 ).

### 3.3 MEDIÇÕES ANTES DO INÍCIO DA OBRA

As medições antes do início da obra tem por finalidade avaliar o local onde será executada o serviço e também como parâmetro nas discussões de medidas mitigadora a serem tomadas no decorrer da obra.

Foram seguidos os mesmos critérios de medição e padrões do item 3.2, essas medições estão na tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Medições antes do início dos serviços

| PONTOS       | NÍVEL EQUIVALENTE<br>CONTÍNUO (Leq) dB(C) | OBSERVAÇÕES                         |
|--------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|
| A            | 81,3                                      | Máquina dobrar ferro funcionando    |
| Pico de 86,3 |                                           |                                     |
| B            | 80,7                                      | Pá carregadeira na obra trabalhando |
| Pico de 85,8 |                                           |                                     |
| B            | 75,9                                      | Carros passando                     |
| Pico de 80,3 |                                           |                                     |
| B            | 76,9                                      | Pá carregadeira e moto passando     |
| Pico de 86,8 |                                           |                                     |
| B            | 76,8                                      | Aspirador de pó funcionando casa 67 |
| Pico de 80,3 |                                           |                                     |
| B            | 69,8                                      | Obra parada, movimentação normal    |
| Pico de 70,4 |                                           |                                     |

## **4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

### **4.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO RUÍDO OCUPACIONAL**

#### **4.1.1 Considerando um conjunto trabalhando**

Um martelo trabalhando, tem-se Ruído de Impacto, tanto no caso do Conjunto com Martelo Mait (onde a média são 42 bpm e o intervalo entre duas batidas são 1,4 segundos) no Conjunto com o Martelo KCC (tem em média 48 bpm e o intervalo entre duas batidas é de 1,25 segundos) e pela Tabela 3.2 o pico é de 99,0 dB (C), o que está dentro do Limite de Tolerância de 120 dB (C) estabelecido pela Legislação e que não foi ultrapassado, de acordo com o que estabelece a Portaria 3.214/78, NR-15, Anexo nº. 2 – Limites de Tolerância para Ruídos de Impacto.

#### **4.1.2 Considerando dois conjuntos trabalhando**

Dois martelos trabalhando (cravando) ao mesmo tempo, geram um ruído Contínuo e Intermitente. Como não há sincronismo entre as batidas, um martelo que nos dá 48 batidas por minuto e outro com 42 batidas por minuto. Numa cronometragem feita na obra com os dois trabalhando, apontou-se, em média, 83 batidas por minuto, o que não caracteriza Ruído de Impacto, pois se tem 0,72 segundos de intervalo entre duas batidas. Em média, trabalham 235,5 minutos por dia. Supondo que eles trabalhem juntos toda a jornada, o que é impossível, mas para efeito de cálculo, vai se considerar 3,9 horas, arredondados para 4 horas por jornada, o que permitiria um ruído no máximo de 90 dB (A) de acordo com a Portaria nº. 3.214 de 8 de junho de 1978, NR-15, Anexo nº. 1. Pela Tabela 3.1, o nível médio -  $L_{avg}$  é ultrapassado nos operadores dos guindastes, principalmente no guindaste GE-01/002 (o guindaste com o silencioso danificado), o que obriga o uso da proteção auricular.

#### 4.1.3 Análise para determinação da proteção auditiva

Conforme observado nos resultados da avaliação do ruído gerado pelos conjuntos de cravação de perfil metálico (guindaste+martelo hidráulico), os operadores de guindaste e os seus respectivos ajudantes estão expostos a uma dose diária de ruído superior a 100 %.

A NR-15 adota 85 dB(A) – Dose 100% para exposição por 8 horas sem nenhuma proteção, as doses superiores à mencionada são consideradas insalubres.

Para efetiva atenuação dos protetores auriculares, feita uma avaliação da proteção auditiva com o uso de protetores auriculares, resultando os seguintes cálculos:

- i. Verificado o valor do NRR (Nível de Redução do Ruído) ou NRRsf (Nível de Redução de Ruído – subject fit) existente na embalagem ou no C.A. do protetor;
- ii. Subtraído 7 dB do NRR para adequar o valor em dB (A). Para os protetores que apresentam NRRsf, não foi necessário retirar os 7 dB;
- iii. No caso de uso de dois (2) protetores combinados, ou seja, plug mais concha, deve-se utilizar o maior valor de NRRsf ou NRR corrigido e somar cinco (5) dB (A) para a proteção adicional.

Segundo o Manual da 3M do Brasil-2004, p. 66, por não haver uma Norma Brasileira de Recomendações para Seleção, Uso, Cuidados e Manutenção de Protetores Auditivos e da necessidade das empresas, usuárias de Protetores Auditivos de possuírem este tipo de informação, nos valem as normas internacionais para este fim. Assim, o item 5.35 da norma Européia EM 458 sobre Recomendações, Seleção e Uso de Protetores Auditivos, tem o seguinte texto quanto ao uso de proteção dupla:

Trabalhar em condições de ruído muito alto pode requerer proteção maior do que o uso individual de protetores tipo concha ou protetores auditivos de inserção usados sozinhos. A atenuação da combinação não é a soma das atenuações individuais dos protetores. Algumas combinações podem até reduzir a proteção. Recomendações qualificadas deverão ser procuradas considerando-se habilidade de uma proteção combinada fornecer maior atenuação. Se dados de atenuação da combinação estiverem disponíveis, estes produtos deverão ser preferidos (GABAS, 2004, 66).

Existem várias recomendações dadas por regras práticas para o caso de uso de proteção dupla, mas é importante notar que o uso de proteção dupla irá aumentar de 5 a 10 dB na atenuação (NRR) do protetor de maior valor de atenuação

(Nixon e Berger, 1991 – Hearing Protection Devices – Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control – 3ª Edição – NY; McGraw-Hill, Inc., pp21.1 – 21.24).

No caso em estudo a empresa adota os protetores auriculares como medida preventiva para atender a legislação, conforme a tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Cálculo das avaliações dos protetores auricular

| Tipo de protetor                                         | NRRsf | Nível máximo de ruído permissível utilizando proteção simples (partindo de 85 dB(A)) | Nível máximo de ruído permissível utilizando proteção dupla (partindo de 85 dB(A)) |
|----------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Concha-C.A.<br>18191                                     | 15    | 100                                                                                  | 105                                                                                |
| Abafador ruído tipo<br>plug de inserção –<br>C.A. 18.189 | 13    | 98                                                                                   |                                                                                    |

A) Portanto, somente nas operações onde os níveis de ruído ultrapassem a 100 dB (A), se faz necessário o uso de proteção dupla, para todas as demais atividades avaliadas o uso de proteção simples, respeitando a atenuação máxima de cada protetor.

B) É importante frisar que:

“Deixar de usar os protetores auriculares durante 100 % do tempo em que está exposto a ruídos perigosos pode aumentar o risco de desenvolvimento de uma perda auditiva.”

“Será obtida proteção muito menor, e as vezes nula, se os protetores auditivos forem removidos, mesmo que por poucos minutos, durante o tempo em que se está exposto a ruídos elevados.”

## 4.2 DISCUSSÕES DAS MEDIDAS DO RUÍDO DE PERIFERIA

Apesar do Leg não ultrapassar a 90 dB (C), existem picos que superam o limite conforme a legislação vigente no Município de Santos, conforme anexo A.3. Uma das medidas mitigadoras passadas ao construtor para ser feita, e ele não executou conforme foi orientado era a colocação de anteparos nas laterais da obra, com uma altura de 5 metros acima do nível do piso da rua e, na sua parte superior, uma bandeja em 10 graus virada para fora da obra, que seria para refletir o som em direção ao céu (conforme descrito no livro *Acústica Aplicada Ao Controle do Ruído*, do Professor Sylvio R. Bistafa, página 202, item: Redução da Atenuação da Barreira Causada Por Reflexões). Como pode ser visto nas figura 4.1- o anteparo ficou com pouca altura, o que permite visão do receptor; nas figuras 4.2 e 4.3 a bandeja ficou inclinada para dentro da obra além de apresentar frestas pelas quais o som permeava para fora da obra.



Figura 4.1 – Vista da obra – parte de trás da obra  
Fonte: (Coleção do Autor, 2009)



Figura 4.2 – Vista da parte interna da obra  
Fonte: (Coleção do Autor, 2009)



Figura 4.3 – Anteparo-vista da fresta horizontal  
Fonte: (Coleção do Autor, 2009)

### 4.3 COMPARAÇÃO DO NÍVEL EQUIVALENTE CONTÍNUO ANTES E DURANTE A EXECUÇÃO DA OBRA

As comparações são feitas pelas tabelas 3.2 e 3.3, verifica-se:

O pico de ruído antes de começar a obra fica em 86,8 dB(C) e o Nível de Ruído Equivalente Contínuo (Leq) em 81,3 dB(C) e quando a obra está em execução o pico fica em 99,5 dB(C) e o Nível de Ruído Equivalente Contínuo (Leq) em 90,0 dB(C).

Observa-se na tabela 3.2 um nível equivalente contínuo (Leq) de 105,0 dB(C), não foi considerado no parágrafo anterior, pois ao ser feita a medição e constatou-se que este ruído na traseira do guindaste GE-01/002 estava mais alto do que do outro guindaste, motivado por estar com seu silencioso danificado. Ao ser feita a troca por um silencioso do tipo que se usa em gerador hospitalar (figura 4.4) o ruído ficou em 92,1 dB(C) como pode ser visto na figura 4.5.

Demonstrando o quanto é importante a manutenção destes equipamentos com motores de grande porte (275 HP à 1800 RPM).



Figura - 4.4 Montagem do silencioso novo  
Fonte: (Coleção do Autor, 2009)



Figura - 4.5 Motor acelerado com silencioso novo

## 4.4 MEDIDAS E AÇÕES PARA REDUZIR O RUÍDO

### 4.4.1 Medidas em execução

As medidas para atender todo o conjunto (colaboradores e vizinhos), estão enumeradas a seguir:

A - Pintura com uma tinta esmalte de borracha clorada na parte externa do capacete, criando uma superfície emborrachada (capacete é chamado a peça onde se encaixa o perfil no martelo – vide figura 4. 6).

Com esta pintura se reduz 1 dB(C).



Figura 4.6 Martelo hidráulico com a saia recolhida

Fonte: (Coleção do Autor, 2009) adaptado

B - Colocação de um anel de borracha de espessura  $\frac{1}{4}$  de polegadas, em volta do capacete, como pode ser visto nas figuras 4.7 e 4.8.

É à medida que trouxe maior ganho, cerca de 3 dB(C).



Figura 4.7 – Anel de borracha em volta do capacete

Fonte: (Coleção do Autor, 2009) adaptado



Figura 4.8 – Anel de borracha no capacete  
Fonte: (Coleção do Autor, 2009) adaptado

C - Colocação de uma saia de lona (encerado de tecido) entre o capacete e o perfil, vide as fotos 4.9, 4.10, 4.11 e 4.12.

O ganho foi de 1 dB(C), mas psicologicamente foi que mais impressionou a comunidade, ao ponto de quando ela se danifica não deixarem a obra prosseguir até que se coloque outra.



Figura 4.9 Saia de lona - vista lateral  
Fonte: (Coleção do Autor,2009)



Figura 4.10 Saia de lona – vista frontal  
Fonte: (Coleção do Autor,2009)



Figura 4.11 – Saia montada no martelo  
Fonte: (Coleção do Autor, 2009)



Figura 4.12 – Martelo na obra com a saia  
Fonte: (Coleção do Autor, 2009)

D - Colocação de tapume que funcionem como anteparo ou barreira para reduzir o ruído para a parte externa da obra, numa altura em que o receptor não tenha visão do equipamento cravador, e na parte superior tenha uma Abandeja, se possível, com uma inclinação de  $10^\circ$  em relação ao piso externo da obra, sem frestas, se possível, com uma densidade superior a  $20 \text{ kg/m}^2$ .

As fotos 4.13 e 4.14 são de uma futura obra, onde se vê o anteparo e a bandeja inclinada (ideal se ela fosse inclinada para fora).



Figura 4.13 Tapume/barreira/anteparo  
Fonte: (Coleção do Autor, 2009)



Figura 4.14 Anteparo com Bandeja  
Fonte: (Coleção do Autor, 2009)

#### 4.4.2 Medidas em estudo no equipamento para atenuar o ruído

A – Anteparo com material isolante ao ruído e temperatura na cabine do operador do guindaste.

B – Isolamento acústico na parte do motor diesel.

#### 4.5 ZONA DE FRESNEL

É interessante colocar neste trabalho que, durante as medições, verificou-se experimentalmente a zona de Sombra Acústica (ZONA DE FRESNEL) e a zona de Brilho, entre o guindaste, o anteparo e o receptor. A Sombra na parte externa da obra entre o anteparo e o receptor (1,50 metros do anteparo para o ponto B com a

seguinte medição de 71,8 dB(C) com pico de 80,5 dB(C), Zona de Brilho Acústico. Na parte interna da obra, próximo de 1,60 metros do anteparo, o ruído aumenta devido à reflexão do ruído no solo, foi feito uma medição que apresentou os seguintes resultados:

Nível Equivalente Contínuo = 98 dB(C), com pico de 101 dB(C).

## 5 CONCLUSÃO

Esta monografia atingiu os seus objetivos, como o de conhecer as características dos ruídos gerados pelo uso de um novo equipamento importado (martelo hidráulico de cravação) e quantificá-lo para melhorar a condição laboral e de convivência com a comunidade.

Os ruídos provenientes deste serviço tiveram duas características bem distintas: ruído de impacto quando se tem um conjunto de cravação trabalhando e ruído contínuo e intermitente quando dois conjuntos trabalham ao mesmo tempo.

Pela impossibilidade de alterar a condição laboral pelo uso do martelo hidráulico de cravação, no aspecto da redução dos níveis de ruído, dimensionou-se para dar uma melhor proteção auditiva aos colaboradores o uso de proteção auricular dupla.

A monografia demonstra que o nível de ruído equivalente está dentro do que estabelece a lei orgânica do município, e que os estudos e as medidas mitigadoras para atenuar o ruído devem continuar, e principalmente para reduzir os picos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEL – ACÚSTICA BRASILEIRA ENGENHARIA LTDA. **Respostas a perguntas freqüentes**. Disponível em □[www.abel-acustica.com.br](http://www.abel-acustica.com.br)□. Acesso em: 27 outubro 2009.
- ALMEIDA, S. I.; ALBERNAZ, P. L.; ZAIA, P. A.; XAVIER, O. G.; KARAZAWA, E.H. – **História natural da perda auditiva ocupacional provocada por ruído**. *Revista da Associação Médica Brasileira*, v. 46, p. 143 -58, 2000.
- ANDRADE, Stella Maris Melazzi. **Metodologia para avaliação de impacto ambiental da construção civil no meio urbano**. COPPE/UFRJ, 2004.
- ARAÚJO, G. M.; REGAZZI, R. D. **Um peso e duas medidas: há divergência as normas de higiene ocupacional da FUNDACENTRO e NR sobre ruído**. *Proteção*, v. 13, n. 107, p. 45-47, nov. 2000.
- ARAÚJO, Giovanni Moraes de; REGAZZI, Rogério Dias. **Perícia e avaliação de ruído e calor passo a passo – Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: (s.n.), 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NORMA NBR 10152: níveis de ruídos para conforto acústico**. Dez. 1987.
- BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.
- CORRÊA FILHO, H. R.; COSTA, L. S.; HOEHNE, E. L.; PÉREZ, M. A. G.; NASCIMENTO, L. C. R.; MOURA, E. C. **Perda auditiva induzida por ruído e hipertensão em condutores de ônibus**. *Revista de saúde pública*, v. 36, n. 6, p. 693-701, 2002.
- COSTA, E. A. **Classificação e quantificação das perdas auditivas em audiometrias industriais**. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, v. 16, nº. 61, p. 35-38, 1988.
- FANTAZZINI, MÁRIO LUIZ – **Avaliação e controle da exposição ao ruído – Higiene Ocupacional**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.
- FERNANDES, João Cândido. **Apostila acústica e ruídos**. São Paulo: Universidade Estadual de São Paulo/ Faculdade de Engenharia Mecânica, Laboratório de acústica e vibrações, 2002.
- FORNARI, José Eduardo. **Síntese evolutiva de segmentos sonoros**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas/Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação, 2003.
- FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO – FUNDACENTRO. **Norma de higiene ocupacional – procedimento técnico – avaliação da exposição ocupacional ao ruído - NHO-01**, 2001.

GABAS, Gláucia C. **Programa de conservação auditiva – Guia prático 3M**. São Paulo: 3M do Brasil, 2004.

GERGES, Samir N. Y. **Ruído - fundamentos e controle**. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 1992.

GIMENES, Maria José Fernandes. **O ruído e seus efeitos à saúde – o ambiente e as doenças do trabalho**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.

GLORIG, A. **Noise: past, present and future – ear hear**. *Instrução Técnica – NBR. 10.151* – Instrução técnica para aplicação da norma brasileira NBR 10.151- palavra chave: ruído – CETESB, v. 1, p. 4-18, 1980.

LARGUESA, R. P. **Software medidor de pressão sonora**. Disponível em: [www.larguesa.kit.net](http://www.larguesa.kit.net). Acesso em: 18 de setembro 2009.

SAMIR, N. Y. Gerges. **Protetores auditivos**. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina/Departamento de Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2000.

SANTOS – PREFEITURA MUNICIPAL. **Código de postura do município**. *Capítulo IV – Do Sossego Público*. Atualizado em 29/08/2006.

TORRACA, Tânia. **Projeto: Pair – perda auditiva induzida pelo ruído**. *Serviço de otorrinolaringologia*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro/Hospital Universitário Clementino Fraga Filho.

## BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

AMERICAN CONFERENCE FOR GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. **About ACGIH – ABHO**. Edição de 2007.

BELLUSCI, Sílvia Meirelles. **Doenças profissionais ou do trabalho**. 10. ed. São Paulo: Senac.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE – SECRETÁRIA DE ATENÇÃO À SAÚDE – DEPARTAMENTO DE AÇÕES PROGRAMÁTICAS ESTRATÉGICAS. **Perda auditiva induzida por ruído (Pair) – saúde do trabalhador – protocolo de complexidade diferenciada nº 5 – série a. Normas e manuais técnicos**. Brasília-DF, 2006.

BRASIL. Presidência da República. **Lei 6.938 de 31/08/1981 – DOU -02/09/1981**. Disponível em: [http://WWW.silex.com.br/leis/1\\_6938.html](http://WWW.silex.com.br/leis/1_6938.html). Acesso em: 23 abril 2009.

BRASIL. Presidência da República. **Resolução CONAMA nº.: 001, de 23/01/1986 e nº.: 001-A, de 23/01/1986**. Disponível em: <http://lei.adv.br/001-86.htm>. Acesso em: 23 abril 2009.

COSTA, Ennio Cruz. **Acústica Técnica**. São Paulo. Edgard Blücher, 2003.

FUNDAÇÕES, TEORIA E PRÁTICA. **Manual da ABMS/ABEF**.

GABAS, Gláucia C. **Programa de conservação auditiva – Guia prático 3M**. São Paulo: 3M do Brasil, 2004.

GIMENES, Maria José Fernandes. **O ruído e seus efeitos à saúde – o ambiente e as doenças do trabalho**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.

MANUAL DE LEGISLAÇÃO ATLAS – **Segurança e medicina do trabalho-Lei nº. 6.514, de 22/12/1977 e NR, aprovadas de 8/06/1978**. 63. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

OLIVEIRA, Cláudio Antonio Dias de. **Aplicando procedimentos técnicos**. LTr, Edição de março, 2005.

SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

## **ANEXOS**

## **ANEXO A.1 PRINCIPAIS ASPECTOS RESUMIDO DA LEGISLAÇÃO – PORTARIA DO MINISTÉRIO DO TRABALHO Nº3214/78.**

A regulamentação técnica da Constituição Federal e Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) sobre os aspectos preventivos e relacionados aos riscos ambientais é feita através da Portaria do Ministério do Trabalho nº. 3214.

Esse documento apresenta normas regulamentadoras que abordam o tema “ruído”, em relação à sua identificação, ao conforto, monitoramento e às ações preventivas no campo da exposição ocupacional já comentada no item 1.5.1.

### **Normas Regulamentadoras:**

- a) NR-5– Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), trata da elaboração do Mapa de Riscos Ambientais.
- b) NR-6 – Equipamento de Proteção Individual (EPI), trata da necessidade do uso do EPI.
- c) NR – 7 Programa de Controle Médico e Segurança Ocupacional (PCMSO), determina os aspectos a serem observados na implantação do PCMSO e os parâmetros e a necessidade dos exames audiométricos.
- d) NR-9–Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), estabelece os riscos físicos, químicos e biológicos a serem reconhecidos e identificados no PPRA, que servem de base para o PCMSO.
- e) NR – 12 – Máquinas e Equipamentos, determina a necessidade dos fabricantes e importadores de motosserras e equipamentos de apresentarem os níveis de ruído e vibrações em seus manuais.
- f) NR – 15 – Atividades e Operações Insalubres, em seus Anexos Nº 1 e 2, tratam do assunto ruído, já exposto no item 1.5.1 e no Anexo nº. 8 vibrações.
- g) NR – 17 – Ergonomia, trata do ruído no aspecto conforto acústico no ambiente de trabalho.

Das normas apresentadas anteriormente, três fazem referência à pressão sonora em ambiente de trabalho. São elas:

- a) NR-9 – estabelece 50% de dose diária como nível de ação. Isso corresponde a valores acima de 80 dB (A).

- b) NR-15 – estabelece o campo máximo de exposição em função das intensidades de ruído para evitar perdas auditivas.
- c) NR – 17 – estabelece o valor de 65 dB (A) como limite para ambientes com conforto acústico ou a curva de avaliação de ruído (NC – Noise Criteria), valor não superior de 60 dB.

A Portaria MT 19 de 09/04/1998 estabelece diretrizes e parâmetros mínimos para o monitoramento dos trabalhadores expostos a níveis elevados de pressão sonora por meio de exames audiométricos (NR-7 – PCMSO). A FUNDACENTRO apresenta a NHO-01 como complemento metodológico para avaliação ocupacional.

Também amplamente discutido e sujeito a alterações provenientes da reforma da previdência, o problema do ruído é abordado pela Legislação Previdenciária, principalmente nos seguintes documentos:

- a) Lei 8.213 de 24/07/1991 dispõe sobre o Plano de Benefícios da Previdência Social (PBPS), incluindo a caracterização da aposentadoria especial (subseção IV) e auxílio acidente (subseção XI);
- b) Lei 9.032 de 1995 dispõe sobre o PBPS, sendo o marco da reformulação dos critérios para enquadramento de atividade especial;
- c) Decreto 3.048 de 1999 altera e revoga o Decreto 2.172 de 1997 que regulamenta a Lei 8.213 de 1991;
- d) Ordem de Serviço (OS) 608 de 05/08/1998 aprova a Norma Técnica sobre a perda auditiva neurossensorial por exposição contínua a níveis elevados de pressão sonora de origem ocupacional (PAIRO).

As OS 600 de 1998, 612 de 1998, 621 de 1998 e 623 de 1999 e 98 de 1999 e Instruções Normativas 42 de 2000, 49 de 2001 e 53 de 2001 são documentos complementares que também tratam do ruído ocupacional e devem ser aplicadas à época de suas respectivas vigências.

## **ANEXO A.2 ASPECTOS LEGAIS-CONAMA/IBAMA**

A poluição sonora é ocasionada pelo excesso de ruído gerado pela circulação de veículos, comércio, aeroportos, indústria e sua má localização. A necessidade de um programa que estabelecesse normas, métodos e ações para controlar o ruído excessivo e seus reflexos sobre a saúde e o bem-estar da população em geral, levou o governo federal a criar o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora – Silêncio, instituído pelo CONAMA por meio das Resoluções 01/90 e 02/90, sob a coordenação do IBAMA.

Além da legislação federal sobre o tema, existem diversos instrumentos legais nos âmbitos estaduais e municipais. Em São Paulo, destaca-se o Programa Silêncio Urbano – PSIU; em Santos, Litoral de São Paulo, onde se concentra o nosso estudo de caso, a Lei Orgânica do Município, no seu Capítulo IV trata Do Sossego Público, assunto a ser abordado mais adiante.

Particularmente, em relação à Legislação Federal, destacamos três tópicos contidos na Resolução CONAMA nº. 001, de 08 de março de 1990.

- a) A emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, obedecerá, no interesse da saúde e do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta Resolução.
- b) São prejudiciais à saúde e ao sossego público, para fins do item anterior, os ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela norma NBR 10151 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, visando o conforto da comunidade.
- c) Na execução dos projetos de construção ou de reformas de edificações para atividades heterogêneas, o nível de som produzido por uma delas não poderá ultrapassar os níveis estabelecidos pela NBR 10152 – Níveis de Ruído para conforto acústico.

As referências normativas citadas contêm as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, especificando o método para medição do ruído e a fixação dos níveis de ruído considerados compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos.

## **ANEXO A.3 ASPECTOS SOBRE RUÍDO DA LEI ORGÂNICA DA PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTOS – SP**

### **Capítulo IV – Do Sossego Público**

Um resumo dos principais artigos e parágrafos que tratam diretamente do caso em estudo.

**Artigo 191** – É proibido perturbar o sossego e o bem-estar públicos ou da vizinhança, com ruídos, algazarras, barulhos ou sons de qualquer natureza, excessivos e evitáveis, produzidos por qualquer forma.

**Artigo 193** – Os níveis de intensidade de som ou ruído obedecerão às normas técnicas estabelecidas e serão controlados por aparelho de medição de intensidade sonora, em “decibéis”.

**§1º** - O nível máximo de som ou ruído permitido será fixado de acordo com as normas definidas pela ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – denominadas NBR 10151 e NBR 10152, ajustando-se os procedimentos da fiscalização ambiental municipal às referidas normas (NR).

**§1º** com redação dada pela Lei Complementar nº 450, de 18 de janeiro de 2002. (D.O.M. 19/01/2002)

**§2º** - REVOGADO

**§2º** revogado pela Lei Complementar nº 450, de 18 de janeiro de 2002 (D.O.M. 19/01/2002).

**Artigo 199** – Não são proibidos os ruídos e sons produzidos pelas seguintes formas:

**VI** – por máquinas ou aparelhos utilizados em construções de obras em geral, devidamente licenciados pela Prefeitura, desde que funcionem entre 7 (sete) e 19 (dezenove) horas e não ultrapassem o nível máximo de 90 dB (noventa decibéis), medidos na curva “C” do aparelho medidor de intensidade de som à distância de 5,00 metros (cinco metros) de qualquer ponto da divisa do imóvel onde aquelas instalações estejam localizadas.

## **ANEXO A.4 Principais aspectos da NBR 1051 de junho de 2000. (Substitui a NBR 10151 de 1987, a partir de 31/07/2000)**

Avaliação de ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade.

O método de avaliação envolve as medições do nível de pressão sonora equivalente (LAEQ), em decibéis ponderados, segundo a curva "A". Esta curva tem por objetivo adequar a resposta do medidor em relação à resposta em frequência do ouvido humano.

Define: nível de pressão sonora equivalente (LAEQ), nível de ruído ambiente (Lra), ruído com caráter impulsivo e ruído com componentes tonais.

### **1.1 Equipamentos de medição**

- O instrumento de medição deve atender a IEC-651.
- A medição deve ser feita na curva A, do instrumento de medição.
- A medição deve ser feita utilizando-se a resposta rápida (FAST), do instrumento de medição.

### **1.2 Condições de medição**

Deve-se tomar as precauções técnicas para evitar a influência do vento e demais condições climáticas, quando relevantes:

I – Medição no exterior das edificações que contêm a fonte:

As medições devem ser efetuadas em pontos afastados, aproximadamente 1,2 metros do piso e a pelo menos 2 metros do limite da propriedade e de superfícies refletoras, como muros, paredes, tapumes, etc.;

A distância do microfone, em relação a qualquer superfície refletiva, deve ser de, no mínimo, 3,5 metros;

O microfone deverá estar provido de protetor de vento;

Não deverão ser efetuadas avaliações na ocorrência de precipitação (chuva);

Deverá ser evitada a interferência de outras fontes nos níveis de ruído da fonte em avaliação;

Na ocorrência de reclamações, as medições devem ser efetuadas nas condições e locais indicados pelo reclamante;

Caso o reclamante indique algum ponto de medição que não atenda às condições anteriores, o valor medido neste ponto também deve constar no relatório.

## II – Para medições no interior das edificações:

As medições devem ser efetuadas a uma distância de, no mínimo, 1 metro de quaisquer superfícies (parede, teto e móveis) – mínimo e medições (média aritmética) em 3 posições distintas, sempre que possível afastadas entre si em pelo menos 0,5 metro;

As medições devem ser efetuadas nas condições normais de utilização do ambiente (janelas abertas ou fechadas, conforme indicação do reclamante).

Caso o reclamante indique algum ponto de medição que não atenda às condições anteriores, o valor medido neste ponto também deve constar no relatório.

### 1.3 Classificação do ruído

**Ruído contínuo:** Ruído que, no intervalo de tempo de 5 minutos, apresenta uma variação menor ou igual a 6 dB (A), entre os valores máximo e mínimo.

**Ruído descontínuo:** Ruído que, no intervalo de tempo de 5 minutos, apresenta uma variação maior que 6 dB (A).

### 1.4 Correções para ruídos com características especiais

O nível corrigido  $L_c$  para ruído sem caráter impulsivo e sem componentes tonais é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente (LA<sub>EQ</sub>). Caso o equipamento não execute medição automática do LA<sub>EQ</sub> (Ex.: medidor de leitura instantânea), o mesmo deve ser determinado, considerando o seguinte cálculo;

$$L_{A\text{ eq}} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \quad (4)$$

Onde:

$L_i$  = NPS dB (A), lido em "fast" a cada 5 s

N é número de leituras

Quando o ruído for impulsivo ou de impacto –  $L_c$  = Máximo LA medido em "fast", acrescido de 5 dB (A);

Quando o ruído tiver componentes tonais –  $L_c$  = LAEQ + 5 dB (A);

Quando o ruído contiver ruído impulsivo mais componentes tonais –  $L_c$  = maior nível dos casos anteriores.

### 1.5 Avaliação do ruído

O limite máximo para o conforto é o Nível Critério de Avaliação (NCA), apresentado na Tabela 1.5 da norma reproduzida a seguir:

Tabela 1 – NCA para ambientes externos (NCA ext.)

| Tipos De Áreas                                                     | Diurno | Noturno |
|--------------------------------------------------------------------|--------|---------|
| 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 mista, predominantemente industrial                           | 70     | 60      |

Os limites de horário para período diurno e noturno da Tabela 1 podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população. Porém, o período noturno não deve começar depois das 22 horas e não deve terminar antes das 7 horas (domingo ou feriado até às 9 horas).

#### 1.6 Determinação do nível de critério de avaliação – NCA

NCA PARA AMBIENTES INTERNOS – NCA int.

$NCA_{int.} = NCA_{ext.} - 10 \text{ dB (A)}$  (janela aberta)

$NCA_{int.} = NCA_{ext.} - 15 \text{ dB (A)}$  (janela fechada) Se o nível de ruído ambiente  $L_{ra}$  for superior ao valor da Tabela 1 para a área e horário em questão, o NCA assume o valor do  $L_{ra}$ .

## **ANEXO A.5 Principais aspectos da NBR 10.152 de dezembro de 1987**

Níveis de ruído para o conforto acústico em ambientes diversos.

### **1.1 Pressão ponderada A, em Pascals (Pa)**

O valor eficaz (RMS) da pressão sonora é determinado pelo uso do circuito ponderado "A", conforme a IEC 651 (SOUND LEVEL METERS).

### **1.2 Nível de pressão sonora, em decibéis (Lp)**

O nível da pressão sonora é dado pela expressão:

$$L_p = 10 \cdot \log_{10} (P/P_0)^2 \quad [\text{dB}] \quad (5)$$

Onde:

P = Valor eficaz da pressão, em pascals

P<sub>0</sub> = pressão sonora de referência (20 µPa)

### **1.3 Nível de pressão sonora ponderada Lpa, em decibéis (A)**

O nível de pressão sonora ponderada Lpa é dado pela expressão:

$$L_{pa} = 10 \cdot \log_{10} (P/P_0)^2 \quad [\text{dB(A)}] \quad (6)$$

### **1.4 Curva de avaliação de ruído (NC)**

Método de avaliação de um ruído num ambiente determinado.

**Análise das frequências usando as tabelas 1 e 2.**

A-1. O método de avaliação recomendado, baseado nas medições do nível sonoro dB (A), é dado nesta Norma. Todavia, a análise de frequências de um ruído sempre é importante para objetivos de avaliação e adoção de medidas de correção ou de redução do nível sonoro. Assim sendo, incluem-se na Figura 1 várias curvas de avaliação de ruído (NC), por meio das quais um espectro sonoro pode ser comparado, permitindo uma identificação das bandas de frequência mais significativas e que necessitam correção.

A-1.1. As curvas NC são dadas na Figura 1 e os níveis de pressão sonora correspondentes estão na Tabela 2.

A-1. 2. A análise das bandas de oitava do ruído na gama de 63 Hz a 8.000 Hz deve ser determinada com filtros que obedeçam a IEC 225 (OCTAVE, HALF-OCTAVE AND THIRD-OCTAVE BAND FILTERS INTENDED FOR THE ANALYSIS OF SOUND VIBRATIONS).

A-13. Na utilização das curvas NC, admite-se uma tolerância de  $\pm 1$  dB, com relação aos valores. (ver Figura 1 e Tabela 2)

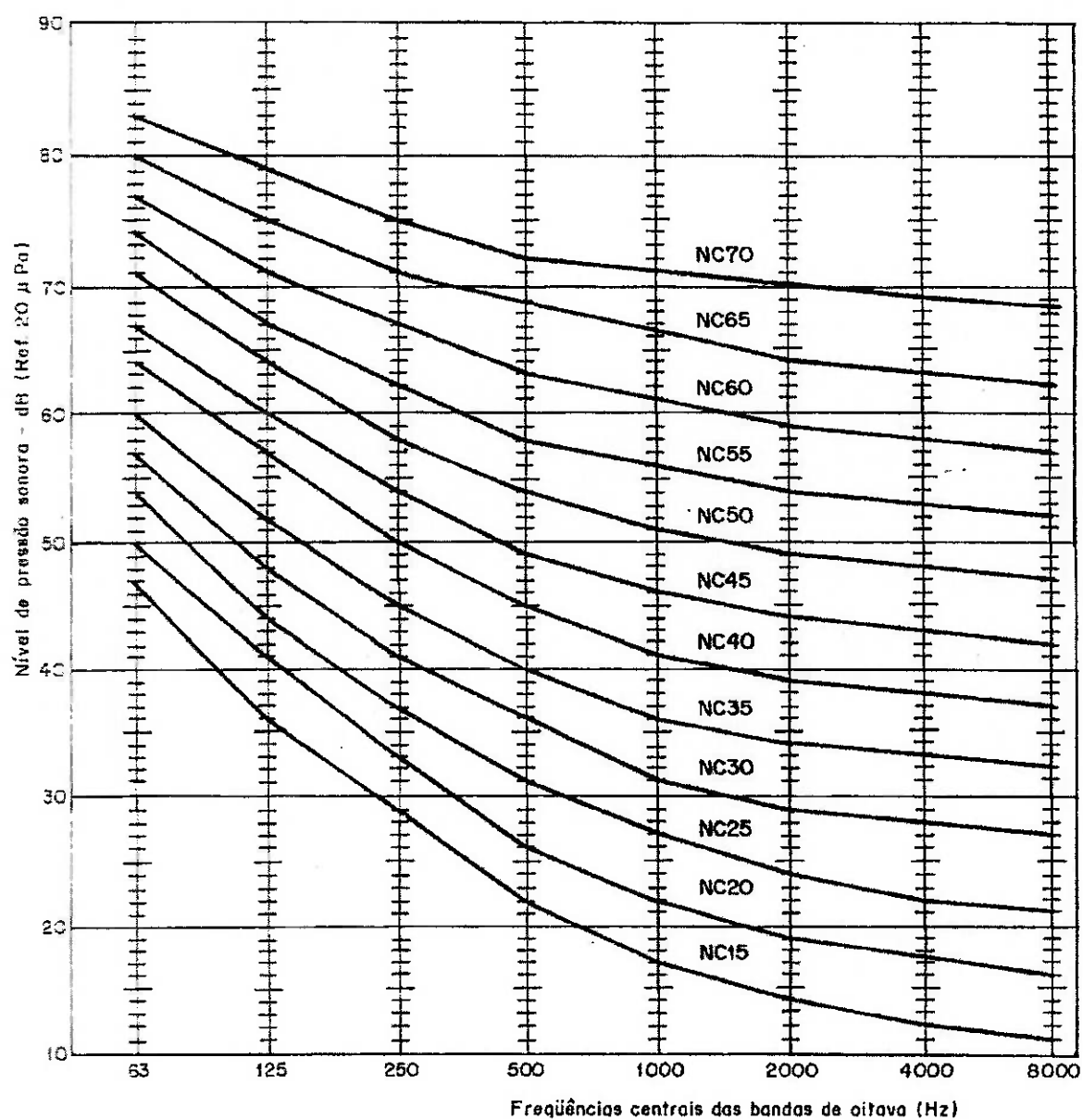


Figura 1 – Curvas da avaliação de ruídos (NC)

Fonte: Manual Ashrae Volume Sistemas Capítulo 35 – 1980

Tabela 1 – Valores dB (A) e NC

| Locais                                                      | dB(a) | NC    |
|-------------------------------------------------------------|-------|-------|
| <b>Hospitais</b>                                            |       |       |
| Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos    | 35-45 | 30-40 |
| Laboratórios, Áreas uso do público                          | 40-50 | 35-45 |
| Serviços                                                    | 45-55 | 40-50 |
| <b>Escolas</b>                                              |       |       |
| Bibliotecas, Salas de música, Sala de desenho               | 35-45 | 30-40 |
| Salas de aula, Laboratórios                                 | 40-50 | 35-45 |
| Circulação                                                  | 45-55 | 40-50 |
| <b>Hotéis</b>                                               |       |       |
| Apartamentos                                                | 35-45 | 30-40 |
| Portaria, Recepção, Circulação                              | 45-55 | 40-50 |
| <b>Residências</b>                                          |       |       |
| Dormitórios                                                 | 35-45 | 30-40 |
| Sala de estar                                               | 40-50 | 35-45 |
| <b>Auditórios</b>                                           |       |       |
| Salas de concertos, Teatros                                 | 30-40 | 35-45 |
| Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo       | 35-45 | 30-35 |
| <b>Restaurantes</b>                                         | 40-50 | 35-45 |
| <b>Escritórios</b>                                          |       |       |
| Salas de reunião                                            | 30-40 | 25-35 |
| Salas de gerência, Salas de projetos e de administração     | 35-45 | 30-40 |
| Salas de computadores                                       | 45-65 | 40-60 |
| Salas de mecanografia                                       | 50-60 | 45-55 |
| <b>Igrejas e Templos (Cultos meditativos)</b>               | 40-50 | 35-45 |
| <b>Locais para esporte</b>                                  |       |       |
| Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas | 45-60 | 40-55 |

Notas: a) O valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade.

b) Níveis superiores aos estabelecidos nesta Tabela são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar risco de dano à saúde.

Tabela 2 – Níveis de pressão sonora correspondentes às curvas de avaliação (NC)

| CURVA | 63 Hz | 125 Hz | 250 HZ | 500 Hz | 1 KHz | 2 KHz | 4 KHz | 8KHz |
|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------|
|       | dB    | dB     | dB     | dB     | dB    | dB    | dB    | dB   |
| 15    | 47    | 36     | 29     | 22     | 17    | 14    | 12    | 11   |
| 20    | 50    | 41     | 33     | 26     | 22    | 19    | 17    | 16   |
| 25    | 54    | 44     | 37     | 31     | 27    | 24    | 22    | 21   |
| 30    | 57    | 48     | 41     | 36     | 31    | 29    | 28    | 27   |
| 35    | 60    | 52     | 45     | 40     | 36    | 34    | 33    | 32   |
| 40    | 64    | 57     | 50     | 45     | 41    | 39    | 38    | 37   |
| 45    | 67    | 60     | 54     | 49     | 46    | 44    | 43    | 42   |
| 50    | 71    | 64     | 58     | 54     | 51    | 49    | 48    | 47   |
| 55    | 74    | 67     | 62     | 58     | 56    | 54    | 53    | 52   |
| 60    | 77    | 71     | 67     | 63     | 61    | 59    | 58    | 57   |
| 65    | 80    | 75     | 71     | 68     | 66    | 64    | 63    | 62   |
| 70    | 83    | 79     | 75     | 72     | 71    | 70    | 69    | 68   |

## ANEXO A.6 CROQUI DA OBRA

