

**UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ**

**MAICO FRANCISCO DE ALCÂNTARA**

**A INFLUÊNCIA DA EXPOSIÇÃO À INTENSIDADE SONORA  
EMITIDA PELAS SIRENES DAS VIATURAS SOBRE OS BOMBEIROS  
MILITARES DURANTE O DESLOCAMENTO DE EMERGÊNCIA**

São José

2008

MAICO FRANCISCO DE ALCÂNTARA

**A INFLUÊNCIA DA EXPOSIÇÃO À INTENSIDADE SONORA  
EMITIDA PELAS SIRENES DAS VIATURAS SOBRE OS BOMBEIROS  
MILITARES DURANTE O DESLOCAMENTO DE EMERGÊNCIA**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Emergências pela Universidade do Vale de Itajaí, Centro Tecnológico da Terra e do Mar.

Orientador: Professor Ricardo Monteiro

Coorientador: Cap. Diogo Bahia Losso

São José

2008

MAICO FRANCISCO DE ALCÂNTARA

**A INFLUÊNCIA DA EXPOSIÇÃO À INTENSIDADE SONORA  
EMITIDA PELAS SIRENES DAS VIATURAS SOBRE OS BOMBEIROS  
MILITARES DURANTE O DESLOCAMENTO DE EMERGÊNCIA**

Esta Monografia foi julgada adequada para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Emergências e aprovada pelo Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências da Universidade do Vale do Itajaí, Centro Tecnológico da Terra e do Mar.

Área de Concentração: Tecnologia e Gestão

São José, 17 de junho de 2008.

Prof. Ricardo Monteiro  
UNIVALI – CE de São José  
Orientador

Prof. Cap BM Diogo Bahia Losso  
UNIVALI – CE de São José  
Coorientador

2º Ten Zevir Aníbal Cipriano Junior  
UNIVALI – CE de São José  
Membro

Dedico este trabalho a todos os meus amigos de curso, aos Bombeiros Militares, ao professor Júlio Bento, a minha família e principalmente a minha amada esposa Jacklini.

## AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos aos professores da Universidade do Vale do Itajaí do Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências principalmente ao meu orientador professor Ricardo Monteiro, que se mostrou muito prestativo, bem como aos instrutores militares do Centro de Ensino Bombeiro Militar.

Agradecimento aos meus companheiros de turma: Márcio, Sommer, Túlio, Grígulo, Ana Paula, Davi, Coste, Diego, Sarte, Cléber, Ivanka, Isabel, Dos Anjos, Lemos, Daniel, Eidt e Pratts pela ajuda prestada nos momentos de dificuldade.

Agradeço também a todos os bombeiros militares, principalmente ao Cap BM Losso, que muito contribuiu para que este trabalho fosse concluído dentro do prazo e com sucesso.

Agradecimento especial a Professora Rachel, pela contribuição especial pelo empréstimo do medidor de pressão sonora.

Agradeço ao meu Professor Júlio Bento, pessoa fundamental para realização dos meus objetivos e a quem faço uma dedicação especial e imprescindível.

A preferência pelo ruído encontra-se na  
razão inversa da inteligência do homem.

**Schopenhauer.**

## RESUMO

ALCANTARA, Maico Francisco. **A influência da exposição à intensidade sonora emitida pelas sirenes das viaturas sobre os Bombeiros Militares durante o deslocamento de emergência.** 2008. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnológico) – Centro Tecnológico da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2008.

O estudo deste trabalho monográfico é direcionado para a análise dos níveis de intensidade sonora (ruído) provenientes das viaturas de emergência do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, quando no deslocamento de emergência, levando em consideração os níveis de ruído e o tempo de exposição aos quais os Bombeiros Militares estão sujeitos.

Através do trabalho de pesquisa bibliográfica e das medições realizadas nas situações de deslocamento das viaturas de Bombeiro, quando na prestação do serviço de emergência, será feita uma comparação com os níveis ideais de exposição ao ruído, de modo a averiguar se a exposição ao ruído é prejudicial ou não a segurança e saúde do Bombeiro Militar.

**Palavras-chave:** Intensidade sonora; Ruído; Sirene de emergência; Corpo de Bombeiros Militar.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS**

**ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas

**ABTR** – Auto Bomba Tanque Resgate

**BM** - Bombeiro Militar

**CBMSC** - Corpo de Bombeiro Militar de Santa Catarina

**EPI** - Equipamento de Proteção Individual

**NBR** - Norma Brasileira de Regulamentação

**NPS** – Nível de Pressão Sonora

**NR** – Norma Regulamentadora

**PAIR** – Perda Auditiva Induzida por Ruído



## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 1 – Exemplos de Níveis de Pressão Sonora..... | 31 |
| FIGURA 2 – Ouvido Humano .....                       | 38 |
| FIGURA 3 – Medidor de Pressão Sonora.....            | 49 |

## LISTA DE FOTOS

|  |    |
|--|----|
| Foto 1: Do Ponto 1.....                | 40 |
| Foto 2: Do Ponto 2.....                | 41 |
| Foto 3 : Do Ponto 3.....               | 42 |
| Foto 4: Do ABTR 28.....                | 43 |
| Foto 5 : Do ABRT 28 .....              | 43 |
| Foto 6: Medidor de Pressão Sonora..... | 44 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 1: Janela Aberta e Estacionado.....  | 52 |
| Gráfico 2: Janela Fechada e Estacionado..... | 52 |
| Gráfico 3: Janela Aberta em Movimento.....   | 53 |
| Gráfico 4: Janela Fechada em Movimento.....  | 53 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Intensidade Sonora .....  | 23 |
| Tabela 2 – NBR 10152/1987 .....  | 24 |
| Tabela 3 – Limites de tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente ..... | 28 |
| Tabela 4 – Perdas de Audição Médio por Idade.....                          | 33 |
| Tabela 5 – Janela Aberta e Estacionado do Ponto 1.....                     | 47 |
| Tabela 6 – Janela Aberta e Estacionado do Ponto 2.....                     | 47 |
| Tabela 7 – Janela Aberta e Estacionado do Ponto 3.....                     | 48 |
| Tabela 8 – Janela Fechada e Estacionado do Ponto 1.....                    | 48 |
| Tabela 9 – Janela Fechada e Estacionado do Ponto 2.....                    | 48 |
| Tabela 10 – Janela Fechada e Estacionado do Ponto 3.....                   | 48 |
| Tabela 11 – Janela Aberta em Movimento do Ponto 1.....                     | 49 |
| Tabela 12 – Janela Aberta em Movimento do Ponto 2.....                     | 49 |
| Tabela 13 – Janela Aberta em Movimento do Ponto 3.....                     | 49 |
| Tabela 14 – Janela Fechada em Movimento do Ponto 1.....                    | 50 |
| Tabela 15 – Janela Fechada em Movimento do Ponto 2.....                    | 50 |
| Tabela 16 – Janela Fechada em Movimento do Ponto 3.....                    | 50 |
| Tabela 17 – Resultados: Janela Aberta e Estacionado.....                   | 51 |
| Tabela 18 – Resultados: Janela Fechada e Estacionado.....                  | 51 |
| Tabela 19 – Resultados: Janela Aberta em Movimento.....                    | 51 |
| Tabela 20 – Resultados: Janela Fechada em Movimento.....                   | 51 |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO.....                                     | 14 |
| 1.1 OBJETIVOS .....                                   | 15 |
| 1.1.1 Objetivo geral .....                            | 15 |
| 1.1.2 Objetivos específicos.....                      | 15 |
| 1.2 PROBLEMA.....                                     | 16 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO.....                            | 17 |
| 2.1 ONDAS SONORAS .....                               | 17 |
| 2.1.1 Massa.....                                      | 17 |
| 2.1.2 Elasticidade.....                               | 18 |
| 2.1.3 Velocidade de propagação do som .....           | 18 |
| 2.1.4 Frequência .....                                | 19 |
| 2.1.5 Amplitude.....                                  | 20 |
| 2.1.6 Timbre .....                                    | 21 |
| 2.2 RUÍDO.....  | 27 |
| 2.2.1 Lesões auditivas por ruído.....                 | 31 |
| 2.2.2 Tipos de ruído.....                             | 33 |
| 2.3 ISOLAMENTO ACÚSTICO.....                          | 34 |
| 2.4 PROPRIEDADES DA PROPAGAÇÃO DAS ONDAS.....         | 35 |
| 2.4.1 Reflexão.....                                   | 35 |
| 2.4.2 Eco, reverberação e tempo de reverberação ..... | 35 |
| 2.4.3 Refração.....                                   | 36 |
| 2.4.4 Difração .....                                  | 36 |
| 2.5 USO DE SIRENE E ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA.....     | 36 |
| 2.6 O OUVIDO HUMANO .....                             | 37 |
| 2.7 METODOLOGIA .....                                 | 39 |
| 2.7.1 Materiais .....                                 | 45 |
| 2.7.2 Dados.....                                      | 45 |
| 2.8 RESULTADOS .....                                  | 49 |
| 2.9 DISCUSSÃO .....                                   | 51 |
| 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                          | 54 |

|                   |    |
|-------------------|----|
| 4 CONCLUSÃO.....  | 55 |
| REFERÊNCIAS ..... | 56 |

## 1 INTRODUÇÃO

O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina é o órgão oficial do estado responsável pelas atividades de salvamento, prevenção e manutenção da incolumidade pública, devendo prestar o serviço à comunidade de forma a atender a seus anseios. Para que isso seja atingido a corporação deve estar preparada para as mudanças, de forma que os integrantes da instituição estejam qualificados para exercer a profissão, corroborando a solidificação do bom serviço e credibilidade junto à sociedade catarinense.

No cumprimento de seus deveres legais que são atribuídos ao CBMSC pelas constituições federal e estadual, o Bombeiro Militar se expõe a situação que afetam a segurança, integridade física e saúde para poder realizar suas missões. Uma dessas exposições a que este trabalho monográfico trata é a exposição ao ruído.

A exposição excessiva ao ruído pode causar vários problemas à saúde, incluindo a perda auditiva entre outros danos relacionados. Altos níveis de ruído interferem na comunicação, perda de atenção, irritabilidade, fadiga, dores de cabeça, elevação da frequência cardíaca e pressão arterial, vaso contração periférica, aumento de secreção e da mobilidade gástrica, contração muscular (Medeiros, 1999, p.36), que atingem os bombeiros quando estão atuando em suas funções, principalmente durante o deslocamento para prestar o atendimento em uma ocorrência, que devido à urgência e necessidade de deslocamento rápido, que exigem e justificam o uso da sirene, uma vez que se deve abrir passagem no trânsito facilitando o acesso e diminuindo o tempo resposta, todavia, este deslocamento pode provocar nos Bombeiros Militares danos auditivos, além de poder potencializar riscos de acidentes de trânsito, pois o uso da sirene também pode interferir na atenção do motorista da viatura.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) a partir 55 decibels o ruído inicia estresse leve, levando a uma excitação que já pode ser considerada como desconforto para quem necessita de tranquilidade. Entretanto, os ruídos podem ultrapassar esse nível, como pode ser o caso das sirenes de viaturas utilizadas pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, sendo este o objetivo de análise deste trabalho monográfico.

As necessidades de controle de poluição sonora e dos limites de exposição ao ruído são de relevante atenção a ser dada para garantir a segurança, integridade física e até mesmo a eficiência da atividade profissional desempenhada pelo

CBMSC. É neste foco que se dirige este trabalho, no intuito de verificar se os níveis sonoros são prejudiciais aos bombeiros Militares.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Investigar a influência da intensidade sonora proveniente da sirene das viaturas de socorro nos Bombeiros Militares do Estado de Santa Catarina, e as consequências para a saúde e a segurança.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

Identificar os níveis de intensidade sonora das sirenes através do uso do equipamento de medição de níveis de pressão sonora;

Comparar os níveis de intensidade sonora aos quais estão expostos os Bombeiros Militares com as escalas recomendadas em ambientes ocupacionais;

Analisar a influência da intensidade sonora à saúde e a segurança do sistema ótico do Bombeiro Militar;

Propor medidas preventivas e que possibilitem a mitigação de danos auditivos nos Bombeiros Militares.



## 1.2 Problema

O CBMSC atende anualmente a inúmeras ocorrências que necessitam de um deslocamento rápido visando preservar a vida, utilizando-se para isso do uso de sirenes nas viaturas de socorro com o propósito de viabilizar o acesso e assim realizar o atendimento ao cidadão de forma eficiente. As sirenes quando em funcionamento emitem som (sinais sonoros), que podem provocar problemas à saúde e a segurança do Bombeiro Militar.

Deseja-se neste trabalho monográfico analisar e medir o grau de exposição de nível de intensidade sonora numa ocorrência e verificar se este pode afetar a segurança do Bombeiro Militar, além de comparar esses níveis de exposição com outras atividades profissionais.

Até que ponto os níveis de intensidade sonora emitido pelas sirenes das viaturas podem afetar a saúde e a segurança do Bombeiro Militar durante o deslocamento, levando em conta sua intensidade.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Ondas sonoras**

Segundo Russo (1999, p.34), ondas sonoras são produzidas por elementos vibratórios, que são capazes de provocar variações na densidade do meio ao seu redor, que tem por consequência a variação da pressão sonora. As partículas materiais que transmitem a onda sonora oscilam paralelamente à direção de propagação, devido a isso as ondas sonoras são classificadas como longitudinais. As ondas sonoras necessitam de um meio material para que ocorra propagação, pois não se propagam no vácuo, desta forma as ondas sonoras são ondas mecânicas, diferentemente da luz que é uma onda eletromagnética e não necessita de meio físico para sua propagação. Além disso, elas se propagam em todas as direções, por isso também são chamadas de ondas tridimensionais.

O som também pode ser definido como a sensação produzida quando as vibrações longitudinais de moléculas no ambiente externo atingem a membrana timpânica. Para que um corpo funcione como fonte sonora é imprescindível que ela seja capaz de vibrar, todavia, o corpo necessita de duas propriedades físicas: massa e elasticidade.

#### **2.1.1 Massa**

É a propriedade de matéria que está presente ou o elemento de um sistema mecânico que representa a matéria que o corpo possui. (Russo, 1999, p.44). Assim massa é a quantidade de matéria que um corpo qualquer possui.

### 2.1.2 Elasticidade

Propriedade que permite a recuperação da distorção, tanto de forma quanto de volume, ou seja, é a capacidade que alguns corpos possuem de voltarem à forma e tamanho originais depois que retirada da força que os levou à deformação. (Russo 1999, p.44).

Para Ramalho et al (1997, p.477) as ondas sonoras têm origem mecânica, uma vez que são produzidas por deformações em um meio elástico, desta forma, as ondas sonoras não se propagam no vácuo, apenas em meios materiais.

Desta forma define-se que as ondas sonoras são tridimensionais, pois se propagam em todas as direções; são mecânicas, haja vista precisar de um meio material para se propagar e também são longitudinais, devido ao fato de que as partículas que carregam a onda oscilam paralelamente ao sentido de propagação do som.

### 2.1.3 VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO SOM

Por precisar de um meio material para se propagar, percebe-se que quanto mais denso for o material maior será a velocidade de propagação do som. Outro fator que interfere na velocidade do som é a elasticidade, sendo que quanto mais elástico for o meio de propagação, menor será a velocidade do som. Conforme RUSSO (1999, p.81) “Mudanças na temperatura do ar afetam a velocidade de propagação do som, ou seja, à medida que a temperatura aumenta, a pressão do meio permanece constante, mas os gases expandem-se e diminuem a densidade do meio”.

Assim, a velocidade do som é diretamente proporcional ao aumento da temperatura, aumentando aproximadamente 0,61 m/s à medida que a temperatura aumenta 1°C. Para a velocidade de propagação das ondas sonoras no ar, pode-se usar a seguinte fórmula:

$$V = 331,2 + 0,61 t \text{ ( m/s).}$$

Em que t é a temperatura do ar em graus Celsius. (Russo 1999, p.82).

A velocidade de propagação do som nos sólidos e líquidos são maiores do que no ar, isso acontece devido ao fato de que as moléculas nos meios sólidos e líquidos estarem mais agregados, facilitando uma melhor propagação do som.

A velocidade do som depende da densidade e da pressão do ar e pode ser calculada pela equação abaixo:

$$V = \sqrt{1,4 \cdot \frac{P}{D}}$$

Em que P é a pressão atmosférica e D a densidade no SI. Se tomarmos  $P = 10^5$  Pa e  $D = 1,18 \text{ kg/m}^3$ , obteremos a velocidade  $V = 344,44 \text{ m/s}$ . (FERNANDES, 2002)

Para Máximo e Alvarenga (2002, p.330) (...) “quanto maior for a temperatura de um gás, maior a velocidade com que a onda sonora se propaga. De fato, a agitação das moléculas de um gás aumenta com a temperatura, fazendo com que a propagação da onda sonora seja mais rápida”.

As ondas sonoras apresentam algumas características fundamentais, chamadas de qualidades das ondas sonoras, são elas: a frequência, a amplitude, e o timbre, que é uma característica da fonte sonora.

## 2.14 Frequência

Denomina-se frequência ao número de ciclos que as partículas materiais realizam em um segundo, ou o número de vibrações por unidade de tempo, é medida pela unidade chamada Hertz (Hz), em homenagem ao físico alemão Heinrich Hertz, refere-se à altura do som, e permite classificá-lo em uma escala que varia de grave a agudo.

A altura é a qualidade relacionada à frequência da onda sonora que, por sua vez, nos permite classificá-la em uma escala que varia de grave a aguda. Quanto mais alta for a frequência, mais agudo é o som. Quanto mais baixo for a frequência, mais grave ele o será. Ainda com relação à frequência, é importante observarmos que os termos alto e baixo referem-se a ondas sonoras de alta e baixa frequência, sendo, portanto, equivalentes aos termos agudo e grave e

não à intensidade sonora, como geralmente são empregados. (RUSSO, 1999, p. 61).

Porém não são todas as flutuações de pressão que produzem estímulo auditivo no ser humano. Assim como a sensação luminosa, apenas uma faixa limitada de frequência pode produzir a sensação de audição humana. Os animais também possuem sensação auditiva em faixas de frequências que podem ser mais amplas que a faixa auditiva humana.

Segundo Russo (1999, p.57) o ouvido humano é sensível apenas a sons que estão na faixa de frequência de 20 Hz a 20000 Hz, chamadas de faixa audível. As ondas sonoras abaixo de 20 Hz são chamadas de infra-som e as acima de 20000 Hz são denominadas de ultra-som.

Conforme Russo e Santos (1993, p.253), apesar das ondas sonoras poderem estar situadas em qualquer frequência, a capacidade auditiva do ser humano é de perceber sons que estão entre 20 Hz a 20.000 Hz.

A Frequência de uma onda sonora em propagação é o número de ondas que passam por um determinado referencial em um intervalo de tempo. Chamando de  $\lambda$  o comprimento de onda do som e  $V$  a velocidade de propagação da onda, pode-se construir a seguinte relação:

$$V = \lambda \cdot f$$

A unidade de frequência (**SI**) é ciclos por segundo, ou Hertz (Hz) (FERNANDES, 2002)

### **2.1.5 Amplitude**

É a medida do afastamento ou deslocamento horizontal das partículas materiais de sua posição de equilíbrio. Também pode ser definida como a energia que atravessa uma área num intervalo de tempo, a força exercida pelas partículas materiais sobre a superfície a qual incidem. (RUSSO, 1999, p.59).

A amplitude relaciona-se à intensidade sonora, sendo um dos processos físicos utilizados na medida desta juntamente com a pressão efetiva e a energia transportada pelo som, permite classificar o som em uma escala de fraco a forte. Quanto

maior amplitude mais forte é o som, quanto menor amplitude mais fraca ele o será. (RUSSO, 1999, p. 59).

### **2.1.6 Timbre**

É uma qualidade da fonte sonora, que nos permite diferenciar, por exemplo, a mesma nota musical emitida por instrumentos diferentes, através de diversas frequências harmônicas de que se compõem um determinado som complexo. (RUSSO, 1999, p.61).

O conceito de timbre refere-se à qualidade do som e está normalmente dissociado dos conceitos de intensidade e altura. Timbre é definido pela ASA (American Standard Association) como “aquele atributo do sentido auditivo em termos do qual o ouvinte pode julgar que dois sons similarmente apresentados e tendo a mesma intensidade e altura, são dissimilares” (RISSET e WESSEL, 1982).

Dessa forma, timbre é qualidade do som que nos permite distinguir sons, mesmo que eles estejam na mesma intensidade e altura.

Gerges (1992, p.98) afirmou que o som é caracterizado por flutuações de pressão em um meio, mas a sensação que um som causa só ocorrerá quando a amplitude das flutuações de pressão e a frequência com que elas se repetem estiverem dentro de determinados valores.

### **2.1.7 Mediação de pressão sonora**

Existem várias formas de realizar medição de Níveis de Pressão Sonora no intuito de aferir o ruído produzido por algum equipamento como no caso de uma sirene de Bombeiro.

Comumente se chama os equipamentos de medição de níveis de pressão sonora como "decibelímetro". Isso consistiu um erro técnico, pois não existem equipamentos que possam medir algo que não tenha dimensão (grandeza física).

Portanto, o nome correto destes equipamentos é "medidor de nível de pressão sonora". (JANKOVITZ, 2000)

O nome decibel é em homenagem a Alexander Graham Bell, Norte Americano (1847-1922) e corresponde a 10 vezes (deci) a grandeza BELL.

$$1 \text{ Bel} = \text{Log}(N/N_0)$$

Onde:

log = logaritmo - base 10 – da relação:

N = uma grandeza física qualquer

N<sub>0</sub> = uma grandeza física de referência

Em Acústica: a grandeza física medida é N/m<sup>2</sup> (Newton por metro quadrado) = unidade de pressão e a grandeza de referência (N<sub>0</sub>) é 0,00002 N/m.

Desta forma o Decibel é uma unidade inventada para medir a intensidade do som. Ela é uma razão entre valores, com um valor de referência. Como a intensidade absoluta dos sons varia em uma escala muito grande, a unidade é definida em termos de uma escala logarítmica.

A fórmula da Intensidade sonora do Som é representada abaixo:

$$I_{dB} = 10 \log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right) \quad P_{dB} = 10 \log_{10} \left( \frac{P}{P_0} \right)$$

Onde:

I<sub>dB</sub> - Intensidade do som, medida em decibel

I - intensidade do som da fonte

I<sub>0</sub> - Intensidade inicial de referência.

P<sub>dB</sub> - Potência do som, medida em decibel

P - Potência do som da fonte

P<sub>0</sub> - Potência inicial de referência.

Conforme as normas ISO R 1996 e a NBR 10152 (ABNT, 1987), uma maneira de avaliar o conforto acústico de um ambiente é medindo o nível de pressão sonora (NPS) global em uma escala dB(A) e estabelecer um valor único Leq que é o nível sonoro equivalente durante uma faixa de tempo, dado pela fórmula:

$$Leq = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{NPS_i}{10}}$$

Onde: n = número de medições

A tabela abaixo demonstra alguns níveis de intensidade sonora em situações diversas.

Tabela 1 ( Intensidade Sonora)

| <b>Intensidade<br/>,<br/>em dB<br/>(NPS*)</b> | <b>Fonte</b>  |
|---|---|
| 250   | Som dentro de um tornado; bomba nuclear a 5 m         |
| 180   | Foguete, à 30 m; canto da baleia azul, à 1 m          |
| 150   | Avião a jato, à 30 metros                             |
| 140   | Tiro de rifle, à 1 m                                  |
| 130   | <b>Limite da dor.</b> Buzina de trem, à 10 m          |
| 120   | Concerto de rock, jato decolando, à 100 m             |
| 110   | Motocicleta em alta velocidade, à 5 m                 |
| 100   | Furadeira pneumática, à 2 m.                          |
| 90  | Caminhão, à 1 m.                                      |
| 85  | <b>Limite de Ruído permitido pela NR-15 (8 horas)</b> |
| 80  | Aspirador de pó grande, à 1 m. Tráfego pesado         |
| 70  | Barulho de tráfego, à 5 m                             |
| 60  | Som no interior de escritório ou restaurante          |
| 50  | Restaurante silencioso                                |
| 40  | àrea residencial, à noite                             |



|    |                                       |
|----|---------------------------------------|
| 30 | Interior de cinema, sem barulho       |
| 10 | Respiração humana, à 3 m              |
| 0  | <b>Limite da audibilidade humana.</b> |

Fonte: <<http://www.areaseg.com/acustica>>

A associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a Norma Brasileira 10152 de 1987, tem por escopo fixar os níveis de ruído compatíveis Regulamentadora (NBR) com o conforto acústico em ambientes como bibliotecas, salas de música, salas de desenho, laboratórios e outros. É importante ressaltar que o valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável para finalidade. Quanto os níveis aferidos ultrapassam estes valores de desconforto implicam danos e risco à saúde. Esta norma nos fornece os níveis de ruído para conforto acústico conforme se pode analisar abaixo, em que se fixam os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos.

Tabela 2 - NBR 10152/1987

|                    | <b>dB(A)</b> | <b>NC</b> |
|--------------------|--------------|-----------|
| <b>RESIDÊNCIAS</b> |              |           |
| Dormitórios        | 35 - 45      | 30 - 40   |
| Salas de Estar     | 40 - 50      | 35 - 45   |

|  |         |         |
|--|---------|---------|
| <b>HOSPITAIS</b>                                   | 35 - 45 | 30 - 40 |
| Apartamentos, Enfermarias, Berçários, C.Cirúrgicos | 40 - 50 | 35 - 45 |
| Laboratórios, Áreas para uso do público            | 40 - 50 | 35 - 45 |
| Serviços   | 45 - 55 | 40 - 50 |

| <b>ESCOLAS</b>                                 |         |         |
|--|---------|---------|
| Bibliotecas, Salas de música, Salas 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 |
| Restaurantes, Salas de Estar   | 40 - 50 | 35 - 45 |
| Portaria, recepção, Circulação | 45 - 55 | 40 - 50 |

| <b>AUDITÓRIOS</b>  |         |         |
|--|---------|---------|
| Salas de Concerto, Teatros                               | 30 - 40 | 25 - 30 |
| Salas de Conferências, Cinemas, Salas de Múltiplo<br>Uso | 35 - 45 | 30 - 35 |

| <b>RESTAURANTES</b> |         |         |
|---------------------|---------|---------|
| Restaurantes        | 40 - 50 | 35 - 45 |

| <b>ESCRITÓRIOS</b>                          |         |         |
|---|---------|---------|
| Salas de Reuniões                           | 30 - 40 | 25 - 35 |
| Salas de Gerência, Projetos e Administração | 35 - 45 | 30 - 40 |
| Salas de Computadores                       | 45 - 65 | 40 - 60 |

|                          |         |         |
|--------------------------|---------|---------|
| Salas de Mecanografia    | 50 - 60 | 45 - 55 |
| <b>IGREJAS E TEMPLOS</b> |         |         |
| Cultos Meditativos       | 40 - 50 | 35 - 45 |

|   |         |         |
|---|---------|---------|
| <b>LOCAIS PARA ESPORTE</b>                                  |         |         |
| Pavilhões fechados para espetáculos e Atividades Esportivas | 45 - 60 | 40 - 55 |

Fonte: (NBR 10152/1987)

Com relação ainda ao conforto acústico no trabalho, apresenta-se abaixo uma transcrição parcial da Lei 6.514 de 22/11/77 relativa ao Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo à Segurança e Medicina do Trabalho, dado pela Portaria No. 3.751 de 23 de Novembro de 1990, Norma Reguladora No. 17- ERGONOMIA, na qual se encontra os parâmetros que permitem a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar conforto acústico, desempenho e segurança:

17.5.2 - Nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exigem solicitação intelectual e atenção constante, tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, são recomendadas as seguintes condições de conforto:

- a) Níveis de ruído de acordo com o estabelecido na NBR 10152, registrada no INMETRO.
- b) Índice de temperatura efetiva entre 20 e 23 graus.
- c) Velocidade do ar não superior a 0,75 m/s
- d) Umidade relativa do ar não inferior a 40%.

17.5.2.1 - Para as atividades que possuam as características definidas no sub-item 17.5.2, mas não apresentam equivalência ou correlação com aquelas relacionadas na NBR 10152, o nível de ruído aceitável para efeito de conforto será de até 65 dB(A) e a curva avaliação de ruído (NC) de valor não superior a 60.

Conforme essa mesma lei os parâmetros previstos no subitem 17.5.2 devem ser medidos nos postos de trabalho, sendo os níveis de ruído determinados próximos à zona auditiva e às demais variáveis na altura do tórax do trabalhador. O valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto que o valor

superior significa o nível sonoro máximo aceitável para a respectiva finalidade. (JANKOVITZ, 2000).

## 2.2 Ruído

Para Russo (1999, p. 157), o ruído é um sinal acústico propagado em diferentes frequências, sem que estas tenham relação entre si. A autora ressalta que o ruído intenso é prejudicial ao bem estar físico, mental e social do indivíduo a ele exposto.

Santos (1996, p.157) acrescentou que geralmente usamos o termo som para as sensações prazerosas como música ou fala, e ruído para descrever um som indesejável como buzina de carro, barulho de motor, máquinas e outros.

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas, (ABNT, 1987) ruído é a mistura de tons cujas frequências diferem entre si por valor inferior à discriminação (em frequência) do ouvido.

Em relação ao ruído, Almeida (1982) cita o conceito de Andrés: "o termo expressa uma sensação subjetiva auditiva, originada por movimento vibratório e propagada através de meios sólidos, líquidos ou gasosos, com uma velocidade diferente, segundo o meio empregado em sua propagação; psicologicamente, entendemos por ruído uma sensação auditiva desagradável". (ALMEIDA, 1982, p.16).

Lacerda (1976, p.77) aponta que no ruído podem-se distinguir dois fatores principais. O primeiro diz respeito à frequência, emitidas pela fonte sonora, medida em Hz, atribuindo aos ruídos a seguinte classificação: de baixa frequência (graves) entre 20 a 300 Hz; frequências médias de 300 a 6.000 Hz; altas frequências (agudas) os de 6.000 a 20.000 Hz. Os sons abaixo de 20 Hz são denominados de infra-sons e acima de 20.000 Hz, de ultra-sons. Os sons de alta frequência são mais nocivos à orelha humana e os ruídos de baixa frequência, mesmo sendo suportáveis pela orelha, produzem efeitos orgânicos mais acentuados. O segundo fator ligado ao ruído é a intensidade, medida em decibel (dB), considerando que os ruídos inferiores a 40 dB são apenas desagradáveis, enquanto os ruídos entre 40 - 90 dB são capazes de favorecer distúrbios nervosos, e os superiores a 90 dB agem de forma traumatizante na orelha.

O ruído é um problema permanente em nossa rotina. Médicos afirmam que o ruído pode diminuir a nossa eficiência no trabalho, a concentração, a digestão e a

paz mental; o ruído contínuo pode ter conseqüência deletéria do ponto de vista psíquico e físico. Todos os especialistas concordam que um ruído súbito e forte provoca aproximadamente a mesma reação em uma pessoa que um grande susto. Se a reação foi suficientemente profunda, poderá ser seguida por choque, depressão e perda da vitalidade. Um choque provocado por um ruído súbito e forte pode elevar a pressão do cérebro de uma pessoa próxima muito mais do que a morfina e a nitroglicerina, as duas drogas mais poderosas que se conhece para elevar a pressão cerebral. Não somente ruído forte, mas também ruído contínuo, que mesmo sendo fraco, pode provocar grande tensão nervosa em muitas pessoas. Os chineses, há século, usavam um ruído contínuo como o tique-taque de um relógio para enlouquecer os prisioneiros em celas silenciosas, numa situação de tortura. (PASQUALETTO, et al, 1999).

Pode perceber que o nível sonoro de um som se relaciona com a energia sonora que ele transporta. O ouvido humano quando submetido continuamente a níveis sonoros superiores a 85 dB pode sofrer danos irreparáveis e irreversíveis, que causam diminuição na audição. Quanto maior os níveis sonoros de exposição, maiores também serão as conseqüências. Uma curta exposição a 110 dB causa, por exemplo, uma diminuição transitória da sensibilidade auditiva. Caso a exposição com os mesmos 110 dB for mais prolongada (ou curtas a 140 dB) podem levar a lesões nos nervos do ouvido e conseqüente surdez definitiva. Agora se a exposição for repentina a sons com níveis sonoros superiores a 140 dB podem ocorrer a ruptura do tímpano e causar danos ao ouvido médio. (RAMALHO, et al 1997, p.512).

A exposição contínua a ruídos acima de 85 dB pode provocar perdas auditivas permanentes e, com aumento de apenas 5 dB, representa uma redução do tempo de exposição ao ruído pela metade.

Abaixo se encontra os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente, segundo a NR-15 que trata das atividades insalubres. Para essa norma são consideradas insalubres aquelas atividades que se desenvolvem acima dos limites estabelecidos na tabela abaixo.

Tabela 3 (Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente)

| <b>Nível de Pressão Sonora-NPS dB(A)</b> | <b>Máxima exposição diária permissível</b> |
|--|--|
| 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           |
| 112 | 10 minutos           |
| 114 | 8 minutos            |
| 115 | 7 minutos            |

Fonte: (NR – 15)

Segundo a NR 15 não é permitidos a exposição a níveis de ruído, contínuos ou intermitentes, acima de 115 dB, para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos. Pois esta condição oferece risco grave e eminente às pessoas que exercem atividades nestas situações.

Para os ruídos de impacto, o limite de tolerância será de 130 dB (linear), nos casos de intervalo de picos o ruído existente deverá ser tratado como ruído contínuo.

Segundo Santos (1999, p.96), para que a audição esteja normal é necessário que as orelhas externa, média e interna encontrem-se em condições normais. O autor refere que a extensão e o grau do dano causado pelo ruído à orelha interna, têm relação com a intensidade do ruído, duração da exposição e susceptibilidade individual.

De acordo com o exposto, os Bombeiros Militares por estarem durante o deslocamento de emergência sujeitos as condições de intensidade sonora, devido ao uso da sirene de emergência, podem sofrer problemas referentes à saúde, pois, juntando-se o tempo de exposição e as intensidades de ruído produzidas pelas sirenes, podem afetar e tornar os bombeiros suscetíveis os problemas relacionados com o ruído.

O ruído atinge o corpo humano através de ondas de energia, que são percebidos através da audição. O ruído afeta geralmente o ouvido interno, danificando as células responsáveis pela captação dos sons que são transmitidos ao nervo auditivo e levados ao cérebro, onde são interpretados.

Lima (2008) relata que profissionais que estão sujeitos a ruídos intensos no ambiente de trabalho têm maior probabilidade de sofrer um acidente. Além disso, manifesta-se a dificuldade de comunicação, sendo que o barulho reduz a concentração e aumenta a fadiga.

A Organização Mundial da Saúde considera que o início do estresse auditivo se dá sob exposições a 55 dB. (Especial, 1993). A figura I mostra as diferentes possibilidades de ruídos e seus níveis de agressividade ao homem.

Figura 1: Exemplos de Níveis de Pressão Sonora



Fonte: (SOUZA, 1998)

Podemos considerar que sons urbanos são aqueles como os sons produzidos em igrejas, salões de festas e ruas de trânsito, como os produzidos pelas sirenes das viaturas do Corpo de Bombeiros Militar, e são a terceira causa de poluição do planeta, depois do ar e da água. Nossos ouvidos nunca ouviram tão pouco e tão mal. O máximo tolerado pelo ouvido humano, sem desconforto é 80 dB, mas já a partir dos 65 dB o organismo está sujeito a um estresse gradativo. Até mesmo locais afastados e supostamente isolados podem conter poluição sonora indesejável. (PASQUALETTO, et al, 1999).

### 2.2.1 Lesões e auditivas por ruído

Existem diversos tipos de perdas auditivas e dentre elas encontramos a perda auditiva induzida por ruído (PAIR). Esta decorre de vários fatores, depende do tempo de exposição, do tipo do ruído e da susceptibilidade individual. Tais perdas são de caráter neurossensorial e, por isso, irreversíveis.



Intensidade e repetitividade sonora levam a prejuízos de audição, que inicialmente são de natureza passageira. Se estes “prejuízos” se repetirem, pode-se chegar, finalmente, a lesões auditivas definitivas. A estes danos da audição provocados pela exposição ao ruído chama-se surdez por ruído. Ela resulta de uma lenta e progressiva doença (degenerativa) das células sonossensíveis do interior do ouvido interno pela sobrecarga sonora. A doença ocorre tão freqüente e tão mais rapidamente quanto maior a intensidade e a duração da exposição ao ruído. Além disso, já é conhecido que fontes de ruídos com predominância de altas freqüências sonoras são mais perigosas que aquelas com predominância de freqüências baixas. O ruído intermitente (martelar) também parece ser mais perigoso que o contínuo. Um ruído muito forte - um estouro ou uma explosão - pode provocar instantaneamente uma lesão auditiva. A sensibilidade individual é diferente de pessoa para pessoa. As pessoas especialmente sensíveis ao ruído podem sofrer de uma lesão auditiva já após alguns meses de trabalho em um local de trabalho barulhento, enquanto que outras pessoas precisam trabalhar anos até apresentarem sintomas de uma lesão auditiva. (GRANDJEAN, 1998. p. 266)

As pesquisas demonstram que os trabalhadores das áreas industriais, aéreas e militares constituem uma população de maior risco de exposição, onde além desta perda auditiva ocorre o zumbido, a insônia, a irritabilidade, o nervosismo, cefaléia, a hipertensão arterial, etc. Estes sintomas aparecem como conseqüência direta da exposição ao ruído. (PINHO E Cols, 1997).

Há ainda outros males, que podem advir do excesso de ruído, tais como: dilatação das pupilas, maior produção de hormônios pela tireóide, aumento na produção de adrenalina pelas glândulas supra-renais, aceleração do ritmo cardíaco e aumento da pressão arterial. Admite-se ainda que possam provocar uma diminuição da liberação de anticorpos pelo tecido linfóide, baixando a imunidade do organismo e predispondo-o ao ataque de vírus e bactérias. (RAMALHO, et al 1997, p.512).

Pode ocorrer também a Perda Auditiva Temporária, que é caracterizado pelo retorno ao limiar normal de audição, que por isso é chamado de deslocamento temporário do limiar de audição, segundo Grandjean (1998, p.267) “ruídos de 80 a 90 dB causam deslocamento do limiar de audição de 8 a 10 dB. Se o ruído for maior que 110dB o aumento do limiar alcança 50 a 60 dB”. O deslocamento temporário do limiar de audição é proporcional à duração do estímulo sonoro. O tempo para que a audição retorne aos valores normais é igualmente proporcional à intensidade e duração do estímulo sonoro. O tempo de retorno é aproximadamente 10 vezes mais longo que a duração da exposição ao ruído.

Outro fator que contribui para perda da audição é a idade, pois com o aumento da idade, aumenta o limiar de audição. São mais significativas na faixa de

freqüências altas e mais expressivas em homens. Podem-se esperar as seguintes perdas auditivas médias, em 3000 Hz, conforme se verifica abaixo:

Tabela 4 Perdas de Audição Média por Idade

|         |       |
|---------|-------|
| 50 anos | 10 dB |
| 60 anos | 25 dB |
| 70 anos | 35 dB |

Fonte: GRANDJEAN 1998, p. 268

### **2.2.2 Tipos de Ruído**

O ruído está presente em todas as situações, em casa, no escritório, na sala de aula, na biblioteca. A forma como ele é percebido permite classificá-lo. O nosso ouvido reconhece informações nos sons que ouvimos, e as informações que nos incomodam são ruídos. O ruído tem características próprias que nos incomodam, que é o seu timbre e alterações no nível sonoro. Dependendo destas e de outras características, o ruído vai ser diferenciado.

#### **2.2.2.1 Ruído contínuo**

O ruído contínuo é produzido, por exemplo, por máquinas que funcionam sem interrupção. A medição do ruído pode ser feita com equipamento normal (sonômetro manual).

#### **2.2.2.2 Ruído intermitente**

Quando máquinas operam em ciclos ou quando, por exemplo, algum veículo passa por nós, o nível de som aumenta e diminui rapidamente. O ciclo de tempo

em que o ruído aumenta pode ser medido da mesma forma que o ruído contínuo, no entanto o período de tempo desse ciclo deverá ser apontado. No caso de tratar da passagem de um veículo (o qual é chamado de evento), o valor máximo registrado também deverá ser apontado. A medição de um número de eventos semelhantes deverá ser feito para estabelecer uma média.

### **2.2.2.3 Ruído impulsivo**

O ruído provocado por explosões ou impactos, é chamado de ruído impulsivo. É breve e abrupto. É um tipo de ruído que pode provocar grandes danos e que é bastante incomodativo. (LIDA, 2000, p.241)

Pode-se fazer um paralelo com Santos e Matos (apud Santos, 1999), que diz que ruído pode ser classificado quanto à variação de tempo, podendo ser contínuo, intermitente e ruído de impacto ou impulso. Quanto ao primeiro tipo de ruído, pode-se dizer que se constitui de pequenas variações dos níveis de pressão sonora, até aproximadamente 3 dB, durante o período de observação. Com relação ao segundo, que se evidencia pelo nível de pressão sonora que varia de forma contínua de um valor apreciável durante um período de observação, superior a 3 dB. O terceiro e último tipo apresentado, demonstra-se em picos de energia acústica, de duração menor que um segundo.

## **2.3 Isolamento acústico**

Isolamento acústico diz respeito à capacidade do material formar uma barreira, impedindo que a onda sonora (ou ruído) passe de um recinto a outro. Nessas situações, geralmente, deseja-se impedir que o ruído alcance o homem, de forma a evitar algum prejuízo advindo do ruído.

A absorção acústica diminui a reflexão das ondas sonoras em um ambiente. Dessa forma reduz o nível de reverberação num mesmo ambiente. Nestes casos se deseja, além de diminuir os Níveis de pressão Sonora do próprio recinto, melhorar o nível de inteligibilidade.

Diferentemente dos materiais de isolamento, que são mais densos, os materiais absorventes são materiais leves, baixa densidade, fibrosos ou de poros abertos, como por exemplo: espumas de poliéster de células abertas, fibras cerâmicas e de vidro, tecidos, carpetes, etc. (JANKOVITZ, 2000).

## **2.4 Propriedade da propagação das ondas**

### **2.4.1 Reflexão**

Assim como a luz o som também sofre o fenômeno da reflexão. Quando a propagação de ondas é interrompida por uma superfície delimitadora do meio elástico, ele volta ao meio primitivo, mudando sua direção. Este fenômeno é chamado de reflexão, acontece uma sobreposição das ondas. As ondas sonoras são refletidas retornando a sua fonte sem que haja mudança de velocidade de propagação do som. (RUSSO, 1999, p. 113).

### **2.4.2 Eco e reverberação e tempo de reverberação**

Quando as ondas sonoras são refletidas elas podem refletir como um eco ou como uma onda de reverberação. A diferença básica entre as duas formas de reflexão esta relacionada com a distância do obstáculo à fonte sonora.

Considerando a velocidade de propagação do som no ar de 340 m/s, a reverberação ocorre quando o som refletido retorna a fonte num intervalo de até 1/10 de segundo, dessa forma a distância da fonte ao obstáculo será inferior a 17 metros. A reverberação possibilita a sensação mais prolongada do som. Para o eco é necessário que o intervalo de tempo seja superior a 1/10 de segundo, sendo que a distância da fonte ao obstáculo seja igual ou superior a 17 metros. (RUSSO, 1999, p. 114).

Tempo de Reverberação é o tempo requerido para que a onda refletida seja atenuada em 60 dB em relação ao NPS original, ou seja, é o tempo que o som permanece no ambiente, de forma a realizar inúmeras reflexões até que sua energia caia

um milhão de vezes, em relação à energia inicial da fonte sonora. (RUSSO, 1999, p. 115).

### **2.4.3 Refração**

Refração é a mudança de direção que sofre uma onda sonora quando passa de um meio de propagação para outro. Essa mudança de direção é ocasionada pela variação da velocidade de propagação que sofre a onda. O principal fator que causa a refração do som é a mudança da temperatura do ar. (FERNANDES, 2002).

### **2.4.4 Difração**

As ondas sonoras são capazes de rodear obstáculos ou propagar-se por todo um ambiente, através de uma abertura. A essa propriedade é dado o nome de difração. Os sons graves (baixa frequência) atendem melhor esse princípio, pois possuem um maior comprimento de onda, sendo grandezas inversamente proporcionais. (FERNANDES, 2002).

## **2.5 Uso de sirene e iluminação de emergência**

A utilização de sinalização sonora e iluminação de emergência estão amparadas Código de Trânsito Brasileiro (CTB), que define os veículos de emergência em seu artigo 29, VII, como sendo aqueles destinados a socorro de incêndio e salvamento, os de polícia, os de fiscalização de trânsito e as ambulâncias. Esses veículos gozam de livre circulação, estacionamento e parada, somente quando, comprovadamente, estejam prestando serviço de urgência em benefício da sociedade. Em circulação, o serviço de urgência será caracterizado pela utilização dos dispositivos de alarme sonoro, sirene, e de iluminação vermelha intermitente sobre o teto do veículo. Quando o veículo estiver parado ou estacionado, o serviço de urgência

será caracterizado pelo acionamento permanente da luz intermitente sobre o teto do veículo, não fazendo uso nesta situação da sirene.

Os veículos definidos como de emergência pela resolução nº 679/87, deverão usar luz vermelha intermitente rotativa sobre o teto e dispositivo de alarme sonoro, gozando das prerrogativas de circulação, estacionamento e parada, quando comprovadamente em serviço de urgência, fato que não significa isenção ao respeito das regras inerentes à legislação de trânsito, conforme determina o artigo 3º do Código de Trânsito Brasileiro “As disposições deste código são aplicáveis a qualquer veículo, bem como aos proprietários, condutores dos veículos nacionais ou estrangeiros e às pessoas nele expressamente mencionadas”. (PORTÃO, 2005).

## **2.6 O ouvido humano**

Para Lida (2000 p.76) “A função do ouvido humano é captar e converter as ondas de pressão em sinais elétricos que são transmitidos ao cérebro para produzir as sensações sonoras”.

O ouvido consiste em três partes: o ouvido externo, o ouvido médio, e o ouvido interno. Cada parte serve para uma função diferente para interpretar o som. O ouvido externo serve para coletar o som e o levar por um canal ao ouvido médio. O ouvido médio serve para transformar a energia de uma onda sonora em vibrações internas da estrutura óssea da ouvido médio e finalmente transformar estas vibrações em uma onda de compressão ao ouvido interno. O ouvido interno serve para transformar a energia da onda de compressão dentro de um fluido em impulsos nervosos que podem ser transmitidos ao cérebro. (BERTULANI, 2008)

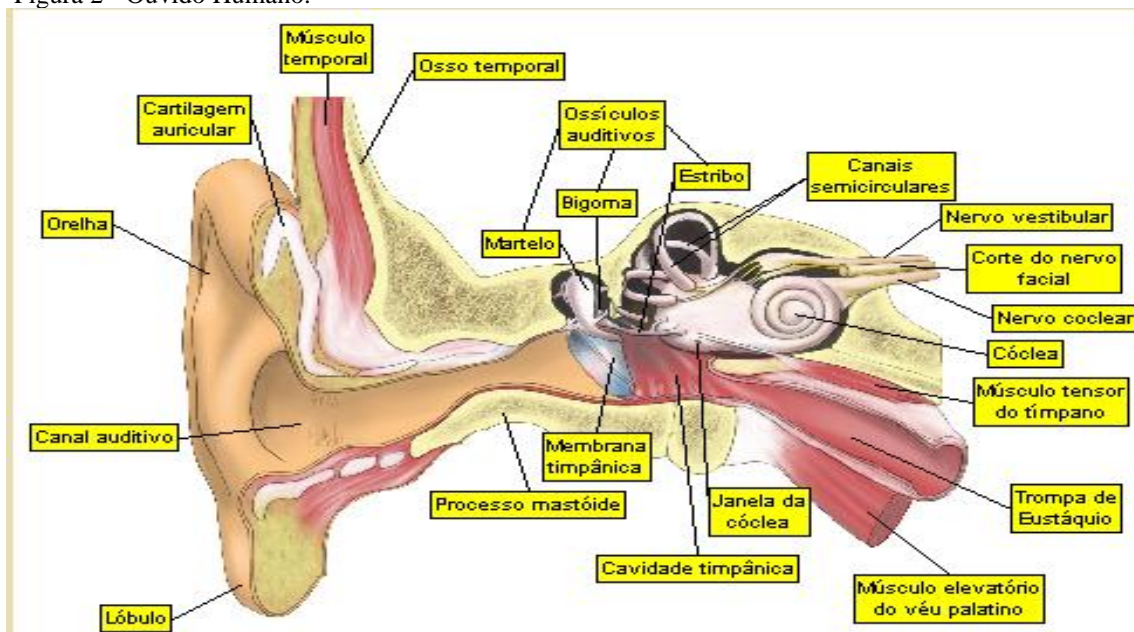
O ouvido externo serve para proteger o ouvido médio e prevenir danos ao tímpano. Ele é constituído do pavilhão auditivo (orelha) e do conduto auditivo externo, o qual termina na membrana do tímpano. Além disso, a orelha canaliza as ondas que alcançam o ouvido para o canal e o tímpano no meio do ouvido. O comprimento do canal faz com que ele seja capaz de amplificar os sons com frequências de aproximadamente 3000 Hz. (BERTULANI, 2008).

O ouvido médio é uma cavidade cheia de ar, onde o som se transmite através de três ossículos: o martelo, a bigorna e o estribo. Os três pequenos ossos do ouvido médio atuam como amplificadores das vibrações da onda sonora, podendo

ampliar as vibrações em até 22 vezes. (Lida, 2000, p.77). O ouvido médio é conectado ao tubo de Eustáquio e à boca. Esta conexão permite a equalização da pressão das cavidades cheias de ar do ouvido. Quando esta passagem fica congestionada devido a um resfriado, a cavidade do ouvido é impossibilitada de equalizar sua pressão; isto frequentemente leva a dores de ouvido e outras dores.

O ouvido interno consiste de uma cóclea, que tem a forma de um caracol e possuem canais semicirculares e do nervo auditivo. A cóclea e os canais semicirculares são cheios de um líquido. O líquido e as células nervosas dos canais semicirculares não têm função na audição; eles simplesmente servem como acelerômetros para detectar movimentos acelerados e na manutenção do equilíbrio do corpo. Dentro da cóclea há células sensíveis que captam as diferenças de pressão e as transformam em sinais elétricos, que se transmitem ao cérebro pelo nervo auditivo, onde são decodificados em sensações sonoras. (LIDA, 2000, p.77).

Figura 2 - Ouvido Humano.



Fonte: Almanaque do Corpo Humano.

## 2.7 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos deste trabalho monográfico foi realizada uma pesquisa experimental, em que se mediram os níveis de ruídos produzidos pela sirene da viatura do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, a viatura utilizada para esse fim foi o ABTR 28 (Auto Bomba Tanque Resgate), localizada na cidade de São José, no qual foram estabelecidos três pontos de referência para medição. Sendo o primeiro ponto na altura do ouvido do motorista da viatura, o segundo ponto na altura do ouvido do carona, banco paralelo ao do motorista, e o terceiro no banco de trás e no meio da cabine do caminhão, nas mesmas condições, conforme preconiza a NBR-15.

Os pontos de aferição, bem como o ABTR 28, o medidor de pressão sonora e a sirene do ABTR 28 utilizados estão representados nas fotos abaixo.



Foto 1: Do ponto 1



Fonte: Do autor

Foto 2: Do Ponto 2



Fonte: Do autor

Foto 3: Do Ponto 3



Fonte: Do autor

Foto 4: ABTR 28



Fonte: Do autor

Foto 5 ABTR 28



Fonte: Do Autor

Foto 6 : Medidor de Pressão Sonora



Fonte: <<http://e-instrumentos.com.br/loja.phtml?cprod=23&f=1>>

A Sirene do ABTR 28 utilizada pela experiência foi a sirene eletropneumática tipo (FA-DO), que possui dois tons alternados e ininterruptos. O funcionamento é através do suprimento padrão de ar comprimido do veículo, o compressor é auto-refrigerado através de um sistema que permite que a sirene funcione ininterruptamente por um longo período de tempo.

Utilizando-se do medidor de pressão sonora, devidamente calibrado, e de um cronômetro foram obtidas medidas em intervalos de dois minutos, em que se obtinham o valor máximo e mínimo decibels, fornecidos pelo aparelho. A faixa utilizada foi de 50 a 100 dB. (med), utilizando-se da curva de Ponderação A e na resposta lenta (slow). Foram tomadas cinco medidas em cada ponto estabelecido, sendo que primeiramente foram aferidas medições com a janela aberta e com a viatura estacionada, nos pontos um, dois e três respectivamente. Logo após foram realizadas medições na mesma ordem e condição, porém com as janelas fechadas. Na última parte da experiência foram aferidas as medidas com a viatura em movimento, sendo obedecido na mesma ordem e seqüência das medidas tomadas com a viatura estacionada.

## 2.7.1 Materiais

### 2.7.1.1 Instrumentos utilizados

01 Medidor de pressão sonora, marca Minipa, modelo é o MSL – 1351c.

01 Cronômetro digital.

### 2.7.2 Dados

As tabelas que se apresentam abaixo são os dados obtidos da parte experimental do trabalho, como já explicado na metodologia. A primeira coluna representa os horários em que foram coletados os dados, bem como a condição de viatura estacionada ou em movimento, tendo como função mostrar o intervalo de dois minutos para cada aferição, a segunda coluna representa a condição janela aberta ou janela fechada e os valores da NPS máximo obtidos naquele intervalo de tempo. A terceira e última coluna representa em que ponto foi feito a tomada do nível de pressão sonora mínimo obtido para aquele intervalo.

**Tabela 5 - Janela Aberta e Estacionado do Ponto 1**

| Estacionado | Janela Aberta | Ponto 1    |
|-------------|---------------|------------|
| Horário     | Máximo dBA    | Mínimo dBA |
| 17:15h      | 92,9          | 80,1       |
| 17:17h      | 91,9          | 82,2       |
| 17:19h      | 91,8          | 78,8       |
| 17:21h      | 94,5          | 80,7       |

|        |      |      |
|--------|------|------|
| 17:23h | 93,5 | 81,0 |
|--------|------|------|

**Tabela 6-Janela Aberta e Estacionado do Ponto 2**

| Estacionado | Janela Aberta | Ponto 2    |
|-------------|---------------|------------|
| Horário     | Máximo dBA    | Mínimo dBA |
| 17:26h      | 92,6          | 77,3       |
| 17:28h      | 93,6          | 81,7       |
| 17:30h      | 90,2          | 77,6       |
| 17:32h      | 91,7          | 78,4       |
| 17:34h      | 93,2          | 79,4       |

**Tabela 7 –Janela Aberta e Estacionado do Ponto 3**

| Estacionado | Janela Aberta | Ponto 3    |
|-------------|---------------|------------|
| Horário     | Máximo dBA    | Mínimo dBA |
| 17:40h      | 92,5          | 77,2       |
| 17:42h      | 93,1          | 82,3       |
| 17:44h      | 94,2          | 76,3       |
| 17:46h      | 91,4          | 77,3       |
| 17:48h      | 92,3          | 80,9       |

**Tabela 8 –Janela Fechada e Estacionado do Ponto 1**

| Estacionado | Janela Fechada | Ponto 1    |
|-------------|----------------|------------|
| Horário     | Máximo dBA     | Mínimo dBA |
| 17:52h      | 86,4           | 72,6       |
| 17:54h      | 86,2           | 75,1       |
| 17:56h      | 85,8           | 71,0       |
| 17:58h      | 87,6           | 71,3       |
| 18:00h      | 86,1           | 72,3       |

**Tabela 9 –Janela Fechada e Estacionado do Ponto 2**

| Estacionado | Janela Fechada | Ponto 2    |
|-------------|----------------|------------|
| Horário     | Máximo dBA     | Mínimo dBA |
| 18:05h      | 84,3           | 71,4       |

|        |      |      |
|--------|------|------|
| 18:07h | 87,2 | 73,7 |
| 18:09h | 86,2 | 71,5 |
| 18:11h | 85,7 | 72,9 |
| 18:13h | 84,8 | 73,1 |

**Tabela 10- Janela Fechada e Estacionado do Ponto 3**

| Estacionado | Janela Fechada | Ponto 3    |
|-------------|----------------|------------|
| Horário     | Máximo dBA     | Mínimo dBA |
| 18:18h      | 87,5           | 73,4       |
| 18:20h      | 88,4           | 72,1       |
| 18:22h      | 86,3           | 72,8       |
| 18:24h      | 86,9           | 71,8       |
| 18:26h      | 87,9           | 72,6       |

**Tabela 11-Janela Aberto em Movimento do Ponto 1**

| Movimento | Janela Aberta | Ponto 1    |
|-----------|---------------|------------|
| Horário   | Máximo dBA    | Mínimo dBA |
| 18:45h    | 91,1          | 77,9       |
| 18:47h    | 88,8          | 79,2       |
| 18:49h    | 91,5          | 80,0       |
| 18:51h    | 90,7          | 78,3       |
| 18:53h    | 91,2          | 79,4       |

**Tabela 12-Janela Aberta em Movimento do Ponto 2**

| Movimento | Janela Aberta | Ponto 2    |
|-----------|---------------|------------|
| Horário   | Máximo dBA    | Mínimo dBA |
| 18:55h    | 91,3          | 78,3       |
| 18:57h    | 90,8          | 80,1       |
| 18:59h    | 92,1          | 79,4       |
| 19:01h    | 90,7          | 80,9       |
| 19:03h    | 89,8          | 79,6       |

**Tabela 13-Janela Aberta em Movimento do Ponto 3**

| Movimento | Janela Aberta | Ponto 3 |
|-----------|---------------|---------|
|-----------|---------------|---------|



| Horário | Máximo dBA | Mínimo dBA |
|---------|------------|------------|
| 19:05h  | 92,3       | 77,6       |
| 19:07h  | 91,7       | 76,9       |
| 19:09h  | 92,9       | 78,3       |
| 19:11h  | 91,7       | 79,1       |
| 19:13h  | 92,5       | 78,5       |

**Tabela 14-Janela Fechada em Movimento do Ponto 1**

| Movimento | Janela Fechada | Ponto 1    |
|-----------|----------------|------------|
| Horário   | Máximo dBA     | Mínimo dBA |
| 19:18h    | 86,2           | 79,3       |
| 19:20h    | 87,9           | 79,0       |
| 19:22h    | 86,8           | 75,5       |
| 19:24h    | 88,7           | 78,6       |
| 19:26h    | 87,4           | 76,4       |

**Tabela 15-Janela Fechada em Movimento do Ponto 2**

| Movimento | Janela Fechada | Ponto 2    |
|-----------|----------------|------------|
| Horário   | Máximo dBA     | Mínimo dBA |
| 19:28h    | 88,9           | 79,3       |
| 19:30h    | 89,3           | 75,6       |
| 19:32h    | 86,2           | 78,3       |
| 19:34h    | 88,6           | 74,3       |
| 19:36h    | 87,4           | 79,1       |

**Tabela 16-Janela Fechada em Movimento do Ponto 3**

| Movimento | Janela Fechada | Ponto 3    |
|-----------|----------------|------------|
| Horário   | Máximo dBA     | Mínimo dBA |
| 19:38h    | 88,5           | 79,2       |
| 19:40h    | 89,6           | 76,1       |
| 19:42h    | 88,4           | 75,8       |
| 19:44h    | 86,9           | 77,3       |
| 19:46h    | 87,7           | 79,3       |

## 2.8 Resultados

Abaixo se encontram as tabelas com os resultados obtidos através dos cálculos realizados utilizando a fórmula demonstrada no Capítulo Medição de Pressão Sonora. As tabelas demonstram a NPS máxima e mínima para cada ponto de aferição, assim como as situações de janela aberta ou fechada e viatura estacionada ou em movimento.

Tabela 17-Resultados: Janela Aberta e Estacionado

| <b>Janela Aberta e Estacionado</b> | <b>Máximo dBA</b> | <b>Mínimo dBA</b> |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Ponto 1</b>                     | 93,16             | 80,83             |
| <b>Ponto 2</b>                     | 92,55             | 79,54             |
| <b>Ponto 3</b>                     | 92,90             | 80,06             |

Tabela 18-Resultados: Janela Fechada e Estacionado

| <b>Janela Fechada e Estacionado</b> | <b>Máximo dBA</b> | <b>Mínimo dBA</b> |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Ponto 1</b>                      | 86,52             | 73,02             |
| <b>Ponto 2</b>                      | 85,88             | 72,70             |
| <b>Ponto 3</b>                      | 87,52             | 72,61             |

Tabela 19-Resultados: Janela Aberta em Movimento

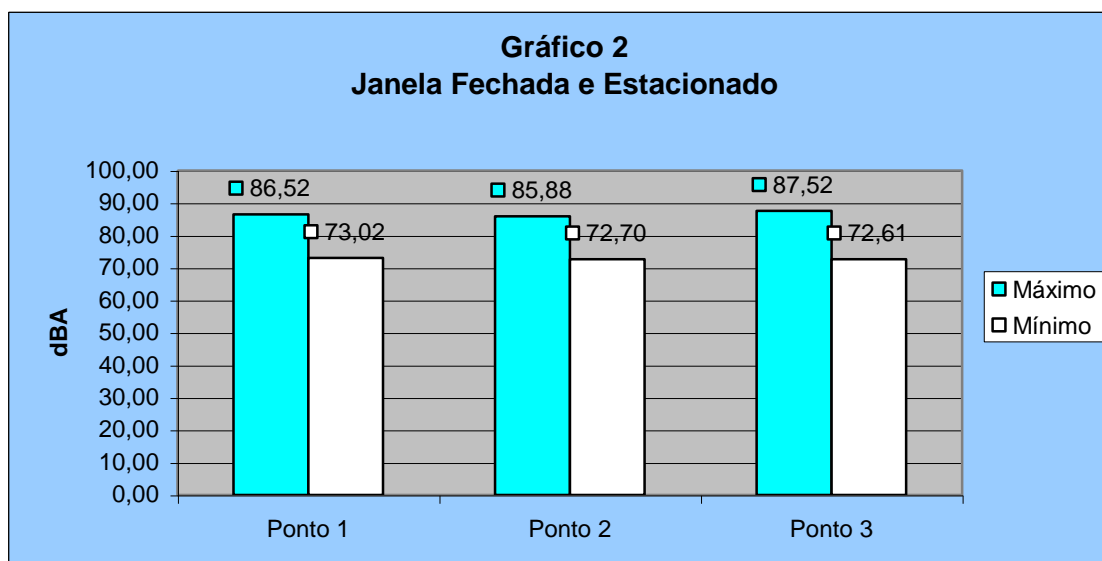
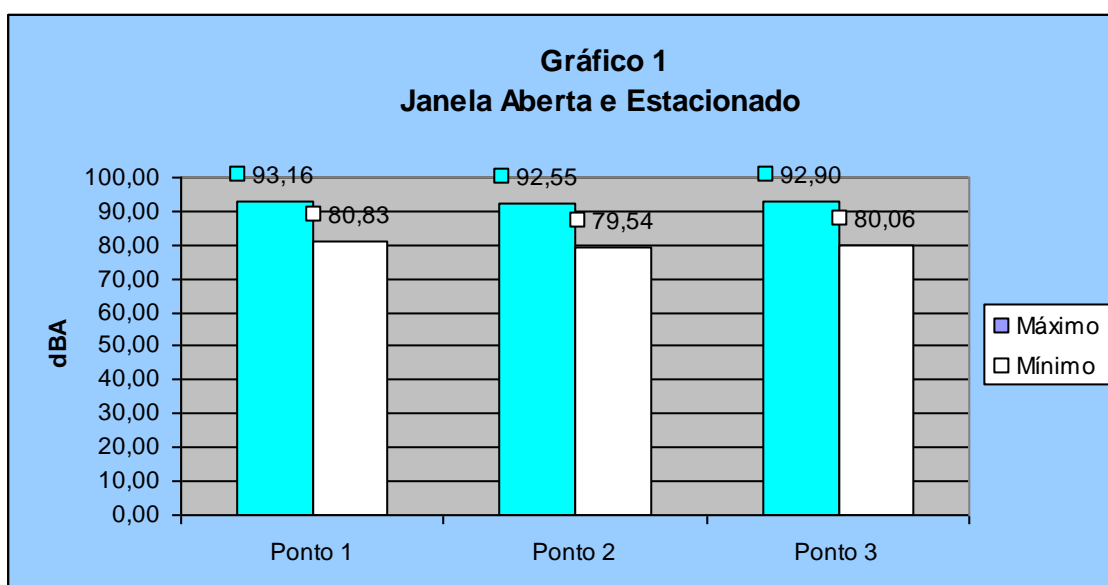
| <b>Janela Aberta em Movimento</b> | <b>Máximo dBA</b> | <b>Mínimo dBA</b> |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Ponto 1</b>                    | 90,84             | 79,09             |
| <b>Ponto 2</b>                    | 91,07             | 79,82             |
| <b>Ponto 3</b>                    | 92,27             | 78,21             |

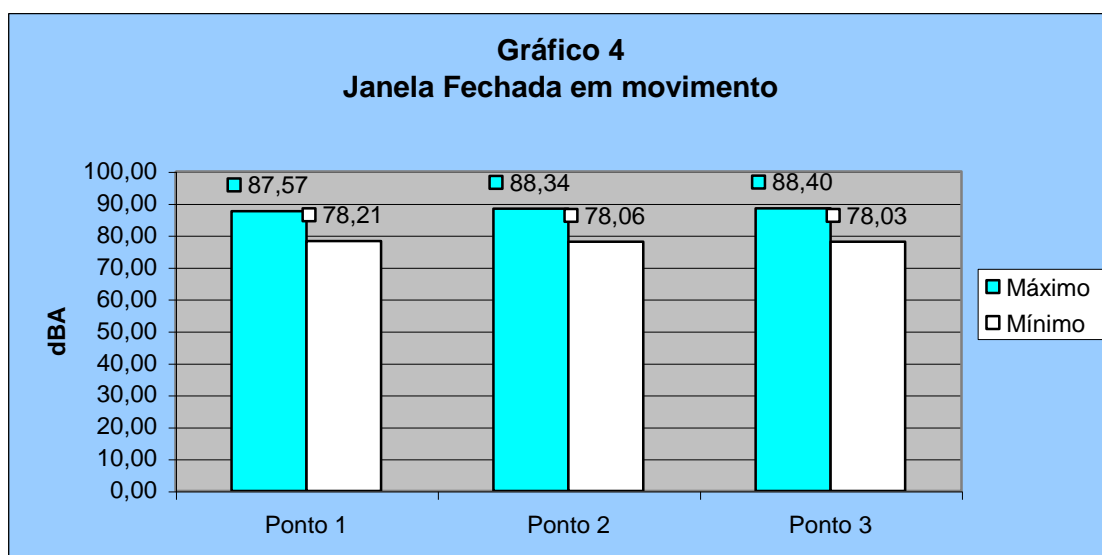
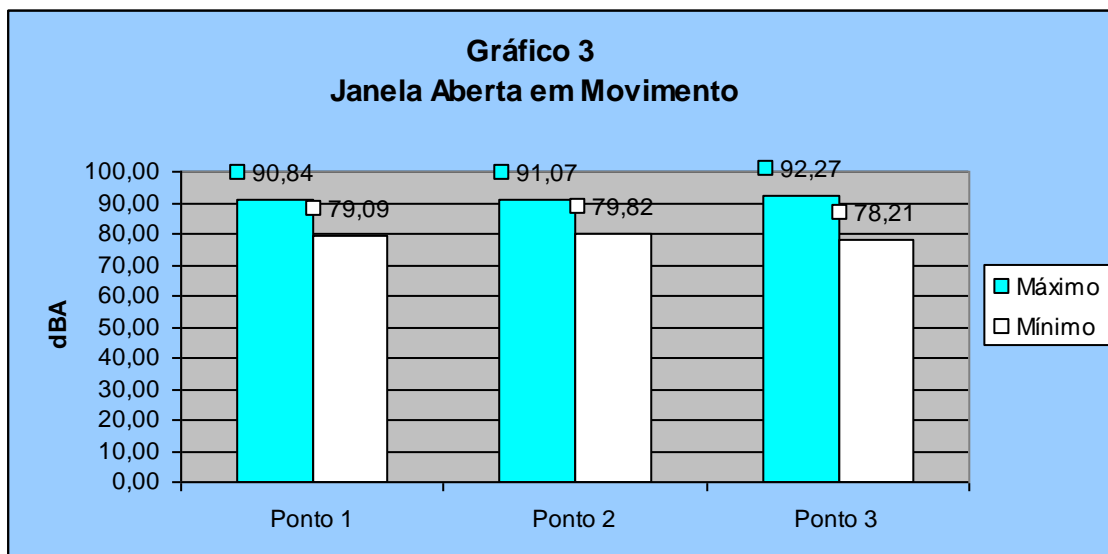
Tabela 20-Resultados: Janela Fechada em Movimento

| <b>Janela Fechada em</b> | <b>Máximo dBA</b> | <b>Mínimo dBA</b> |
|--------------------------|-------------------|-------------------|
|--------------------------|-------------------|-------------------|

| Movimento      |       |       |
|----------------|-------|-------|
| <b>Ponto 1</b> | 87,57 | 78,21 |
| <b>Ponto 2</b> | 88,34 | 78,06 |
| <b>Ponto 3</b> | 88,40 | 78,03 |

Após encontrar os resultados das pressões sonoras dos pontos um, dois e três e na condição de viatura estacionada e em movimento, confeccionaram-se gráficos com o intuito de melhor representar os valores obtidos, conforme se verifica abaixo:





## 2.9 Discussão

Conforme os resultados obtidos através de cálculos e suas representações gráficas, percebe-se que o nível de pressão sonora máximo atingido ocorreu com a janela aberta e a viatura estacionada, que foi de 93,16 dBA (máximo) para um mínimo de 80,83 dBA, ocorrendo esses NPS no Ponto 1 (banco do motorista), não sendo significativa a diferença dos valores obtidos nos três pontos dessa mesma condição,

dessa forma, pode-se considerar que a cabine do ABTR-28 tem uma igual distribuição do som.

Na situação janela fechada e viatura estacionada foi atingido o NPS máximo de 87,53 dBA (máximo) para um mínimo de 72,61 dBA, que ocorreu no Ponto 3 (banco de trás da cabine). A diferença observada entre janela aberta e janela fechada esta no fato de o som encontrar dificuldade de transpor obstáculo (janela), sendo que esta dificuldade contribui para que se diminua o ruído produzido pela sirene dentro da viatura. Essa propriedade de transpor obstáculos é chamada de difração, como já tratado no capítulo Propriedades de Propagação das Ondas, também ocorre o fenômeno da refração, pois o som também transpõe meios, transpondo a janela e a própria lataria da viatura.

Com o ABTR- 28 em deslocamento foram obtidos valores de NPS na condição de janela aberta de 92,27 dBA, tendo para esse valor um mínimo de 78,21 dBA, ocorrendo tal fato no Ponto 3. Na situação janela fechada foram obtidos valores de NPS de 88,40 dBA e mínimo de 78,03 dBA, sendo também aferido esses valores no Ponto 3.

A diferença apresentada quando o ABTR 28 em deslocamento e estacionado, não pode ser considerada significativa, quando se leva em consideração prejuízos à saúde. Desta forma, pode-se considerar que a maior variação dos valores obtidos se encontra na condição de janela aberta e fechada devido ao fato já mencionado da dificuldade do som transpor obstáculo.

Para que a exposição ao ruído sofrida pelos Bombeiros Militares pudesse ser considerada insalubre, segundo a NR 15 necessitaria que a exposição diária fosse de 85 dBA durante oito horas por dia. Se considerar o maior valor de NPS obtido que foi de 93,16 dBA o tempo de exposição diária seria de 2 horas e 40 minutos, segundo a mesma Norma, o que seria um tempo resposta consideravelmente ineficaz para o atendimento de emergência, principalmente quando se refere a combate a incêndio, haja vista a rápida propagação das chamas. Já quando se considera a condição janela fechada e viatura em movimento, escolhendo-se o maior valor obtido que foi de 88,40 dBA o tempo de exposição é de 5 horas.

Pela dificuldade encontrada em verificar o tempo resposta das ocorrências do ABTR 28, pela falta de registros da duração de deslocamento das viaturas, pode-se dizer que há uma grande variação desse tempo de deslocamento para as ocorrências, sendo a norma americana de resposta a incidentes, National Fire Protection Association NFPA 1710 (2004), diz que os bombeiros devem chegar ao local

das emergências com condição de dar um atendimento inicial dentro de um tempo-resposta de 4 minutos, e uma resposta completa dentro de 8 minutos em pelo menos 90% das ocorrências, mas por experiência empírica do próprio autor e também através de consulta verbal com os componentes das viaturas, pode-se considerar que há ocorrências que dependendo da distância do local da emergência ao quartel, pode variar o tempo de deslocamento de três a trinta minutos, ou mais. Mesmo considerando o maior tempo de deslocamento, verifica-se que a exposição sonora diária não atingiria o tempo diário de exposição para que a atividade desempenhada pelos integrantes CBMSC, no tocante ao nível de exposição sonora, pudesse ser considerada insalubre segundo o que preconiza a NR 15, pois considerando o maior NPS obtido da parte experimental deste trabalho, o tempo de exposição teria que atingir a duas horas e quarenta minutos diários, considerando ainda que essa exposição deveria ser em todos os dias de serviço e não esporadicamente, como acontece.

Quando se analisa os valores obtidos com as orientações da NR 17, que ressalta que as atividades que necessitam de atenção constante, mas que não apresentam equivalência com NBR 10152 serão consideradas como causadoras de desconforto a partir de 80 dB, mas já a partir de 65 dB são consideradas causadoras de estresse gradativo, ou seja, são níveis não aceitáveis para conforto acústico, como o caso em estudo, que devido a atenção necessária do motorista, assim como a importância da comunicação via rádio dos componentes da guarnição do caminhão de combate a incêndio, bem como a planejamento prévio do combate ao fogo, que ocorre geralmente durante o deslocamento, são atividades que precisam de atenção constante e solicitação intelectual, dessa forma, percebe-se que a exposição ao ruído sofrida pelos componentes do ABTR é considerada uma condição de desconforto, afetando diretamente na segurança da guarnição, pois o motorista sofrerá um desconforto acústico que poderá interferir na sua atenção no trânsito, causando irritabilidade, podendo até mesmo vir a causar um acidente. Outra interferência que ocorre devido à exposição desconfortável do nível de pressão sonora é com a comunicação dos demais integrantes da guarnição do ABTR, principalmente quanto à coleta de informações via rádio, que sofre um prejuízo significativo por causa da exposição ao ruído, interferindo diretamente na qualidade do serviço prestado pelos componentes da viatura.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da realização deste trabalho monográfico foi possível verificar que muitas mudanças podem ser efetuadas no escopo de melhorar as condições de trabalho dos Bombeiros Militares, no que se refere à exposição ao ruído produzido pelas sirenes de emergências durante o deslocamento das viaturas.

Uma sugestão é realizar um estudo no intuito de obter um direcionamento do som produzido pelas sirenes, de forma que o som seja direcionado com maior energia para frente, levando em consideração que as ondas sonoras são tridimensionais, ou seja, propagam-se em todas as direções. Este direcionamento ajudaria a diminuir o NPS dentro das viaturas e também colaboraria para que as viaturas pudessem ser percebidas com mais antecedência, haja vista o atual problema com o trânsito das grandes cidades, que dificultam o deslocamento das viaturas de socorro.

Para minimizar os danos e problemas causados pelo ruído é relevante ressaltar que com as janelas fechadas o NPS obtido diminuiu consideravelmente, mesmo sendo ainda uma situação de desconforto, desta forma, se todas as viaturas do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina fossem adquiridas com ar condicionado poderia contribuir para um menor desconforto acústico.

Outra indicação seria o uso de absorvente acústico dentro das viaturas, no caso em estudo para o ABTR 28, recomendar-se-ia que teto da viatura fosse coberto com material absorvente, que ajudaria a minimizar os efeitos do som, devido aos efeitos da reverberação.

A utilização de equipamento de proteção auricular precisaria passar por um estudo, pois a comunicação entre os componentes da viatura durante o deslocamento é muito importante e também há a comunicação via rádio que poderia também ser prejudicada com o uso de protetor auricular. Talvez com a implantação de sistema de comunicação igual aos usados pelos helicópteros resolveria ou minimizaria esse problema.

Recomendar-se-ia que exames audiométricos fossem realizados com regularidade, de modo a acompanhar a saúde do sistema ótico dos Bombeiros Militares, assim podendo verificar aqueles com maior sensibilidade ao ruído e podendo evitar problemas maiores que poderiam advir sem tratamento preventivo.

## 4 CONCLUSÃO

O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina na incumbência de cumprir suas missões realiza diversas atividades em prol da sociedade. Muitas dessas atividades expõem os integrantes da instituição a condições que afetam a segurança e a integridade física e psicológica dos militares. Assim este trabalho se propôs a analisar as condições insalubres devido à exposição ao nível de intensidade sonora durante o deslocamento de ocorrência, aferindo este nível e comparando-o com os recomendados pelas normas em vigor.

Comparando os níveis aferidos com os que recomendam as normas, verificou-se que a exposição rotineira ao ruído emitido pelas sirenes durante o deslocamento de emergência afeta a saúde dos Bombeiros Militares, porque os níveis atingidos interferem diretamente na capacidade de trabalho, causando irritabilidade, estresse gradativo, entre outros problemas, que podem com o tempo causar lesões auditivas definitivas nos Bombeiros Militares que estão sob esta exposição.

Através dos objetivos alcançados foi possível determinar que a exposição os níveis sonoros durante o deslocamento de emergência é prejudicial à saúde dos componentes do CBMSC, podendo-se concluir que esta exposição é um desconforto acústico, afetando na segurança e interferindo na qualidade do serviço prestado.

Todavia, muitas inovações podem ser realizadas no intuito de melhorar as condições de trabalho dos Bombeiros Militares, no que tange ao ruído produzido durante o deslocamento de emergência, tais como: a instalação de absorventes acústicos nas viaturas, estudo sobre o direcionamento do som das sirenes, instalação de ar condicionado em todas as viaturas de emergência, exames audiométricos, possibilidade de uso de protetor auricular, assim minimizando os efeitos dos ruídos desconfortáveis aos integrantes do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.



**REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10152: **Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10151: **Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade**. Rio de Janeiro, 1987.

ALMEIDA, E. R., CAMPOS, A . C. e MINITI, A . **Estudo audiométrico em operários da seção de "teste de motores" de uma indústria automobilística**. São Paulo, Rev. Bras. Otor: 1982.

BERTULANI, C. **Projeto de Ensino de Física a Distância**.

<<http://www.if.ufjf.br/teaching/fis2/ondas2/ouvido/ouvido.html>> acesso em 08/03/2008

CARDOSO, S. H. **Almanaque do Corpo Humano. Guia Ilustrativo da Anatomia e funcionamento do Corpo Humano**. São Paulo, 2002.

FERREIRA JR, M. **Saúde no Trabalho**: Temas básicos para o profissional que cuida da saúde dos trabalhadores. São Paulo: Roca, 2000.

JANKOVITZ, J. A. A.- **Como Medir Níveis de Pressão Sonora**. Disponível em <<http://www.abel-acustica.com.br/Pauta/01-MedirNPS.htm>> acesso em 07/04/2008

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia. Adaptando o trabalho ao homem**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.

GERGES, S. N. Y. V. **Congresso da Associação Nacional de Medicina do Trabalho**. Florianópolis, 1992.

LACERDA, A. P. de. **Audiologia Clínica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1976.

LIDA, I. **Ergonomia**: Projeto e Execução. São Paulo. 6.ed. Editora Edgard Blucher, 2000.

LIMA, G. D. de. **Segurança Meio-Ambiente e Saúde, Segurança e Saúde no Trabalho, Acidentes de Trabalho, Doenças Profissionais, Riscos**. <<http://georgedlima.blogspot.com/2008/02/reflexos-do-excesso-de-calor-na-sade-e.html>> Acesso em 10/03/08.

LOUREIRO, Maurício A. **Estudo da Variação do Timbre da Clarineta em Performance através de Análise por Componentes Principais da Distribuição Espectral**. <[http://www.cefala.org/~hugobp/pubs/2000\\_opus.pdf](http://www.cefala.org/~hugobp/pubs/2000_opus.pdf)> acesso em 10/03/08

MÁXIMO, A. ALVARENGA, B. **Curso de Física**. 5.ed. v.2. São Paulo: Editora Scipione: 2002.

MEDEIROS, L. B. **Ruído: Efeitos extra-auditivos no corpo humano**. Monografia (Especialização em Audiologia Clínica) – Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica, CEFAC. 1999.

BRASIL. Norma Regulamentadora nº 7, de 8 de junho de 1978. NR-7 **Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho**, Portaria Nº 3214,.

BRASIL. Norma Regulamentadora nº 15, de 5 de fevereiro de 1983. NR-15 **Atividades e Operações Insalubres**, Portaria nº 5.

BRASIL. Norma Regulamentadora nº 17, de 23 de Novembro de 1990. NR- 17 **Norma Regulamentadora visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores**, Portaria No. 3.751.

PASQUALETTO, A. MARQUES, E. G., ARAÚJO, C. A. R., CRISPIM, A. C, GONÇALVES, M. T. **Níveis de ruídos no Campus II da Universidade Católica de Goiás–UCG**.Goiânia,UCG,1999.

<[http://agata.ucg.br/formularios/ucg/docentes/eng/pasqualetto/jornais/pdf/jornal\\_03.pdf](http://agata.ucg.br/formularios/ucg/docentes/eng/pasqualetto/jornais/pdf/jornal_03.pdf)>

Acesso em 20/05/08

PORTÃO, S. de B. **Coletânea de Legislação de Trânsito**, 8.ed. Tubarão: Gráfica e Editora Copiart, 2005.

PINHO, L. G.; GAMA, M.R.; CAETANO, C.; **Avaliação do conhecimento de graduandos de odontologia sobre perda auditiva por níveis elevados de ruído**, in: Anais do 4º Congresso Internacional Unicastelo, 1997.

RAMALHO, F. J. FERRARO, N. G. SOARES, P. A. de T. **Os Fundamentos da Física**. 6.ed. São Paulo: Editora Moderna, 1997.

RUSSO, I. C. P. **Acústica e Psicoacústica Aplicadas à Fonoaudiologia**. 4.ed. São Paulo: Editora Lovise, 1993.

RUSSO, I. C. P. **Acústica e Psicoacústica Aplicada à Fonoaudiologia**. 2.ed. São Paulo: Editora Lovise, 1999.

RUSSO, I. C. P. & SANTOS, Tereza M. M. dos. **A Prática da Audiologia Clínica**. 4.ed. São Paulo: Cortez, 1993.

SANTOS, U. de P. **Ruído, Riscos e Prevenção**. 2.ed. São Paulo: HUCITEC, 1996.

SOUZA, Hilda Maria Montes Ribeiro de. **Análise experimental dos níveis de ruído produzido por peça de mão de alta rotação em consultórios odontológicos: possibilidade de humanização do posto de trabalho do cirurgião dentista**. [Doutorado] Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 1998. 107p.<[http://portaldeseres.cict.fiocruz.br/transf.php?script=thes\\_chap&id=00010702&lng=pt&nrm=iso](http://portaldeseres.cict.fiocruz.br/transf.php?script=thes_chap&id=00010702&lng=pt&nrm=iso)> acesso em 12/03/08.