

MONIQUE ANTUNES DE SOUZA CHELMINSKI BARRETO

**MONITORAMENTO AUDITIVO POR MEIO DA AVALIAÇÃO  
COCLEAR EM MILITARES DO EXÉRCITO BRASILEIRO  
EXPOSTOS A RUÍDO DE IMPACTO**

BRASÍLIA, 2011

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

MONIQUE ANTUNES DE SOUZA CHELMINSKI BARRETO

**MONITORAMENTO AUDITIVO POR MEIO DA AVALIAÇÃO  
COCLEAR EM MILITARES DO EXÉRCITO BRASILEIRO  
EXPOSTOS A RUÍDO DE IMPACTO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do Título de Mestre em Ciências da Saúde  
pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da  
Saúde, Universidade de Brasília.

Orientador: Prof. Dr. Fayez Bahmad Júnior

BRASÍLIA

2011

MONIQUE ANTUNES DE SOUZA CHELMINSKI BARRETO

**MONITORAMENTO AUDITIVO POR MEIO DA AVALIAÇÃO  
COCLEAR EM MILITARES DO EXÉRCITO BRASILEIRO  
EXPOSTOS A RUÍDO DE IMPACTO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências da Saúde pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Universidade de Brasília.

Aprovado em 12/09/2011

BANCA EXAMINADORA

Dr. Fayez Bahmad Júnior - (presidente)

Universidade de Brasília-UnB

Dr. Carlos Augusto Costa Pires de Oliveira

Universidade de Brasília-UnB

Dra. Vanessa Furtado de Almeida

CLIAOD-Clínica de Otorrinolaringologia

Dra. Roberta Lemos Bezerra

Universidade de Brasília-UnB

## Ficha catalográfica

Barreto, Monique Antunes de Souza Chelminski

**Monitoramento Auditivo por meio da Avaliação Coclear em Militares do Exército Brasileiro Expostos a Ruído de Impacto/** Monique Antunes de Souza Chelminski Barreto – Brasília: UnB / Faculdade de Ciências da Saúde, 2011.

98 f.

Orientador: Fayez Bahmad Júnior

Dissertação (Mestrado) – UnB / Faculdade de Ciências da Saúde / Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, 2011.

1. Emissões otoacústicas espontâneas. 2. Ruído ocupacional. 3. Militar. – Dissertação. I. Bahmad Júnior, Fayez. II. Universidade de Brasília, Faculdade de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde. II. Título.

*A Deus que colocou em minha vida  
pessoas maravilhosas como meu esposo  
Marcelo e meu filho Lucas Pietro pelo  
incentivo, dedicação, paciência e  
sobretudo pelo amor incondicional.*

*Aos “meus meninos” com amor.*

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais ao meu orientador **Dr. Fayez Bahmad Júnior**, que orientou e acompanhou a elaboração desta pesquisa e dissertação, compartilhando seus conhecimentos bem como pelo apoio e amizade incondicional em todos os momentos.

Agradeço ao Batalhão da Guarda Presidencial, pela disponibilidade de espaço físico, apoio e contribuição na realização desta pesquisa em especial ao **Coronel Pedro Celso Coelho Montenegro**, ao **Coronel Elias Rodrigues Martins Filho** e também ao **Capitão Luiz Dermeval Andrade Cavalcante**.

À minha mãe **Maria Lêda** e todos os amigos que mesmo distante apoiaram e incentivaram a realização desta pesquisa.

Ao **Dr. Carlos Augusto Costa Pires de Oliveira**, **Dra. Vanessa Furtado de Almeida** e **Dra. Roberta Lemos Bezerra**, pela gentileza de terem aceitado participar da banca examinadora desta dissertação.

Às amigas e colegas Fonoaudiólogas **Carolina Souza Alves Costa**, **Marlene Escher Boger** e **Giovanna de Sabóia**, bem como **Lizandra Kely de Sousa Guarita**, residente em Otorrinolaringologia, que me proporcionaram suporte, apoio e auxílio na realização deste trabalho.

Agradeço a **Universidade de Brasília e ao corpo docente** que com esmero, conhecimento científico, apoio e orientação me possibilitaram a realização do curso de Mestrado em Ciências da Saúde.

Aos **militares** que voluntariamente contribuíram para esta pesquisa, a minha imensa gratidão.

Deixo também o meu agradecimento aos amores de minha vida, **meu filho Lucas Pietro e meu esposo Marcelo**, que me apoiaram em todos os momentos em que estive realizando este trabalho, incentivando, colaborando e me proporcionando sempre muito amor e carinho.

## RESUMO

**Introdução:** A exposição ao ruído, ou níveis elevados de pressão sonora, se constitui na principal causa de perda auditiva sensório-neural (PASN) em indivíduos adultos e tal exposição pode produzir uma alteração na percepção sonora principalmente para as frequências altas. Este estudo ressalta a importância da detecção precoce de alteração coclear, por meio de Programa de Prevenção da Perda Auditiva (PPPA). **Objetivo:** Estudar por meio das emissões otoacústicas evocadas por produto de distorção (EOAEPD) a amplitude, a relação sinal/ruído e a ocorrência, por frequência, antes e após a exposição a ruído de impacto em militares do Exército Brasileiro. Trata-se de estudo analítico, observacional, longitudinal e prospectivo. **Método:** Foi realizada avaliação auditiva por meio das EOAEPD em 60 militares antes da exposição ao ruído de impacto de arma de fogo. Posteriormente, os militares foram alocados em dois grupos: G1, reavaliado logo após a exposição ao ruído e G2, reavaliado após 24 horas da exposição. Todos fizeram uso de protetor auditivo de inserção. **Resultados:** A análise estatística constatou diferença significativa nos critérios de amplitude e relação sinal/ruído das EOAEPD após exposição ao ruído nos dois grupos, principalmente nas frequências de 6 KHz e 8 KHz em ambas as orelhas. **Conclusão:** Concluiu-se que o exame de EOAEPD apresentou sensibilidade para detectar mudanças sutis nas amplitudes e na relação sinal/ruído, bem como na ocorrência, comprovando alteração da função coclear em militares expostos a ruído de impacto. Assim, ficou demonstrada a necessidade de implementação de PPPA para os militares.

**Palavras-chave:** Emissões otoacústicas espontâneas; Ruído ocupacional; Militar.

## ABSTRACT

**Introduction:** Exposure to noise, or high levels of sound pressure is the main cause of Sensorineural Hearing Loss (SNHL) in adult individuals and that exposure may produce an alteration in sound perception mainly at high frequencies. The present study highlights the importance of the early detection of cochlear alterations by means of a Hearing Loss Prevention Program (HLPP). **Objective:** Studying by means of distortion product otoacoustic emissions (DPOAE) the amplitude, the signal/noise ratio and the occurrence, by frequency, before and after exposure to noise in soldiers of the Brazilian Army. It is an analytical, observational, longitudinal and prospective study. **Method:** Auditory evaluation was performed by means of DPEOAEs in 60 soldiers before exposure to fire gun impulse noise. Subsequently, the soldiers were allocated into two groups: G1, reevaluated immediately after exposure to noise and G2, reevaluated 24 hours after exposure. All made use of molded auditory protection devices fit into the ear canal. **Results:** Statistical analysis has detected a significant difference in the criteria for amplitude and signal/noise ratio of the DPEOAEs after exposure to noise in both groups, mainly at the frequencies of 6 KHz and 8 KHz in both ears. **Conclusion:** It was concluded that the DPEOAE test was sensitive to detect subtle shifts in the amplitudes and in the signal/noise ratio, as well as their occurrence, detecting alterations in the cochlear function in soldiers exposed to impulse noise. In this way, the need for implementation of a HLPP for soldiers was demonstrated.

**Key Words:** otoacoustic emissions spontaneous, occupational noise, military



## **NORMATIZAÇÃO ADOTADA**

Normas para a redação de teses e dissertações do Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde - Faculdade de Ciências da Saúde - Universidade de Brasília

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Posições de tiro com armamento à direita, p. 51

Figura 2. Impresso Demonstrativo dos registros das EOAEPD em militar avaliado antes da exposição ao ruído de impacto na frequência de 8 KHz, p. 58

Figura 3. Impresso Demonstrativo dos registros das EOAEPD em militar avaliado logo após a exposição ao ruído de impacto na frequência de 8 KHz, p. 58

Figura 4. Impresso Demonstrativo dos registros das EOAEPD em militar avaliado antes da exposição ao ruído de impacto na frequência de 8 KHz, p. 59

Figura 5. Impresso Demonstrativo dos registros das EOAEPD em militar avaliado 24 horas após a exposição ao ruído de impacto na frequência de 8 KHz, p. 59

Figura 6. Média ( $\pm$ ) desvio padrão das amplitudes de resposta de cada grupo em cada frequência, p. 62

Figura 7. Média ( $\pm$ ) desvio padrão das relação sinal/ruído (S/R) de cada grupo em cada frequência, p. 64

Figura 8. Porcentagem de ocorrência de respostas (amplitude) em cada grupo para cada frequência avaliada nas orelhas direitas, p. 65

Figura 9. Porcentagem de ocorrência de respostas (amplitude) em cada grupo para cada frequência avaliada nas orelhas esquerdas, p. 66

Figura 10. Porcentagem de ocorrência de respostas (S/R) em cada grupo para cada frequência avaliada nas orelhas direitas, p. 68

Figura 11. Porcentagem de ocorrência de respostas (S/R) em cada grupo para cada frequência avaliada nas orelhas esquerdas, p. 69

Figura 12. Porcentagem de participantes com zumbido para cada categoria de resultado dentro de cada grupo, p. 71

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Média, mediana e desvio padrão (dp) das amplitudes de resposta para cada frequência de estimulação antes, logo após (G1) e 24 horas depois (G2) registradas na orelha direita, p. 60

Tabela 2. Média, mediana e desvio padrão (dp) das amplitudes de resposta para cada frequência de estimulação antes, logo após (G1) e 24 horas depois (G2) registradas na orelha esquerda, p. 60

Tabela 3. Média, mediana e desvio padrão (dp) das relações sinal/ruído para cada frequência de estimulação antes, logo após (G1) e 24 horas depois (G2) registradas na orelha direita, p. 62

Tabela 4. Média, mediana e desvio padrão (dp) das relações sinal/ruído para cada frequência de estimulação antes, logo após (G1) e 24 horas depois (G2) registradas na orelha esquerda, p. 63

Tabela 5. Número e porcentagem de orelhas direitas que apresentaram resultados normais na amplitude após a prática de tiro em cada frequência de estimulação, p. 65

Tabela 6. Número e porcentagem de orelhas esquerdas que apresentaram resultados normais na amplitude após a prática de tiro em cada frequência de estimulação, p. 66

Tabela 7. Tabela de contingência para as variáveis grupo e na amplitude após a prática de tiro, p. 67

Tabela 8. Número e porcentagem de orelhas direitas que apresentaram resultados normais na relação sinal/ruído após a prática de tiro em cada frequência de estimulação, p. 68

Tabela 9. Número e porcentagem de orelhas esquerdas que apresentaram resultados normais na relação sinal/ruído após a prática de tiro em cada frequência de estimulação, p. 69

Tabela 10. Tabela de contingência para as variáveis grupo e relação sinal/ruído alterado após a prática de tiro, p. 70

Tabela 11. Tabela de contingência para as variáveis grupo e exame alterado após a prática de tiro, p. 70

Tabela 12. Tabela de contingência da variável presença de zumbido para cada categoria de resultado em cada grupo, p. 71

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**ATL** Audiometria tonal limiar

**BGP** Batalhão da Guarda Presidencial

**CCE** Células ciliadas externas

**dB** Decibel

**dBNA** Decibel nível de audição

**dBNPS** Decibel nível de pressão sonora

**DP Gram** Audiococleograma

**Dp** desvio padrão

**EB** Exército Brasileiro

**EPI** Equipamento de proteção individual

**EOAs** Emissões otoacústicas

**EOAE** Emissões otoacústicas evocadas

**EOAEPD** Emissões otoacústicas evocadas por produto de distorção

**EOAET** Emissões otoacústicas evocadas transientes

**Em** Nível médio

**FAL** Fuzil automático leve

**f1** Tom primário 1

**f2** Tom primário 2

**G1** Grupo 1

**G2** Grupo 2

**Hz** Hertz

**IGTAEx** Instruções Gerais de Tiro com o Armamento do Exército

**KHz** Quilohertz

**L1** Intensidade do tom primário 1

**L2** Intensidade do tom primário 2

**MTL** Mudança temporária de limiar

**OD** Orelha direita

**OE** Orelha esquerda

**NIOSH** National Institute for Occupational Safety and Health

**NR 15** Norma Regulamentadora 15

**NRR** Nível de redução de ruído

**NRR sf** Nível de redução de ruído subjetivo

**PASN** Perda auditiva sensório - neural

**PPPA** Programa de Prevenção de Perda Auditiva

**PAINPSE** Perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados

**p.** Nível de significância

**S/R** Sinal/Ruído

**TAT** Teste de Aptidão de Tiro

**TIB** Tiro de Instrução Básico

**USD** *United State Dolar*

> Maior

< Menor

= Igual

% Porcentagem

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1. Condições de execução do Tiro de Instrução Básico (TIB), p. 50



## SUMÁRIO

- 1 INTRODUÇÃO**, p. 18
- 2 REVISÃO DA LITERATURA**, p. 22
  - 2.1 PERDA AUDITIVA INDUZIDA POR NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA ELEVADOS (PAINPSE), p. 22
  - 2.2 FISIOLOGIA COCLEAR E EMISSÕES OTOACÚSTICAS, p. 26
  - 2.3 RUÍDO E EMISSÕES OTOACÚSTICAS, p. 31
  - 2.4 EXPOSIÇÃO A RUÍDO EM MILITARES, p. 35
  - 2.5 EMISSÕES OTOACÚSTICAS EM MILITARES, p. 40
  - 2.6 TIRO DE INSTRUÇÃO BÁSICO, p. 49
- 3 OBJETIVOS**, p. 52
- 4 MATERIAL E MÉTODO**, p. 53
  - 4.1 TIPO DE ESTUDO, p. 53
  - 4.2 MATERIAL
    - 4.2.1 **Amostra**, p. 53
    - 4.2.2 **Procedimentos para seleção da amostra**, p. 53
      - 4.2.2.1 Anamnese, p. 54
      - 4.2.2.2 Meatoscopia, p. 54
  - 4.3 PROCEDIMENTO ESPECÍFICO A PESQUISA, p. 55
    - 4.3.1 **Emissões otoacústicas evocadas por produto de distorção**, p. 55
  - 4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA, p. 56
  - 4.5 ASPECTOS ÉTICOS, p. 57
- 5 RESULTADOS**, p. 60
  - 5.1 QUANTO AS AMPLITUDES, p. 60
  - 5.2 QUANTO A RELAÇÃO SINAL/RUÍDO (S/R), p. 62
  - 5.3 QUANTO A OCORRÊNCIA DE RESPOSTA, CONSIDERANDO O CRITÉRIO AMPLITUDE, p. 64
  - 5.4 QUANTO A OCORRÊNCIA DE RESPOSTA, CONSIDERANDO O CRITÉRIO RELAÇÃO SINAL/RUÍDO (S/R), p. 67
  - 5.5 QUANTO A PRESENÇA DE ZUMBIDO, p. 70
- 6 DISCUSSÃO**, p. 72

**7 CONCLUSÃO**, p. 84

**8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**, p. 85

**9 ANEXOS**, p. 94

ANEXO A - Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa, p. 94

**10 APÊNDICES**, p. 95

APÊNDICE A - Anamnese, p. 95

APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, p. 96

APÊNDICE C - Anamnese Clínico Ocupacional, p. 98

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre os vários elementos de risco ocupacional, a exposição ao ruído pode ser indicada como um dos agentes que produz um maior efeito deletério sobre a saúde auditiva de indivíduos expostos, podendo desencadear alterações auditivas de graus variados, bem como problemas não-auditivos que irão refletir sobre o comportamento social, familiar e laboral. A orelha interna, mais especificamente as células sensoriais da cóclea são muito sensíveis a exposição a níveis elevados de pressão sonora, sendo as células ciliadas externas as primeiras estruturas a serem afetadas. Ainda que recomendada pela Portaria nº 19/1998 do Ministério do Trabalho e Emprego, como sendo o instrumento legal para o monitoramento auditivo, a audiometria tonal limiar (ATL) é um dos métodos que pode compor a avaliação audiológica ocupacional, mas não o único (1,2).

Nos Estados Unidos, os ruídos provocados por armas de fogo configuram-se em umas das primeiras causas de Perda Auditiva Induzida por Níveis de Pressão Sonora Elevados (PAINPSE) tanto para militares quanto para aqueles que praticam esportes de tiro e um número cada vez maior de pessoas vem sofrendo de trauma acústico ou perda auditiva sensorio-neural (PASN) gradual, secundária a tais ruídos excessivos de arma de fogo. A perda auditiva repentina resulta da pressão sonora elevada de ruído de impacto que excede o nível crítico, podendo causar lesões mecânicas ou metabólicas nas estruturas da orelha interna, enquanto a perda auditiva gradual resulta da exposição durante anos aos ruídos de impacto de arma de fogo que não são suficientemente altos para causar o trauma acústico mas tem efeitos danosos a longo prazo nas estruturas da orelha interna (3).

De acordo com a Norma Regulamentadora 15 (NR 15) do Ministério de Trabalho e Emprego, o ruído de impacto ou de impulso é aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1 segundo, em intervalos superiores a 1 segundo, com limite de tolerância de 130 dB. Esta mesma norma orienta que níveis de ruído contínuo ou intermitente, acima de 115 dB, constituem-se como risco grave ou iminente e que não são permitidos em situações em que não haja a proteção adequada (4).

Os ruídos de impacto podem ser classificados em simples e repetitivos, sendo que os simples são desencadeados pelo manuseio de materiais e também disparos de arma de fogo, e os de impacto repetitivo são produzidos por disparos de arma de fogo em rajadas ou disparos repetidos (5).

As atividades de tiro e outras atividades pertinentes a carreira militar podem estar relacionadas a exposição a níveis elevados de ruído, que podem provocar alterações no sistema auditivo. Dentre os fatores que contribuem para que os militares negligenciem sua segurança auditiva nas atividades de tiro, destacam-se: a falta de informação quanto ao real risco da exposição aos ruídos dos tiros; falta de orientação, fiscalização e treinamento quanto ao uso de equipamento de proteção individual (EPI) e, a menos que os níveis de exposição ao ruído sejam tão altos que eles se tornem fisicamente incômodos ou produzam mudanças temporárias de limiar (MTL), os efeitos em curto prazo da exposição ao ruído não serão notados facilmente (6).

Todos os militares do Exército Brasileiro realizam atividades de tiro. Assim, a profissão militar, exige entre outras habilidades, a aptidão para o tiro avaliada tanto nos Testes de Aptidão de Tiro (TAT) com pistola 9 mm quanto no Tiro de Instrução Básico (TIB) com fuzil automático leve-FAL com calibre 7,62 mm, e conforme Neves em 2007, devido a este fato, o militar convive com riscos durante toda a vida profissional, principalmente nos treinamentos de tiro (7).

A literatura compulsada refere que o nível elevado do ruído de impacto do fuzil automático leve-FAL pode atingir níveis entre 171 dB a 188 dBNPS (nível de pressão sonora) (6;8) bem como em armas de pequeno calibre, ocorre uma rápida mudança na pressão e um pico súbito no nível de pressão sonora, de 155 dB a 170 dBNPS (9) e de 113 dBNPS para pistola 40 e 116 dBNPS para revólver 38 (10).

Na Legislação Brasileira, relativa à segurança e medicina do trabalho, a Norma Regulamentadora NR 15, estabelece limites de tolerância para o ruído contínuo ou intermitente e de impacto, onde são estabelecidos limites de tolerância para ruídos de impacto, onde há risco grave e iminente, sem proteção, a níveis de ruído de impacto superiores a 140 dB (linear), medidas no circuito de respostas para impacto, ou superiores a 130 dB (C), medidas no circuito de resposta rápida (4).

Militares, diferente dos profissionais da indústria não apresentam um ciclo de exposição definido, podendo ter exposição ocupacional tanto ao ruído de impacto das armas de fogo quanto na artilharia ou ainda a ruído contínuo, dependendo da função desempenhada. Assim, o ruído é um problema constante nas Forças Armadas, por tratar-se de um agente de risco inerente ao serviço militar, sendo o ruído de impacto das armas de fogo um dos mais nocivos para a audição. Como as consequências dessa exposição são múltiplas e abrangem grandes proporções, há um elevado contingente e numerário envolvido, além de atingir as esferas administrativa, jurídica e financeira (11).

O avanço tecnológico possibilitou a inserção de métodos de avaliação da função coclear de forma objetiva, e dentre estas destaca-se o teste de Emissões Otoacústicas Evocadas (EOAE) que são registradas após estimulação acústica externa, e estão presentes em 98% das orelhas com limiares auditivos normais (12).

Trata-se de um método rápido, objetivo e não invasivo, com a possibilidade de detectar precocemente alterações cocleares, principalmente em sujeitos expostos a ruído, não identificadas pela audiometria tonal limiar podendo ser indicado para o monitoramento auditivo (1, 13-15).

Desta forma, estando os militares expostos aos elevados níveis de pressão sonora emitidos pelos disparos de armas de fogo, estes deveriam ter sua capacidade auditiva monitorada, suscitando a necessidade de implementação de um Programa de Prevenção de Perda Auditiva (PPPA) incluindo o uso de equipamento de proteção individual (EPI) adequado e medidas de engenharia capazes de reduzir o ruído tanto no ambiente, quanto na fonte.

Diante da escassez de estudos na América do Sul sobre a aplicabilidade do Teste de EOAE em militares e levando em consideração os efeitos do ruído sobre a cóclea e o caráter preventivo no monitoramento auditivo ocupacional, estimulou-se a realização desta pesquisa, com o objetivo de estudar a amplitude, a relação sinal/ruído e a presença, por frequência, das Emissões Otoacústicas Evocadas por Produto de Distorção (EOAEPD) no monitoramento auditivo da função coclear antes e após a exposição a ruído de impacto em militares do Exército Brasileiro.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

Neste capítulo, serão apresentadas considerações e resultados de obras científicas que constituem o referencial teórico do presente estudo. A revisão da literatura não obedece criteriosamente a cronologia das citações, tendo sido priorizado o encadeamento das idéias no texto.

### **2.1 PERDA AUDITIVA INDUZIDA POR NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA ELEVADOS (PAINPSE)**

Atualmente, a população está exposta a diversos níveis de ruído, sendo que alguns destes ruídos podem ser prejudiciais a saúde. No entanto, nos acostumamos e incorporamos o ruído como se fosse algo natural e, portanto, inofensivo. Esse comportamento, bastante nocivo à saúde, torna-se mais perigoso quando se trata de ruído no ambiente de trabalho, pela sua intensidade, tempo de exposição e efeitos combinados com outros fatores de risco, como produtos químicos ou vibração (16).

Em 2001, o Instituto Nacional para Segurança e Saúde Ocupacional (NIOSH) dos Estados Unidos estimou que aproximadamente 30 milhões de trabalhadores foram expostos ao ruído no ambiente de trabalho, com um impacto econômico estimado em USD 242,4 milhões por ano e de acordo com Associações de Veteranos, as perdas auditivas por exposição ao ruído são um problema de saúde pública antigo e atual dos membros das Forças Armadas, levando a taxas de compensação de deficiência a mais de USD 1 bilhão por ano (17).

Quando o ruído é intenso e a exposição a ele é continuada, em média 85 dB durante oito horas por dia, podem ocorrer alterações estruturais na orelha interna, que determinam a ocorrência da PAINPSE. Esta é o agravo mais frequente à saúde dos trabalhadores, estando presente em diversos ramos de atividade. Além dos sintomas auditivos frequentes como perda auditiva, dificuldade de compreensão de fala, zumbido e intolerância a sons intensos, os sujeitos podem apresentar queixas

como cefaléia, tontura, irritabilidade e problemas digestivos, entre outros. Quando a exposição ao ruído é de forma súbita e muito intensa, pode ocorrer o trauma acústico, lesando, temporária ou definitivamente, diversas estruturas da orelha, sendo que a mudança temporária de limiar se caracteriza por uma diminuição da acuidade auditiva que pode retornar ao normal, após um período de afastamento do ruído (18).

O Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva em 2000 (Boletim nº 1) definiu PAINPSE como sendo uma diminuição gradual da acuidade auditiva decorrente da exposição continuada a níveis elevados de pressão sonora caracterizando-se por uma perda auditiva sensorio-neural, em razão do dano causado às células do Órgão de Corti, que uma vez instalada é irreversível e quase similar bilateralmente. A PAINPSE raramente leva a uma perda auditiva profunda, pois, geralmente não ultrapassa 40 dBNA (nível de audição) nas baixas frequências e 75 dBNA nas altas frequências. Manifesta-se, primeira e predominantemente nas frequências de 3, 4 e 6 KHz e, com o agravamento da lesão estende-se às frequências de 250 Hz, 500 Hz, 1, 2 e 8 KHz, as quais levam mais tempo para serem comprometidas. A instalação da PAINPSE é principalmente pelos seguintes fatores: características físicas do ruído (tipo, espectro e nível de pressão sonora), tempo de exposição e suscetibilidade individual. A medida que os limiares auditivos aumentam, a progressão da perda torna-se mais lenta e o nível máximo da perda auditiva, para as frequências de 3, 4 e 6 KHz ocorre nos primeiros 10 a 15 anos de exposição sob condições estáveis de ruído (19).

O Boletim nº 6 do Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva (2000) salientou que toda empresa que possui o ruído como um dos agentes de risco para seus trabalhadores deve ter um Programa de Prevenção de Perda Auditiva que vise a prevenção da instalação ou evolução de perdas auditivas e este programa deve conter basicamente as etapas de:

- 1) Monitoramento da Exposição a Nível de Pressão Sonora Elevado;
- 2) Controles de Engenharia e Administrativos;
- 3) Avaliação e Monitoramento Audiológico;
- 4) Indicação de Equipamento de Proteção Individual (EPI);
- 5) Aspectos Educativos;

## 6) Conservação de Registros e

7) Avaliação da Eficácia e Eficiência do Programa. Devido ao caráter irreversível desta patologia, não existe nenhuma forma de tratamento clínico ou cirúrgico para a recuperação dos limiares auditivos sendo, portanto, a prevenção a principal medida a ser tomada antes de sua instalação (20).

Em relação ao ruído de impacto, Patterson e Johnson em 1996 salientam que os efeitos dos ruídos de impacto podem causar danos no aparelho auditivo, com rupturas mecânicas ou rompimento das estruturas sensoriais da orelha interna o que é corroborado por Plontke et al. em 2002, ao referir que o ruído de impacto pode causar mudanças fisiológicas ou anatômicas temporárias ou permanentes na cóclea, levando a distúrbios auditivos caracterizados por mudanças do limiar, dificuldades na percepção da fala e zumbidos assim como os ruídos de impacto de alta intensidade podem ser responsáveis por uma quantidade significativa de perda auditiva permanente (9; 21).

Sataloff et al. em 2010, realizaram um estudo retrospectivo, em que indivíduos expostos ao ruído ocupacional foram analisados quanto aos aspectos de exposição ao ruído de impacto do tiro. Para esta investigação, 37 funcionários do sexo masculino de uma grande indústria foram selecionados com base em sua história de disparo de armas de fogo relatadas nas anamneses. Todos relataram que tinham disparado centenas de tiros por ano por muitos anos, e alguns dispararam mais de 1.000 cartuchos por ano. A exposição ao ruído ocupacional no caso destes sujeitos era em níveis abaixo de 85 dBA (auditivo) e os sujeitos utilizavam protetores auditivos tanto no campo profissional quanto na prática de tiros por lazer, bem como eram monitorados por um PPPA na indústria. Os autores tinham o objetivo de verificar se estes dados poderiam ajudar a determinar se os atiradores de armas destros desenvolveriam uma diminuição de audição maior na orelha esquerda e vice-versa; se todos que frequentemente disparam armas de fogo desenvolvem perda auditiva sensorio-neural e se esta perda auditiva pode ser evitada por meio do uso de protetores auditivos comercialmente disponíveis. Os resultados demonstraram que a maioria dos atiradores destros usando espingardas e rifles desenvolveram perda auditiva, um pouco maiores na orelha esquerda, mas em algumas pessoas que atiravam há muitos anos, ambos os ouvidos foram quase



igualmente afetados. Desta forma, os autores concluíram que as pessoas que utilizam arma do tipo pistola por muitos anos tendem a desenvolver quase o mesmo grau de perda auditiva em ambas as orelhas. Destes, os indivíduos que usam revólver Magnum parecem apresentar uma perda auditiva maior do que é produzido por outras armas. Os autores salientaram ainda que os protetores auditivos comercializados provavelmente reduziram a magnitude das perdas auditivas por disparo de armas de fogo, mas que não evitaram a perda auditiva depois de muitos tiros por causa da intensidade destes e também devido as próprias limitações dos protetores auditivos utilizados (22).

## 2.2 FISILOGIA COCLEAR E EMISSÕES OTOACÚSTICAS

Devido aos avanços tecnológicos, o fisiologista David Kemp, em 1978, conseguiu registrar a presença de energia sonora no meato acústico externo após estimulação acústica, formulando a hipótese de que os sons captados neste local seriam provenientes de um mecanismo coclear fisiologicamente ativo a partir das células ciliadas externas (CCE) da cóclea, com características não lineares, que seriam responsáveis pela amplificação de sons de baixa e média intensidade. Assim, as Emissões Otoacústicas (EOAs) são sons encontrados no meato acústico externo resultantes da atividade fisiológica coclear e sua origem está relacionada à movimentação mecânica ou eletromotilidade das CCE. Esta energia sonora com origem na cóclea se propaga pela orelha média, até alcançar o conduto auditivo externo, controladas pelas vias eferentes auditivas por meio do sistema olivococlear. Esta liberação de energia acústica é uma propriedade biomecânica da cóclea funcionante e saudável. Tais emissões mantinham-se estáveis desde que não houvessem alterações cocleares ou de orelha média. O autor ressaltou ainda a aplicabilidade na avaliação auditiva devido ao fato de ser um procedimento rápido, objetivo, não invasivo e aplicável em locais sem tratamento acústico e verificou que orelhas que possuíam alguma patologia de origem sensorial, como por exemplo o trauma acústico, resultavam em uma ausência ou redução significativa das EOAs (23; 24; 25).

Ressalta-se que o descobrimento das Emissões Otoacústicas (EOAs) contribuiu para o estudo da função coclear, evidenciando que a cóclea não é somente capaz de receber sons, mas também de produzir energia sonora (26; 27; 28) e por meio de uma sonda colocada no meato acústico externo, com microfone e amplificador miniaturizados, é possível mensurar a energia acústica proveniente da cóclea (15; 29; 30) e existem evidências de que alterações sutis da função coclear podem ser detectadas na avaliação das EOAs, antes que sejam observadas mudanças significativas no audiograma (29).

Este fenômeno de produzir energia sonora por meio do processo eletrobiomecânico ativo coclear, vem sendo recentemente atribuído as contrações

rápidas e lentas das células ciliadas externas, sendo controlado pelas vias auditivas eferentes. As CCE atuam como receptores cocleares, mas não como decodificadores da mensagem sonora, sendo responsáveis por dois tipos de contração: rápida e lenta, devido as suas propriedades biomecânicas, onde o sistema eferente medial das CCE promove o mecanismo das contrações lentas que modulam as contrações rápidas tendo implicações audiológicas importantes como a proteção contra super estimulação auditiva (31).

Após três décadas da descoberta das EOAs, observa-se um grande avanço na área da microfisiologia, relacionado às atividades bioquímicas e moleculares da cóclea. O conhecimento do metabolismo coclear propiciou mudanças nos conceitos associados à forma como a cóclea processa os sons. Hoje, sabe-se que mecanismos bioeletrofisiológicos são realizados durante a transdução do estímulo acústico, no Órgão de Corti, e que as células ciliadas externas possuem um papel ativo neste processo. A eletromotilidade das CCE é responsável pelo aumento da vibração da membrana basilar na região de audiofrequência do estímulo que foi dado. Assim, as CCE participam da amplificação e da seletividade de frequências, permitindo-nos obter informações sobre diferentes partes da cóclea e ainda hoje, considera-se que as EOAs sejam a energia acústica advinda desse processo (32; 33).

Devido ao fato das EOAs serem captadas no meato acústico externo, Lonsbury-Martin et al. em 2001 (34), referiram como sendo essencial a verificação das condições fisiológicas da orelha média, antes da realização do teste de EOAs; pois patologias neste local, podem interferir na condução do estímulo para a cóclea e na passagem das EOAs para o meato acústico externo o que é corroborado por Gattaz, 2001 e Massaro, 2002 (28; 32) ao salientar que as adequadas condições da orelha média são um pré-requisito para o exame, já que qualquer alteração poderá diminuir ou até abolir a ocorrência das EOAs e salientando que a presença destas é restrita as orelhas otologicamente e audiológicamente normais, ou seja, com as funções das orelhas externa, média e interna preservadas.

Nodarse (2006) revisou os dois tipos de EOAs conforme ocorrem na ausência ou presença de estimulação sonora: espontâneas e evocadas, sendo que dentre as Emissões Otoacústicas Evocadas (EOAE) podemos classificar três tipos:

Transientes (T), Produto de Distorção (PD) e Estímulo-Frequência (EF). A autora apresenta as características das emissões otoacústicas espontâneas, bem como das Emissões Otoacústicas Evocadas Transientes (EOAET) e Emissões Otoacústicas Evocadas por Produto de Distorção (EOAEPD), mais utilizadas na prática clínica (12):

a) Emissões Otoacústicas Espontâneas (EOAEs)

São captadas no conduto auditivo externo sem estimulação acústica prévia e estão presentes em cerca de metade dos sujeitos normais. Sua aplicação clínica é restrita e possuem grande variabilidade entre sujeitos; porém, de uma forma geral, apresentam simetria interaural e, quando registradas unilateralmente, são mais frequentes na orelha direita. Os níveis de amplitudes variam entre 5 e 15 dBNPS e estas emissões ocorrem mais em jovens e em mulheres.

b) Emissões Otoacústicas Evocadas Transientes (EOAET)

São elicitadas por estímulo acústico externo e estão presentes na maioria dos sujeitos com audição normal. O tipo de estimulação sonora geralmente utilizado nas EOAET é o click, em uma intensidade de 80-85 dBNPS. Desta forma, a cóclea é estimulada integralmente em uma faixa de frequência entre 500 e 4 KHz. A ocorrência de EOAET sugere sensibilidade auditiva até 30 dBNA.

c) Emissões Otoacústicas Evocadas por Produto de Distorção (EOAEPD)

As EOAEPD ocorrem em resposta a um estímulo acústico constituído por dois tons primários, formados por duas frequências próximas ( $f_1$  e  $f_2$ ). Possuem, então, a característica de estimular a cóclea em regiões específicas e são capazes de avaliar a sensibilidade auditiva em frequências altas como 6 e 8 KHz; por isto são muito utilizadas para diagnóstico de danos cocleares por ototóxicos e exposição ao ruído.

A captação das EOAEPD é facilitada pelo fato da frequência na qual a resposta ocorrerá ser matematicamente prevista a partir de dois tons puros geradores, ou seja, a resposta calculada é a intermodulação ou o produto de distorção produzido pela orelha estimulada (35).

O produto de distorção mais robusto ocorre em  $2f_1-f_2$ , quando  $f_1/f_2=1,22$ . Em relação as intensidades do teste, o protocolo  $L_1=65$  dBNPS e  $L_2=55$  dBNPS parece ser o mais sensível na identificação das perdas auditivas e os critérios de interpretação geralmente empregam o nível de resposta em relação ao ruído de fundo, ou seja, as EOAEPD são consideradas presentes quando há relação sinal/ruído (S/R) de pelo menos 6 dBNPS. Devido à possibilidade das EOAs demonstrarem o estado do funcionamento das CCE, este teste vem sendo adotado como procedimento de investigação auditiva em diversas situações clínicas: na triagem auditiva neonatal; no diagnóstico diferencial da PASN; no monitoramento da audição, durante administração de ototóxicos; além do monitoramento da audição dos sujeitos expostos ao ruído ocupacional (36).

As EOAEPD apresentam uma natureza contínua e baixa latência, o que permite testar intencionalmente frequências situadas entre 1 KHz e 8 KHz, aproximadamente. Este tipo de emissão mede essencialmente a atividade de frequências altas, apresentando sensibilidade para estágios iniciais de disfunção coclear. Os autores ressaltaram que os níveis dos estímulos sonoros não devem ultrapassar 80 dBNPS, pois acima deste valor, há o risco de ativar os reflexos acústicos, aumentando a impedância da orelha média, podendo causar redução dos níveis de pressão sonora das amplitudes (37).

As EOAEPD estimulam partes específicas da cóclea com tons puros e é mais abrangente na quantidade de frequências, avaliando portanto, a cóclea desde a espira basal (frequências altas) até a apical (frequências baixas). A limitação das EOAEPD nas frequências baixas ocorre porque elas são mais susceptíveis ao ruído ambiental e fisiológico e acima de 2 KHz seu desempenho é melhor. As EOAEPD apresentam melhores respostas na frequência de 4 KHz do que em 8 KHz, o que torna o teste útil na monitorização da função coclear em indivíduos expostos a ruídos intensos e a drogas ototóxicas. Sua ocorrência varia de acordo com a

frequência, sendo maior a prevalência nas frequências altas e a maior amplitude encontra-se na frequência de 2 KHz e a menor na frequência de 1 KHz (29).

Nishino et al. em 2001 pesquisaram as EOAEPD em 1, 3 e 4 KHz em sujeitos normais em que a razão entre as frequências primárias foi de 1,22 e os estímulos foram apresentados nas seguintes intensidades de  $f_1$  e  $f_2$ , respectivamente: 70-70 dBNPS, 70-60 dBNPS, 65-65 dBNPS, 65-55 dBNPS, 60-60 dBNPS e 60-50 dBNPS e concluíram que manter  $L_1 > L_2$  produz amplitudes de EOAPD maiores do que  $L_1 = L_2$ ; e, além disso, quanto maiores as intensidades utilizadas, maiores também serão as respostas tanto para  $L_1 = L_2$  quanto  $L_1 > L_2$ . Os produtos de distorção podem ser analisados através do gráfico *input/output* (entrada/saída) e do audiococleograma (*DP Gram*). No primeiro caso, mantém-se a frequência fixa; porém, com variação das intensidades dos estímulos. Obtém-se assim o limiar das respostas das EOAs. Através do audiococleograma (*DP Gram*) avaliam-se as respostas obtidas em diversas frequências; porém, em intensidades fixas de  $L_1$  e  $L_2$  (38).

Dentre os aspectos analisados nas EOAEPD, a amplitude é a característica mais mensurada neste tipo de EOAs. Os equipamentos de diagnóstico clínico apresentam dois programas para análise: o *Dpgram* e a “Razão de Crescimento”, sendo a “Razão de Crescimento” um método de mensuração pouco utilizado na prática clínica e que avalia o nível das amplitudes das EOAEPD (dBNPS), em uma frequência específica, em função do nível do tom primário ( $F_1/F_2$ ), decrescendo os níveis de intensidade até o desaparecimento da resposta. A outra forma de avaliação das amplitudes das EOAEPD mede os níveis de dBNPS, nas diversas frequências pesquisadas, e, posteriormente, compara as amplitudes absolutas com o correspondente ruído de fundo, mantendo os níveis de intensidade fixos. Nos equipamentos de diagnóstico clínico, esta relação entre frequência e intensidade é demonstrada por meio de um traçado gráfico denominado de *Dpgram*, por lembrar um audiograma tonal (39).

## 2.3 RUÍDO E EMISSÕES OTOACÚSTICAS

A exposição a níveis intensos de ruído pode resultar em mudança temporária ou permanente dos limiares auditivos, associada a alterações degenerativas das células ciliadas externas do Órgão de Corti e o decréscimo da acuidade auditiva e da seletividade de frequências. Tal fato, provavelmente advém de uma redução da motilidade das células ciliadas externas, acarretando assim, mudanças nas propriedades das EOAs. Tendo em vista que as CCE são as primeiras estruturas afetadas na exposição ao ruído, e o fato das EOAs serem por elas geradas, é factível a utilização do registro das EOAs para monitorar a função das CCE, tornando possível a identificação precoce de uma mudança na sensibilidade auditiva, ou identificando os indivíduos mais susceptíveis a transtornos causados pela exposição ao ruído ocupacional (28).

Oliveira et al. em 2001 pesquisaram as condições cocleares, por meio das EOAET e EOAEPD, de 25 trabalhadores de uma fábrica de móveis e compararam os resultados com um grupo de 25 sujeitos sem exposição ao ruído. Todos os participantes eram do sexo masculino, com idade média de 23 anos, limiares tonais dentro dos padrões de normalidade e tempo médio de exposição ao ruído de 1 a 4 anos. As EOAET foram analisadas segundo os critérios de amplitude absoluta, reprodutibilidade e ocorrência, em três faixas de frequência: 1 (0,5 a 1 KHz); 2 (1 a 2 KHz) e 3 (2 a 4 KHz) e as EOAEPD seguindo os critérios de amplitude absoluta e ocorrência, nas frequências de 1, 2, 3, 4, 6 e 8 KHz. Após a análise comparativa dos resultados, os autores verificaram que, nas EOAET, os grupos diferiram de forma significativa, apenas no critério ocorrência. Neste ponto, a diferença significativa foi vista somente na orelha esquerda, nas faixas de frequência de 1 e 3 KHz. O grupo não exposto apresentou maiores percentuais de ocorrência (100%), em relação ao grupo com exposição ao ruído (88%). Os níveis das amplitudes absolutas foram maiores no grupo sem exposição e variaram de 0,2 a -4,6 na orelha direita e de -1,1 a -5,2 na esquerda. Para o grupo exposto, a variação das amplitudes encontrada foi de -0,4 a -5,4 e de -0,5 a -5,9 nas orelhas direita e esquerda, respectivamente. Com relação ao critério de reprodutibilidade, todos os sujeitos do grupo sem exposição

apresentaram níveis maiores que 50%. Já no grupo exposto, três orelhas mostraram reprodutibilidade inferior a este valor. Os resultados das EOAEPD revelaram que o grupo não exposto, em relação ao exposto, apresentou maiores amplitudes nas frequências de 3, 4 e 6 KHz, na orelha direita, e nas frequências 3, 4, 6 e 8 KHz, na orelha esquerda e que os níveis das amplitudes foram diminuindo de acordo com o aumento das frequências. No critério ocorrência, não apresentaram diferenças significativas (40).

Em 2008, Atcharyasathian et al. realizaram estudo transversal, onde compararam a audiometria tonal limiar e EOAEPD de 32 trabalhadores expostos ao ruído (período médio de exposição ao ruído de 15 anos, idade entre 24-45 anos) e um grupo de 18 indivíduos não expostos e os resultados foram comparados da seguinte forma: 1) orelhas de referência, dos indivíduos não expostos ao ruído, 2) orelhas normais de indivíduos expostos ao ruído, e 3) orelhas anormais de indivíduos expostos ao ruído. Utilizou-se como critério de resposta “Aprovado” a amplitude 6 dB maior que o nível de ruído. O teste de EOAEPD mostrou diferença significativa entre os grupos 1 e 2 e o grupo 1 e 3 em todas as frequências, principalmente nas frequências de 4 a 6 KHz. Também foram encontradas diferenças entre os grupos 1 e 2, mostrando que as EOAEPD foram mais sensíveis que a audiometria tonal limiar para detectar danos na orelha interna pré-sintomático, podendo desempenhar um papel como teste de rastreio e acompanhamento dos trabalhadores expostos ao ruído. Considerando que a PAINPSE é permanente e não pode ser corrigida por tratamento médico ou cirúrgico, mas é o tipo mais evitável de perda auditiva, a melhor alternativa é a detecção precoce por meio do monitoramento auditivo. Ainda que a audiometria tonal limiar seja o exame de excelência descrito, esta trata-se de um método subjetivo, mais demorado, e não muito sensível às pequenas mudanças nos limiares de tom puro, sugerindo um moderno método de diagnóstico, qual seja, o Teste de EOAE, que configura-se em um método preciso, objetivo, rápido e não invasivo (41).

Marques em 2003 referiu que os registros das EOAEPD podem identificar alterações auditivas iniciais, auxiliando no diagnóstico precoce da PAINPSE. O autor avaliou as EOAEPD como método de diagnóstico de alterações fisiopatológicas iniciais provocadas por exposição ao ruído ocupacional avaliando 74 trabalhadores



do sexo masculino, lotados no Campus Universitário da Universidade de São Paulo, divididos em dois grupos pareados por idade e com exame de audiometria tonal limiar dentro dos padrões de normalidade, sendo 37 indivíduos expostos ao ruído ocupacional e 37 não expostos. A ausência de resposta no registro das EOAEPD foi 12 vezes maior para o grupo de expostos ao ruído ocupacional nas frequências de 3, 4 e 6 KHz agrupadas e os resultados sugerem que a exposição ao ruído ocupacional pode provocar alterações nos registros das EOAEPD, mesmo em indivíduos com exame de audiometria tonal limiar dentro dos padrões de normalidade, indicando que o teste de EOAEPD pode ser importante como método de diagnóstico precoce da PAINPSE (42).

Frota e Lório em 2002 utilizaram o teste de EOAEPD e constataram a redução das amplitudes e a relação sinal/ruído das EOAs após exposição ao ruído contínuo, relacionando à variável sexo e orelha. As autoras estudaram 20 homens e 20 mulheres com audição normal (até 25 dBNA) e faixa etária entre 18 e 36 anos. Os sujeitos da pesquisa foram expostos por 10 minutos ao ruído branco, dentro de uma cabina acústica. Cessada a exposição, as amplitudes das EOAEPD mostraram-se reduzidas em ambos os grupos. Entretanto, no grupo dos homens a redução das amplitudes das EOAEPD abrangeu um número maior de frequências (932, 1304, 2588 e 5128 Hz) quando comparado ao grupo das mulheres, no qual se encontrou redução somente nas frequências de 2588 e 3614 Hz. Não houve diferença interaural significativa. A pesquisa concluiu que a aplicação das EOAEPD foi um método eficaz em detectar mudanças temporárias na sensibilidade auditiva através da redução estatisticamente significativa de suas amplitudes, após exposição ao ruído, nas frequências de 2558 e 3614 Hz para os indivíduos do sexo feminino e nas frequências de 932, 1304, 2558 e 5128 Hz para os indivíduos do sexo masculino (43).

Negrão e Soares em 2004 compararam as variações nas amplitudes das EOAE e EOAEPD em trabalhadores com audição normal e com PAINPSE, sendo um grupo de 20 indivíduos normo-ouvintes chamado de resistente que era composto por trabalhadores com histórico de uso de protetores auditivos apenas nos últimos 10 anos de exposição e, mesmo assim com audição normal e um grupo de 20 indivíduos com PAINPSE denominado de sensível, pois, embora fizessem o uso de

protetores auditivos, desenvolveram perda auditiva. Os testes foram realizados antes e depois da exposição ao ruído branco de 105 dB, num período de 10 minutos com o equipamento ILO 292, Otodynamics, sendo que os resultados foram classificados em piora, manutenção ou melhora. Com relação às EOAET, observou-se maior variação nas frequências graves e médias. O grupo resistente apresentou maior incidência de piora, contudo acredita-se que isto se deve ao fato do grupo sensível ter perda auditiva; deste modo, muitos não apresentaram ocorrência de EOAET. Ao avaliar as EOAEPD, não foram encontradas diferenças entre as orelhas direita e esquerda e ocorreu maior incidência de agravamento do que nas EOAET; porém, diferentemente das EOAET, nas EOAEPD, o grupo sensível apresentou registros piores que o grupo resistente em toda a faixa de frequências testadas e com maior incidência de piora nas frequências médias e agudas. Assim, foi possível concluir que o teste de EOAEPD, levando em consideração o critério amplitude é mais eficiente que o de EOAET em detectar modificações cocleares, após exposição ao ruído (44).

Seixas et al. em 2004 empregaram o teste de EOAEPD para avaliar o impacto auditivo causado pela exposição ao ruído ocupacional na construção civil. Foram selecionados 393 trabalhadores expostos a níveis de ruído de aproximadamente 90 dBNA, há pelo menos dois anos. Os resultados foram comparados com um grupo de 63 estudantes, sem histórico de exposição ao ruído, sem queixas auditivas e com idade média de 27 anos. As EOAEPD foram avaliadas na faixa de frequência de 2 a 8 KHz, com níveis de intensidade de L1=65 e L2=55 dBNPS. O grupo exposto ao ruído ocupacional apresentou amplitudes das EOAEPD mais reduzidas que o grupo não exposto, especialmente na faixa de frequência de 3 a 8 KHz (45).

Coelho et al. em 2010 ressaltaram que, tanto as EOAET quanto as EOAEPD são úteis no diagnóstico da PAINPSE, considerando que as EOAEPD se mostraram mais eficazes no diagnóstico precoce da PAINPSE em indivíduos com audição aparentemente normal, justificando-se pelo fato de captar as respostas nas frequências mais altas, que são as primeiras a serem atingidas pela exposição ao ruído, enquanto que a audiometria tonal limiar revela a perda auditiva quando esta já se instalou permanentemente (46).

## 2.4 EXPOSIÇÃO A RUÍDO EM MILITARES

Abel em 2005, realizou uma revisão das práticas de conservação de audição em militares canadenses e uma análise retrospectiva dos testes auditivos, bem como uma investigação prospectiva dos fatores de risco para a perda auditiva em 1.057 indivíduos que atuavam em 107 atividades aéreas, terrestres e marítimas utilizando os resultados dos testes auditivos iniciais e periódicos. Para registrar os dados, o autor utilizou um questionário de 64 itens referentes à demografia, histórico de exposição ao ruído ocupacional e não ocupacional, treinamento e utilização de equipamento de proteção individual e fatores de risco não relacionados ao ruído, incluindo traumatismo craniano, doenças da orelha, medicamentos e exposição a solvente e constatou que a prevalência da perda auditiva variou de moderada a severa. Quanto ao conhecimento sobre os perigos do ruído, seleção e uso de EPI, estes foram insuficientes, bem como foi relatado que a proteção auditiva é incompatível com algumas atividades, desconfortável e um impedimento à comunicação. Por fim, o autor ressaltou que, para que ocorram mudanças devem existir abordagens e estratégias de conservação auditiva (47).

Atualmente, nos Estados Unidos, existem mais de 445.000 veteranos recebendo compensação devido a perda auditiva associada com o serviço militar, e 395.000 recebendo compensação relacionada ao zumbido. Além do pagamento das compensações, o custo dos serviços relacionados à audição e serviços clínicos oneram o Departamento de Assistência aos Veteranos dos Estados Unidos, em termos de fornecimento de próteses auditivas e serviços relacionados, referindo como imperativo a realização de PPPA entre os militares e veteranos (48).

Em relação as normas e regulamentos, Jurkievicks e Kantor em 2005 relataram que apesar destas estarem sendo constantemente introduzidas, o problema do ruído nas Forças Armadas ainda persiste. A exposição ao ruído excessivo é um perigo inerente ao treinamento militar. No entanto, para alcançar a aptidão para o combate das unidades, o treinamento nas condições reais de um verdadeiro campo de batalha é essencial e é difícil planejar este treinamento, evitando a exposição ao ruído excessivo (49).

Apesar do uso de dispositivos de proteção auditiva e inovações de engenharia projetadas para melhorar o ambiente de trabalho, a PAINPSE continua a ser uma das mais comuns e caras doenças ocupacionais nas Forças Armadas dos Estados Unidos. Muitos membros do serviço militar sofrem trauma acústico devido a problemas de utilização de EPI, níveis sonoros excedentes a capacidade protetora dos EPIs ou por exposições inesperadas e nesses casos, não há nenhum tratamento definitivo para a perda de audição, ainda que diversas alternativas de tratamento estejam sendo estudadas (50).

Avaliando os perfis auditivos de 97 militares de uma unidade de Artilharia do Exército Brasileiro, por meio da audiometria tonal limiar, Silva et al. em 2004 encontraram alteração em 38,1% dos traçados audiométricos, sendo a maioria sugestiva de PAINPSE e descreveram que a perda auditiva encontrada foi mais intensa quanto maior a idade e o tempo de serviço. Os autores ressaltaram que os ruídos a que os militares estão expostos são capazes de causar lesão ao sistema auditivo, muitas vezes irreversível e salientam que a grande ocorrência de perda auditiva entre os militares e a falta de proteção adequada a exposição ao ruído indica a necessidade de se implantarem, nesta categoria, medidas de prevenção de perda auditiva (51).

Em estudo com 76 militares do Real Centro de Aviação do Exército Tailandês, sendo 34 pilotos de helicóptero e 42 mecânicos de aeronaves de asas rotativas, foi pesquisada a prevalência de PAINPSE e os fatores contribuintes que poderiam afetar os dois grupos por meio de questionário, exame físico e avaliação auditiva. Quanto aos resultados, não foi observada diferença significativa na prevalência de perda auditiva em aviadores (32,4%) comparados com os mecânicos de aeronaves de asas rotativas (47,6%). No entanto, no grupo de mecânicos de aeronaves, havia mais dano nas frequências envolvidas, incluindo frequências da área da fala e altas frequências e mais decibéis (dB) de perda do que nos aviadores. Quanto aos fatores contribuintes que poderiam afetar a audição, o tipo de EPI e índice de fumantes foram fortemente correlacionados com perda auditiva. A conclusão dos autores foi que mecânicos de aeronaves tiveram maior gravidade de perda auditiva do que aviadores e ressaltaram a importância de medidas preventivas quanto a audição dos militares (52).

Com o objetivo de identificar a exposição ao ruído e verificar se o equipamento de proteção auditiva utilizado por militares do Exército Brasileiro é adequado para a exposição ao ruído de impacto durante as atividades de instrução de tiro básico, produzido pelo fuzil automático leve - FAL, calibre 7,62 mm, Neves e Soalheiro em 2010 consideraram que a proteção auditiva do protetor de inserção modelo 1100, da 3M não proporcionou redução de ruído suficiente, uma vez que seu valor de redução real corresponde a 15 dB nível de redução de ruído quando o protetor é colocado pelo próprio indivíduo (NRRsf). Os militares participantes do estudo foram expostos a ruídos que variaram entre 147,3 e 171 dBNPS. Os autores consideraram que o registrado na embalagem deste tipo de protetor auditivo (NRR de 29 dB) não seria considerado real, pois tais medidas são obtidas em laboratório não sendo consideradas as condições reais de exposição ao ruído. Os autores ressaltam ainda que a recomendação do National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) desde 1998 é de que seja realizada uma redução de 50% no valor de nível de redução de ruído (NRR) registrado na embalagem, bem como tal documento recomenda que este protetor não seja utilizado para ruídos acima de 114 dB. Por fim, os autores descrevem que o ruído de impacto encontrado no Tiro de Instrução Básico pode lesar irreversivelmente as estruturas cocleares, causando lesões auditivas, extra-auditivas e agravos psicossociais. O que pode, no futuro, vir a comprometer a entrada no mercado de trabalho dos militares que não permanecem nas Forças Armadas, por serem estes portadores de PAINPSE, bem como reforçam a necessidade de PPPA para os militares (8).

Tais ruídos de impacto podem causar mudanças fisiológicas ou anatômicas, temporárias ou permanentes na cóclea, levando a distúrbios auditivos caracterizados por mudanças do limiar, dificuldades na percepção da fala e zumbidos e militares expostos a níveis elevados de ruído, podem apresentar alterações no sistema auditivo (6; 53).

Nas Forças de Defesa da Finlândia, 119 militares foram atendidos no Hospital Central Militar devido a trauma acústico agudo e sintomas como zumbido e perda auditiva após o tiro no ano de 2000, sendo que a arma que ocasionou mais trauma foi o rifle de assalto principalmente em treinamentos de combate. Os autores salientaram que 87,5% dos casos ocorreu em indivíduos que não utilizavam protetor

auditivo e sugerem que um planejamento cuidadoso destes exercícios poderiam evitar alguns destes traumas acústicos, bem como ressaltaram que conforme melhoraram as possibilidades de proteção auditiva, diminuiu na mesma proporção a queixa de zumbido, demonstrando que a prevalência de zumbido diminuiu conforme aumentou o rigor nos regulamentos pertinentes a proteção auditiva (54).

Ribeiro e Câmara em 2006, realizaram estudo com militares da Força Aérea Brasileira onde pesquisaram a prevalência de perda auditiva entre todos os trabalhadores de manutenção de uma unidade de helicópteros por meio de questionários individuais e audiometria tonal limiar e constataram uma prevalência elevada (32,4%) de perda auditiva relacionada ao tempo de trabalho e a faixa etária de 41 a 50 anos. Foram 74 militares avaliados, sendo divididos em três categorias: a primeira de 35 mecânicos, a segunda de 11 pilotos e a terceira por 28 militares de atividades de apoio. Tendo em vista que as atividades estão relacionadas com a segurança de outras pessoas, esses trabalhadores devem ouvir e compreender o que lhes é dito, principalmente em voo. Sua audição é necessária para o melhor desempenho de suas funções e ações preventivas devem ser propostas de tal forma que não interfiram na compreensão da comunicação interna, via rádio, na aeronave. Por fim, os autores destacam a importância do PPPA, salientando sobre a obrigatoriedade do uso do protetor auditivo e, se possível, a utilização conjunta de dois protetores dos tipos de inserção e tipo concha (55).

Muhr et al. em 2006, investigaram a incidência e o risco relativo de mudanças significativas nos limiares tonais durante o primeiro ano de serviço militar, bem como investigaram se os sujeitos com uma perda de audição leve apresentavam um risco maior. Foram realizados exames audiométricos por meio da audiometria tonal limiar em 747 militares e um grupo controle de 138 sujeitos. Os autores demonstraram que no grupo controle a incidência de mudança de limiar foi de 2,9% enquanto no grupo de estudo foi de 7,9% e consideraram que mesmo diante dos esforços de um PPPA continuam a ocorrer perdas auditivas principalmente nos militares de artilharia e que aqueles que já apresentavam uma alteração auditiva ao ingressar no Exército, apresentaram maior risco de danos auditivos após um ano do serviço militar (56).

Nas Forças Armadas de Cingapura, foi realizado estudo para verificar os efeitos do treinamento militar básico na audição de soldados por meio da

audiometria tonal limiar. Foram acompanhados 85 militares antes e após um ano de treinamento. Os autores verificaram uma prevalência de 9,4% de perda auditiva que se manteve igual após um ano e diante destes resultados, consideraram que o PPPA existente nas Forças Armadas de Cingapura foi eficiente e resguardou a saúde auditiva de seus militares (57).

Em 2010, Guida et al. pesquisaram o perfil audiológico de 200 policiais militares expostos ao ruído de impacto por meio da audiometria tonal, utilizando protetor auditivo do tipo concha, em treinamentos com armas de fogo, do sexo masculino e feminino e encontraram o zumbido como queixa mais prevalente. Obtiveram 42,5% de casos de perda auditiva, sendo 27% nas orelhas direitas e 28% nas esquerdas e consideraram fundamental a implementação de um PPPA para os policiais militares (58).

Rocha et al. em 2010 realizaram estudo com 47 militares do Corpo de Bombeiros do Rio de Janeiro, alocados no destacamento de pista do aeroporto Santos Dumont, com exposição a ruído contínuo. Estes foram avaliados por meio da audiometria tonal limiar convencional e de altas frequências e foi constatado que os limiares para as frequências de 14 KHz e 16 KHz foram significativamente maiores do que no grupo controle, sendo considerado que os limiares rebaixados nas altas frequências sofreu interferência da exposição ao ruído no grupo experimental. Os autores reforçaram a importância da pesquisa das altas frequências mesmo com audiometria tonal limiar normal no diagnóstico precoce da PAINPSE e a importância do Programa de Prevenção de Perda Auditiva (59).

Guida et al. 2011 avaliaram a exposição ao ruído durante os exercícios de tiro de 30 policiais militares (27 masculinos e 3 femininos). Analisaram acusticamente o ruído de impacto e relacionaram tais resultados com os da audiometria tonal limiar e obtiveram como resultados que os picos máximos medidos no estante de tiro foram de 113,1 dBNPS para pistola Taurus PT 100, calibre 40 e 116,8 dBNPS para revólver calibre 38 e as medidas da audiometria tonal limiar indicaram maior perda auditiva na faixa de 4 KHz em 86,7% dos casos. Os autores consideraram que a partir da análise acústica dos tiros, foi possível demonstrar causa e efeito entre as principais áreas de excitação de energia na cóclea devido ao impacto do ruído e as frequências com diminuição de acuidade auditiva (10).

## 2.5 EMISSÕES OTOACÚSTICAS EM MILITARES

Em 2001, Konopka et al. pesquisaram a audição de 10 militares poloneses com média de idade de 20 anos, por meio da audiometria tonal limiar, imitanciometria, EOAET e EOAEPD. Os autores pretendiam comparar a eficácia dos diferentes métodos de avaliação auditiva. As avaliações por meio das EOAE foram realizadas antes e entre 10 a 15 minutos após a exposição ao ruído de impacto. No estudo foi utilizada arma automática (15 disparos com nível máximo de 165 dB) sem protetor auditivo. Toda a testagem foi realizada em sala silenciosa dentro das instalações militares. Como resultado os autores demonstraram que ocorreu redução nas amplitudes no teste de EOAET na orelha direita e esquerda, sendo 3,1 dBNPS em 3 KHz e 5,1 dBNPS em 4 KHz na orelha direita e 4,3 dBNPS em 1 KHz e 6 dBNPS em 2 KHz na orelha esquerda. Já nas EOAEPD, ocorreu redução significativa de 3,8 dBNPS em 1 KHz e 2,9 dBNPS em 3 KHz somente na orelha esquerda. Não houve diferença na audiometria tonal limiar antes e após a exposição ao ruído, porém nas EOAEPD, foram observadas 19 orelhas alteradas de 20 orelhas testadas. Na pesquisa, as EOAEPD foram obtidas com nível de intensidade fixo de 70 dBNPS,  $f_2/f_1$  onde  $f_1$  variou de 800 Hz a 5200 Hz e  $f_2$  variou de 1 KHz a 6300 Hz. Os 10 militares eram destros e, provavelmente, o efeito assimétrico resultou da postura de tiro, dependendo do efeito sombra do corpo. Assim, a redução dos níveis das EOAET e EOAEPD em militares expostos a ruído pode ser uma indicação precoce de perda auditiva em potencial e o teste de EOAE se mostrou mais sensível no monitoramento coclear do que a audiometria tonal. Os autores referem ainda que a experiência clínica com EOAE indica que estas podem desempenhar um papel como método de triagem para militares expostos ao ruído e como uma ferramenta para o monitoramento de alterações iniciais na cóclea (60).

Também na Polônia, ao avaliar os efeitos da exposição ao ruído de impacto nas EOAET e audiometria de altas frequências antes e após um ano, ocorreu uma deterioração significativa da audição no teste de altas frequências, em média de 6 dB, exclusivamente nas frequências de 10 a 12 KHz, e redução das EOAET principalmente nas frequências de 2, 3 e 4 KHz, com a maior redução em 2 KHz. No



grupo controle, não foram constatadas alterações audiométricas significativas, bem como nas EOAET durante o período de experiência. Tal estudo foi realizado comparando os exames de 92 militares expostos a ruído de impacto antes do ingresso e um ano após e um grupo controle não exposto ao ruído. Após um ano do serviço militar houve uma deterioração significativa da audição, em média de 1-2 dB para 125 Hz-3 KHz e 4-6 dB para 4-12 KHz para todos os militares examinados, bem como redução nas EOAET predominantemente nas frequências de 3 e 4 KHz, para ambas as orelhas e redução de valores da relação sinal/ruído (S/R) para as frequências de 2, 3 e 4 KHz. A análise do nível total de ruído e o espectro de frequência para todos os tipos de armas utilizadas durante o ano, separadamente, demonstraram que o mais alto nível de ruído para as armas estava concentrado nas frequências entre 1,6 a 16 KHz. Os autores concluíram que as EOAET foram capazes de monitorar mudanças sutis no funcionamento da cóclea, especialmente nos casos em que a audiometria clínica é menos sensível e defenderam que o teste de EOAE pode ser um método de *screening* para diagnóstico de alteração auditiva em militares, bem como descreveram a vantagem do teste de EOAs como sendo mais rápido, que independe da resposta do examinando, onde o equipamento é portátil e não há exigência de vedação acústica na sala de exame (61).

Quanto a influência do ruído de impacto de curta duração na dimensão da mudança emporária de limiar em militares poloneses usando protetores auditivos do tipo concha ao efetuar 5 disparos com rifle modelo AKMS, foi constatado que as mudanças pós-exposição em soldados que usaram estes protetores auditivos não foram significativas, tendo havido diferença significativa apenas para a frequência de 1KHz. Diante de tal constatação, os autores recomendaram o uso de protetores auditivos do tipo concha, pois consideraram que estes pareceram capazes de atenuar suficientemente o impacto do ruído das armas de fogo. A avaliação auditiva foi realizada em 80 indivíduos com otoscopia normal e dados audiométricos medidos por audiometria tonal e pelo exame das EOAET de 3 a 5 minutos antes do tiro e 2 minutos, 1, 2 e 3 horas após os disparos, sendo um grupo de 40 soldados expostos e protegidos e um grupo de 40 não expostos. Foi utilizada a intensidade fixa em 80 dBNPS para captação das EOAET (62).

Em 2005, Olszewski et al. apresentaram os valores médios de mudança temporária de limiar logo após um exercício de tiro realizado por 40 militares por meio das EOAET. Os valores foram: em 1 KHz - 1,07 dBNPS, em 2 KHz - 0,96 dBNPS, em 3 KHz - 1,41 dBNPS, em 4 KHz - 0,88 dBNPS e em 5 KHz - 1,25 dBNPS. Após um intervalo de 1 hora as amplitudes das EOAT em 1 e 2 KHz foram semelhantes as amplitudes antes dos disparos, mas em 3, 4 e 5 KHz, houve uma mudança de 1,54 dBNPS, 1,87 dBNPS e 2,44 dBNPS, respectivamente. Ainda após 2 horas, as mudanças eram observadas nas EOAET, estando presentes em 4 KHz- 1,01 dBNPS e em 5 KHz- 1,41 dBNPS, bem como após 3 horas, onde observou-se que a alteração na frequência de 5 KHz se manteve, com o valor médio de 1,05 dBNPS (63).

Job et al. (2004) estudaram presença de zumbido, modificações na sensibilidade coclear por meio das EOAEPD e correlacionaram com aspectos do estado emocional, como níveis de ansiedade e tensão em militares franceses e constataram que houve correlação destes fatores emocionais com a presença de zumbido bem como alterações como a diminuição nas EOAEPD. O delineamento experimental consistiu em um estudo de seguimento de 54 militares, com idade média de 20 anos, psicologicamente normal, com audição normal, durante dois dias consecutivos de rodadas de tiro com armamento de cano longo francês com protetor auditivo do tipo concha *Bisom Targo* com atenuação variando de 20 a 40 dB. A coleta de dados incluiu uma abreviada versão do perfil do estado de humor, questionários sobre percepção do zumbido (história anterior e após o disparo) e medidas de EOAEPD antes e após o disparo. Os indivíduos foram examinados 1 hora antes da primeira rodada de tiros e cerca de 5 minutos após esta. A coleta dos dados foi realizada em uma sala silenciosa próximo ao estande de tiro. Foi usado o seguinte protocolo: o estímulo consistiu de dois tons puros ( $f_1$  e  $f_2$ ; sendo  $f_2/f_1=1,2$ ) apresentados simultaneamente com a maior frequência a 65 dBNPS e a menor frequência a 55 dBNPS nas seguintes frequências: 1, 1.5, 2, 3, 3.5, 4, 5 e 6 KHz. Não houve diferenças significativas nas EOAEPD antes e após dois dias de tiro utilizando protetor auditivo do tipo concha. No entanto, houve uma tendência geral das EOAEPD serem menores, principalmente na frequência de 3.5 KHz e não houve diferença entre as orelhas direita e esquerda. Os autores constataram que escores

mais altos de tensão-ansiedade foram encontrados em indivíduos com história prévia de zumbido e a associação entre história prévia de zumbido e zumbido após o disparo foi significativa. A percepção do zumbido após rodadas de tiro foi associado com EOAEPD significativamente menor em 3 KHz. Este estudo mostra claramente que, na população jovem e saudável, psicologicamente normal e com audição normal, as variações moderadas de humor e estados emocionais estavam relacionadas ao zumbido e alterações iniciais nas EOAEPD (64).

Em estudo longitudinal com 84 soldados israelenses, com o objetivo de verificar existência ou não de alterações auditivas ao longo de dois anos expostos ao ruído, foi atestada a vulnerabilidade da audição destes militares. As medições foram realizadas durante o treinamento básico, tendo sido repetidas diversas vezes. Os soldados foram expostos ao ruído de armas de fogo de pequeno calibre e as medidas foram realizadas por meio de EOAET e audiometria tonal. Em geral, o nível das EOAET diminuiu ao longo do tempo, mostrando que aproximadamente 57% das orelhas desenvolveram uma mudança permanente no limiar, de grau leve, após dois anos de exposição ao ruído, tendo sido definido como uma mudança de limiar de 10 dB ou mais, em pelo menos uma das frequências audiométricas em 1, 2, 3, 4 ou 6 KHz. Aproximadamente 63% das orelhas testadas que tinham um nível de EOAET médio  $> 1$  e  $< 8$  dB antes da exposição ao ruído, desenvolveram tal mudança permanente no limiar. Por outro lado, entre as orelhas cujo nível de EOAET médio estava muito baixo ( $< ou = 1$  dB) ou muito alto ( $> ou = 8$  dB), menos de 30% desenvolveram mudança permanente no limiar. Os autores sugeriram que pode ser realizada uma previsão da vulnerabilidade da orelha com base na média das emissões antes da exposição ao ruído (65).

Militares israelenses foram avaliados por meio da audiometria tonal limiar, EOAET e EOAEPD com o objetivo de acompanhar as alterações nas EOAET, comparando com os limiares da audiometria tonal limiar durante os primeiros 2 anos de exposição ao ruído no trabalho, e comparados entre e dentro de uma população de 135 militares da sala de máquinas de um navio e um grupo controle de 100 indivíduos sem exposição ao ruído. No estudo foi levado em consideração a exposição ao ruído contínuo. Os autores observaram que os limiares da audiometria tonal para 2, 3 e 4 KHz, em ambas as orelhas, foram significativamente elevadas no

grupo de estudo após 2 anos de exposição ao ruído; as amplitudes das EOAET foram significativamente menores em 2 KHz na orelha direita e 2 e 4 KHz na esquerda. A análise longitudinal intrasujeitos, do grupo de estudo revelou uma redução significativa das amplitudes de EOAET de 2 KHz a 4 KHz em ambas as orelhas e reduzida amplitude de EOAEPD para 6 KHz na orelha direita e para 4, 6 e 8 KHz na orelha esquerda na segunda avaliação de acompanhamento. Encontrou-se ainda parâmetros anormais de EOAET após o primeiro ano da exposição ao ruído, que tiveram aumento da sensibilidade (86-88%) e diminuição da especificidade (33-35%) para a previsão da PAINPSE depois de 2 anos. Embora as alterações das EOAET após 1 ano terem mostrado aumento da sensibilidade na previsão da PAINPSE, após 2 anos de exposição, os autores consideraram que o exame isolado não pode ser recomendado como uma ferramenta de triagem eficiente devido às altas taxas de falso-positivo (66).

Bockstael et al. em 2008, avaliaram o efeito do ruído de impacto nas EOAET e EOAEPD enquanto testavam dois tipos de protetores auditivos indicados para o uso diante da exposição a ruído de impacto. Um protetor era do tipo passivo (*Ultra-Fit* com filtro) com Nível de Redução de Ruído (NRR) de 0 dB abaixo de 2 KHz e de 4 a 10 dB de 3 KHz a 8 KHz e o outro protetor era ativo nível-dependente (Com Tacs da Peltor) com Nível de Redução de Ruído variando de 1 KHz a 8 KHz, da seguinte forma: 1 KHz = 30 dB; 2 KHz = 33 dB; 4 KHz = 43 dB e 8 KHz = 41 dB de Nível de Redução de Ruído. Os autores utilizaram as EOAE para detectar mudanças sutis na integridade funcional das células ciliadas externas da cóclea em dois grupos de militares. O primeiro grupo formado por 24 militares avaliados antes, logo após e 1 hora depois da exposição e o segundo grupo composto de 31 militares avaliados antes e durante cinco dias de prática de tiro, sendo que nos quatro primeiros dias foram avaliados antes e imediatamente após a prática de tiro e no quinto dia somente após a prática de tiro. Foram utilizados tipos diferentes de armamentos para os dois grupos porque o objetivo dos pesquisadores era obter dados sobre a eficácia dos protetores auditivos utilizados. Em relação ao primeiro experimento, os militares tinham entre 22 a 49 anos e tinham um tempo de exposição ao ruído de 3 a 29 anos e no segundo experimento os militares tinham entre 19 a 46 anos e de 1 a 3 anos de exposição ao ruído. Todos estes militares faziam audiometria tonal

anualmente e seus registros mostravam-se normais e todos apresentaram EOAET presentes antes do experimento. Antes da pesquisa, nenhum dos militares havia feito uso de protetor do tipo ativo. Cabe ressaltar que em ambas as investigações foram incluídas somente uma orelha de cada sujeito, sendo que o lado do teste foi determinado para randomizar a orelha-teste. Todos os exames foram realizados nas instalações militares. As EOAEPD foram obtidas utilizando o seguinte protocolo:  $2f_1-f_2$ , sendo  $f_1 < f_2$ , simultaneamente, com nível de estímulo de 75 dBNPS e 70 dBNPS e razão de 1,22. Os resultados demonstraram que houve diferenças significativas entre as orelhas na maioria dos casos; sendo que as EOAE da orelha direita apresentaram uma tendência a serem mais robustas. Não houve alterações significativas nas EOAE antes e depois em nenhum dos grupos avaliados. Estes resultados sugerem que os protetores auditivos utilizados no estudo, tanto passivo quanto ativo foram capazes de prevenir danos cocleares (67).

Em 2004, Pawlaczik-Luszczynska et al. compararam a audiometria tonal limiar e EOAET em 28 policiais militares utilizando protetor auditivo do tipo concha, durante exercício de tiro e 18 indivíduos que não fizeram uso de protetor auditivo. Os autores avaliaram os sujeitos antes e entre 2 a 10 minutos após o exercício de tiro, sendo que foi possível reavaliar 13 dos 28 policiais entre os 2 a 10 minutos após. Foi constatado que o protetor auditivo do tipo concha foi eficaz para evitar mudança de limiar na audiometria tonal e mudança significativa nas amplitudes das respostas nas EOAET. Na audiometria tonal dos sujeitos que não utilizaram protetor auditivo, ocorreu mudança temporária de limiar principalmente na frequência de 3 KHz, bem como nas EOAET. Por fim, os autores ressaltaram a eficácia do uso de protetor auditivo do tipo concha para atenuar o ruído de impacto para armas de pequeno calibre, bem como confirmaram as EOAET como sendo mais sensíveis do que a audiometria tonal na avaliação de mudanças temporárias na cóclea causadas por ruído de impacto (68).

Balatsouras et al. em 2005, avaliaram por meio da audiometria tonal limiar, imitanciometria e EOAEPD, treze militares da polícia grega, do sexo masculino, com idades entre dezoito e vinte anos, sem uso de protetor auditivo, sem histórico de exposição ao ruído de impacto anterior e infecção de orelha. As EOAEPD foram captadas com o analisador ILO88 Otodynamics (DP Echoport OIT 292) conectado a

um notebook, utilizando tons primários,  $f_1$  e  $f_2$  ( $f_1 < f_2$ ) na razão  $f_2/f_1$  fixada em 1,21 e intensidade fixa em 70 dBNPS ( $L_1 = L_2$ ). O resultado das EOAEPD foram apresentadas com relação à frequência  $f_2$ . O nível  $2f_1/f_2$  foi estatisticamente comparado com o nível de ruído para cada medida das EOAEPD. Estas foram registradas como *DP-gram* nas frequências, obtidos a partir da orelha direita e esquerda de cada sujeito. O *DP-gram* foi registrado nas frequências de 1 KHz a 6 KHz. O teste não foi realizado abaixo de 1 KHz ( $f_2$ ), porque o ruído do próprio sujeito faz com que tons de baixa frequência nas EOAEPD sejam difíceis de medir. Foram analisadas sete frequências (1; 1500; 2; 3; 4; 5; e 6 KHz). Embora o Exército Grego ainda não tenha implementado um PPPA, todos os militares do estudo receberam instruções antes do treino sobre a importância da proteção auditiva durante os exercícios de tiro. No entanto, os mesmos não utilizaram protetor auditivo devido a motivos descritos por eles como: “situação pouco exigente, desconforto, esquecimento ou o protetor caiu”. A sessão de tiro foi ao ar livre, usando revólver Magnum 38 ME. Todos eram destros. Foram quarenta e oito disparos em cerca de sete a oito minutos. Os sujeitos foram expostos ao ruído de impacto individualmente, ou seja, a exposição não foi simultânea. O nível de pressão sonora do ruído de impacto foi de 160 dB e os sujeitos foram examinados em três sessões de testes: antes da exposição ao ruído de impacto, aproximadamente uma hora após a exposição e 24 horas após. Os testes foram realizados em sala próxima ao estande de tiro. A audiometria foi realizada seguida pelas EOAEPD e timpanometria. Limiar maior que 10 dBNA (nível de audição) na audiometria e mudança nas EOAEPD em nível de emissão  $>$  ou  $=$  6 dBNPS foram considerados significativos. A análise estatística utilizando RANOVA encontrou diferença significativa para o fator tempo, orelha e frequência testadas. Análises *pos hoc* não encontraram diferença para múltiplas comparações, mas encontrou que, nos testes realizados após 1 hora ocorreu um decréscimo de 8,1 dB em 3 KHz e 7,5 dB em 5 KHz na orelha direita e 7,2 dB em 2 KHz e 7,4 dB em 3 KHz na orelha esquerda. Já após 24 horas, os dados demonstraram que houve recuperação parcial, pois não houve relevância estatística ao comparar os resultados de 24 horas após com os resultados obtidos antes da exposição ao ruído de impacto. Tanto a amplitude quanto a relação sinal/ruído diminuíram após 1 hora e voltaram quase aos valores iniciais após 24

horas. Entre a medida realizada antes da exposição e após 24 horas, não teve diferença estatisticamente significativa, comprovando melhora das EOAEPD, ainda que as médias na última testagem tenham sido reduzidas de 4 a 6 KHz indicando somente uma recuperação parcial. Foi demonstrado ainda que houve diferença estatisticamente significativa na frequência de 6 KHz na orelha esquerda ao comparar os exames 1 hora e 24 horas após, ou seja, na orelha direita houve recuperação nesta frequência, não ocorrendo o mesmo na orelha esquerda. Os efeitos em relação a frequência demonstraram que a frequência mais atingida no teste de EOAEPD foi 3 KHz e abaixo desta frequência, enquanto na audiometria tonal foram as frequências mais altas. Assim, foi constatado que o elevado nível de ruído de impacto causou uma diminuição significativa na função coclear, o que levou a mudança temporária de limiar considerável na audiometria tonal limiar e clara redução das EOAEPD, na maioria das orelhas, pois alterações significativas nos níveis das EOAEPD foram vistos em pelo menos uma frequência, após exposição a ruído de impacto, levando a conclusão de que as EOAEPD proporcionaram informações adicionais sobre o estado da cóclea e que as EOAE tem um papel muito importante como um método rápido para monitorar sujeitos expostos a ruído de impacto (69).

Os limiares audiométricos e EOAE foram medidos em 285 militares da Marinha dos Estados Unidos com idade média de 19 anos, antes e três semanas após a exposição ao ruído de impacto de armas de fogo e simulação de artilharia e em 32 sujeitos de um grupo controle, não expostos. Os dados obtidos foram ainda comparados com os dados já registrados de um subgrupo de 60 sujeitos não expostos que haviam apresentado decréscimo nas amplitudes das EOAE mas não apresentaram alterações na audiometria tonal. No estudo foram utilizados os seguintes armamentos: rifle M-60, metralhadora M-16 e explosivos C-4 e os dados foram coletados ao longo de nove meses. Foram incluídos no estudo mesmo aqueles militares com baixos níveis ou mesmo ausência de EOAE no pré-teste, porém estes sujeitos apresentaram no pós-teste mudanças mais significativas tanto nas audiometrias quanto nas EOAE. Nos sujeitos em que, no pré-teste, os limiares audiométricos em ambas orelhas estavam  $\leq 25$  dBNA de 500 Hz a 3 KHz e  $\leq 30$  dBNA a partir de 4 KHz, os resultados obtidos demonstraram mudanças na

audiometria tonal e nas EOAE entre 2 e 4 KHz. Todos os militares fizeram uso de protetor auditivo de inserção com NRR de 29 dB. As EOAE foram obtidas com click de 74 dBNPS e as EOEPD foram obtidas com os seguintes níveis de estímulo para L1 e L2: 57/45; 59/60; 61/55 e 65/45 dBNPS e para todos os níveis de estímulos a razão  $f_2/f_1$  foi 1,22 com  $f_2=1.8; 2; 2.5; 2.8; 3.2; 3.6; 4$  e 4.5 KHz. As amplitudes nas EOEPD foram consideradas presentes quando estavam acima do nível de ruído. Os autores constataram um decréscimo de 0,84 dB na amplitude das emissões entre a testagem pré e pós exposição ao ruído de impacto e o aumento da sensibilidade das EOAE em comparação com os limiares audiométricos foi mostrado em todas as análises. Tais dados levaram os autores a considerarem que o baixo nível de EOAE poderia indicar um aumento do risco de perdas auditivas futuras (70).

Diante da exposição ao ruído contínuo, foram comparadas as EOAE e EOEPD em 120 militares da Marinha do Brasil, sendo 60 expostos ao ruído das praças de máquinas dos navios de guerra e 60 não expostos, por meio dos critérios: amplitude absoluta, relação sinal/ruído e ocorrência. Nos resultados encontrados na avaliação das EOAE, ambos os grupos apresentaram diferença significativa, pelo critério amplitude absoluta. As médias das amplitudes absolutas do grupo de não expostos foram significativamente maiores que o grupo de expostos na orelha direita, nas bandas de frequência de 1.500 Hz, 3.500 Hz e 4 KHz e as médias das amplitudes absolutas do grupo de expostos foram maiores que as do grupo de não expostos na orelha esquerda, somente na banda de frequência de 3 KHz. Nos resultados das EOEPD, os grupos apresentaram diferenças significantes nos critérios amplitude absoluta e relação sinal/ruído. Na relação sinal/ruído o grupo de não expostos apresentou médias significativamente maiores que o grupo de expostos na orelha esquerda, na frequência de 6 KHz. A autora concluiu que as EOEPD foram mais sensíveis em detectar os efeitos negativos do ruído (11).



## 2.6 TIRO DE INSTRUÇÃO BÁSICO (TIB)

O Tiro de Instrução Básico (TIB) é um exercício de tiro realizado por todos os soldados do Exército Brasileiro (EB) no primeiro ano de incorporação. Essa atividade é normatizada pelas Instruções Gerais de Tiro com o Armamento do Exército – IGTAEx, que descreve de maneira detalhada cada atividade de tiro realizada durante o ano de instrução (71).

Deve-se atentar ao fato de que a exposição ao ruído de impacto durante o serviço militar obrigatório depende do número de disparos, do tipo de armamento, do número de exposição aos impactos de explosivos, muitas vezes da distância da orelha em relação ao armamento, bem como sobre o uso de protetores auditivos durante os treinamentos de tiro (60).

No Tiro de Instrução Básico, todos os militares adotam uma posição de tiro padronizada, na qual a face direita de cada atirador deve ser mantida em contato direto com o armamento, apoiando o osso zigomático direito sobre o delgado da coronha do fuzil (72) (Figura 1).

Em relação à proteção auditiva, constata-se que no TIB não existem procedimentos de instrução quanto ao uso do EPI, ainda que estes tenham sido distribuídos a todos os militares que realizaram o TIB nesta pesquisa. No entanto, a proteção auditiva para o TIB não deveria somente atenuar os ruídos de impacto, mas também deveria proporcionar a possibilidade de entendimento das ordens e orientações durante as atividades realizadas. Para tanto, os militares deveriam fazer uso de protetores auditivo não-lineares em que a atenuação oferecida é proporcional ao nível de ruído existente no ambiente e dotados de redução ativa de ruído, em que é gerado um som sensivelmente idêntico, porém em fase oposta.

No TIB, realizado no EB, o militar costuma fazer uso do protetor auditivo intrauricular de espuma moldável e o capacete de fibra balística, não sendo possível o uso da dupla- proteção auditiva como por exemplo, o protetor de inserção além do protetor do tipo concha, reforçando novamente a necessidade de protetor auditivo ativo.

Neves, em 2007 abordou a importância do gerenciamento do risco ocupacional no Exército Brasileiro, salientando que o Caderno de Instrução 32/2 do Comando de Operações Terrestres, prevê que a falta de proteção auditiva na instrução de tiro é considerada como incremento ao grau de risco nesta atividade (7, 73).

Buck em 2009 descreveu os problemas que podem ocorrer quando os EPIs, projetados para ambientes de ruído industrial, são usados para o ruído de impacto, descrevendo tais ruídos no ambiente militar, os procedimentos de medição e os diferentes tipos de protetores auditivos ativos e passivos, bem como apresentando diversos mecanismos que podem alterar a eficácia dos protetores e sua eficiência global quando submetidos ao ruído de impacto de alto nível (74).

No Quadro 1, pode-se observar as condições de execução dos exercícios de tiro e, constata-se que cada militar realiza o total de 25 disparos no TIB.

Quadro 1. Condições de execução do Tiro de Instrução Básico (TIB)

<b>Condições de execução</b>			
<b>Luz</b>	<b>Posição</b>	<b>Tiros por homem</b>	<b>Munição (Cal 7,62mm)</b>
<b>Diurno</b>	<b>Deitado, apoiado</b>	<b>4</b>	<b>Comum</b>
	<b>Deitado</b>	<b>4</b>	
	<b>De joelhos, apoiado</b>	<b>4</b>	
	<b>De pé, modificado</b>	<b>2</b>	
	<b>De pé, modificado</b>	<b>2</b>	
	<b>De pé, modificado</b>	<b>3</b>	
<b>Noturno</b>	<b>De pé, modificado</b>	<b>3</b>	<b>Traçante</b>
	<b>De joelhos, apoiado</b>	<b>3</b>	

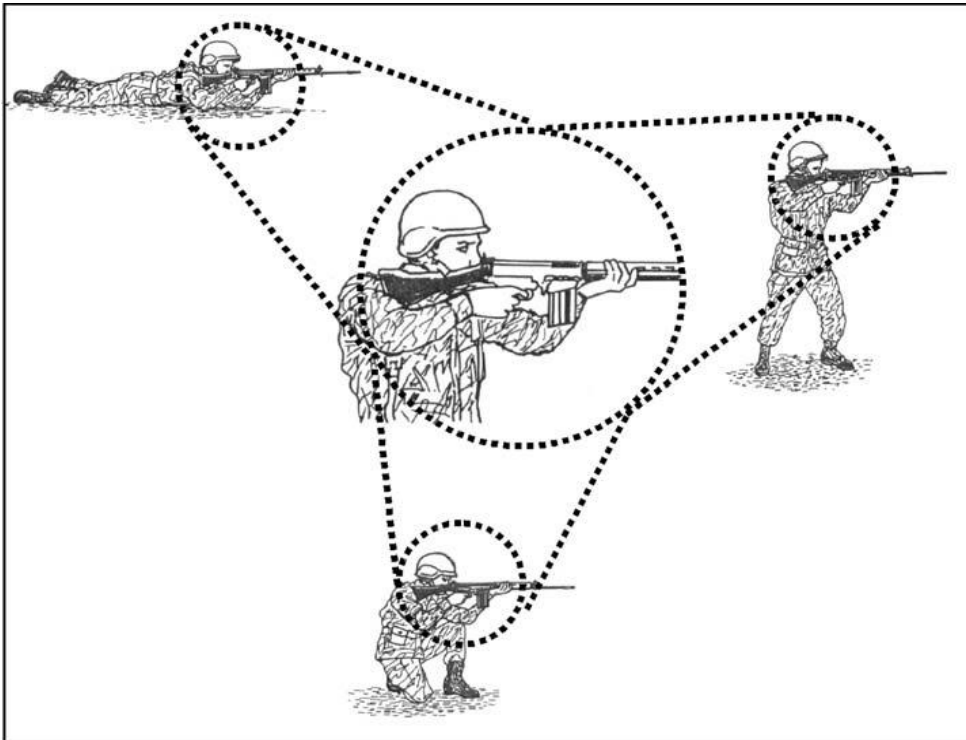


Figura 1. Posições de tiro com armamento à direita

### 3 OBJETIVOS

#### Objetivo Geral:

- Avaliar a função coclear em militares do Exército Brasileiro expostos a ruído de impacto.

#### Objetivos Específicos:

- Estudar a amplitude das EOAEPD em militares antes e após o TIB, por frequência.
- Estudar a relação sinal/ruído das EOAEPD em militares antes e após o TIB, por frequência.
- Estudar a presença das EOAEPD em militares antes e após o TIB, por frequência.

## 4 MATERIAL E MÉTODO

### 4.1 TIPO DE ESTUDO

Trata-se de estudo analítico, observacional, longitudinal e prospectivo.

### 4.2 MATERIAL

#### 4.2.1 Amostra

O grupo de estudo foi composto por 60 militares que ingressaram no Exército Brasileiro em março de 2011 como recrutas. Todos do sexo masculino, com idade variando entre 18 e 19 anos e sem exposição prévia a ruído ocupacional. Os militares foram separados em dois grupos para a avaliação posterior a exposição ao ruído, sendo denominados G1 e G2. O G1 foi reavaliado logo após a exposição ao ruído de impacto e o G2 reavaliado 24 horas após a exposição ao ruído de impacto.

#### 4.2.2 Procedimentos para seleção da amostra

Foram sorteados 80 militares do Batalhão da Guarda Presidencial para responderem questões pertinentes a saúde auditiva.

Foram considerados como critérios de exclusão:

- a) histórico de intervenção cirúrgica otológica e/ou otite;
- b) histórico familiar de perda auditiva em jovens (APÊNDICE A).

Destes, 04 militares apresentaram um ou mais dos fatores de exclusão.

Ao eliminar os fatores que poderiam causar interferências na análise das EOAs na primeira testagem, o grupo foi composto por 76 militares. Destes, 06 apresentaram rolha de cerúmen, tendo sido encaminhados para remoção desta no Hospital Militar de Área de Brasília (HMAB) bem como acompanhamento audiológico

e 10 apresentaram resultados alterados na primeira avaliação das EOAEPD, seja em relação a amplitude ou na relação sinal/ruído (S/R).

Dessa forma, 60 militares foram incluídos no estudo. Após terem sido selecionados, os militares leram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE B) e, mediante a concordância em participar da pesquisa foi então realizada uma segunda Anamnese Clínico Ocupacional (APÊNDICE C) e a avaliação propriamente dita.

Para participar da segunda fase de avaliação, o militar deveria atender aos seguintes critérios de inclusão:

- a) amplitude maior ou igual a -10 dBNPS nas frequências de 2 KHz, 3 KHz, 4 KHz, 6 KHz e 8 KHz;
- b) relação sinal/ruído maior ou igual a 7 dBNPS em cada frequência testada (75).

Após a primeira avaliação, os 60 militares realizaram o Tiro de Instrução Básico (TIB), totalizando 25 disparos nos turnos diurno e noturno. Destes, 30 militares (G1) foram reavaliados logo após o TIB e 30 militares (G2) foram reavaliados 24 horas após o TIB.

#### 4.2.2.1 Anamnese (APÊNDICE A)

Teve o objetivo de avaliar os militares que não apresentassem queixas auditivas antes da primeira avaliação.

Composta por duas partes:

Parte 1 — identificação — foi utilizado para verificar os critérios de inclusão, relacionados às variáveis idade e exposição prévia a ruído ocupacional.

Parte 2 — antecedentes patológicos — teve a finalidade de selecionar militares sem histórico otológico progressivo ou familiar, que não possuísem doenças metabólicas como diabetes e hipertensão e não apresentassem queixa de zumbido.

#### 4.2.2.2 Meatoscopia

Antes da primeira avaliação das EOAEPD foi realizada a inspeção do meato acústico externo (MAE) por uma médica otorrinolaringologista e diante da presença de rolha de cerúmen, o militar foi excluído da pesquisa. Foi utilizado otoscópio da marca *Welch Allyn* para este procedimento.

### 4.3 PROCEDIMENTO ESPECÍFICO À PESQUISA

Após terem sido selecionados, os militares do G1 e G2 foram submetidos a avaliações das EOAEPD, das quais os resultados constituíram os dados de análise.

As avaliações foram realizadas no Batalhão da Guarda Presidencial (BGP) em sala com nível mínimo de ruído, mas sem tratamento acústico, com o militar sentado. O tipo de analisador de EOAs usado neste estudo foi o equipamento Eclipse da Interacoustics, conectado ao netbook da marca Acer, Aspire One, que monitorou automaticamente o nível de ruído; a linearidade do estímulo, durante o teste; e o posicionamento adequado da sonda. Para indicar o momento, em que cada um desses aspectos tornou-se inadequado para a testagem, apareceram na tela, respectivamente, as mensagens *noisy*, *no seal* e *fit err*. Para solucionar, a oliva foi trocada ou reposicionada, e a avaliação reiniciada.

#### 4.3.1 Emissões otoacústicas evocadas por produto de distorção (EOAEPD)

Este procedimento teve como objetivo analisar e comparar as EOAEPD, nas orelhas direitas e esquerdas dos grupos G1 e G2. As EOAEPD foram avaliadas por meio da apresentação simultânea de dois tons puros diferentes ( $f_1$  e  $f_2$ ), expressos pela razão de 1,22. Esses tons puros são chamados primários, com  $f_2$  sendo suavemente mais alto em frequência do que  $f_1$  ( $f_1 < f_2$ ) e, em indivíduos com função auditiva normal, uma razão entre  $f_2$  e  $f_1$  de 1,22 tende a produzir os maiores produtos de distorção (76). As respostas foram registradas em  $f_2$ , mas equivaleram a  $2f_1 - f_2$ . Utilizou-se o parâmetro de intensidade  $L_1=65$  e  $L_2=55$  dBNPS, sendo aferidas as condições cocleares nas frequências de 2, 3, 4, 6 e 8 KHz.

As análises das EOAEPD foram feitas por frequência, seguindo os critérios de amplitude maior que -10 dBNPS e a relação entre sinal/ruído maior que 7 dBNPS (75). A ocorrência de resposta de EOAEPD em uma frequência foi considerada quando nesta frequência fossem observados os valores estabelecidos em um ou outro dos critérios supracitados, ou seja, presente ou ausente em relação as amplitudes e a relação sinal/ruído (S/R) (Figuras 2, 3, 4 e 5).

O exame foi realizado antes do Tiro de Instrução Básico (TIB), no BGP; logo após e 24 horas após o TIB. Durante o TIB, os militares utilizaram protetores auditivos de espuma moldável sem cordão, 1100, da 3M (NRR 29 dB) do tipo intraauricular, de inserção.

#### 4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O banco de dados foi elaborado no formato Excel®.

As análises foram desenvolvidas utilizando os pacotes SPSS 13® (*Statistical Package for the Social Sciences*, Chicago, IL) para Windows® e SigmaStat 3.11® para Windows®.

Foi utilizado um modelo de análise de variância de desenho misto com os fatores Grupo (G1: Logo após ou G2: 24 horas depois; medida independente), Tempo (Antes e Depois, medida repetida) e Frequência (2, 3, 4, 6 e 8 kHz; medida repetida).

A esfericidade não foi assumida e foi utilizado o método de *Greenhouse-Geisser* para a correção dos graus de liberdade. Porém, são reportados os graus de liberdade originais. O procedimento de comparações múltiplas utilizou o método de correção de *Bonferroni*.

A proporção de resultados normais (resposta presente) em cada faixa de frequência antes da prática de tiro (100%) foi comparada com a proporção de resultados normais na mesma faixa de frequência após a prática utilizando o teste z para proporções (correção de Yates).

O teste de chi-quadrado (teste exato de Fisher) foi utilizado para testar a possível associação entre o Grupo e a Ocorrência de respostas, e entre resultados alterados e o momento de avaliação pós-prática (logo após ou 24 horas depois).



Os resultados são apresentados como média  $\pm$  desvio padrão.

O nível de significância estatística foi estabelecido em 5% ( $p < 0,05$ ). Todos os testes foram bi-caudais.

#### 4.5 ASPECTOS ÉTICOS

Esta pesquisa foi idealizada no Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde e realizada no Batalhão da Guarda Presidencial (BGP), em Brasília, no Distrito Federal, onde foram realizadas as entrevistas e avaliação auditiva.

A pesquisa foi analisada e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília sob o protocolo número 103/10 (ANEXO A).

Foram considerados os aspectos éticos que envolvem a pesquisa em seres humanos, preconizados pela resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde (CNS/MS), no tocante a livre decisão de participar ou não, por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), como também de desistir a qualquer momento. Garantindo também o direito ao sigilo e anonimato dos participantes.

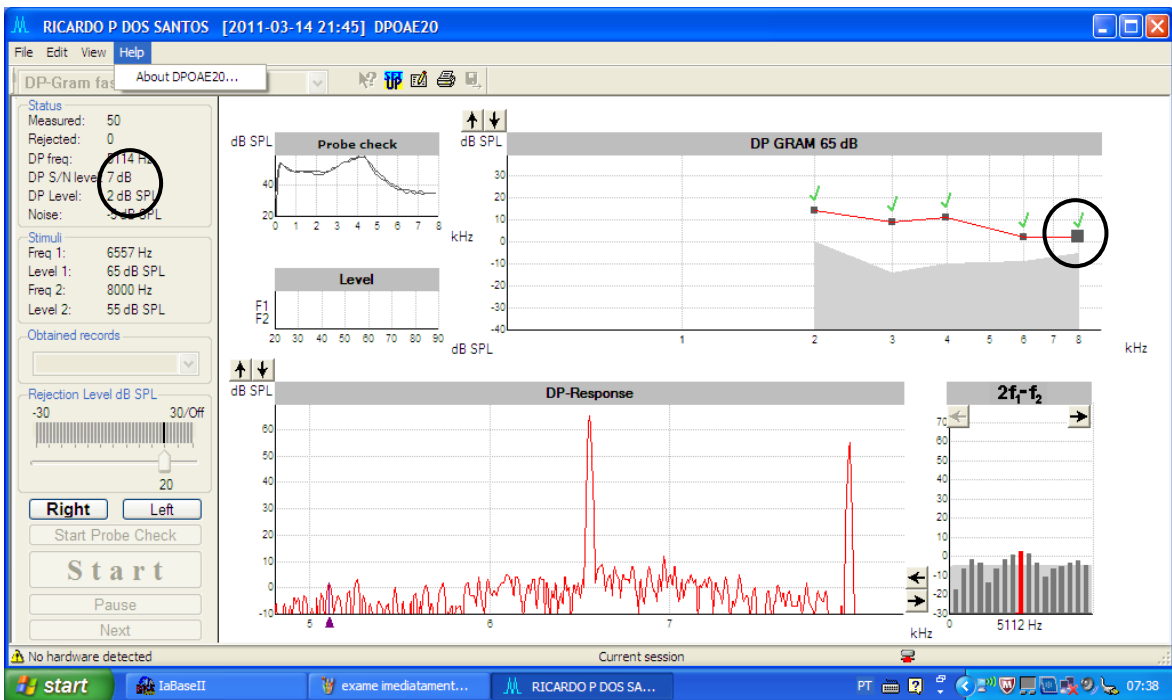


Figura 2. Impresso demonstrativo dos registros das EOAEPD em militar avaliado antes da exposição ao ruído de impacto na frequência de 8 KHz



Figura 3. Impresso demonstrativo dos registros das EOAEPD em militar avaliado logo após exposição ao ruído de impacto na frequência de 8 KHz

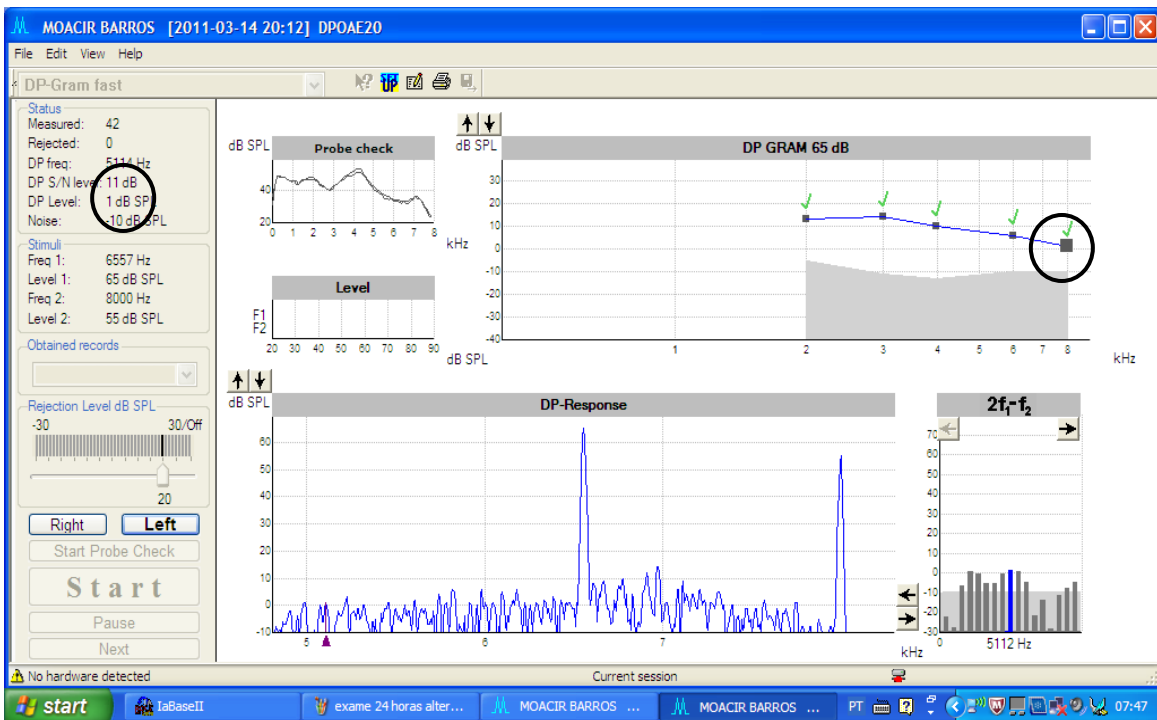


Figura 4. Impresso demonstrativo dos registros das EOAEPD em militar avaliado antes da exposição ao ruído de impacto na frequência de 8 KHz

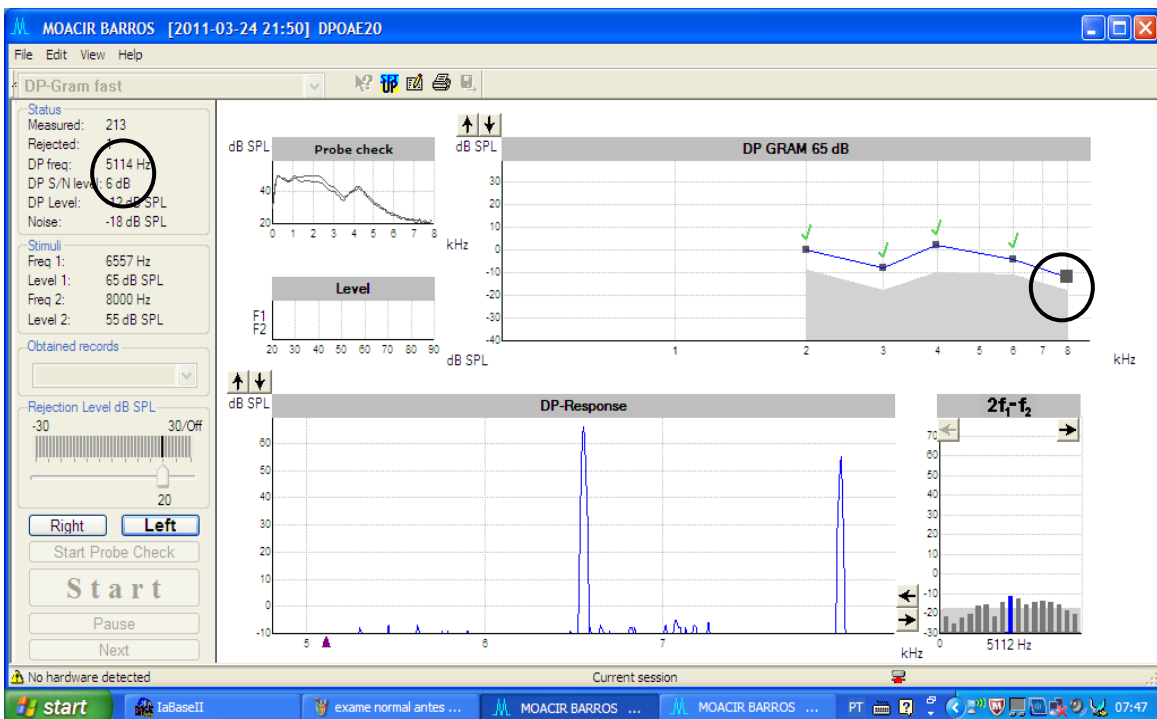


Figura 5. Impresso demonstrativo dos registros das EOAEPD em militar avaliado 24 horas após exposição ao ruído de impacto na frequência de 8 KHz

## 5 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os achados das avaliações das EOAEPD e zumbido.

### 5.1 QUANTO AS AMPLITUDES:

As amplitudes de resposta registradas antes e depois da prática de tiro na orelha direita (Tabela 1) e na orelha esquerda (Tabela 2) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ( $F_{1, 58}=0,319$ ,  $p=0,575$ ), de forma que foram agrupadas e consideradas amostras individuais.

**Tabela 1-** Média, mediana e desvio padrão (dp) das amplitudes de resposta para cada frequência de estimulação Antes, Logo após (G1) e 24 horas depois (G2) registradas na Orelha Direita

Frequência	Antes			G1			G2		
	Média	Mediana	dp	Média	Mediana	dp	Média	Mediana	dp
2 kHz	8,8	9,0	6,2	8,0	8,5	7,5	9,5	10,0	6,5
3 kHz	5,5	6,0	5,1	2,3	2,5	6,7	6,1	7,0	4,6
4 kHz	7,5	9,0	5,6	5,6	6,0	6,9	7,4	7,0	5,3
6 kHz	1,1	0,0	6,4	-4,0	-3,5	8,4	-1,8	-2,5	6,4
8 kHz	-2,3	-2,0	4,5	-9,3	-8,0	9,4	-5,6	-4,0	7,0

**Tabela 2-** Média, mediana e desvio padrão (dp) das amplitudes de resposta para cada frequência de estimulação Antes, Logo após (G1) e 24 horas depois (G2) registradas na Orelha Esquerda

Frequência	Antes			G1			G2		
	Média	Mediana	dp	Média	Mediana	dp	Média	Mediana	dp
2 kHz	10,3	11,0	6,1	8,0	9,0	7,1	9,3	11,0	6,2
3 kHz	5,2	5,0	5,7	2,6	3,0	7,2	5,6	7,0	6,2
4 kHz	7,7	8,0	4,8	5,1	5,0	7,1	7,4	9,0	5,2
6 kHz	-0,7	-1,0	6,4	-4,3	-1,5	9,7	-3,3	-4,0	7,0
8 kHz	-3,2	-3,5	4,1	-7,6	-7,5	6,8	-10,6	-9,5	8,8

A ANOVA de desenho misto não encontrou diferenças estatisticamente significativas entre as médias registradas em cada grupo (G1 e G2) ( $F_{1, 118}=1,499$ ,  $p=0,223$ ).

O fator Tempo exerceu efeito significativo ( $F_{1, 118}=42,749$ ,  $p<0,001$ ). As médias registradas antes foram maiores às registradas depois da exposição ao ruído, sem levar em consideração o Grupo ou a Frequência.

Igualmente, o fator Frequência mostrou efeito significativo ( $F_{4, 472}=222,130$ ,  $p<0,001$ ). Análises *pos hoc* mostraram que as amplitudes médias de todas as frequências avaliadas são diferentes entre si ( $2>4>3>6>8$  KHz; Figura 6).

Este efeito independe do grupo (G1 e G2) avaliado e do tempo, sendo uma característica própria de cada frequência que pôde ser observada devido ao tamanho de amostra suficientemente grande.

As interações Grupo  $\times$  Tempo ( $F_{1, 118}=6,057$ ,  $p=0,05$ ) exerceu efeito significativo também. As análises *pos hoc* demonstraram que mesmo tendo efeito nos dois grupos, o efeito do fator Tempo foi mais intenso no G1 ( $F_{1, 59}=41,321$ ,  $p<0,001$ ; diferença média (dm)=3,407 dB) em comparação ao G2 ( $F_{1, 59}=8,148$ ,  $p=0,006$ ; dm=1,543 dB) (Note as médias sempre superiores do G2 na Figura 6).

Concluindo, após a exposição os dois grupos apresentaram diminuição das amplitudes, mas no grupo avaliado logo após essa diminuição foi maior.

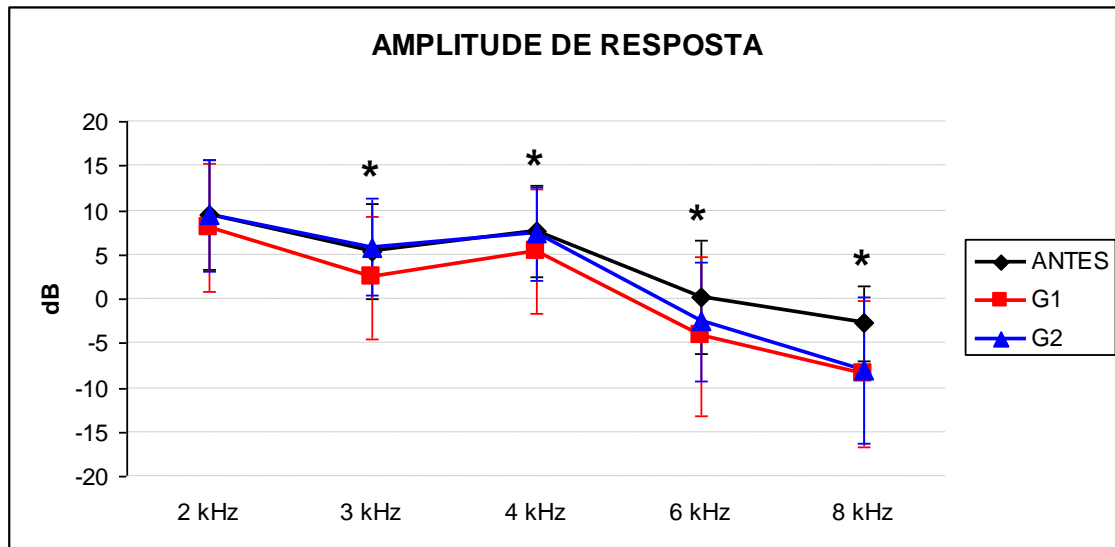
Houve também efeito significativo da interação Tempo  $\times$  Frequência ( $F_{4, 472}=15,254$ ,  $p<0,001$ ). As análises *pos hoc* encontraram que o efeito do fator Tempo (antes>depois) não foi igual em todas as frequências (Figura 6).

Os testes t-pareados encontraram diferenças entre as médias prévias e posteriores à exposição nas frequências de 3 (dm=1,217;  $p=0,036$ ), 4 (dm=1,242;  $p=0,029$ ), 6 (dm=3,542;  $p<0,001$ ) e 8 KHz (dm=5,533;  $p<0,001$ ).

Não houve diferenças nas amplitudes médias na frequência de 2 KHz (dm=0,842;  $p=0,084$ ).

As interações Grupo  $\times$  Frequência ( $F_{4, 472}=0,755$ ,  $p=0,524$ ) e Grupo  $\times$  Tempo  $\times$  Frequência ( $F_{4, 472}=1,308$ ,  $p=0,272$ ) não exerceram efeito significativo sobre as amplitudes médias.

Podemos concluir que a diminuição na amplitude de resposta não foi igual para cada frequência, porém, não foi diferente entre os grupos.



**Figura 6.** Média  $\pm$  desvio padrão das amplitudes de cada grupo em cada frequência.

\*: antes > depois dentro de cada frequência avaliada.

## 5.2 QUANTO A RELAÇÃO SINAL RÚIDO (S/R):

As médias da relação sinal/ruído (S/R) registradas antes e depois da prática de tiro na orelha direita (Tabela 3) e na orelha esquerda (Tabela 4) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ( $F_{1, 58}=0,463$ ,  $p=0,499$ ), de forma que foram agrupadas e consideradas amostras individuais.

**Tabela 3-** Média, mediana e desvio padrão (dp) da relação sinal/ruído para cada frequência de estimulação Antes, Logo após (G1) e 24 horas depois (G2) registradas na Orelha Direita

Frequência	Antes			G1			G2		
	Média	Mediana	dp	Média	Mediana	dp	Média	Mediana	dp
2 kHz	14,0	14,0	4,3	14,8	14,5	5,4	14,4	13,0	4,7
3 kHz	17,4	17,0	4,3	15,2	15,0	4,4	17,6	18,0	4,1
4 kHz	18,1	19,0	4,4	17,5	18,5	5,2	18,2	17,5	4,6
6 kHz	11,6	10,5	4,0	10,1	10,0	4,2	10,6	10,0	3,9
8 kHz	8,6	8,0	1,8	2,9	7,0	6,9	6,5	7,0	2,9

**Tabela 4-** Média, mediana e desvio padrão (dp) da relação sinal/ruído para cada frequência de estimulação Antes, Logo após (G1) e 24 horas depois (G2) registradas na Orelha Esquerda

Frequência	Antes			G1			G2		
	Média	Mediana	dp	Média	Mediana	dp	Média	Mediana	dp
2 kHz	15,0	15,0	4,4	13,0	12,5	5,0	15,1	14,5	4,7
3 kHz	16,2	16,5	4,8	14,8	15,0	5,0	17,5	18,5	4,2
4 kHz	18,4	18,5	4,1	16,3	16,5	5,1	19,2	19,0	4,0
6 kHz	10,9	10,0	3,4	8,8	10,0	6,1	10,5	9,0	4,7
8 kHz	8,8	8,0	2,6	5,3	7,0	4,7	4,1	5,5	4,9

ANOVA de desenho misto demonstrou que não houve efeito estatisticamente significativo do fator Grupo sobre as diferenças médias na relação S/R ( $F_{1, 117}=3,209$ ,  $p=0,076$ ).

Houve efeito significativo do fator Tempo ( $F_{1, 117}=14,854$ ,  $p<0,001$ ). A relação S/R foi maior antes da prática de tiro ( $dm=1,178$  dB; Figura 7).

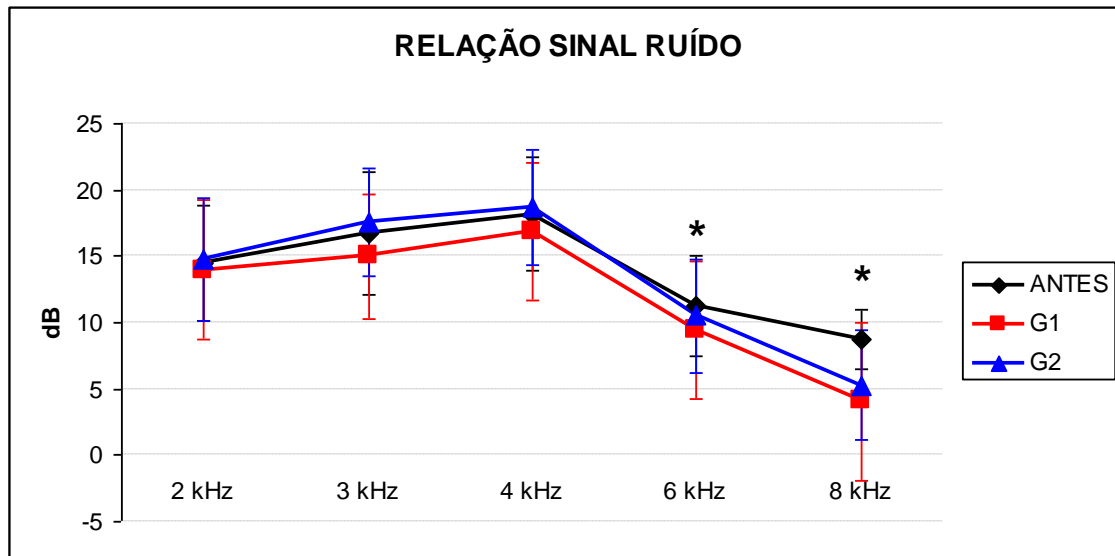
O fator Frequência também apresentou efeito significativo sobre a relação S/R ( $F_{4, 232}=282,824$ ,  $p<0,001$ ).

No procedimento de comparações múltiplas foi observado que todas as frequências apresentaram relação S/R diferente entre si ( $4>3>2>6>8$  KHz; Figura 7). Este efeito não depende do Tempo ou do Grupo avaliado.

A interação Tempo  $\times$  Frequência apresentou efeito significativo sobre a relação S/R ( $F_{4, 468}=16,796$ ,  $p<0,001$ ). As análises *pos hoc* encontraram que o efeito do fator Tempo foi diferente para cada frequência.

Houve diferença significativa nas frequências de 6 ( $dm=1,292$  dB;  $p=0,006$ ) e 8 KHz ( $dm=4,025$  dB;  $p<0,001$ ). Já nas frequências de 2 ( $dm=0,076$  dB;  $p=0,863$ ), 3 ( $dm=0,450$  dB;  $p=0,350$ ) e 4 KHz ( $dm=0,4$  dB;  $p=0,394$ ) não houve diferenças significativas entre as médias pré e pós exposição (Figura 7).

As interações Grupo  $\times$  Tempo ( $F_{1, 117}=3,829$ ,  $p=0,053$ ), Grupo  $\times$  Frequência ( $F_{4, 468}=1,146$ ,  $p=0,333$ ) e Grupo  $\times$  Tempo  $\times$  Frequência ( $F_{4, 468}=1,264$ ,  $p=0,285$ ) não exerceram efeito significativo sobre a relação S/R.



**Figura 7.** Média  $\pm$  desvio padrão da relação S/R de cada grupo em cada frequência.

\*: antes > depois dentro de cada frequência avaliada.

### 5.3 QUANTO A OCORRÊNCIA DE RESPOSTA, CONSIDERANDO O CRITÉRIO AMPLITUDE:

As comparações entre orelhas não mostrou diferenças nas porcentagens de resultados normais dentro de nenhuma frequência de estimulação ( $z < 0,732$ ,  $p > 0,464$  em todos os casos).

A Tabela 5 apresenta os resultados dos exames das orelhas direitas após a prática de tiro incluindo os dois grupos (avaliação logo após e 24 horas depois). Houve diferenças estatisticamente significativas entre as porcentagens de resultados normais nas frequências de 6 KHz e 8 KHz.

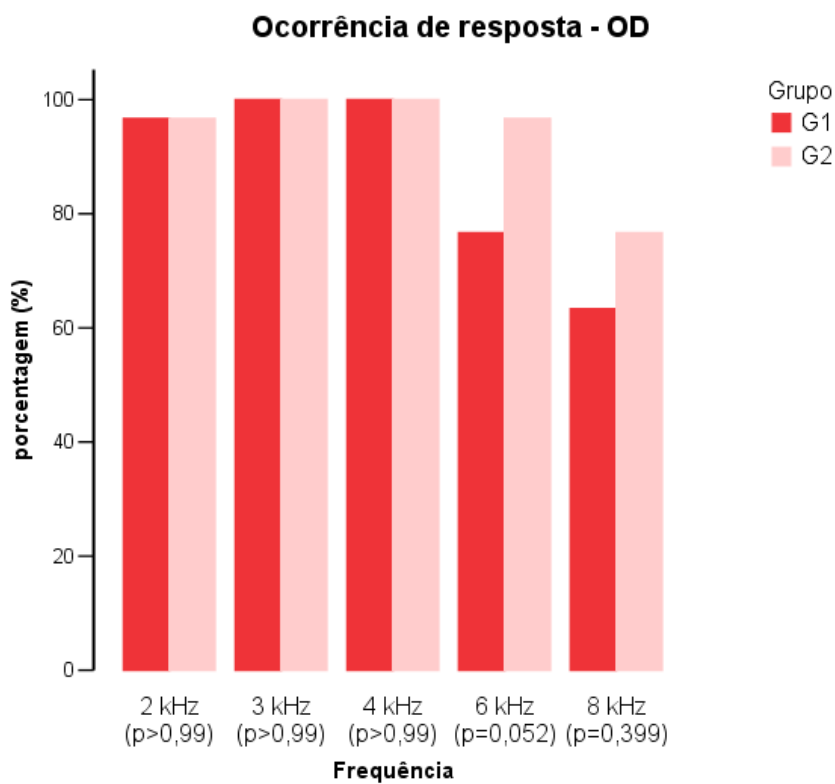
Para as orelhas esquerdas (Tabela 6) houve também diferenças significativas nos resultados após o tiro nas frequências de 6KHz e 8KHz.

Não foi demonstrada associação entre as variáveis Grupo e Ocorrência de respostas em nenhuma das frequências avaliadas nem na orelha Direita (Figura 8) nem na orelha Esquerda (Figura 9).



**Tabela 5-** Número e porcentagem de orelhas direitas que apresentaram resultados normais na amplitude após a prática de tiro em cada frequência de estimulação. Os valores de z e p são o resultado da comparação com a porcentagem de resultados normais antes da prática de tiro

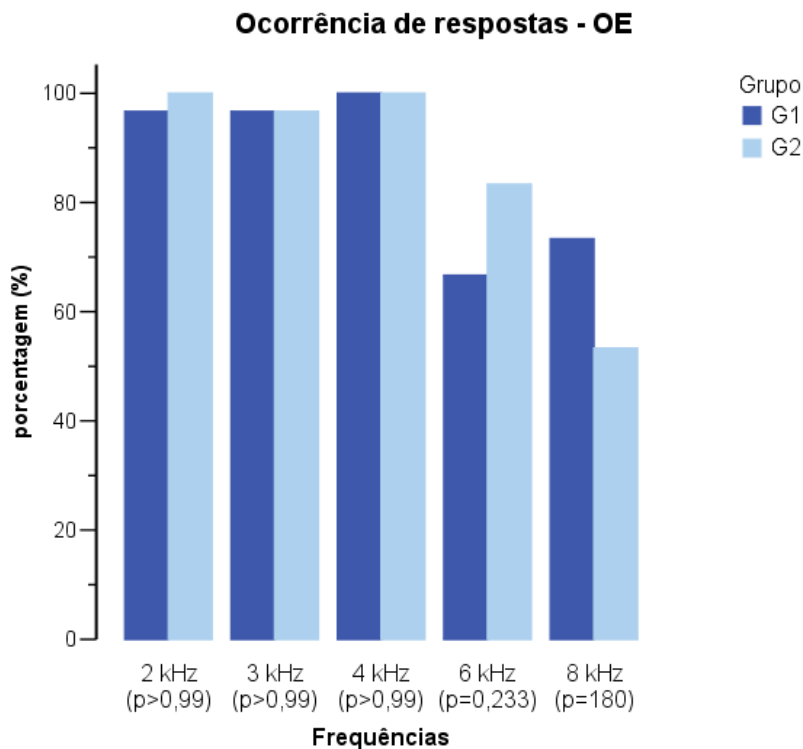
Frequência	Resultados normais antes		Resultados normais depois		z	p-valor
	n	%	n	%		
<b>2 kHz</b>	60	100	58	96,7	0,702	0,483
<b>3 kHz</b>	60	100	60	100	-	-
<b>4 kHz</b>	60	100	60	100,0	-	-
<b>6 kHz</b>	60	100	52	86,7	2,557	0,011
<b>8 kHz</b>	60	100	42	70,0	4,346	<0,001



**Figura 8.** Porcentagem de ocorrência de respostas (amplitude) em cada grupo para cada frequência avaliada nas orelhas direitas. O p-valor se refere ao teste de associação ( $\chi^2$ , teste exato de Fisher) entre as variáveis Grupo e Ocorrência dentro de cada frequência.

**Tabela 6-** Número e porcentagem de orelhas esquerdas que apresentaram resultados normais na amplitude após a prática de tiro em cada frequência de estimulação. Os valores de z e p são o resultado da comparação com a porcentagem de resultados normais antes da prática de tiro

Frequência	Resultados normais antes		Resultados normais depois		z	p-valor
	n	%	n	%		
<b>2 kHz</b>	60	100	59	98,3	0,019	0,984
<b>3 kHz</b>	60	100	58	96,7	0,702	0,483
<b>4 kHz</b>	60	100	60	100,0	-	-
<b>6 kHz</b>	60	100	45	75,0	3,864	<0,001
<b>8 kHz</b>	60	100	38	63,3	4,957	<0,001



**Figura 9.** Porcentagem de ocorrência de respostas (amplitude) em cada grupo para cada frequência avaliada nas orelhas esquerdas. O p-valor se refere ao teste de associação ( $\chi^2$ , teste exato de Fisher) entre as variáveis Grupo e Ocorrência dentro de cada frequência.

Não houve associação estatisticamente significativa entre as variáveis Grupo e Ocorrência de resposta ( $\chi^2=0,073$ ,  $gl=1$ ,  $p>0,99$ ; Tabela 7).

**Tabela 7-** Tabela de contingência para as variáveis Grupo e amplitude após a prática de tiro. Para esta análise foram utilizados dados por indivíduo e não por orelha

Grupo	Ocorrência alterada		
	Não	Sim	Total
<b>Logo após</b>	10 33,3%	20 66,7%	30 100%
<b>24h depois</b>	11 36,7%	19 63,3%	30 100%
<b>Total</b>	21 35,0%	39 65,0%	60 100%

#### 5.4 QUANTO A OCORRÊNCIA DE RESPOSTA, CONSIDERANDO O CRITÉRIO RELAÇÃO SINAL/RUÍDO (S/R):

As comparações das porcentagens de resultados normais entre as orelhas não encontrou diferenças significativas em nenhuma das frequências estudadas ( $z < 1,344$ ,  $p > 0,179$  em todos os casos).

Os resultados da relação S/R nas orelhas direitas apresentou diferenças estatisticamente significativas na frequência de 8 KHz (Tabela 8).

Nas orelhas esquerdas (Tabela 9), foram encontradas diferenças significativas nas frequências de 6 KHz e 8 KHz.

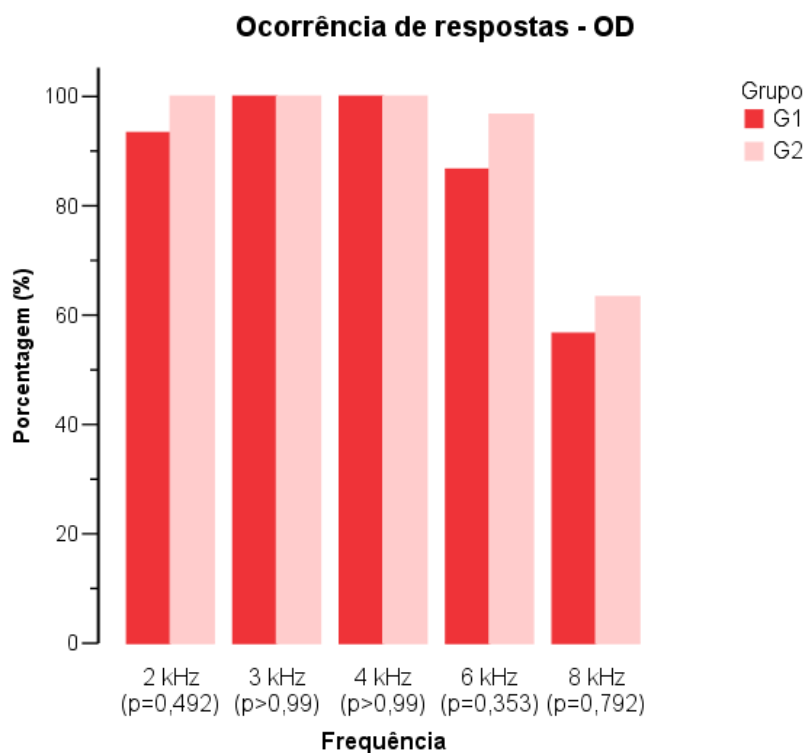
Não foi demonstrada associação entre as variáveis Grupo e Ocorrência de respostas em nenhuma das frequências avaliadas na orelha direita (Figura 10).

Na orelha esquerda (Figura 11) foi encontrada associação significativa entre as variáveis quando analisada a frequência de 6 KHz.

No G2 a porcentagem de ocorrência de respostas na frequência de 6 KHz foi significativamente maior que no G1.

**Tabela 8-** Número e porcentagem de orelhas direitas que apresentaram resultados normais na relação S/R após a prática de tiro em cada frequência de estimulação. Os valores de z e p são o resultado da comparação com a porcentagem de resultados normais antes da prática de tiro

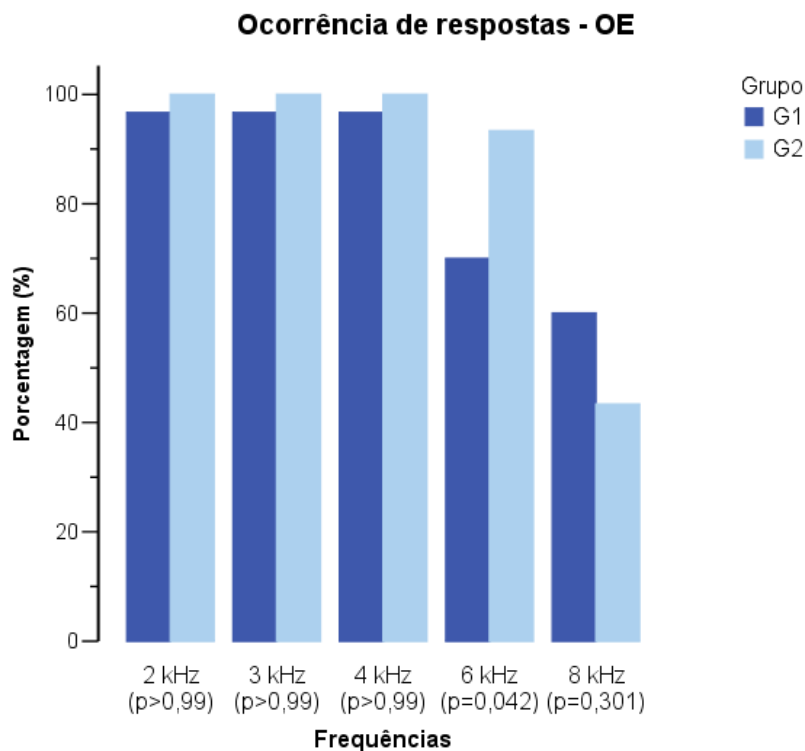
Frequência	Resultados normais antes		Resultados normais depois		z	p-valor
	n	%	n	%		
2 kHz	60	100	58	96,7	0,702	0,483
3 kHz	60	100	60	100	-	-
4 kHz	60	100	60	100,0	-	-
6 kHz	60	100	55	91,7	1,822	0,069
8 kHz	60	100	36	60,0	5,249	<0,001



**Figura 10.** Porcentagem de ocorrência de respostas (S/R) em cada grupo para cada frequência avaliada nas orelhas direitas. O p-valor se refere ao teste de associação ( $\chi^2$ , teste exato de Fisher) entre as variáveis Grupo e Ocorrência dentro de cada frequência.

**Tabela 9-** Número e porcentagem de orelhas esquerdas que apresentaram resultados normais na relação S/R após a prática de tiro em cada frequência de estimulação. Os valores de z e p são o resultado da comparação com a porcentagem de resultados normais antes da prática de tiro

Frequência	Resultados normais antes		Resultados normais depois		z	p-valor
	n	%	n	%		
2 kHz	60	100	59	98,3	0,019	0,984
3 kHz	60	100	59	98,3	0,019	0,984
4 kHz	60	100	59	98,3	0,019	0,984
6 kHz	60	100	49	81,7	3,16	0,002
8 kHz	60	100	31	51,7	5,968	<0,001



**Figura 11.** Porcentagem de ocorrência de respostas (S/R) em cada grupo para cada frequência avaliada nas orelhas esquerdas. O p-valor se refere ao teste de associação ( $\chi^2$ , teste exato de Fisher) entre as variáveis Grupo e Ocorrência dentro de cada frequência.

Não houve associação estatisticamente significativa entre as variáveis Grupo e relação S/R alterada ( $\chi^2=0,073$ ,  $gl=1$ ,  $p>0,99$ ; Tabela 10).

**Tabela 10-** Tabela de contingência para as variáveis Grupo e relação S/R alterada após a prática de tiro. Para esta análise foram utilizados dados por indivíduo e não por orelha

Grupo	S/R alterada		Total
	Não	Sim	
<b>Logo após</b>	10 33,3%	20 66,7%	30 100%
<b>24h depois</b>	11 36,7%	19 63,3%	30 100%
<b>Total</b>	21 35,0%	39 65,0%	60 100%

Adicionalmente, não houve associação estatisticamente significativa ( $\chi^2=0,082$ ,  $gl=1$ ,  $p>0,99$ ) entre a variável Grupo e o Resultado do exame ao levar em consideração os dois critérios (amplitude e relação S/R) de forma simultânea (Tabela 11).

**Tabela 11-** Tabela de contingência para as variáveis Grupo e Exame alterado após a prática de tiro. O resultado do teste foi considerado alterado se o resultado da amplitude e/ou o resultado da relação sinal/ruído (S/R) foi alterado. Para esta análise foram utilizados dados por indivíduo e não por orelha

Grupo	Exame alterado		Total
	Não	Sim	
<b>Logo após</b>	9 30,0%	21 70,0%	30 100%
<b>24h depois</b>	8 26,7%	22 73,3%	30 100%
<b>Total</b>	17 28,3%	43 71,7%	60 100%

## 5.5 QUANTO A PRESENÇA DE ZUMBIDO:

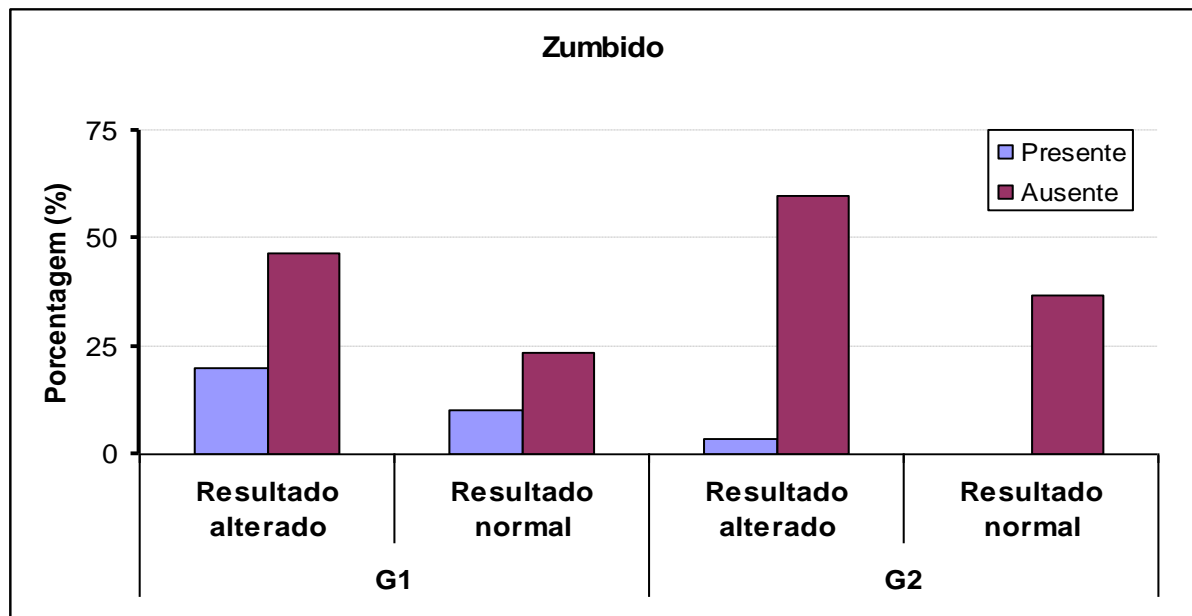
A Tabela 12 apresenta a distribuição de frequências da variável presença de zumbido para cada tipo de resultado em cada grupo.

Não houve associação significativa entre a presença de zumbido e os resultados em nenhum dos dois grupos (Tabela 12 e Figura 12).

A queixa de zumbido, sem considerar o resultado da avaliação, esteve mais presente no G1. O teste de chi-quadrado mostrou associação significativa entre presença de zumbido e Grupo 1 ( $\chi^2=5,880$ ;  $gl=1$ ;  $p=0,015$ ).

**Tabela 12-** Tabela de contingência da variável presença de zumbido para cada categoria de resultado em cada grupo

Grupo	Zumbido		$\chi^2$
	Presente	Ausente	
<b>G1</b>			
Resultado alterado	6	14	>0,99
Resultado normal	3	7	
<b>G2</b>			
Resultado alterado	1	18	>0,99
Resultado normal	0	11	



**Figura 12.** Porcentagem de participantes com zumbido para cada categoria de resultado dentro de cada grupo.

## 6 DISCUSSÃO

Kemp em 1979 já descrevia que um trauma acústico resultaria em uma ausência ou redução significativa das EOAs e em 1997, novos estudos confirmaram que alterações sutis cocleares podem ser detectadas por meio das EOAs, bem como descreveu a aplicabilidade do teste de EOAE na monitorização da função coclear em indivíduos expostos a ruídos intensos (24; 29).

No presente estudo, o teste de EOAE mostrou-se eficaz em detectar alterações sutis na função coclear, podendo ser utilizado de forma isolada ou complementar a testes subjetivos da audição como a audiometria tonal (2) para o monitoramento auditivo de indivíduos expostos ao ruído.

Reconhecendo que as EOAE podem representar um recurso técnico importante na prevenção da PAINPSE e um meio de detectar sujeitos mais susceptíveis ao ruído, identificando precocemente alterações cocleares ainda não evidenciadas em testes subjetivos como a audiometria tonal limiar, diversos pesquisadores (34; 40; 45; 61; 79) estudaram os efeitos auditivos causados pelo ruído ocupacional, por meio do teste objetivo de EOAE.

O teste de EOAE se adequa aos objetivos de um Programa de Prevenção de Perda Auditiva, já que permite a detecção precoce das lesões cocleares induzidas pelo ruído, além de associada a audiometria, permitir o monitoramento da evolução da PAINPSE já instalada (1; 14; 15; 28; 31; 33; 35; 37; 46) além da investigação da integridade tonotópica coclear, abrangendo as altas frequências que notadamente são as primeiras a serem atingidas nos sujeitos expostos ao ruído (12; 13; 32; 36; 38; 41-45).

De 2000-2010, diversas pesquisas envolvendo militares das Forças Armadas, Polícia e Bombeiros, utilizaram apenas a audiometria tonal, com o objetivo de prevenir a perda auditiva por exposição a níveis elevados de pressão sonora, seja por exposição ao ruído de impacto e/ou contínuo e pelos gastos envolvidos na reabilitação das alterações auditivas após a sua instalação (6; 8; 10; 16; 47-50; 52-59).



Na mesma década, em outros países, foram realizados estudos com o objetivo de verificar a aplicabilidade do teste de EOAE no acompanhamento auditivo de militares das Forças Armadas (60-70). Na América do Sul apenas um estudo foi realizado com militares da Marinha do Brasil, na cidade do Rio de Janeiro, onde todos eram expostos ao ruído contínuo das praças de máquinas dos navios de guerra (11; 60-70). O presente estudo é o primeiro a ser realizado com militares do Exército Brasileiro expostos a ruído de impacto, utilizando o teste de EOAE.

Ainda não é rotina no Exército Brasileiro a realização de avaliação auditiva dos indivíduos que ingressam na carreira militar, excetuando-se os que ingressam em escolas como os Colégios Militares, Escola Preparatória de Cadetes do Exército, Academia das Agulhas Negras e Escola de Sargentos das Armas, e, na prática, o ruído a que os militares estão expostos, trata-se de ruído ocupacional, pois está relacionado a atividade desempenhada por estes, sendo um perigo inerente ao treinamento militar e que pode tornar-se mais perigoso dependendo da intensidade e do tempo de exposição.

Instituições e órgãos internacionais financiam e realizam pesquisas tanto para avaliação de sujeitos afetados pelo ruído no ambiente militar, quanto novos e diferentes métodos de avaliação, prevenção e mesmo tratamento. Dentre estes, o Instituto Nacional de Segurança e Saúde dos Estados Unidos salienta que as perdas auditivas por exposição ao ruído são um problema de saúde pública antigo e atual dos membros das Forças Armadas (17) e que naquele país há um número expressivo de militares da ativa e da reserva recebendo compensação devido a perda auditiva associada com o serviço militar (48) sendo portanto, uma das mais comuns e caras doenças ocupacionais nas Forças Armadas dos Estados Unidos (50).

Diversos autores descreveram a ocorrência de lesões nas estruturas sensoriais da orelha interna após exposição ao ruído de impacto como mudanças fisiológicas ou anatômicas temporárias ou permanentes na cóclea (9; 21), causando além de lesões auditivas, lesões extra-auditivas e agravos psicossociais (8).

Os ruídos a que os militares estão expostos são capazes de causar lesão ao sistema auditivo muitas vezes irreversível e a grande ocorrência de perda auditiva nesta população e a falta de proteção adequada a exposição ao ruído indica a

necessidade de se implantarem, nesta categoria, medidas de prevenção por meio de um planejamento cuidadoso dos exercícios de tiro que evitariam inúmeros casos de traumas acústicos (5-7; 16; 53; 57; 65).

O Tiro de Instrução Básico é um exercício de tiro realizado por todos os soldados do Exército, quando da sua formação (71) e o ruído de impacto encontrado neste exercício militar pode lesar irreversivelmente as estruturas cocleares, causando lesões auditivas, suscitando a necessidade de acompanhamento auditivo destes militares (8).

Em relação à proteção auditiva, constata-se que, na prática, ainda inexistem procedimentos de instrução quanto a importância da proteção auditiva nas atividades de tiro bem como ainda há ineficácia na fiscalização do uso desta nas atividades militares. Na presente pesquisa, os militares participantes utilizaram protetor auditivo intraauricular de espuma moldável, modelo 1100, com NRR de 29 dB (3M do Brasil) comumente distribuído no Exército Brasileiro.

No entanto, a proteção auditiva a ser utilizada nas atividades de tiro deveria possibilitar além de atenuar os ruídos de impacto, proporcionar o entendimento das ordens e orientações durante as atividades realizadas, já que tais ordens são fundamentais para a segurança do militar. Para tanto, os militares poderiam fazer uso de protetores auditivo não-lineares, em que a atenuação oferecida fosse proporcional ao nível de ruído existente no ambiente e/ou dotados de redução ativa de ruído, em que é gerado um som idêntico, porém em fase oposta ou ainda a dupla-proteção, ainda que haja somente um acréscimo de 5 a 10 dB(A) de atenuação no uso da dupla-proteção (67).

Diante deste fato, a prevenção é a principal medida a ser tomada antes da instalação de uma perda auditiva relacionada a exposição ao ruído (19; 20) o que torna imperativo a realização de um PPPA para sujeitos expostos a ruído ocupacional, inclusive para os militares através de abordagens e estratégias de conservação auditiva (47; 48; 55; 58; 59).

As EOAEPD em sujeitos com audição normal apresentam melhores respostas na frequência de 4 KHz do que em 8 KHz e sua ocorrência varia de acordo com a frequência, sendo maior a prevalência nas frequências altas e a maior amplitude encontra-se na frequência de 2 KHz e a menor, na frequência de 1 KHz (29).

Na presente pesquisa foi utilizado o método de mensuração *Dpgram*, inclusive com gráfico representativo. Os registros foram expressos em valores numéricos de dBNPS e por este método de mensuração, podemos analisar dois aspectos: a amplitude absoluta e a magnitude da amplitude sobre o ruído; ou seja, a relação entre o sinal e o ruído (39).

Os níveis das amplitudes das EOAEPD dependem dos parâmetros estabelecidos para os tons primários ( $f_1$  e  $f_2$ ) e da relação entre os níveis de intensidade ( $L_1$ ,  $L_2$ ). A relação entre as frequências primárias, para evocar as EOAEPD, pode apresentar-se como  $3f_1-2f_2$ ;  $2f_2-f_1$  e  $2f_1-f_2$ ; porém a maior amplitude é obtida na relação  $2f_1-f_2$ , na razão 1,22. Da mesma forma, os níveis de intensidade das frequências primárias podem variar, sendo os parâmetros de  $L_1=L_2=70$  ou  $L_1=65$  e  $L_2=55$  dBNPS os mais utilizados (34; 37).

Não há um padrão de normalidade universal para as amplitudes absolutas das EOAEPD. Desta forma, é recomendado que cada centro de atividade desenvolva seus protocolos e normatizações próprias, podendo ainda seguir a recomendação do fabricante do equipamento (39). Conforme o equipamento utilizado no presente estudo, consideramos amplitude absoluta de EOAEPD quando os NPS atingiram um valor igual ou maior que -10 dBNPS (74).

Alguns autores realizaram a avaliação da audição de militares expostos a ruído de impacto utilizando o teste de EOAEPD, de forma isolada ou em conjunto com as EOAET ou ainda a audiometria tonal limiar (60; 64; 67; 69; 70).

No estudo não foi encontrada significância estatística entre as orelhas direita e esquerda quanto as amplitudes registradas antes e depois da prática de tiro, o que permitiu que os dados fossem analisados em conjunto e as médias das amplitudes variou na orelha direita de -9,3 a 8,0 dB (G1) e de -5,6 a 9,5 dB (G2) e na orelha esquerda variou de -7,6 a 8,0 dB (G1) e de -10,6 a 9,3 dB (G2). (Tabelas 1 e 2).

Marshall et al. (2009) utilizando EOAET e EOAEPD antes e após 3 semanas de exposição ao ruído de impacto, usando protetor auditivo intrauricular demonstraram ter havido um decréscimo nas médias das amplitudes de 0,84 dBNPS (70).

Ainda que expostos a ruído contínuo, Frota e Lório em 2002 e Negrão e Soares em 2004 também demonstraram não ter diferença entre as orelhas testadas.

Já com relação a comparação entre as amplitudes antes e depois da exposição, houve diferença nos estudos citados, ainda que os sujeitos do primeiro estudo não tivessem exposição prévia ao ruído e os do segundo estudo tinham tal exposição há pelo menos 10 anos, foi demonstrado que o teste foi eficaz em detectar alterações nas células ciliadas externas mesmo em indivíduos que não tinham exposição prévia a ruído ocupacional (43; 44).

Shupak et al. em 2007 avaliando sujeitos expostos a ruído contínuo também observaram que o teste de EOAEPD não mostrou diferença entre as orelhas, mas mostrou que as EOAE foram mais prejudicadas na orelha esquerda, pois as EOAEPD ficaram menores em 6 KHz na orelha direita e em 4, 6 e 8 KHz na orelha esquerda, destacando que na orelha esquerda, foram mais frequências afetadas em sujeitos expostos a ruído contínuo (66).

Tanto em relação a comparação entre as orelhas quanto em relação a comparação entre as amplitudes antes e depois da exposição ao ruído de impacto, Job et al. em 2004 também não encontraram diferença, atribuindo tal resultado ao tipo de protetor auditivo utilizado (tipo concha). Ainda assim, mostraram uma tendência das EOAE de ficarem menores após a exposição ao ruído de impacto (64).

Assim como Balatsouras et al. em 2005 que também não encontraram diferença entre as orelhas diante da exposição ao ruído de impacto, mas ressaltaram que as EOAE foram mais prejudicadas na orelha esquerda, sugerindo que tal achado possa ser atribuído ao efeito sombra, tendo em vista que a posição de tiro mais utilizada é com o armamento próximo a orelha direita, independente do sujeito ser destro ou canhoto (69).

Em contrapartida, foram observadas diferenças no teste de EOAEPD entre a orelha direita e esquerda no estudo de Konopka et al. (2001), onde ocorreu redução de 3,8 dBNPS em 1 KHz e 2,9 dBNPS em 3 KHz na orelha esquerda após exposição ao ruído de impacto, o que foi explicado pelos autores como sendo provavelmente devido a postura de tiro, dependendo do efeito sombra do corpo. Os autores encontraram a maior redução nas EOAEPD em 1 KHz e 3 KHz na orelha esquerda, sendo que estas foram avaliadas de 1 a 6 KHz (60).

Já em 2005, Konopka et al. utilizaram as EOAET e não observaram diferença entre as orelhas. No entanto este estudo reavaliou os militares após 1 ano do início da exposição e não logo após a exposição. Os autores encontraram redução das amplitudes principalmente em 2, 3 e 4 KHz com maior redução em 2 KHz bem como redução dos valores da relação sinal/ruído em 2, 3 e 4 KHz (61).

No presente estudo foi utilizado o protetor auditivo intrauricular e os militares não tinham exposição a ruído ocupacional prévio. Estes protetores auditivos apresentam nível de redução de ruído de 29 dB, ainda que dados da literatura ressaltem que o nível de redução real do ruído é de de 15 dB. Assim, o tipo de protetor auditivo intrauricular pode ser insuficiente para prevenir alterações nas células ciliadas externas, diante da exposição ao ruído de impacto de cerca de 170 dBNPS.

Pode-se supôr que o tamanho da amostra possa justificar o fato de não ter havido diferença entre as orelhas, porém ficaram evidentes as diferenças ao comparar as amplitudes antes e depois da exposição ao ruído de impacto. No entanto, não há dados na literatura que afirmem tais suposições.

Em estudo com militares expostos a ruído de impacto utilizando protetor auditivo do tipo intrauricular e do tipo concha de forma randomizada, não foram encontradas diferenças significantes entre os resultados antes e após a exposição ao ruído. No entanto, foi ressaltado que as respostas pós exposição, ao comparar as duas orelhas, foram melhores na orelha direita (67).

Parece haver uma tendência da orelha esquerda ser mais sensível diante da exposição ao ruído, ainda que não tenhamos obtido diferença entre as orelhas, os achados do presente estudo parecem mostrar que esta orelha foi mais susceptível a mudanças após exposição ao ruído de impacto gerado pelo fuzil.

Em relação a variável tempo de avaliação, esta exerceu efeito significativo sobre as médias antes e depois independente do grupo avaliado ou da frequência testada (Figura 6). As médias obtidas antes da exposição ao ruído foram maiores do que as obtidas depois (Tabelas 1 e 2). Porém, no G2 (24 horas depois) as médias absolutas foram sutilmente maiores do que no G1, (logo após) indicando uma relativa recuperação, ainda que os valores não tenham sido os mesmo obtidos na primeira avaliação. Cabe ressaltar ainda que os dados analisados antes incluíram os

exames dos 60 militares, enquanto os dados analisados posteriormente, incluíram os 60 militares em dois grupos: G1 e G2.

Desta forma, constata-se que, após a exposição ao ruído os dois grupos apresentaram diminuição das amplitudes, demonstrando que ambos foram afetados de forma similar, ainda que no G1 esta diminuição tenha sido maior.

Ressalta-se que, mesmo após 24 horas de repouso auditivo, permaneceram alterações evidenciadas no teste de EOAEPD, indo de encontro ao estudo de Balatsouras et al. (2005) que demonstraram ter havido recuperação ainda que tenham permanecidos valores reduzidos em 4 e 6 KHz. Tal fato pode ser justificado porque na pesquisa citada, os 13 militares realizaram a atividade de tiro individualmente, enquanto no presente estudo os disparos foram realizados de forma conjunta, onde eram formados grupos de 10 militares.

Em 2005, Olszewski et al. avaliaram as EOAET antes, 1 hora, 2 horas e 3 horas após exposição ao ruído e destacaram que após 1 hora as amplitudes em 1 e 2KHz foram recuperadas, mas o mesmo não ocorreu em 3, 4 e 5 KHz e após 2 horas, as amplitudes foram recuperadas em 4 e 5 KHz (63). Já em 2007, Olszewski et al. avaliou 40 militares que utilizaram protetor auditivo do tipo concha ao realizar 5 disparos de rifle e não observou mudanças antes e depois da exposição ao ruído, o que pode ter ocorrido pelo tipo de protetor utilizado bem como pelo número reduzido de disparos (62).

Ainda que os militares do G1 e G2 tenham sido avaliados em dois momentos distintos, nos permitimos comparar os dados entre os dois grupos tendo em vista serem sujeitos com as mesmas características em relação a idade e aos antecedentes otológicos, bem como ao fato de que todos tinham EOAEPD presentes na primeira avaliação, configurando-se em um grupo suficientemente homogêneo.

Desta forma, ficou evidenciado que as 14 horas de repouso auditivo previstas na legislação para que haja recuperação dos limiares auditivos na audiometria tonal, parecem ser insuficientes para que o mesmo ocorra no teste de EOAEPD, principalmente nas frequências de 6 e 8 KHz.

As médias das amplitudes variou conforme a frequência, independente do grupo avaliado. Ao comparar as amplitudes antes e depois, esta se mostrou

diferente em cada frequência testada, seguindo a seguinte ordem de magnitude: 2>4>3>6>8 KHz e foram encontradas diferenças significativas entre as médias das amplitudes antes e depois nas frequências de 3, 4, 6 e 8 KHz independente do grupo avaliado, o mesmo não ocorrendo na frequência de 2 KHz (Figura 6).

As Tabelas 1 e 2 mostram que as médias das amplitudes, na orelha direita e esquerda, nas frequências de 6 e 8 KHz apresentaram médias menores do que nas demais frequências, demonstrando que quanto maior a frequência, menor o valor da amplitude, mesmo antes da exposição ao ruído (11; 40; 41; 44). Mesmo que nos estudos citados os indivíduos tenham sido expostos a ruído contínuo, nos permitimos comparar os achados.

O presente estudo demonstrou diminuição das amplitudes principalmente em 6 e 8 KHz corroborando com os achados de Marques (2003) que demonstrou ter ocorrido ausência das EOAEPD nas frequências de 3, 4 e 6 KHz e Seixas et al. (2004) que encontraram diminuição das amplitudes de 3 a 8 KHz em sujeitos expostos a ruído contínuo (42).

Já Konopka et al. (2001) encontraram redução entre 1 a 6 KHz após exposição ao ruído de impacto. Tais achados podem ser explicados pelo tonotopismo coclear, já que os sons atingem inicialmente as frequências da região basal (frequências altas) antes de chegar ao ápice da cóclea (frequências baixas) (60).

Cabe salientar que as médias dos valores absolutos das amplitudes foram obtidas inicialmente agrupando os 60 militares e posteriormente estes foram divididos em G1 (n=30 ou 60 orelhas) e G2 (n=30 ou 60 orelhas), o que justifica alguns valores maiores na segunda testagem, como verificado, por exemplo nas médias das amplitudes no G2 ligeiramente maiores do que a média das amplitudes antes, na orelha direita em 2, 3 e 4 KHz e na orelha esquerda em 3 KHz (Tabelas 1 e 2) e que pode ser explicado inclusive pela variabilidade de respostas mesmo em sujeitos com audição normal.

Este estudo demonstrou que o protetor auditivo utilizado (intrauricular) teve uma relativa eficácia, já que nem todas as frequências foram afetadas igualmente. Ainda assim, estudos sugerem que o protetor auditivo do tipo concha parece ser mais eficaz para prevenir mudanças temporárias de limiar tanto na audiometria tonal

quanto no teste de EOAE, que podem se transformar em alterações permanentes após anos de exposição ao ruído, quer seja de impacto ou contínuo (63, 64, 67, 68).

Konopka et al. (2005) observaram mudanças nas EOAE após um ano de serviço militar, salientando que ocorreu redução das EOAE principalmente nas frequências de 2, 3 e 4 KHz, com a maior redução em 2 KHz, o que parece sugerir que o teste de EOAE não tenha sido suficientemente sensível para detectar alterações imediatas, mas sim ao longo do tempo.

Os achados do presente estudo são ainda concordantes com os de Pawlaczik-Luszczynska et al. (2004), ainda que os autores tenham utilizado as EOAE e protetor auditivo tipo concha, antes e de 2 a 10 minutos após exposição ao ruído de impacto, estes consideraram que o protetor auditivo utilizado foi eficaz (68).

Quanto as médias da relação sinal/ruído, registradas antes e depois da prática de tiro nas orelhas direita e esquerda, também não houve significância estatística entre estas e os dados foram analisados em conjunto.

Frota e Lório (2002) também demonstraram não ter havido diferença entre as orelhas testadas quanto ao critério relação sinal/ruído, mas encontraram diferença antes e depois da exposição ao ruído quanto a este critério, tendo constatado diminuição, assim como o presente estudo (Figura 7). Cabe ressaltar que o estudo de Frota e Lório (2002) foi realizado com indivíduos expostos a ruído contínuo e se assemelha ao presente estudo em relação ao fato de que todos os indivíduos não tinham exposição prévia ao ruído ocupacional.

Na orelha direita, as médias da relação sinal/ruído variaram de 2,9 a 14,8 dB (G1) e de 6,5 a 14,4 dB (G2). Já na orelha esquerda variaram de 5,3 a 13,0 dB (G1) e de 4,1 a 15,1 dB (G2) (Tabelas 3 e 4).

Assim como na análise das amplitudes, em relação a variável tempo, as médias da relação sinal/ruído foram maiores antes que depois e também diferiu em todas as frequências, seguindo a seguinte ordem de magnitude: 4>3>2>6>8 KHz. Novamente, em relação as frequências, as de 6 e 8 KHz foram as que apresentaram menores valores absolutos no critério relação sinal/ruído e houve diferença significativa ao comparar o exame realizado antes e depois nestas frequências (Figura 7).



Konopka et al. (2005) utilizando as EOAET observaram redução dos valores da relação sinal/ruído em 2, 3 e 4 KHz, o que corrobora os achados do presente estudo, onde obteve-se redução em 6 e 8 KHz, o que pode ser justificado pelo tipo de armamento utilizado, já que cada armamento apresenta um espectro de ruído específico.

Foi realizada ainda a análise da ocorrência, levando-se em consideração o critério amplitude e a relação sinal/ruído e constatou-se novamente que não houve diferença estatisticamente significativa entre as orelhas direita e esquerda.

Ao levar em consideração o critério amplitude, os resultados demonstraram que 8 orelhas direitas na frequência de 6 KHz e 18 orelhas direitas na frequência de 8 KHz apresentaram alteração, enquanto na orelha esquerda, houve alteração em 15 orelhas na frequência de 6 KHz e 22 orelhas na frequência de 8 KHz (Tabelas 6 e 7). Ainda que a orelha esquerda pareça ter se apresentado mais sensível, não houve significância estatística ao compará-las.

Já ao levar em consideração o critério relação sinal/ruído, ocorreu diferença na orelha direita em 6 e 8 KHz, onde 5 orelhas foram afetadas na frequência de 6 KHz e 24 orelhas na frequência de 8 KHz (Tabelas 8 e 9). Na orelha esquerda, 11 orelhas foram afetadas na frequência de 6 KHz e 29 orelhas na frequência de 8 KHz. Os achados sugerem que a frequência de 8 KHz foi mais afetada.

A legislação reconheceu que as alterações cocleares provocadas pela exposição ao ruído atingem, inicialmente, a faixa de frequências altas e as alterações encontradas no presente estudo foram principalmente nas frequências de 6 e 8 KHz em ambas as orelhas e em ambos os grupos de forma similar, o que pode ser observado na Tabela 11 ao serem considerados os dois critérios.

Depreende-se dos resultados obtidos que o critério amplitude parece ter sido mais sensível em detectar mudanças sutis nas EOAEPD nos dois grupos e tal fato ficou mais evidente ao serem analisados os dados obtidos nas orelhas esquerdas, onde parece haver a necessidade de um tempo superior a 24 horas para total recuperação.

Diversos autores no exterior, utilizaram as EOAET para avaliar as diferenças antes e após exposição ao ruído de impacto (53, 61, 62, 68) e demonstraram sua eficácia em comparação com a audiometria tonal limiar. No entanto, estudos

utilizando as EOAEPD para tal fim ainda são escassos na literatura, justificando assim a dificuldade em comparar os resultados obtidos na presente pesquisa.

No presente estudo, ficou evidenciado que as EOAEPD apresentaram mudanças sutis após a exposição ao ruído de impacto, tendo havido ligeira recuperação nos sujeitos avaliados 24 horas após a exposição em comparação com aqueles reavaliados logo após.

Em relação à proteção auditiva, constatou-se que ainda há a necessidade de que existam procedimentos prévios de instrução quanto a importância do uso do protetor auditivo durante as atividades de tiro, bem como sua fiscalização.

Cabe salientar que foram distribuídos protetores auditivos de inserção a todos os militares que participaram desta pesquisa. No entanto, como já descrito, o protetor intrauricular é parcialmente eficaz na tentativa de proteger a orelha dos ruídos de impacto. Portanto, sugere-se a utilização de protetores do tipo concha ou ativos com seletividade de frequência, possibilitando inclusive o entendimento das ordens e orientações durante as atividades realizadas.

Quanto a presença de zumbido, observou-se que esta queixa foi mais presente nos sujeitos reavaliados imediatamente após a exposição ao ruído, e que 3 sujeitos do G1 apresentaram a queixa de zumbido e exames normais após a exposição (Tabela 12), levando-nos a considerar a queixa independente da constatação objetiva no exame. Sugere-se que tais sujeitos sejam reavaliados após nova exposição ao ruído de impacto para averiguar se a queixa precoce indica ou não uma alteração evidenciada no teste de EOAE a longo prazo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados sugerem que o critério amplitude foi sutilmente mais sensível em detectar alterações do que o critério relação sinal/ruído, bem como há indícios de que a orelha esquerda tenha sido mais afetada, ainda que não tenha sido encontrada significância estatística ao comparar as duas orelhas.

Ressalta-se que os aspectos metodológicos assim como os parâmetros utilizados para captação das respostas das EOAEPD na maioria dos estudos compilados foram diversificados, tanto em relação as intensidades utilizadas quanto a faixa de frequência analisada, tornando a comparação com os resultados do presente estudo mais difíceis.

Ainda que seja recomendada a audiometria tonal como procedimento para avaliação auditiva, as EOAEPD se mostraram sensíveis a mudanças ocorridas após exposição ao ruído de impacto, sendo possível inclusive realizar o teste nas instalações militares.

Os resultados apontam ainda para a necessidade de implementação de um Programa de Prevenção de Perda Auditiva (PPPA) para militares, pois os mesmos estão expostos tanto a ruído de impacto quanto a ruído contínuo no seu ambiente de trabalho. E para tanto, sugere-se a utilização do exame de EOAEPD como protocolo de acompanhamento tendo em vista as alterações auditivas estarem evidenciadas neste exame mesmo antes de aparecerem na audiometria tonal limiar.

Tal medida evitaria o aparecimento de sintomas auditivos como perda auditiva e zumbido e sintomas não auditivos decorrentes da perda auditiva, além de proporcionar uma melhor gestão dos recursos econômicos tanto para prevenção da perda auditiva quanto para o tratamento, caso as medidas preventivas não tenham sido suficientemente eficazes.

Foi possível sugerir que as 14 horas de repouso recomendadas para a realização da audiometria tonal limiar sejam insuficientes para a realização do teste de EOAE, já que após 24 horas de exposição, ainda foi possível identificar diferença significativa nos valores obtidos em comparação com os exames anteriores.

## 7 CONCLUSÃO

Quanto ao critério amplitude:

-Houve diferença significativa ao comparar os exames antes e depois da exposição ao ruído de impacto;

-Houve diferença significativa nas frequências de 3, 4, 6 e 8 KHz em ambos os grupos avaliados (G1 e G2).

Quanto ao critério relação sinal/ruído:

-Houve diferença significativa ao comparar os exames antes e depois da exposição ao ruído de impacto;

-Houve diferença significativa nas frequências de 6 e 8 KHz em ambos os grupos avaliados (G1 e G2).

Quanto a ocorrência considerando o critério amplitude:

-Houve diferença significativa em ambas orelhas em 6 e 8 KHz em ambos os grupos (G1 e G2).

Quanto a ocorrência considerando o critério relação sinal/ruído:

-Houve diferença significativa na orelha direita em 8 KHz e na orelha esquerda em 6 e 8 KHz em ambos os grupos (G1 e G2).

Ao avaliar os resultados encontrados no presente estudo, constata-se a sensibilidade do exame de EOAEPD para detectar mudanças sutis na função coclear em sujeitos expostos a ruído de impacto, pois foram constatadas diferenças significativas nos valores obtidos tanto em relação as amplitudes, quanto a relação sinal/ruído e a ocorrência das EOAEPD.

## 8 REFERÊNCIAS

1. Frota SMS, Atherino CCT, Osterne F. A eficiência das emissões otoacústicas transientes e audiometria tonal na detecção de mudanças temporárias nos limiares auditivos após exposição a níveis elevados de pressão sonora. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.* 2007; 73(5): 592-8.
2. Ministério do Trabalho. Portaria n° 19, de 09/04/1998. Diretrizes e parâmetros mínimos para avaliação e acompanhamento da audição em trabalhadores expostos a níveis de pressão sonora elevados.
3. Stewart M, Pankiw R, Lehman ME, Simpson TH. Hearing loss and hearing handicap in users of recreational firearms. *Journal of the American Academy of Audiology.* 2002; 13(3):160-168.
4. BRASIL. Portaria n° 3214. Ministério do Trabalho 08/07/1978. NR15. Atividades e operações insalubres (D.O.U. 06/07/1978).
5. Godoy TCM. Perdas auditivas induzidas pelo ruído em militares: Um enfoque preventivo. 1991. 136 p. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia)- Faculdade de Fonoaudiologia. PUC, São Paulo.
6. Neves EB, Mello MGS. O uso de dispositivos de proteção auditiva nos tiros de fuzil e de artilharia. *Cad. Saúde Colet.* 2007; 15(1) 97-116.
7. Neves EB. Gerenciamento de risco ocupacional no Exército Brasileiro: aspectos normativos e práticos. *Cad. Saúde Pública.* 2007; 23(9): 2127-33.
8. Neves EB, Soalheiro M. A proteção auditiva utilizada pelos militares do Exército Brasileiro: há efetividade? *Ciênc. Saúde Coletiva.* 2010; 15(3): 889-98.

9. Plontke SKR, Pfeffer C, Zenner HP, Dietz K. The incidence of acoustic trauma due to New Years firecrackers. *Eur Arch Otorhinlaryngol*. 2002; 259(5): 247-52.
10. Guida HL, Diniz TH, Kinoshita SK. Análise acústica e psicoacústica do ruído de armas utilizadas pela Polícia Militar. *Braz. J. Otorhinolaryngol*. 2011, 77(2): 163-170.
11. Souza DV. Estudo comparativo das emissões otoacústicas evocadas em militares expostos e não expostos ao ruído. 2009. 107p. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia). Rio de Janeiro: Universidade Veiga de Almeida.
12. Nodarse EM. Empleo de las emisiones otoacusticas para el pesquiasje del deficit auditivo. *Rev Habanera Cienc Méd*. 2006; 5(1).
13. Marques FP, Costa EA. Exposição ao ruído ocupacional: alterações no exame de emissões otoacústicas. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2006; 72(3): 362-6.
14. Fiorini AC, Fischer FM. Expostos e não expostos a ruído ocupacional: estudo dos hábitos sonoros, entalhe audiométrico e teste de emissões otoacústicas evocadas por estímulos transientes. *Distúrbios da Comunicação*. 2004; 16(3): 371-83.
15. Azevedo MF. Emissões otoacústicas. In: Figueredo MS, org. *Conhecimentos essenciais para entender bem emissões otoacústicas e Bera*. São José dos Campos: Pulso; 2003. p. 35-83.
16. Silva LF. Estudo sobre a exposição combinada entre ruído e vibração de corpo inteiro e os efeitos na audição de trabalhadores. 2002. Tese (Doutorado). Faculdade de Saúde Pública, São Paulo; Universidade de São Paulo.
17. Fausti SA, Wilmington DJ, Helt PV, Helt WJ, Konrad-Martin D. Hearing health and care: the need for improved hearing loss prevention and hearing conservation practices. *J Rehabil Res Dev*. 2005; 42(2S):45-62.

18. Ministério da Saúde. Série A. Normas e Manuais. 1<sup>a</sup> Ed. Brasília: Técnicos; 2006. 40p.
19. Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva. Arquivos Internacionais de Otorrinolaringologia. 2000, 4 (2). Boletim n.1.
20. Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva. Arquivos Internacionais de Otorrinolaringologia. 2000, 4 (2). Boletim n.6.
21. Patterson Jr JH; Johnson DL. Protection of hearing against high-intensity impulse noise. J Acoust Soc Am. 1996; 99 (1): 23.
22. Sataloff J, Hawkshaw MJ, Sataloff RT. Gun-shooting hearing loss: a pilot study. Ear, Nose and Throat Journal. 2010; 89(1): 15-9.
23. Kemp DT. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. J Acoust Soc Am. 1978; 64(5): 1386-91.
24. Kemp DT. Evidence of mechanical nonlinearity and frequency selective wave amplification in the cochlea. 1979; Arch. Otorhinolaryngol., 224:37-45.
25. Kemp DT, Ray P, Alexander L; Brown AM. Acoustic emission cochleography: practical aspects. 1986, Scand. Audiol. Suppl., 25: 71-95.
26. Probst R. Otoacoustic emission: an overview. In: Pfaltz CR. editor. New aspects of cochlear mechanics and inner ear pathophysiology. Advances in Otorhinolaryngol. 1990; 44:1-91.
27. Probst R; Harris FP. Otoacoustic emission. In: Alford BR; Jerger JJ. editors. Electrophysiologic Evaluation in Otolaryngology. Advances in Otorhinolaryngol. 1997; 53:182-204.

28. Gattaz G. Contribuição do registro das emissões otoacústicas evocadas no diagnóstico das perdas auditivas induzidas pelo ruído. In: Nudelmann AA; Costa EA; Seligman J; Ibañez RN. PAIR-Perda Auditiva Induzida pelo Ruído. Vol II, Revinter, Cap.6. 2001. p.78-92.
29. Kemp DT. Otoacoustic emissions in perspective. In: Robinette MS; Glatke TJ. editors. Otoacoustic emissions - clinical applications. New York: Thieme; 1997, p. 1-21.
30. Hall JW. Handbook of Otoacoustic Emissions. San Diego: Singular Publishing Group; 2000. 635 p.
31. Oliveira JA. A Fisiologia clínica da audição-cóclea ativa. In: Nudelmann AA.Costa EA, Seligman J; Ibañez RN. PAIR-Perda Auditiva induzida por ruído. Porto Alegre, Bagagem, 1997.p.101-142.
32. Massaro CAM. Emissões Otoacústicas. In: Aquino AMCM (org).Processamento Auditivo: Eletrofisiologia e Psicoacústica. Lovise, 2002. p.41-61.
33. Momensohn-Santos TM, Dias AMN, Valente CH, Brasil LA. Métodos objetivos de avaliação da audição. In: Momensohn-Santos TM, Russo ICP. Prática da audiologia clínica. 6ª ed. São Paulo: Cortez; 2007.
34. Lonsbury-Martin BL, Martin GK, Telischi FF. Emissões Otoacústicas na prática clínica. In: Musiek FE, Rintelmann WF. Perpectivas Atuais em Avaliação Auditiva. São Paulo: Manole, cap.6, p.163-192, 2001.
35. Durante AS. Emissões Otoacústicas. In: Bevilacqua MC; Martinez MAN; Balen AS; Pupo AC; Reis ACMB; Frota S. Tratado de Audiologia. 1ª Ed. São Paulo: Santos Editora; 2011. p.145-158.



36. Wagner W, Heppelmann G, Vonthein R, Zenner HP. Test-retest repeatability of distortion product otoacoustic emissions. *Ear Hear.* 2008; 29(3):378-91.
37. Vono-Coube CZ; Costa Filho OA. Emissões Otoacústicas: uma visão geral. In: Frota S. Fundamentos em Fonoaudiologia: Audiologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.
38. Nishino LK; Ravagnani MP; Azambuja MJ; Filho OL; Carlos R. Análise das amplitudes das EOAEPD nas frequências de 1, 2 e 4 kHz em orelhas normais a partir da variação das intensidades dos estímulos primários. 2001. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 67(3): 307-16.
39. Munhoz, MSL; Ganança MM; Caovilla HH. Otoemissões acústicas. In: Munhoz, MSL Ganança MM; Caovilla HH. *Audiologia Clínica.* São Paulo: Atheneu, cap. 9. p.121-48, 2000.
40. Oliveira TMT, Vieira MM; Azevedo MF. Emissões otoacústicas em trabalhadores normo-ouvintes expostos ao ruído ocupacional. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica.* 2001; 13(1):17-22.
41. Atchariyasathian V, Chayarpham S, Saekhow S. Evaluation of Noise-Induced Hearing Loss with Audiometer and Distortion Product Otoacoustic Emissions. *J Med Assoc Thai.* 2008; 91(7): 1066-71.
42. Marques FP. Perda auditiva induzida pelo ruído: registro das emissões otoacústicas por produtos de distorção como método de diagnóstico precoce. 2003. 105p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) Faculdade de Saúde Pública. São Paulo.
43. Frota S, Lório MCM. Emissões otoacústicas por produtos de distorção e audiometria tonal liminar: estudo da mudança temporária do limiar. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.;* 2002; 68(1):15-20.

44. Negrão MA, Soares E. Variações nas amplitudes de respostas das emissões otoacústicas evocadas e suscetibilidade à perda auditiva induzida por ruído - PAIR. Rev. CEFAC; 2004; 6(4):414-22.
45. Seixas NS, Kujiawa SG, Norton S, Sheppard L, Neitzel R, Slee A. Predictors of hearing threshold levels and distortion product otoacoustic emissions among noise exposed young adults. Occup. Environ Med.; 2004; 61: 899-907.
46. Coelho MSB, Ferraz JRS, Almeida EOC, Filho NA. As emissões otoacústicas no diagnóstico diferencial das perdas auditivas induzida por ruído. Rev. CEFAC; 2010; 12(6): 1050-58.
47. Abel SM. Hearing loss in military aviation and other trades: investigation of prevalence and risk factors. Aviat Space Environ Med. 2005; 76(12): 1128-35.
48. Saunders GH, Griesl SE. Hearing loss in veterans and the need for hearing loss prevention programs. Noise Health. 2009; 11(42): 14-21.
49. Jurkiewicz D, Kantor I. Noise in military service - the current problem. Pol Merkur Lekarski, 2005; 19(111): 261-4.
50. Coleman JK, Kopke RD, Liu J, Ge X, Harper EA, Jones GE, Carter TL, Jackson RL. Pharmacological rescue of noise induced hearing loss using N-acetylcysteine and acetyl-L-carnitine. Hear Res. 2007; 226(1-2): 104-13.
51. Silva AP, Costa EA, Rodrigues SMM, Souza HLR, Massafera VG. Avaliação do perfil auditivo de militares de um quartel do Exército Brasileiro. Rev. Bras. Otorrinolaringol. 2004; 70(3): 344-50.
52. Jaruchinda P, Thongdeetae T, Panichkul S, Hanchumpol P. Prevalence and an analysis of noise-induced hearing loss in army helicopter pilots and aircraft mechanics. J Med Assoc Thai. 2005; 88(3): 232-9.

53. Duvedevany A, Furst M. Immediate and long-term effect of rifle blast noise on transient evoked otoacoustic emissions. *J Basic Clin Physiol Pharmacol.* 2006; 17(3): 173-85.
54. Mrena R; Savolainem S, Pirvolla U, Ylikoski J. Characteristics of acute acoustical trauma in the Finnish Defense Force. *Int J Audiol.* 2004; 43(3): 117-81.
55. Ribeiro AM, Câmara VM. Perda auditiva neurossensorial por exposição continuada a níveis elevados de pressão sonora em trabalhadores de manutenção de aeronaves de asas rotativas. *Cad Saude Pública.* 2006; 22(6): 1217-24.
56. Muhr P, Mansson B, Hellstrom PA. A study of hearing changes among military conscripts in the Swedish Army. *Int J Audiol.* 2006; 45: 247-51.
57. Teo KJ, Chia SE, Tan CT, Ali SM. Effects of basic military training on hearing in the Singapore Armed Forces. *Singapore Med.* 2008, 49 (3):243-47.
58. Guida HL, Diniz TH, Chagas PSC, Kinoshita SK. Perfil audiológico em policiais militares do estado de São Paulo. *Arq Int Otorrinolaringol.* 2010, 14(4): 426-432.
59. Rocha RLO, Atherino CCT, Frota SMMC. Audiometria de altas frequências em bombeiros militares com audiometria normal expostos ao ruído. *Braz J Otorhinolaringol.* 2010; 76(6): 687-94.
60. Konopka W, Zalewski P, Pietkiewicz P. Evaluation of transient and distortion product otoacoustic emissions before and after shooting practice. *Noise Health* 2001; 3(10): 29-37.
61. Konopka W, Pawlaczyk-Luszczynska M, Sliwinska-Kowalska M, Grzanka A, Zalewski P. Effects of impulse noise on transiently evoked otoacoustic emission in soldiers. *Int J Audiol.* 2005; 44(1): 3-7.

62. Olszewski J, Milorński J, Olszewski S, Majak J. Hearing threshold shift measured by otoacoustic emissions after shooting noise exposure in soldiers using hearing protectors. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*. 2007; 136, 78-81.
63. Olszewski J, Milorński J, Olszewski S. Temporary hearing threshold shift measured by otoacoustic emissions in subjects exposed to short-term impulse noise. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 2005; 18(4): 375-79.
64. Job A, Cian C, Esquivié D, Leiffen D, Trousselard M, Charles C, Nottet JB. Moderate variations of mood/emotional states related to alterations in cochlear otoacoustic emissions and tinnitus onset in young normal hearing subjects exposed to gun impulse noise. *Hearing Research*. 2004; 193 (1-2):31-38.
65. Duvdevany A, Furst M. The effect of longitudinal noise exposure on behavioral audiograms and transient evoked otoacoustic emissions. *Int J Audiol*. 2007; 46(3): 119-27.
66. Shupak A, Tal D, Sharoni Z, Oren M, Ravid A, Pratt H. Otoacoustic emissions in early noise-induced hearing loss. *Otol Neurotol*. 2007; 28(6): 745-52.
67. Bockstael A, Keppler H, Dhooge I, D'haenens W, Maes L, Philips B, Vinck B. Effectiveness of hearing protector devices in impulse noise verified with transiently evoked and distortion product otoacoustic emissions. *Int J Audiol*. 2008; 47(3): 119-33.
68. Pawlaczik-Luszczynska M, Dudarewicz A, Bak M, Fiszler M, Kotylo P, Sliwinska-Kowalska M. Temporary changes in hearing after exposure to shooting noise. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental*. 2004; 17(2): 285-94.

69. Balatsouras DG, Tsimpiris N, Korres S, Karapantzios I, Papadimitriou N, Danielidis V. The effect of impulsive noise on distortion product otoacoustic emission. *International Journal of Audiology*. 2005; 44: 540-49.
70. Marshall L, Lapsley Miller JA, Heller LM, Wolgemuth KS, Hughes LM, Smith SD, Kopke RD. Detecting incipient inner-ear damage from impulse noise with otoacoustic emissions. *J Acoust Soc Am*. 2009; 125(2): 995-1013.
71. BRASIL. Estado-Maior do Exército. Instruções Gerais de Tiro com o Armamento do Exército - IGTAEx. Brasília: EGGCF, 2001.
72. BRASIL. Exército Brasileiro. Portaria nº 045-EME, de 23 de junho de 2003. Aprova o Manual de Campanha C 23-1 - Tiro das Armas Portáteis - 1ª Parte - Fuzil, 1ª Edição, 2003.
73. Comando de Operações Terrestres. Caderno de Instrução CI 32/2: gerenciamento de risco aplicado às atividades militares. 1ª Ed. Brasília: EGGCF, 2005.
74. Buck K. Performance of different types of hearing protectors undergoing high-level impulse noise. *Int J Occup Saf Ergon*. 2009; 15(2): 227-40.
75. Eclipse Plataform. Operation Manual. EP 15, EP 25, TEOAE 25, DPOAE25, ABRISS, ASSR. Interacoustics A/S. 80701204 – 01/2010.
76. Gorga MP, Neely ST, Ohlrich B, Hoover B, Redner J, Peters J. From laboratory to clinic: a large scale study of distortion product otoacoustic emissions in ears with normal hearing and ears with hearing loss. *Ear Hear*. 1997; 18(6): 440-455.

## 9 ANEXO A - APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA



Universidade de Brasília  
Faculdade de Ciências da Saúde  
Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/FS

### PROCESSO DE ANÁLISE DE PROJETO DE PESQUISA

Registro do Projeto no CEP: **103/10**

Título do Projeto: “Verificação e monitoração coclear antes e após o tiro de instrução básico em militares brasileiros através das emissões otoacústicas evocadas transientes e por produto de distorção”.

Pesquisadora Responsável: Monique Antunes de Souza Chelminski Barreto

Data da Entrada: 16/08/10

Com base na Resolução 196/96, do CNS/MS, que regulamenta a ética em pesquisa com seres humanos, o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, após análise dos aspectos éticos e do contexto técnico-científico, resolveu **APROVAR** o projeto **103/10** com o título: “Verificação e monitoração coclear antes e após o tiro de instrução básico em militares brasileiros através das emissões otoacústicas evocadas transientes e por produto de distorção”, analisado na 9ª Reunião Ordinária, realizada no dia 05 de outubro de 2010.

A pesquisadora responsável fica, desde já, notificada da obrigatoriedade da apresentação de um relatório semestral e relatório final sucinto e objetivo sobre o desenvolvimento do Projeto, no prazo de 1 (um) ano a contar da presente data (item VII.13 da Resolução 196/96).

Brasília, 07 de outubro de 2010.

  
Prof. Natan Monsore de Sá  
Coordenador do CEP-FS/UnB

**APÊNDICE A-ANAMNESE****1. IDENTIFICAÇÃO**

NOME: \_\_\_\_\_

DN: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ IDADE: \_\_\_\_\_

JÁ FOI EXPOSTO A RUÍDO OCUPACIONAL? SIM ( ) NÃO ( ).

QUE TIPO? \_\_\_\_\_

**2. ANTECEDENTES PATOLÓGICOS**

2.1-CIRURGIA DE ORELHA? SIM ( ) NÃO ( )

2.2-TRAUMA ACÚSTICO? SIM ( ) NÃO ( )

2.3-TOMA ALGUM MEDICAMENTO? SIM ( ) NÃO ( )

QUAL? HÁ QUANTO TEMPO? \_\_\_\_\_

2.4-ANTECEDENTES AUDIOLÓGICOS FAMILIARES DE PERDA AUDITIVA?

SIM ( ) NÃO ( ) NÃO SABE ( )

2.5-OTITE (INFECÇÃO DE OUVIDO) SIM ( ) NÃO ( ) NÃO SABE ( )

**3. PRESENÇA DE ZUMBIDO NAS ORELHAS**

SIM ( ) NÃO ( )

## **APÊNDICE B-TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

Você está sendo convidado a participar da pesquisa intitulada **Monitoramento Auditivo por meio da Avaliação Coclear em Militares do Exército Brasileiro Expostos a Ruído de Impacto.**

Tal pesquisa justifica-se pela necessidade de promover a saúde auditiva dos militares, propondo um Programa de Prevenção da Perda Auditiva, incluindo a utilização de equipamento de proteção individual durante a realização de exercícios de tiro.

Serão realizadas uma entrevista e testes auditivos não invasivos, rápidos e indolores, quais sejam Teste de Emissões Otoacústicas em dois momentos, antes e após a exposição ao ruído de impacto.

A sua participação nesta pesquisa é voluntária e não há riscos descritos na literatura na realização de tal teste. O desconforto se deve apenas ao tempo dispensado na entrevista e realização dos testes, que é de cerca de 20 minutos.

Informo que o Sr. tem a garantia de acesso, em qualquer etapa do estudo, sobre qualquer esclarecimento de eventuais dúvidas e é garantida a liberdade da retirada deste consentimento a qualquer momento e deixar de participar da pesquisa, sem qualquer tipo de penalidade, recebendo os resultados até o momento em que participar.

O Sr. tem o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais da pesquisa e, caso seja solicitado, serão prestadas todas as informações que solicitar.

Nos comprometemos a utilizar os dados coletados somente para pesquisa, e os resultados serão veiculados por meio de artigos científicos, em revistas especializadas e/ou em encontros científicos e congressos, sem nunca tornar possível a sua identificação, assegurando desta forma, o sigilo e a privacidade dos seus dados.

Após a finalização da pesquisa será realizada uma palestra sobre audição e a importância da prevenção de danos auditivos.

Não existirão despesas ou compensações pessoais para o participante em qualquer fase do estudo. Também não há compensação financeira relacionada à



sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo pesquisador.

Em caso de necessidade, contatar a Fga. Monique A. de Souza C. Barreto nos telefones (61) 86358882 e o Dr Fayez Bahmad Júnior no telefone (61) 39662350 ou no Hospital Militar de Área de Brasília, na Clínica de Fonoaudiologia-Setor de Audiologia, sito no Setor Militar Urbano, s/n.

Brasília, \_\_\_\_\_ de 2011.

\_\_\_\_\_  
Nome da pesquisadora responsável

\_\_\_\_\_  
Assinatura

\_\_\_\_\_  
Nome do participante

\_\_\_\_\_  
Assinatura

**Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências  
da Saúde da Universidade de Brasília – 3107-1947 / cepfs@unb.br**

## APÊNDICE C-ANAMNESE CLÍNICO OCUPACIONAL

### Identificação:

1-Nome:\_\_\_\_\_

2-Data de nascimento:\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Idade:\_\_\_\_\_

3-Grau de instrução: ( ) nenhum ( ) 1º grau ( ) 2º grau

4-Estado civil: ( ) solteiro ( ) casado

5-Local de trabalho anterior ao ingresso no Exército Brasileiro:\_\_\_\_\_

6-Tempo de trabalho:\_\_\_\_\_

### Antecedentes patológicos pessoais:

7-( ) Hipertensão ( ) diabetes ( ) caxumba ( ) rubéola ( ) infecção de ouvido ( ) surdez na família ( ) zumbido ( ) dor de ouvido ( ) vertigem

8-Cirurgia: ( ) sim\_\_\_\_\_ ( ) não

9-Doença nos últimos 12 meses: ( ) sim ( ) não

10-Usa algum medicamento: sim ( ) não ( )

Qual:\_\_\_\_\_ Dosagem:\_\_\_\_\_

Para que?\_\_\_\_\_

### Exposição ao ruído-lazer:

11- Já praticou tiro ( ) sim ( ) não. Que armamento:\_\_\_\_\_

12- Exposição a outros ruídos: ( ) frequentemente ( ) não ( ) raramente

Tipo:\_\_\_\_\_

### Hábitos:

13-( ) tabagismo ( ) sim. Há quanto tempo:\_\_\_\_\_ ( ) não

14-( ) álcool ( ) sim ( ) não

**Informações complementares:**\_\_\_\_\_