

## AVALIAÇÃO DA PROTEÇÃO AUDITIVA PARA RUÍDO EMITIDO POR HELICÓPTERO

Ronald Márcio Élleres Fernandes - ronaldmarcio@bol.com.br  
Grácio Paulo Pessoa Serra - graciopaulo@uol.com.br  
Sérgio de Souza Custódio Filho - engsergiocustodio@gmail.com  
Gustavo da Silva Vieira de Melo - gmelo@ufpa.br  
Alexandre Luiz Amarante Mesquita - alexmesq@ufpa.br

**Resumo:** Ambientes submetidos a elevados níveis de pressão sonora são facilmente encontrados na aviação. O ruído de transporte aéreo pode resultar em desconforto ou até mesmo patologias nas pessoas presentes nesses ambientes. Desta forma, o presente trabalho tem o propósito de avaliar a dose de ruído recebida pelos tripulantes do helicóptero H-36 (Caracal) da Força Aérea Brasileira e verificar se a atenuação do ruído oferecida pelos protetores auditivos utilizados está reduzindo o nível de pressão sonora a níveis considerados seguros para a audição destes trabalhadores. As medições do ruído foram realizadas utilizando audiodosímetro calibrado nos pilotos, mecânico de voo e operador de equipamento, todos com protetores auditivos do tipo capacete (concha) e plugue moldável. Nas medições, a aeronave foi configurada para resgate em que as portas permaneceram abertas em determinadas fases do voo. São feitas discussões a respeito do uso dos protetores auditivos com base nos resultados obtidos de atenuação sonora nas orelhas dos tripulantes usando o NRR (Noise Reduction Rating) e feita uma análise da jornada de trabalho adequada com base na legislação vigente, NR-15.

**Palavras-chave:** Ruído, helicóptero, proteção auditiva, perda auditiva.

## EVALUATION OF HEARING PROTECTION FOR NOISE EMITTED BY HELICOPTER

**Abstract:** Environments subjected to high sound pressure levels are easily found in aviation. Air transport noise can result in discomfort or even pathologies in persons present in these environments. Thus, this study aims to evaluate the noise dose received by the crew of the M-36 helicopter (Caracal) of the Brazilian Air Force and check that the noise attenuation provided by hearing protectors is effective in reducing the level of sound pressure levels considered safe for the hearing of workers. The noise measurements were performed using calibrated dosimeter in the pilot, flight engineer and equipment operator, all with hearing protectors of the helmet type and moldable plug. In the measurements, the aircraft was configured for rescue operation, in which the doors remain open in certain phases of flight. Discussions are made about the use of hearing protection based on the results of sound attenuation in the ears of the crew by the NRR calculation, and also it is made an analysis of appropriate working hours based on the current law, NR15.

**Keywords:** Noise, helicopter, hearing protection, hearing loss.

### 1. INTRODUÇÃO

A redução total ou parcial da capacidade de ouvir compromete uma parcela significativa das atividades da vida cotidiana, tanto nas relações profissionais, quanto nas demais relações sociais, destacando-se entre as mais frequentes doenças no ambiente de trabalho. A exposição permanente a níveis de ruído elevados pode causar, além de perda auditiva, comprometimentos orgânicos diversos tais como: hipertensão arterial, aumento de tensão muscular, estresse, e incapacidade de concentração (GUYTOM e HALL, 2006). No entanto, a perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) é a única patologia causada pelo ruído reconhecida pela legislação brasileira através da Norma Regulamentadora de Segurança e Medicina do Trabalho (NR-15) (Brasil, 1978). Essa norma estabelece os limites de exposição ao ruído para trabalhadores brasileiros, visando protegê-los de danos auditivos.

O tráfego de veículos (terrestres e aéreos) é uma das principais fontes de poluição sonora ambiental em grandes centros urbanos (LACERDA et al., 2005; BISTAFA, 2006), podendo

trazer desconforto (LEITE et al., 1997; PEREIRA et al., 2011) e patologias (NDREPEPA e TWARDILLA, 2011; ROSELUNDA et al., 2011). O ruído ocupacional devido ao tráfego é preocupante devido ao número crescente anual de veículos, tanto terrestres quanto aeronáuticos. No caso da aviação, esta cresce mundialmente a taxas médias de aproximadamente 5% ao ano (PAMPLONA et al., 2015). No caso específico de helicópteros, a frota brasileira é uma das maiores do mundo, com destaque para São Paulo-SP, a qual é a cidade que possui a maior frota de helicópteros no mundo, ultrapassando Nova York (VEJA, 2013; ABRAPHE, 2013).

A avaliação da perda auditiva de trabalhadores expostos ao ruído aeronáutico deve ser intensa, pois suas atividades estão relacionadas diretamente com a segurança de outras pessoas, principalmente em voo, quando devem ouvir e compreender bem (RIBEIRO e CÂMARA, 2006). Para redução dos níveis de pressão sonora em helicópteros, ações podem ser realizadas na fonte, na trajetória ou nos receptores do ruído. Ações na fonte compreendem intervenções nas principais fontes de geração de ruído que são o motor, transmissão mecânica e rotores (asas rotativas), que geram ruídos em banda larga, assim como em componentes discretos de frequências (BRENTNER e FARASSAT, 2003).

Ações de atenuação de ruído em helicópteros na fonte englobam, por exemplo, controle ativo nas asas rotativas (YU et al., 1997, STRAUB, et al., 1999; KENNEDY et al., 2000). Ações na trajetória incluem, por exemplo, o uso de painéis absorvedores na cabine, isoladores na saída da caixa de transmissão (CAILLET et al., 2012) e controle ativo de ruído no interior da cabine (BELANGER, 2009). Ações no receptor correspondem ao uso de dispositivos de proteção auditiva por parte da tripulação e passageiros, a fim de se reduzir ao máximo a possibilidade de danos aos mecanismos que permitem ao ser humano ouvir com clareza e intensidade adequadas. Segundo Bistafa (2006), a proteção auditiva individual é a última linha de ação na redução dos níveis de ruído que chegam à orelha do trabalhador. Os protetores auditivos individuais ou protetores auriculares usados por trabalhadores são do tipo externo, em formato de concha, ou do tipo interno, também conhecido como tampão ou plugue (BISTAFA, 2006).

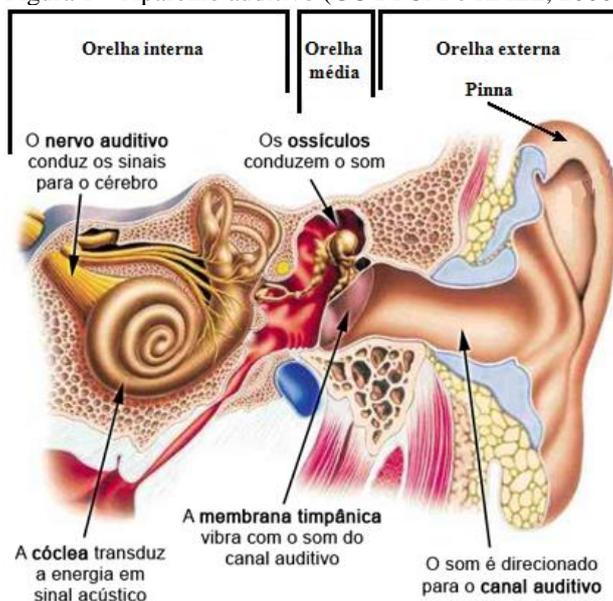
Nas organizações militares da Força Aérea Brasileira é comum a presença de ruídos intensos provocados por vários tipos de aeronaves, dentre elas, os helicópteros H-1H e H-36, ambos operados pelo Primeiro Esquadrão do Oitavo Grupo de Aviação (1º/8º GAV), na Base Aérea de Belém-PA. Em Mesquita et al. (2013) fez-se uma análise do ruído presente no interior do helicóptero H-1H e uma avaliação da redução do nível de pressão sonora nos tripulantes com o uso de protetores auditivos. Neste trabalho, inicialmente são revisados os conceitos de perdas auditivas e as características de protetores auditivos passivos usados em trabalhadores na aviação. Em seguida, para se ter conhecimento se o interior da cabine do helicóptero H-36 é um ambiente insalubre ao sistema auditivo de seus tripulantes, e ratificar a necessidade de prevenção contra perda auditiva, foi realizada a análise da dose de ruído nos tripulantes do helicóptero. Baseado na NR-15 (Brasil, 1978) e recomendações do NIOSH (1998), foram identificadas as limitações de operação contínua sob influência do agente nocivo e também fazendo uso combinado do capacete e EPI auditivo. E, por fim, foram verificadas se as medidas de controle adotadas estão sendo eficientes na manutenção da integridade do sistema auditivo dos profissionais em questão.

## 2. MECANISMO DA PERDA AUDITIVA

Para que se possam entender os mecanismos de perda auditiva, faz-se uma breve explanação da anatomia e fisiologia da orelha humana. O sistema auditivo é responsável por receber as ondas sonoras e fazer a transdução do sinal mecânico em elétrico, para que as informações auditivas possam chegar ao sistema nervoso central e o significado destas informações seja

decifrado. O aparelho auditivo é didaticamente dividido em: orelha externa, orelha média e orelha interna, conforme a Figura 1 (GUYTOM e HALL, 2006).

Figura 1 – Aparelho auditivo (GUYTOM e HALL, 2006).



Na orelha externa está a pinna que recolhe e conduz as ondas sonoras pelo canal auditivo interno até a membrana timpânica, fazendo-a vibrar. Na orelha média, além da membrana timpânica, existem três ossículos: martelo, bigorna e estribo que transmitem as vibrações da membrana timpânica à janela oval, localizada na orelha interna. A orelha interna contém a cóclea, que abriga o órgão de Corti e é formada por três tubos enrolados lado a lado e preenchidos por líquidos cocleares. O órgão de Corti, por sua vez, contém células eletromecanicamente sensíveis (células ciliares), que geram impulsos nervosos em resposta às vibrações advindas da orelha média. Estas vibrações adentram a cóclea através do meio líquido existente na mesma, para então chegarem às células ciliares. Portanto, devido à passagem do som do meio de origem, o ar, ao meio líquido, a energia sonora sofre perdas causadas pela diferença de impedância sonora entre os dois meios. Para compensar a diferença de impedância sonora, os três ossículos da orelha média funcionam como um sistema de alavanca mecânica que, juntamente com a diferença de áreas entre a membrana timpânica e janela oval, aumenta a pressão da onda sonora que chega à cóclea, diminuindo desta forma, a perda de energia.

Na orelha externa está a pinna que recolhe e conduz as ondas sonoras pelo canal auditivo interno até a membrana timpânica, fazendo-a vibrar. Na orelha média, além da membrana timpânica, existem três ossículos: martelo, bigorna e estribo que transmitem as vibrações da membrana timpânica à janela oval, localizada na orelha interna. A orelha interna contém a cóclea, que abriga o órgão de Corti e é formada por três tubos enrolados lado a lado e preenchidos por líquidos cocleares. O órgão de Corti, por sua vez, contém células eletromecanicamente sensíveis (células ciliares), que geram impulsos nervosos em resposta às vibrações advindas da orelha média. Estas vibrações adentram a cóclea através do meio líquido existente na mesma, para então chegarem às células ciliares. Portanto, devido à passagem do som do meio de origem, o ar, ao meio líquido, a energia sonora sofre perdas causadas pela diferença de impedância sonora entre os dois meios. Para compensar a diferença de impedância sonora, os três ossículos da orelha média funcionam como um sistema de alavanca mecânica que, juntamente com a diferença de áreas entre a membrana timpânica e janela oval, aumenta a pressão da onda sonora que chega à cóclea, diminuindo desta forma, a perda de energia.

A orelha externa e orelha média são, portanto, as responsáveis pela condução do som até a orelha interna e esta última, através do órgão de Corti, é responsável pela transformação do sinal mecânico da onda sonora em impulsos neurossensoriais e enviá-los ao cérebro para serem interpretados. A rigor, qualquer redução na sensibilidade de audição pode ser considerada uma perda auditiva ou hipoacusia, seja de caráter temporário ou permanente. Dependendo da localização do problema causador da perda, a hipoacusia terá a seguinte nomenclatura: Hipoacusia Condutiva, Neurossensorial e Mista (REVISTA BRASILEIRA DE OTORRINO-LARINGOLOGIA, 2002).

A perda auditiva do tipo hipoacusia condutiva afeta a orelha externa e/ou a orelha média, que são as regiões responsáveis pela condução do som até a cóclea. Este tipo de perda não é causado por ruídos, no entanto, o som de um abalo audível muito intenso pode causar a ruptura do tímpano, interrompendo ou reduzindo a eficiência da condução do som da orelha externa à orelha média (PORTARIA DO MPS, 1992).

A perda auditiva do tipo hipoacusia neurossensorial afeta as células ciliares localizadas no órgão de Corti. Estas células perdem capacidade de transformar as vibrações sonoras em impulsos nervosos, devido a danos causados pela exposição a altos níveis de pressão sonora por tempo prolongado. O efeito fisiológico é a perda temporária da audição em que o nível original do limiar auditivo pode ser recuperado. Se a exposição ao ruído é repetida antes da completa recuperação, os cílios responsáveis pelo funcionamento das células podem sofrer rupturas e a perda temporária da audição torna-se permanente (CREPPE e PORTO, 2001). A hipoacusia mista é verificada quando há um envolvimento de um problema condutivo juntamente com um problema neurossensorial (ROMERO, 1997).

### 3. DETERMINAÇÃO DA ATENUAÇÃO ACÚSTICA DE PROTETORES AUDITIVOS

Os protetores auditivos individuais ou protetores auriculares usados por trabalhadores são do tipo externo em formato de concha – que podem ser passivos ou ativos (GERGES, 2000) – ou do tipo interno (também conhecidos como tampão ou plugue), que podem ser do tipo moldado ou moldável (BISTAFA, 2006). Os protetores auditivos individuais ou protetores auriculares usados por trabalhadores são do tipo externo em formato de concha – que podem ser passivos ou ativos (GERGES, 2000) – ou do tipo interno (também conhecidos como tampão ou plugue), que podem ser do tipo moldado ou moldável (BISTAFA, 2006).

Os protetores auditivos ou auriculares passivos (que não usam controle ativo) atenuam o ruído de acordo com a frequência, contudo, as principais normas internacionais criaram números únicos e mais práticos (medidos em dB) para avaliar a atenuação de ruído. Entre esses números, o mais conhecido é o NRR (*Noise Reduction Rating*) ou nível de redução de ruído do EPI (Equipamento de Proteção individual). Na obtenção desse número, os participantes dos ensaios são indivíduos treinados na utilização de protetores, orientados e supervisionados na sua colocação antes das realizações dos ensaios (BISTAFA, 2006). De posse do NRR do protetor auditivo pode-se determinar o nível efetivo de exposição protegida (NEP), que é o nível de exposição protegida, ou seja, o nível de pressão sonora recebido pela orelha do indivíduo com o EPI. Para se determinar o NEP em dB(A), de posse do NRR, usa-se a Equação 1 (NIOSH, 1998):

$$NEP = NPS(A) - [(NRR \times f) - 7] \quad (1)$$

Sendo NPS(A) o nível de ruído na escala de ponderação A, NRR o nível de redução de ruído do EPI, e f o fator de correção, conforme discriminado abaixo:

- Tipo concha: subtrair 25% do NRR ( $f = 0,75$ );
- Tipo inserção moldável: subtrair 50% do NRR ( $f = 0,5$ );
- Tipo inserção pré-moldado: subtrair 75% do NRR ( $f = 0,25$ ).

A redução acústica total para o uso combinado de EPIs não é a soma das reduções individuais de cada protetor, quando usados simultaneamente (GERGES, 2000). Para o uso combinado de dois tipos de protetores (concha + plugue), deverão ser acrescidos 5 dB ao maior NRR dos EPIs e usar o  $f$  correspondente a este EPI ( $f_{corr}$ ), conforme Equação 2 (NIOSH, 1998):

$$NEP = NPS(A) - [(NRR_{max} \times f_{corr}) - 7 + 5] \quad (2)$$

#### 4. METODOLOGIA

Após realização de inspeção do interior da cabine do helicóptero, foram selecionados os tripulantes que usariam os dois dosímetros disponíveis para a medição. Foram escolhidos o Primeiro Piloto (perfazendo o grupo homogêneo com o Segundo Piloto) e o Operador de Equipamento (tendo como grupo homogêneo o Mecânico de voo).

Foram realizados os ajustes preliminares e necessários às calibrações [114 dB (A)]; formataram-se os dosímetros para os parâmetros indicados; os dosímetros foram zerados para início da medição; colou-se um dos audiodosímetros (QUEST EDGE 5) na gola do macacão de voo do Primeiro Piloto (1P) de forma a deixá-lo próximo à sua zona auditiva; colou-se o outro audiodosímetro (QUEST NOISE PRO) no bolso do Operador de Equipamento (OE), usando o mesmo critério para posicionamento do microfone; a calibração foi feita antes e depois da medição, pois no caso de diferenças de valores superiores a 1 dB(A), a medição deve ser “abortada”. A dosimetria foi projetada para uma jornada de trabalho de 8 horas. A Figura 2 mostra o croqui do helicóptero em estudo.

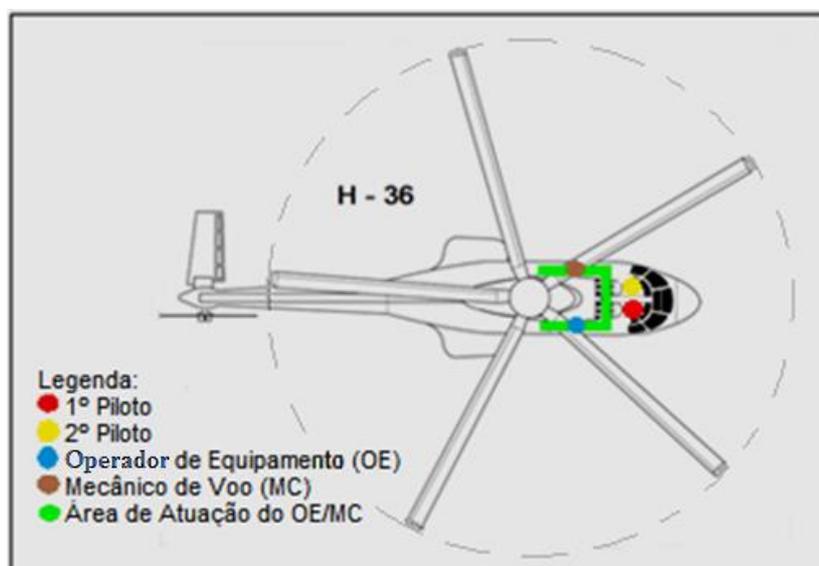


Figura 2 – Croqui do helicóptero H-36.

Para que se tenha uma noção do espaço interno do H-36, são mostradas duas imagens da nacele conforme as Figuras 3 e 4.



Figura 3 – Nacele na direção de voo.

Os tripulantes estavam usando um capacete PSH-4B fabricado pela GENTEX (Figura 5) com nível de redução de ruído (NRR) de 20 dB, conforme especificado em estudo de conservação auditiva realizado pelo Air Force Research Laboratory (2000) e protetor auricular modelo 3M 1100 (Figura 6) com NRR de 29 dB e Certificado de Aprovação (CA: 5674).



Figura 5 – Capacete PSH-4B.



Figura 6 – Protetor tipo plugue moldável.

Para configuração dos instrumentos de medição foram adotados os parâmetros descritos na NR-15, anexo 1 e portaria 3214/78 de acordo com o que segue:

- Parâmetros: Curva de compensação: A;
- Tempo de Resposta (Time Constant): SLOW;

- Fator Duplicativo de Dose (Exchange Rate): 5 dB(A);
- Nível Base de Critério (Criterion): 85 dB(A);
- Nível Teto (Upper Limit): 115 dB(A).

As Figuras 7, 8 e 9 mostram o instrumental utilizado na medição.



Figura 7 – Calibrador sonoro QUEST QC 10.



Figura 8 – Audiodosímetro QUEST EDGE 5.



Figura 9 – Audiodosímetro QUEST NOISE PRO.

Parte do quadro de limite de tolerância adotado pela NR-15 é mostrada na Tabela 1, onde se pode observar que para a cada aumento de 5 dB(A) o tempo máximo diário de exposição reduz-se à metade.

Tabela 1: Limite de tolerância para exposição ao ruído (MTE, 2015).

| Nível de Ruído dB(A) | Máxima Exposição Diária Permissível | Nível de Ruído dB(A) | Máxima Exposição Diária Permissível |
|----------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| 85                   | 8 horas                             | 98                   | 1 hora e 15 minutos                 |
| 86                   | 7 horas                             | 100                  | 1 hora                              |
| 87                   | 6 horas                             | 102                  | 45 minutos                          |
| 88                   | 5 horas                             | 104                  | 35 minutos                          |
| 89                   | 4 horas e 30 minutos                | 105                  | 30 minutos                          |
| 90                   | 4 horas                             | 106                  | 25 minutos                          |
| 91                   | 3 horas e 30 minutos                | 108                  | 20 minutos                          |
| 92                   | 3 horas                             | 110                  | 15 minutos                          |
| 93                   | 2 horas e 40 minutos                | 112                  | 10 minutos                          |
| 94                   | 2 horas e 15 minutos                | 114                  | 8 minutos                           |
| 95                   | 2 horas                             | 115                  | 7 minutos                           |

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização da dosimetria nos postos da tripulação disposta conforme mostra o croqui da Figura 1, foram obtidos os seguintes resultados para o Primeiro Piloto (Tabela 2), os quais resultaram em um NEP de 82,2 dB(A) ao se usar os dois EPIs, conforme Equação 3.

Tabela 2: Resultados de Dosimetria do Primeiro Piloto.

| EPI  | Local Avaliado        | Caracterização da exposição                | Fonte geradora | Descrição da atividade executada no dia do monitoramento                            | TWA | NPS(A)     |
|--|-----------------------|--|----------------|---|-----|------------|
| Capacete SPH-4B e Plugue de Inserção Moldável, de espuma poliuretano CA 5674 | Cabine do helicóptero | Exposição habitual e intermitente ao ruído | Helicóptero    | Executar serviços de pilotagem com treinamento para Missões de Resgate e Salvamento | 8h  | 94,7 dB(A) |

$$NEP = 94,7 - [(29 \times 0,5) - 7 + 5] = 82,2 \text{ dB(A)} \quad (3)$$

Foram realizados os ajustes preliminares e necessários às calibrações [114 dB (A)]; formataram-se os dosímetros para os parâmetros indicados; os dosímetros foram zerados para início da medição; colou-se um dos audiodosímetros (QUEST EDGE 5) na gola do macacão de voo do Primeiro Piloto (1P) de forma a deixá-lo próximo à sua zona auditiva; colou-se o outro audiodosímetro (QUEST NOISE PRO) no bolso do Operador de Equipamento (OE), usando o mesmo critério para posicionamento do microfone; a calibração foi feita antes e depois da medição, pois no caso de diferenças de valores superiores a 1 dB(A), a medição deve ser “abortada”. A dosimetria foi projetada para uma jornada de trabalho de 8 horas. A Figura 2 mostra o croqui do helicóptero em estudo.

A dose medida ultrapassou o limite máximo estabelecido na NR-15, anexo 1, para 8 horas de exposição, em 9,7 dB(A). Usando somente o capacete SPH-4B com NRR de 20 dB(A) a atenuação não seira satisfatória, apresentando um valor de NEP igual a 86,7 dB(A), no entanto,

fazendo uso combinado do protetor auditivo de CA: 5674 e fator de atenuação NRR de 29 dB(A) o valor do NEP calculado é de 82,2 dB(A), atendendo desta forma o limite de tolerância permitido pela legislação.

Os resultados da dosimetria para o Operador de Equipamentos estão apresentados na Tabela 3 e o resultado do NEP ao se usar os dois EPIs é mostrado na Equação 4.

Tabela 3: Resultados de Dosimetria do Operador de Equipamento.

| EPI  | Local Avaliado   | Caracterização da exposição                | Fonte geradora | Descrição da atividade executada no dia do monitoramento | TWA | NPS(A)      |
|--|--|--|----------------|--|-----|-------------|
| Capacete SPH-4B e Plugue de Inserção Moldável, de espuma poliuretano CA 5674 | Área de atuação do Mecânico de Voo/Operador de Equipamento | Exposição habitual e intermitente ao ruído | Helicóptero    | Executar serviços de operação de guincho (resgate)       | 8h  | 104,3 dB(A) |

$$NEP = 104,3 - [(29 \times 0,5) - 7 + 5] = 91,8 \text{ dB(A)} \quad (4)$$

A dose medida ultrapassou o limite de tolerância dado na Tabela 1, para 8 horas de jornada, em 19,3 dB(A) e neste caso, mesmo fazendo uso combinado de proteção auditiva, o NEP fica acima do limite de tolerância em 6,8 dB(A). De forma que o Operador de Equipamento e Mecânico de Voo têm suas jornadas reduzidas para 3 horas de voo diárias.

## 6. CONCLUSÕES

Os inúmeros problemas de saúde causados pelo ruído ocupacional afetam quaisquer trabalhadores que estejam submetidos a elevados níveis de pressão sonora. Sabe-se que a Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) é de caráter irreversível e possui uma ação discreta, indolor e progressiva, levando, portanto, vários anos para que o trabalhador perceba o dano causado. Assim, para se reconhecer o perigo e quantificar o risco, necessita-se de uma cuidadosa avaliação do ruído nos ambientes de trabalho ruidosos. Estas questões têm motivado vários estudos relacionados ao tema. Desta forma, realizou-se esta avaliação de ruído no helicóptero H-36 Caracal e pôde-se constatar que os pilotos fazendo uso da proteção dupla (capacete de voo e plugue de ouvido) ficam submetidos a uma dose de ruído de 82,2 dB(A), o que lhes permite uma jornada de 8 horas diárias sem perigo de danos ao sistema auditivo. No entanto, o Operador de Equipamento e o Mecânico de Voo, fazendo uso dos mesmos EPIs, ficam submetidos a uma dose de 91,8 dB(A), causando uma redução significativa na jornada de voo, pois de acordo com a Tabela 1, o limite de exposição para esse nível de ruído é de 3 horas.

É importante lembrar que o uso do capacete é de uso compulsório e indispensável para todos os tripulantes em atividade aérea com helicópteros, não somente pela atenuação de ruído e a comunicação interna ou externa, mas principalmente pela proteção do crânio contra impactos em situações de emergências. Contudo, a proteção acústica dada somente pelo capacete seria insatisfatória para estes tripulantes. Diante do exposto, conclui-se que neste estudo, o uso da dupla proteção acústica torna-se indispensável para uma atenuação eficaz, principalmente para o Operador de Equipamento e o Mecânico de Voo que estão submetidos à

maior intensidade do ruído. Ressalta-se, portanto, a importância de se respeitar os limites de exposição ao agente nocivo estabelecido pela legislação vigente, objetivando reduzir a probabilidade dos tripulantes em questão adquirirem uma perda auditiva induzida pelo ruído, haja vista que este tipo de hipoacusia tem caráter irreversível.

## REFERÊNCIAS

**ASSUMPCÃO, M.E.; MAZZINGHY, D.B.; SOUZA, L.D.; RUSSO, J.F.C; BAILONA, B.A.; SPOGIS, N.** *Aplicação do método dos elementos discretos na avaliação de chutes de escoamento de minérios de ferro itabiríticos. Holos, v.7, ano 31, p. 34-42, 2015.*

**ABRAPHE.** *Estudo da ABRAPHE confirma São Paulo como capital mundial do helicóptero. Disponível em < <http://www.abraphe.org.br/noticias/estudo-da-abraphe-confirma-sao-paulo-como-capital-mundial-do-helicoptero>>. Acesso em 21/03/2016.*

**AIR FORCE RESEARCH LABORATORY.** *USAF Approved hearing protection devices. Human Effectiveness Directorate, Crew System Interface Division. Disponível em: <[http://www.tascocorp.com/wp-content/uploads/2012/11/Approved\\_HPDS.pdf](http://www.tascocorp.com/wp-content/uploads/2012/11/Approved_HPDS.pdf)> Acesso em: 09/04/2016.*

**BELANGER, P., BERRY, A., PASCO, Y., ROBIN, O.** *Multi-harmonic active structural acoustic control of a helicopter main transmission noise using the principal component analysis. Applied Acoustics, vol. 70, p 153–164, 2009.*

**BISTAFA, S.** *Acústica Aplicada ao Controle do Ruído. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2006.*

**BRASIL.** *Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), Norma Reguladora NR-15, Capítulo V, Título II, relativa a Segurança e Medicina do Trabalho, 17; Lei no 6.514 de 22/12/1977, Portaria no 3.214, de 8/6/1978.*

**BRENTNER, K, FARASSAT, F.** *Modeling aerodynamically generated sound of helicopter rotors. Progress in Aerospace Sciences, vol. 39, p. 83–120, 2003.*

**CAILLET, J., MARROT, F., UNIA, Y., AUBOURG, P.** *Comprehensive approach for noise reduction in helicopter cabins. Aerospace Science and Technology. vol 23, p. 17-25, 2012.*

**CREPPE, R. C., PORTO, L. G. C. Porto.** *Utilização do dosímetro nas avaliações de Ruído Ocupacional. VIII Simpósio de Engenharia de Produção, 2001. Acesso em 27/03/2016.*

**GERGES, S. N. Y.** *Ruído: Fundamentos e Controle. 2.ed. Florianópolis .NR Editora., 2000.*

**KENNEDY, D., STRAUB, F., SCHETKY, L., CHAUDHRY, Z., ROZNOY, R.** *Development of an SMA actuator for in-flight rotor blade tracking. Proc. SPIE 3985, Smart Structures and Materials 2000: Smart Structures and Integrated Systems, June, 2000.*

**LACERDA, A.B.M., MAGNI, C., MORATA, T.C., MARQUES, J.M., ZANNIN, P.H.T.** *Ambiente urbano e percepção da poluição sonora, Ambiente & Sociedade, vol 8, n 2, 2005.*

**MESQUITA, A.L.A., FERNANDES, R.M.E., BRASIL, G.L.R.** *Análise do tempo de exposição ao ruído gerado por helicóptero. Revista de Engenharia e Tecnologia, vol 5, n 2, p. 36-43, 2013.*

**NDREPEPA, A., TWARDELLA, D.** *Relationship between noise annoyance from road traffic noise and cardiovascular diseases: A meta-analysis, Noise & Health, vol 13, issue 52, p 251-259, 2011)*

**NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health.** *Criteria for recommended standard: Occupational noise exposure. DHHS- Publication No. 98-126. Cincinnati (OH); 1998. Disponível em: <[http://www.nonoise.org/noticias\\_det.php?id=47](http://www.nonoise.org/noticias_det.php?id=47)> Acesso em: 09 mar., 2015.*

**PAMPLONA, D.A., HERMETO, T.S., ALVES, C.J.P., MULLER, C.** *Impactos na capacidade aérea através da recategorização da esteira de turbulência das aeronaves, Revista de Engenharia e Tecnologia, vol 7, n 1, 2015.*

**PEREIRA, C. A. S., SILVA, L.C.S., SALES, F.H.S,** *Análise do nível de conforto acústico na biblioteca de uma escola pública. Holos, ano 27, vol 4, 2011.*

**RIBEIRO, A.M.D; CÂMARA, V.M.** *Perda auditiva neurossensorial por exposição continuada a níveis elevados de pressão sonora em trabalhadores de manutenção de aeronaves de asas rotativas. Cadernos de Saúde Pública, vol 22, n 6, 2006.*

**ROMERO, JULIANA H.; CARVALHO, MARINA S.; FENIMAN, MARIZA R.** *Achados audiológicos em indivíduos pós-meningite. Rev Saude Publica, v. 31, n. 4, p. 398-401, 1997. Disponível em: <<http://www.scielo.org/pdf/rsp/v31n1/2225.pdf>> Acesso em: 27 mar. 2016.*

**ROSENLUNDA, M.; BERGLINDA, N.; PERSHAGENA, G.; JÄRUPC, L.; BLUHMA, G.** *Increased prevalence of hypertension in a population exposed to aircraft noise. Occupational & Environmental Medicine, vol 58, p.769-773, 2011.*

**STRAUB, F.; NGO, H.; ANAND, V.; DOMZALSKI, D.** *Development of a piezoelectric actuator for trailing-edge flap control of rotor blades. Proc. SPIE 3668, Smart Structures and Materials 1999: Smart Structures and Integrated Systems, June, 1999.*

**VEJA.** *São Paulo ultrapassa NY e tem maior frota de helicópteros do mundo. Disponível em <<http://veja.abril.com.br/noticia/economia/sao-paulo-ultrapassa-ny-e-tem-maior-frota-de-helicopteros-do-mundo>>. Acesso em 21/03/2016.*

**YU, Yung H.; GMELIN, Bernd; SPLETTSTOESSER, Wolf; PHILIPPE, Jean J.; PRIEUR, Jean; BROOKS, Thomas F.** *Reduction of helicopter blade-vortex interaction noise by active rotor control technology, Progress in Aerospace Sciences, vol. 33, Issues 9–10, p. 647-687, 1997.*