

GERSON FERREIRA SILVA

PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE CURVAS DE CRITÉRIO  
OCUPACIONAL POR BANDAS DE OITAVA DE RUÍDO E SUA APLICAÇÃO EM  
UMA PLATAFORMA DE PETRÓLEO

São Paulo

2019

GERSON FERREIRA SILVA

PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE CURVAS DE CRITÉRIO  
OCUPACIONAL POR BANDAS DE OITAVA DE RUÍDO E SUA APLICAÇÃO EM  
UMA PLATAFORMA DE PETRÓLEO

Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São  
Paulo para a obtenção do título de  
Especialista em Higiene Ocupacional

São Paulo

2019

Dedico este trabalho a minha esposa Tatiane e minha filha Jéssica, pois sem elas eu não teria conseguido chegar até aqui.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, autor da vida e da minha salvação; a minha esposa Tatiane, pela pessoa maravilhosa que é, que, com amor, me acompanha e me dá suporte em todos os momentos; a minha filha Jéssica, fonte de amor e carinho e minha inspiração para seguir em frente. À organização onde trabalho também ficam meus agradecimentos, pela oportunidade constante que me dá, para obter experiências valiosas no campo da Higiene Ocupacional e no campo das negociações tripartites, de onde trago a matéria prima da qual me servi para a elaboração deste trabalho.

"Primeiramente, o contínuo ruído danifica o  
ouvido, e depois toda a cabeça"

(Bernardino Ramazzini)

## RESUMO

O presente estudo visa apresentar uma análise de diversas curvas de critério de ruído existentes na literatura, bem como o desenvolvimento e a proposta de novas curvas de critério, matematicamente equivalentes aos valores de referência globais para nível de ação e limite de tolerância da legislação trabalhista brasileira, objetivando disponibilizar à comunidade de profissionais de higiene ocupacional um meio eficaz de análise da exposição ao ruído ocupacional, por bandas de frequência, e verificação da eficácia dos protetores auditivos utilizados pelos trabalhadores. Em segundo lugar, como forma de aplicação das curvas desenvolvidas e propostas, será apresentado um trabalho de campo, contendo um estudo das principais fontes de ruído e da proteção auditiva de trabalhadores em uma plataforma de petróleo, tendo como objetivo a realização de avaliações quantitativas por bandas de oitava, e a comparação dos resultados com as curvas aqui apresentadas. O trabalho de análise das curvas existentes foi feito mediante pesquisa bibliográfica e o trabalho de campo, para aplicação das curvas propostas, feito a partir de dados de medições de ruído feitas em seis plataformas de petróleo distintas, por uma equipe especializada em Higiene Ocupacional. As medições foram feitas por bandas de frequência de uma oitava. Em seguida, foram feitas comparações entre os níveis de ruídos medidos, ponderados em A, e as atenuações atribuídas a três modelos distintos de protetores auditivos fornecidos nas plataformas em estudo, obtendo-se o nível protegido por bandas de frequência, pela aplicação do Método Longo NIOSH. As curvas propostas nesse trabalho permitem uma avaliação clara acerca da eficácia dos protetores auditivos em todas as bandas de frequência de interesse.

**Palavras-chave:** plataforma de petróleo, higiene ocupacional, ruído ocupacional, equipamento de proteção individual, agentes físicos.

## ABSTRACT

The present study aims to present an analysis of several noise criterion curves in the literature, as well as the development and proposal of new criterion curves, mathematically equivalent to the global reference values for action level and tolerance limit of Brazilian labor legislation. , aiming to provide the community of occupational hygiene professionals with an effective means of analyzing occupational noise exposure by frequency bands and verifying the effectiveness of hearing protectors used by workers. Secondly, as a way of applying the developed and proposed curves, a field work will be presented, containing a study of the main noise sources and hearing protection of workers in an oil rig, aiming to carry out quantitative assessments by octave bands, and the comparison of the results with the curves presented here. The analysis of the existing curves was done through bibliographic research and the field work to apply the proposed curves, based on noise measurement data made on six different oil rigs by a team specialized in Occupational Hygiene. Measurements were made by one octave frequency bands. Subsequently, comparisons were made between the A-weighted measured noise levels and the attenuation attributed to three different models of hearing protectors provided on the studied platforms, obtaining the frequency band level by applying the Long Method NIOSH. The curves proposed in this paper allow a clear assessment of the effectiveness of hearing protectors in all frequency bands of interest.

**Keywords:** oil rig, occupational hygiene, occupational noise, personal protective equipment, physical agents.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Componentes do som .....	21
Figura 2 - Propagação de uma onda sonora gerada por diapásio.....	21
Figura 3 – Cálculo do NM, adaptado para $q=5$ .....	25
Figura 4 - Equação da dose, adaptada para o fator de dobra igual a 5 .....	28
Figura 5 - Nível sonoro equivalente.....	32
Figura 6 – Curvas de ponderação em frequência.....	36
Figura 7 - Valores aplicados nas curvas de ponderação .....	37
Figura 8 – Circuitos de resposta.....	38
Figura 9 – Esquema da orelha humana .....	40
Figura 10 – O Cálculo do NNR sf (Método longo NIOSH) .....	43
Figura 11 - Curvas de avaliação de ruído (NC) .....	45
Figura 12 - Curvas de Classificação de Ruído (NR) .....	47
Figura 13 - Curvas isofônicas.....	49
Figura 14 – Valores médios dos locais das plataformas.....	53
Figura 15 – Modelo de plataforma utilizada para os testes .....	55
Figura 16 - Medidor Integrador Bruel & Kjaer, modelo 2250.....	56
Figura 17 - Estudo de atenuação – Operação de Agulheiro (protetor de silicone)....	67
Figura 18 - Estudo de atenuação – Operação de Agulheiro (protetor de espuma) ...	68
Figura 19 - Estudo de atenuação – Operação de Agulheiro (abafador).....	69
Figura 20 - Estudo de atenuação – Peneira de lama (protetor de silicone) .....	71
Figura 21 - Estudo de atenuação – Peneira de lama (protetor de espuma).....	72
Figura 22 - Estudo de atenuação – Peneira de lama (abafador) .....	73
Figura 23 - Estudo de atenuação – Praça de máquinas (protetor de silicone).....	75
Figura 24 - Estudo de atenuação – Praça de máquinas (protetor de espuma).....	76
Figura 25 - Estudo de atenuação – Praça de máquinas (abafador).....	77



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - As escalas em Pascal e em dB .....	20
Tabela 2 - Relação entre o nível médio em dB e a Dose de ruído .....	27
Tabela 3 - Limites de tolerância ocupacional ao ruído.....	30
Tabela 4 – Valores das curvas de critério da OSHA 29 CFR 1910.95.....	32
Tabela 5 - NPS correspondentes às curvas de avaliação (NC).....	46
Tabela 6 – NPS, em dB, correspondentes às curvas de avaliação (NR) .....	47
Tabela 7 – Valores correspondentes a cada curva isofônica.....	50
Tabela 8 – Grupos de ambientes .....	54
Tabela 9 – Passo a passo aplicado na análise das curvas .....	57
Tabela 10 - Comparações entre as curvas de nível de ação.....	61
Tabela 11 - Comparações entre as curvas de limite de tolerância .....	61
Tabela 12 - Valores médios por grupo .....	65

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$\mu\text{Pa}$	-	Micropascal
A	-	Curva A de ponderação em frequência
ABNT	-	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	-	American National Standards Institute
CA	-	Certificado de Aprovação
dB	-	Decibel
dB (A)	-	Decibel, ponderado em A
EPI	-	Equipamento de Proteção Individual
LAeq	-	Nível equivalente ponderado em A
LT	-	Limite de Tolerância
MTE	-	Ministério do Trabalho e Emprego
NA	-	Nível de Ação
NBR	-	Norma Brasileira Registrada
<i>NIOSH</i>	-	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
NPS	-	Nível de Pressão Sonora
NR	-	Norma Regulamentadora
<i>NRR</i>	-	<i>Noise Reduction Rating</i>
<i>NRR<sub>SF</sub></i>	-	<i>Subject-Fit Noise Reduction Rating</i>
Pa	-	Pascal
PAIR	-	Perda Auditiva Induzida por Ruído
W	-	Wattz
W/m <sup>2</sup>	-	Wattz por metro quadrado

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1. OBJETIVO .....	16
1.2. JUSTIFICATIVA.....	16
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
2.1. DEFINIÇÕES.....	17
2.1.1. Som e Ruído .....	17
2.1.2. A composição do som .....	18
2.1.3. A propagação do som .....	21
2.1.4. Zona auditiva .....	24
2.1.5. Nível médio .....	24
2.1.6. Dose .....	26
2.2. LIMITE DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO RUÍDO .....	28
2.2.1. Limites de exposição da OSHA .....	31
2.2.2. Nível de Ação.....	33
2.3. INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO.....	33
2.3.1. Especificações técnicas .....	34
2.3.2. Critérios de ajustes .....	34
2.4. O FUNCIONAMENTO DO OUVIDO HUMANO .....	39
2.5. MÉTODOS DE ENSAIO DE PROTEÇÃO AUDITIVA .....	41
2.5.1. Método ANSI S12.6 .....	41
2.5.2. Método Longo (NIOSH).....	42
2.5.3. Curvas NC .....	45
2.5.4. Curvas NR .....	46
2.5.5. Curvas Isofônicas.....	48
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>51</b>
3.1. ANÁLISE DAS CURVAS DE CRITÉRIO.....	51
3.2. TRABALHO DE CAMPO .....	52

<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>58</b>
4.1. ESCOLHA DAS CURVAS DE CRITÉRIO REPRESENTATIVAS.....	58
4.2. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DE CAMPO .....	64
4.3. ESTUDO DA ATENUAÇÃO DO PROTETOR AUDITIVO .....	66
4.3.1. <i>Resultado e análise da proteção auditiva na operação de agulheiro, no convés .....</i>	<i>66</i>
4.3.2. <i>Resultado e análise da proteção auditiva na operação da Peneira de lama .....</i>	<i>70</i>
4.3.3. <i>Resultado e análise da proteção auditiva Praça de máquinas.....</i>	<i>74</i>
4.3.4. <i>Considerações finais.....</i>	<i>78</i>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>85</b>
ANEXO 1 - TABELA DE DADOS GERAIS (RESULTADOS DE TODAS AS MEDIÇÕES REALIZADAS) .....	85
ANEXO 2 – DESCRIÇÕES FÍSICAS DOS PRINCIPAIS AMBIENTES AVALIADOS.....	91
ANEXO 3 – CERTIFICADO DE APROVAÇÃO DO PROTETOR AUDITIVO .....	93
ANEXO 4 – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO MEDIDOR DE RUÍDO .....	96

## 1. INTRODUÇÃO

Exposições contínuas a níveis elevados de ruído podem provocar diversos efeitos deletérios à saúde dos trabalhadores, incluindo a perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR), que é o principal deles. A PAIR é uma diminuição da acuidade auditiva, que decorre da exposição continuada a níveis elevados de pressão sonora, também conhecida como PAINPSE (perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados). No antigo Egito, desde 2.500 anos atrás, já eram mencionadas perdas de audição de trabalhadores que viviam próximos às cataratas do rio Nilo (RODRIGUES; DEZAN; MORAES MARCHIORI, 2006).

De acordo com Bellusci (1996, p.109) um ambiente ruidoso pode gerar, além da perda auditiva, distúrbios relacionados com o estresse e outros problemas psíquicos, fisiológicos e anatômicos, podendo apresentar, também, vasoconstricção, taquicardia, hipertensão arterial, distúrbios digestivos, fadiga muscular, irritabilidade, ansiedade, dentre outros.

Conforme a Norma Técnica sobre Perda Auditiva Neurossensorial por Exposição Continuada a Níveis Elevados de Pressão Sonora de Origem Ocupacional, aprovada pela Ordem de Serviço INSS/DAF/DSS Nº 608 (BRASIL, 1998), a perda da audição do trabalhador é algo de grande gravidade e ocorre com muita frequência nos locais de trabalho.

Também conhecida como “Perda Auditiva por Exposição a Ruído no Trabalho”, “Perda Auditiva Ocupacional”, “Surdez Profissional”, “Disacusia Ocupacional”, a Perda Auditiva Induzida por Ruído Ocupacional - PAIR - constitui-se em doença profissional de enorme prevalência em nosso meio, tendo se difundido a numerosos ramos de atividades.

Tal prevalência é corroborada por Nudell-mann e cols (2000, apud Mendes (2007, p. 1254), quando diz que “No Brasil, é possível que algumas centenas de milhares de trabalhadores estejam acometidos desse agravo”. No entanto, ao se analisar a base de dados históricos de acidentes de trabalho da Previdência Social (INFOLOGO<sup>1</sup>) pode ser observado um total de 78.731 registros de perdas auditivas relacionadas ao ruído contidas nos CID<sup>2</sup> H90, H83, Z57 e W42, distribuídas entre os anos de 2000 e 2017.

---

<sup>1</sup> Acesso pelo link <http://www3.dataprev.gov.br/infologo>. Acesso em: 24 out. 2019.

<sup>2</sup> Classificação Internacional de Doenças

Quanto aos equipamentos de proteção individual para ruído, no ano de 1700 Bernardino Ramazzini mencionou em sua obra *De Morbis Artificum Diatriba* (As doenças dos Trabalhadores) o uso de algodão nos ouvidos como forma de proteção auditiva daqueles que trabalhavam como forjadores de bronze (RAMAZZINI, 2016). De acordo com Rodrigues, Dezan e Moraes Marchiori (2006) o primeiro protetor auditivo de inserção foi criado por Dr. Cousins em 1884, tendo sido patenteado na Alemanha por Plessner um plug esférico para ser encaixado no canal auditivo.

Com o advento da Revolução Industrial, a população exposta ao ruído aumentou consideravelmente, e hoje não é diferente. Um ambiente laboral é repleto de situações nas quais os trabalhadores permanecem expostos aos mais diversos perigos e riscos. Dentre os riscos presentes em ambientes laborais o ruído está entre os principais, pois é produzido por uma infinidade de fontes. De acordo com Mendes (2007, p. 1254), “dentre todos os fatores ou agentes que resultam em risco ocupacional, certamente o ruído aparece como o mais frequente, o mais universalmente distribuído e, portanto, expondo o maior número de trabalhadores”. Blevigliero, Possebon e Spinelli (2006) aduzem que o ruído industrial está presente em quase todas as atividades industriais podendo ser um indicativo de manutenção deficiente de máquinas, que pode comprometer a saúde de uma parcela significativa dos trabalhadores expostos.

Uma plataforma de petróleo é um exemplo hodierno de ambiente de trabalho complexo e com importantes fontes de ruído. O início da exploração comercial de petróleo se deu em Tittusville, Pensilvânia (Estados Unidos), em 1859, após a descoberta do Cel. Drake, com um poço terrestre de apenas 21 metros de profundidade, obtido por um sistema de perfuração de percussão movido a vapor (THOMAS, 2004, p.1). No final do século 18, era extraído petróleo de poços rasos no Oriente Médio, às margens do Mar Cáspio. O objetivo era produzir querosene para iluminação, utilizando destilarias primitivas (MORAIS, 2013, p.31).

Os desafios em busca do petróleo têm sido crescentes. No início as plataformas eram terrestres, mas a necessidade e as possibilidades levaram o homem a explorar o petróleo abaixo das lâminas d'água de lagos e mares. As inovações épicas nesse segmento da indústria têm o seu maior símbolo representado na figura das plataformas de petróleo, verdadeiros gigantes da engenharia, como a Plataforma de Perdido, no Golfo do México (HARTEL; OXLEY, 2009).

Os trabalhadores industriais, inclusive aqueles que trabalham em uma plataforma petrolífera, por estarem expostos a elevados níveis de pressão sonora, estão sujeitos a sofrerem perda auditiva, bem como outros problemas de saúde relacionados a este fator de risco.

As medidas de proteção dos trabalhadores a este fator de risco nem sempre são eficazes e ainda há muitas discussões e dúvidas em relação à eficácia dos protetores auditivos, como pode ser observado, por exemplo, no acórdão do Supremo Tribunal Federal ARE 664335 / SC<sup>3</sup>.

Além disso, o uso dos protetores auditivos pode produzir uma falsa sensação de proteção, quando utilizados os valores únicos de atenuação, denominados de  $NRR_{SF}^4$ , mesmo sendo estes mais conservativos e confiáveis para uso em trabalhadores reais, do que o tradicional  $NRR^5$ . A simples comparação do nível global de ruído<sup>6</sup> medido no ambiente de trabalho com os níveis globais de atenuação é suficiente na maioria dos casos, porém, a depender da distribuição do espectro sonoro, essa proteção global pode levar ao mascaramento de um problema, que é a exposição excessiva ao ruído em uma determinada banda de frequência não alcançada plenamente pelo protetor auditivo, propiciando o comprometimento da audição do trabalhador.

Assim, como analisar o espectro sonoro de um ambiente de trabalho, de modo a verificar a eficácia dos protetores auditivos em todas as bandas de frequência desse espectro, nas condições reais de uso? Como saber se os níveis de ruído atenuados em cada frequência estão em níveis seguros, se a única referência existente é um limite de tolerância e um nível de ação global?

---

<sup>3</sup> Acórdão do Supremo Tribunal Federal ARE 664335/SC, Disponível em: <http://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=TP&docID=7734901>. Acesso em: 24 out. 2019.

<sup>4</sup> *Noise Reduction Rate Subject Fit* (Taxa de Redução do Ruído/Colocação Subjetiva)

<sup>5</sup> *Noise Reduction Rating* (Taxa de Redução do Ruído)

<sup>6</sup> O nível global de ruído é aquele resultante da soma logarítmica de todas as bandas de um espectro sonoro, em decibel. Tratando-se de bandas de 1/1 oitava, estas estão compreendidas nas frequências centrais de 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 e 16000 Hertz. As bandas de oitava de interesse ocupacional vão desde 125Hz até 8000Hz. No caso da legislação brasileira, o limite de tolerância global para oito horas de exposição ao ruído é de 85 dB (decibéis), conforme a Norma Regulamentadora NR-15 (BRASIL, 1978). Já o nível de ação, considerando os parâmetros legais, é igual a 80dB para a mesma referência de tempo.

### 1.1. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivos desenvolver e propor curvas de critério específicas que possam representar, em cada banda de frequência, os valores equivalentes ao limite de tolerância e ao nível de ação, em decibéis, estabelecidos pela legislação brasileira. Em seguida, objetiva-se aplicar as curvas propostas em um ambiente real de trabalho, sendo utilizados, para esse fim, os ambientes de um conjunto de plataformas de petróleo, onde foram medidos os níveis de pressão sonora por bandas de frequência de uma oitava, considerando as principais máquinas e equipamentos dessas plataformas.

### 1.2. JUSTIFICATIVA

A justificativa para a elaboração deste trabalho está baseada no fato de que há uma lacuna existente na literatura acerca da necessidade de se ter um valor de referência ocupacional para cada banda de oitava de interesse. O uso de níveis globais de referência não é suficiente para a o pleno conhecimento e avaliação da exposição ocupacional ao ruído. Além disso, a facilidade de acesso aos dados utilizados neste estudo, por permissão da empresa que os gerou, possibilitou e motivou o autor na escolha deste tema.



## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. DEFINIÇÕES

#### 2.1.1. Som e Ruído

Bistafa (2006) define o som como sendo uma sensação produzida no sistema auditivo. De acordo com Smith e Peters (1992) apud Mendes (2007, p. 518), “som, representa uma sensação auditiva provocada por variações de pressões geradas por alguma fonte de vibração”. Para Saliba (2011, p.13) “o som é originado por uma vibração mecânica [...] que se propaga no ar e atinge o ouvido”. Bistafa (2006) aduz que o som são as vibrações das moléculas do ar, que são propagadas a partir de estruturas que vibram. Para Saliba (2011), as oscilações mecânicas dos sistemas materiais elásticos com a massa são capazes de gerar estímulos no organismo humano, e, se essas oscilações ocorrerem no ar, produzirá variações de pressão atmosférica. Saliba (2011), ainda diz que, se essas variações estimularem o aparelho auditivo, então haverá o som. Assim, pode ser entendido que o som é um fenômeno acústico, composto por ondas mecânicas longitudinais (mecânicas porque precisam de um meio elástico para sua propagação e longitudinais porque as partículas materiais responsáveis por sua transmissão oscilam paralelamente à direção de propagação), como pode ser observado na Figura 2.

Já o ruído é definido por Ferreira (1989) como sendo um som confuso e/ou prolongado. Saliba (2011, p. 13) diz que “o ruído e o barulho são interpretações subjetivas e desagradáveis do som”. A *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*<sup>7</sup> (ACGIH, 2019, p.135) o classifica o ruído como “som audível indesejável entre as frequências de 20 e 20.000 Hz”. Assim, na área ocupacional, ruído é qualquer sensação sonora indesejável e desagradável, podendo ser considerado como uma combinação de sons e tons não coordenados de diversas frequências, presentes no ambiente, que ameaçam a produtividade, o conforto, o bem-estar e a saúde dos trabalhadores. “É um som sem harmonia, em geral de conotação negativa” (BISTAFA, 2006, p.5).

---

<sup>7</sup> Conferência Americana Governamental de Higienistas Industriais

## 2.1.2. A composição do som

### 2.1.2.1. Frequência

As ondas sonoras são produzidas por elementos vibrantes, tais como cordas de violão, piano, máquinas rotativas, jato de ar comprimido, placas e painéis vibrantes, cordas vocais, dentre outros. A frequência de uma vibração sonora (ciclos por segundo) é medida em Hertz<sup>8</sup> (Hz). Período (T) é o tempo que uma onda leva para completar um ciclo. Comprimento de onda ( $\lambda$ ) é o comprimento de um ciclo (MENDES, 2007).

De acordo com Mendes (2007, p.518), “[...] somente a faixa de frequência compreendida entre 20 e 20.000 ciclos por segundo é capaz de sensibilizar a orelha humana”. O órgão de Corti é uma estrutura contida na orelha interna, que contém as células ciliadas, que, quando excitadas por estímulo sonoro, enviam sinais elétricos ao cérebro, por meio do nervo auditivo (BISTAFA, 2006).

As frequências de fala humana estão na faixa de 500 Hz a 4.000 Hz. Isso é importante, pois a perda auditiva neurosensorial nesse intervalo interfere na audição da fala e da conversa. As partes do ouvido que detectam frequências entre 3.000 Hz e 4.000 Hz são as primeiras a serem afetadas pela exposição ao ruído. Os audiogramas geralmente exibem um "Entalhe" de 4.000 Hz em pessoas que estão desenvolvendo os estágios iniciais da perda auditiva neurosensorial (OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION et al., 2015)

As frequências mais baixas, ou seja, os tons graves, compreendem os sons inferiores a 200 Hz; as frequências médias são aquelas que vão de 200 Hz a 2.000 Hz; já as altas frequências, que são os tons agudos, estão acima de 2.000 Hz, porém Bistafa (2006) aduz que essa divisão não é rigorosa.

Os medidores integradores de ruído por bandas de frequência possuem filtros capazes de decompor o som nas diferentes faixas de frequências. De acordo com Mendes (2007), as medições em cada frequência de interesse são executadas com a finalidade de se obter um gráfico representativo da distribuição do espectro sonoro.

---

<sup>8</sup> Unidade nomeada em homenagem a Heinrich Rudolf Hertz (1857 – 1894). Este foi um físico alemão que provou que a eletricidade podia ser transmitida por meio de ondas eletromagnéticas, propagando-se à velocidade da luz, e apresentando muitas das propriedades desta (BISTAFA, 2006, p.7)

Uma banda de oitava não é um tom puro e sim a frequência central de uma determinada faixa de frequência. “A distribuição de frequência central por banda de oitava [...] é igual ao dobro da frequência central da oitava anterior; assim como, a frequência superior de cada oitava é igual ao dobro da frequência inferior ( $f_2=2f_1$ )” (ARAÚJO; REGAZZI, 2002, p.89).

### **2.1.2.2. Intensidade**

Intensidade sonora, de acordo com Bistafa (2006), é a pressão sonora, ou pressão acústica, que ocorre quando uma variação de pressão ambiente for cíclica, e quando a amplitude dessa variação for maior que o limiar de audibilidade, propiciando a percepção do som, pelo sistema auditivo. Para Blevigliero, Possebon e Spinelli (2006, p.235) “a variação de pressão deve ter um valor mínimo para atingir o limiar de audibilidade”. Ainda de acordo com Blevigliero, Possebon e Spinelli (2006) esse valor mínimo é de  $0,00002\text{N/m}^2$ , que corresponde a zero decibéis. Conforme Saliba (2011, p. 14) “a faixa audível da variação de pressão é de  $0,00002\text{ N/m}^2$  a  $200\text{ N/m}^2$ . Assim, entende-se que o ouvido humano seja capaz de perceber variações de níveis de pressão sonora a partir de 0 dB ou  $20\text{ }\mu\text{Pa}$  ( $0,00002\text{ Pa}^9$ ), chegando até 140 dB (equivalente a  $200\text{ Pa}$ , que é o limiar da dor<sup>10</sup>). Occupational Safety And Health Administration et al. (2015) aduz que esse intervalo de 0 dB a 140 dB não é o intervalo total do som, mas é o intervalo relevante para a audição humana.

Em função desta grande amplitude de escala de pressão, criou-se a escala logarítmica decibel dB, nomeada assim em homenagem a Alexander Graham Bell <sup>11</sup> (BISTAFA, 2006). A relação entre as escalas em dB e em Pascal, conforme Bistafa (2006), Gerges (1992), Berger et al. (2006) e Saliba (2011) se dá a partir do cálculo apresentado na Equação 1. Alguns desses valores equivalentes podem ser observados na Tabela 1.

---

<sup>9</sup> 1 Pascal =  $1\text{ N/m}^2$

<sup>10</sup> De acordo com Fernandes (2002) o limiar da dor está em  $10^{-2}\text{ W/cm}^2$  (o mesmo que  $100\text{W/m}^2$ ). Este valor equivale a  $200\text{ Pa}$ , que, ao se utilizar a Equação 1, chega-se ao valor de 140dB. Os mesmos  $100\text{W/m}^2$  também podem ser convertidos em dB, utilizando a Equação 3, que também leva ao valor de 140 dB.

<sup>11</sup> Cientista escocês, que patenteou o telefone em 1876, e em 1877 fundou a Bell Telephone Company (BISTAFA, 2006).

$$dB = 20 * \log \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

Onde:

**P** = Valor medido em Pascal (Pa)

**P<sub>0</sub>** = Valor mínimo, em Pa percebido pelo ouvido humano ( $2 \times 10^{-5}$ ).

Tabela 1 - As escalas em Pascal e em dB

<b>Pa (Pascal)</b>	<b>dB (decibel)</b>
200	140
60	130
2	100
0,35	85
0,2	80
0,00002	0

Fonte: arquivo pessoal

### 2.1.2.3. *Timbre*

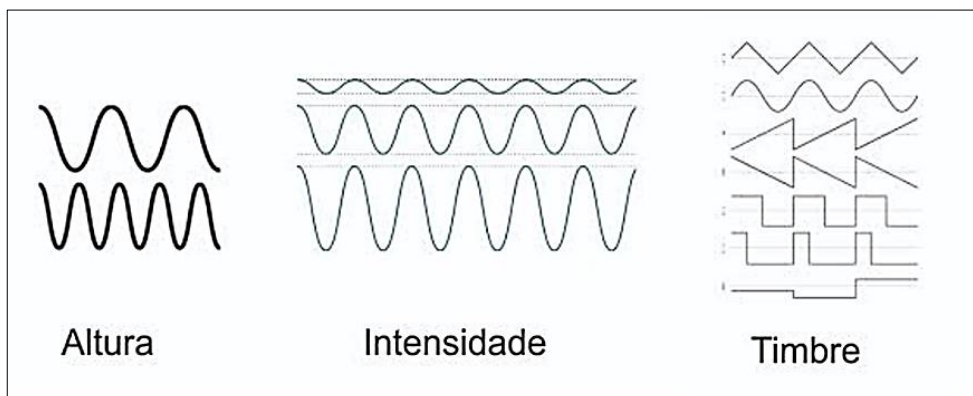
O timbre é qualidade sonora que nos permite identificar a origem dos sons. Sons de mesma frequência possuem timbres diferentes para cada fonte emissora (piano, violino, violão, voz, máquinas etc.). De acordo com USP (2018, p.160):

O som complexo mais estruturado é o som musical que é composto de várias frequências, entendidas como uma frequência fundamental (a “nota” musical emitida), acompanhada de várias outras, múltiplas de números inteiros da mesma, cada qual com sua intensidade e que, no seu conjunto, fornece a sensação de “timbre” daquele som (por isso sabemos que alguém está tocando um piano e não um trombone, apesar de ser a mesma nota musical).

Assim, pode ser entendido que o timbre é composto de vibrações secundárias, que ocorrem em torno de uma vibração principal, relativa à frequência daquele som. Ou seja: a superfície, quando vibra, gera um som em uma determinada frequência, mas sua “vibração secundária” permite a identificação da qualidade da fonte.

A Figura 1 apresenta uma ilustração simplificada acerca da frequência, da intensidade e do timbre.

Figura 1 - Componentes do som

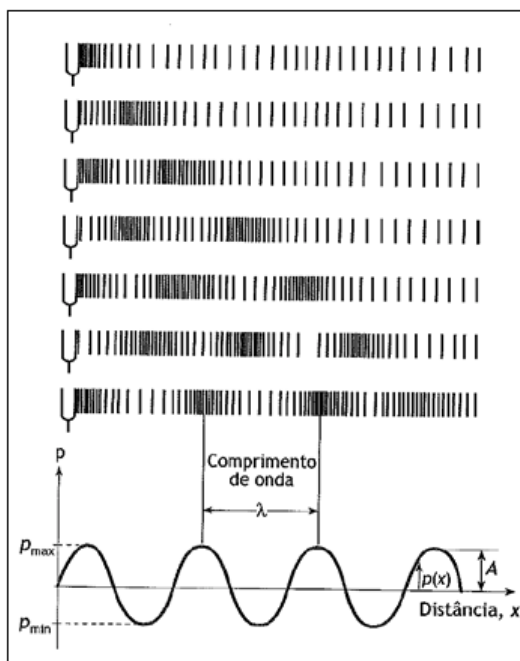


Fonte: Izecksohn (2013)

### 2.1.3. A propagação do som

O som se propaga de forma longitudinal, ou seja, a oscilação das partículas materiais do meio elástico se dá no mesmo sentido da propagação, conforme Figura 2. A velocidade de propagação do som no ar é de aproximadamente 344 m/s, porém ela varia influenciada pela temperatura do ar (BISTAFA, 2016).

Figura 2 - Propagação de uma onda sonora gerada por diapasão.



Fonte: Bistafa (2006, p.8)

Pode-se deduzir, a partir Figura 2, que as ondas sonoras, que são mecânicas, não são como as ondas eletromagnéticas, pois as ondas eletromagnéticas não

necessitam de um meio para propagação, uma vez que podem se propagar no vácuo. Já o som tem a necessidade de um meio elástico<sup>12</sup> para sua propagação.

Quando uma fonte produz vibração (ou perturbação), o ar que a envolve também vibra na mesma frequência, uma vez que ele está em contato físico direto com ela. Assim, as moléculas de ar que estão próximas àquelas que vibraram inicialmente também começam a vibrar, e assim sucessivamente. Fernandes (2002) aduz que a energia dessas perturbações se propaga para todos os lados, por meio de ondas, e este movimento vibratório (molécula após molécula) chega aos ouvidos, movimentando a membrana timpânica na mesma frequência da fonte geradora. A intensidade destas vibrações sonoras em campo livre (com ondas esféricas) será cada vez menor, na medida em que o observador se distancia da fonte, “diminuindo a intensidade sonora em 4 vezes, ou 6 dB” (FERNANDES, 2002, p. 42).

A propagação do som no ar, em campo livre, é descrita por Nepomuceno (1977), apud MAIA (2002, p.41):

Ao aplicar pressão às moléculas próximas ao gerador (fonte sonora), estas se deslocam, transmitindo, por meio de forças elásticas, o seu movimento para as moléculas mais próximas, e voltam à posição de equilíbrio. Então, se admitirmos as moléculas como fixas no espaço, teremos que as mais próximas da fonte executam movimento de vaivém, transmitem tais movimentos para as moléculas seguintes que, por sua vez os transmitem às seguintes e assim, sucessivamente, até que o som atinja grandes distâncias, sendo atenuado por absorção e sua transformação em calor.

Ao se tentar visualizar a propagação das ondas sonoras no ar, seria algo parecido com as ondas geradas em um lago, quando se atira uma pedra. Elas se propagam para todos os lados. Ressalva-se que, na superfície da água, a propagação da onda forma circunferências em uma superfície plana, e, quando a propagação ocorre no ar, em campo livre, gera ondas esféricas. De acordo com Occupational Safety And Health Administration et al. (2015), como a potência sonora irradia a partir de uma fonte pontual no campo livre, ela é distribuída sobre uma superfície esférica, de modo que, em qualquer ponto, exista uma certa potência sonora por unidade de área, designada como intensidade,  $I$ , e é expresso em unidades de watts por metro quadrado.

---

<sup>12</sup> Meio elástico: “Por meio elástico entendemos aquele que deformado, volta ao seu estado primitivo, logo que cessa a causa deformadora. Ex.: gases, líquidos e sólidos” (FERNANDES, 202, p. 9).

O fato de as moléculas vibrarem umas após as outras, tornando-se cada uma delas em uma fonte própria é conhecido como o princípio de Huygens-Fresnel (FERNANDES, 2002).

Acerca da velocidade de propagação do som, Maia (2002) diz que ela dependerá da pressão atmosférica e da densidade do ar, porém, sendo o ar considerado um gás ideal, a velocidade de propagação neste passará a depender somente de sua temperatura absoluta (T), medida em Kelvin e calculada conforme demonstrado na Equação 2.

$$C = 20,05 \cdot T^{1/2} \quad (2)$$

Onde:

**C** = Velocidade de Propagação do Som, em metros por segundo (m/s).

Por se propagar esfericamente através de ondas mecânicas em um meio físico, a energia sonora se dissipa conforme a distância percorrida, ou seja, o ruído é atenuado com a distância da fonte. Esta atenuação, quando em campo livre, se dá conforme a lei do inverso do quadrado da distância (MAIA, 2002). De acordo com Bistafa (2006), a intensidade sonora é diretamente proporcional à potência sonora de uma determinada fonte, conforme descrito na Equação 3.

Desta forma, unindo esses conceitos, se uma fonte sonora de potência equivalente a 1256 Watts está fixamente posicionada, um medidor que se encontre a um metro de distância dessa fonte fará uma leitura de 100 W/m<sup>2</sup> (que é a potência distribuída na área de superfície da esfera de propagação, cujo raio é a distância entre o medidor e a fonte sonora). Este valor, convertido em pressão sonora, equivale a 140 dB, calculado conforme Equação 3, dada por Gerges (1992, p.6). Dobrando a distância do medidor em relação à fonte, o nível percebido passará a ser 25 W/m<sup>2</sup> e o nível de pressão sonora equivalente, usando a mesma equação, será igual a 133 dB. Assim fica demonstrado que, em campo livre, o som tem uma redução de 6 dB a cada dobro de distância da fonte.

$$NI = 10 \times \log \frac{I}{I_0} \quad (3)$$

Onde:

**NI** = nível de intensidade acústica, em dB

**I** = Valor medido em W/m<sup>2</sup>

**I<sub>0</sub>** = Valor mínimo, em W/m<sup>2</sup> percebido pelo ouvido (10<sup>-12</sup>)

Esta relação do ruído em dB com a distância também é demonstrada por Murgel (2007, p.27) na Equação 4.

$$L2 = L1 - 20 * \log\left(\frac{d2}{d1}\right) \quad (4)$$

Onde:

**L** = Nível de ruído, em dB

**d** = Distância da fonte (raio da esfera de propagação)

#### 2.1.4. Zona auditiva

De acordo com NHO 1 (Fundacentro, 2001), zona auditiva é a região localizada próxima ao ouvido, delimitada por um raio de 150 mm mais ou menos 50 mm, medidos a partir da entrada do canal auditivo. No caso de avaliações com medidores de NPS<sup>13</sup> o avaliador deverá posicionar o microfone do instrumento nesta zona.

#### 2.1.5. Nível médio

De acordo com Fundacentro (2001), o Nível Médio é o valor, em dB, calculado de forma a representar o nível de ruído da exposição ocupacional de um trabalhador, relativo ao período de medição, tendo em consideração os diversos valores de níveis instantâneos ocorridos no período, e os parâmetros de medição previamente definidos. A NHO 1 (Fundacentro, 2001) apresenta o cálculo do nível médio, conforme

---

<sup>13</sup> Nível de Pressão Sonora



Equação 5. Já o nível de exposição é o nível médio representativo de uma exposição ocupacional diária, considerando o tempo da jornada do trabalhador, conforme Equação 6.

A Figura 3 apresenta as adaptações a serem feitas na Equação 5, para que esta seja utilizada pela legislação trabalhista, onde a taxa de troca (em inglês, *Exchange Rate – ER*) é igual a 5.

$$NM = 10 \log \left[ \frac{1}{n} \left( n_1 \times 10^{0,1NPS_1} + n_2 \times 10^{0,1NPS_2} + \dots + n_i \times 10^{0,1NPS_i} + \dots + n_n \times 10^{0,1NPS_n} \right) \right] \quad (5)$$

Onde:

**NM** = Nível médio calculado

**$n_i$**  = número de leituras obtidas para um mesmo nível médio parcial assumido -  $NM_i$

**$n$**  = número total de leituras =  $n_1 + n_2 + \dots + n_i + \dots + n_n$

**NPS** = iésimo nível de pressão sonora obtido pelo instrumento de medição, em dB(A)

$$NE = 10 \times \log \left( \frac{480}{T_E} \times \frac{D}{100} \right) + 85 \text{ [dB]} \quad (6)$$

Onde:

**NE** = Nível de Exposição

**D** = dose diária de ruído, em percentagem

**$T_E$**  = tempo de exposição, em minutos, da jornada de trabalho

Figura 3 – Cálculo do NM, adaptado para q=5.

Para q=5, usar 16,61

Para q=5, usar 0,060205

$$NM = 10 \log \left[ \frac{1}{n} \left( n_1 \times 10^{0,1NPS_1} + n_2 \times 10^{0,1NPS_2} + \dots + n_i \times 10^{0,1NPS_i} + \dots + n_n \times 10^{0,1NPS_n} \right) \right]$$

Fonte: Fundacentro (2001, p. 29), adaptada.

Registra-se o fato de que a Equação 6 também leva em consideração a taxa de troca ( $ER^{14}$ ) igual a 3. Assim o fator definido no início daquela equação (o número 10, que multiplica o log) é oriundo de uma transformação logarítmica, dada por  $ER/\log(2)$ , chamado de “q” (maiores detalhes sobre o fator  $ER$  e a constante “q” podem ser vistos no item 2.3.2.4 deste trabalho). Se essa equação for utilizada para atendimento à NR-15 (BRASIL, 1978), da legislação trabalhista, o  $ER$  deverá ser igual a 5, o que resultaria em uma constante de aproximadamente 16,61. Esse conceito é aplicado por USP (2018, p. 28), quando apresenta a equação do Nível Médio (LAVG), apresentado na Equação 6A.

$$L_{AVG} = 80 + 16,61 \times \log\left(0,16 \times \frac{CD}{TM}\right) \quad (6A)$$

Onde:

**TM** = tempo de amostragem (horas decimais);

**CD** = contagem da dose (porcentagem).

#### 2.1.6. Dose

No estudo do ruído ocupacional o termo dose é o parâmetro que se utiliza para caracterizar a exposição ocupacional ao ruído, expresso em porcentagem de energia sonora, onde a referência é o valor máximo de energia sonora diária permitida (FUNDACENTRO, 2001). Assim, um nível médio de ruído igual a 85dB, equivale a cem por cento de dose, considerando que esse é o nível máximo permitido para uma jornada padrão de oito horas, de acordo com a NR-15 (BRASIL, 1978). Como a escala em decibéis é uma escala logarítmica dependente de um fator de duplicação de dose (taxa de troca), são apresentados na Tabela 2 a relação entre os valores de nível médio, em dB, e os valores correspondentes em percentual de dose, considerando os parâmetros legais estabelecidos pela NR-15 (BRASIL, 1978).

---

<sup>14</sup> Exchange Rate (taxa de troca)

Tabela 2 - Relação entre o nível médio em dB e a Dose de ruído

Valor do nível médio (em dB)	Dose em 8h de jornada (em %)
85	100
90	200
95	400
100	800
105	1600
110	3200
115	6400

Fonte: arquivo pessoal

Na Tabela 2, a dose calculada a partir do nível médio considera o tempo de referência para a jornada de trabalho, igual a oito horas, e o fator de duplicação de dose ( $ER$ ) igual a 5, para atendimento à legislação trabalhista vigente. O cálculo da dose está de acordo com a NHO 1 (Fundacentro, 2001), apresentada na Equação 7, devidamente adaptada para  $ER=5$ .

$$D = \frac{T_E}{480} \times 100 \times 2^{\left(\frac{NE-85}{3}\right)} \quad [\%] \quad (7)$$

Onde:

$D$  = dose diária de ruído, em porcentagem.

$T_E$  = tempo de duração, em minutos, da jornada diária de trabalho.

$NE$  = nível de exposição (nível médio), em dB.

A Equação 7 é oriunda da NHO 01, que prevê o uso do fator de dobra ( $ER$ ) igual a 3. Para ajustá-la aos parâmetros da NR-15 (BRASIL, 1978) será necessário substituir esse valor pelo número 5 ( $ER = 5$ ), conforme demonstrado na Figura 4.

Figura 4 - Equação da dose, adaptada para o fator de dobra igual a 5

$$D = \frac{T_E}{480} \times 100 \times 2^{\left(\frac{NE-85}{5}\right)} \quad [\%]$$

Tempo de exposição (Jornada real)

Jornada padrão de 8 horas

Fator de dobra (q)

Critério

Fonte: Fundacentro (2001, p.15), adaptada

## 2.2. LIMITE DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO RUÍDO

Limite de exposição ocupacional é um termo que busca definir os limites diários de exposição aos agentes ambientais que possam causar danos à saúde dos trabalhadores expostos. Cada instituição o define de um modo particular, porém sempre dentro da premissa de que tal limite, se ultrapassado, algo deve ser feito para controlar a exposição.

Nomeadamente para o agente ruído a Norma de Higiene Ocupacional, NHO 1 (Fundacentro, 2001) define o termo “Limite de Exposição” como sendo um parâmetro de exposição ocupacional representativo das condições nas quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar repetidamente exposta sem sofrer efeitos adversos no sistema auditivo, que venha a afetar a capacidade de ouvir e entender uma conversação normal. A Norma Regulamentadora, NR-15 (BRASIL, 1978), define o termo “limite de tolerância” como sendo “a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará danos à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral”. ACGIH (2019, p.135) diz que o seu limite de exposição, denominado TLV<sup>15</sup>, considerando os níveis de pressão sonora e os respectivos tempos de exposição “[...] representam condições

<sup>15</sup> *Threshold Limit Value* (valor limite). A rigor, “TLV” é um termo reservado da ACGIH, e sempre vem acompanhado do símbolo ® em suas publicações.

às quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta repetidamente, sem sofrer efeitos adversos à capacidade de ouvir e entender uma conversa normal”. ACGIH (2019) ainda aduz que os seu limite de exposição não protege todos os trabalhadores dos efeitos adversos da exposição ao ruído, e que este limite deve proteger a mediana da população, de modo que não haja perda auditiva maior ou igual à média de 2 dB nas frequências de 0,5, 1, 2 e 3 KHz, em 40 anos de exposição ao ruído.

De acordo com a Ordem de Serviço INSS/DAF/DSS Nº 608 (BRASIL, 1998), a exposição continuada a níveis elevados de pressão sonora pode causar a Perda Auditiva Induzida pelo Ruído – PAIR. Para isto é necessário observar o tempo ao qual o trabalhador permanece exposto a esse tipo de energia, pois isso está diretamente relacionado com a dose recebida.

A NR-15 (BRASIL, 1978), em seu anexo nº1, apresenta um quadro com a máxima exposição diária a determinados níveis de ruído contínuos ou intermitentes. Este quadro poderá ser utilizado de duas formas: obtendo-se o valor em dB(A) da exposição, verifica-se a máxima exposição diária, em minutos ou horas; ou em função do tempo de exposição do trabalhador, obtém-se o nível máximo de ruído permitido para aquele tempo. Este quadro encontra-se demonstrado na Tabela 3.

Os valores da Tabela 3 podem ser obtidos com o uso das Equações 8 e 9. Pela Equação 8 se obtém o valor máximo em dB permitido, em função do o tempo definido. A Equação 9 de acordo com Araújo e Regazzi (2002, p.161) calcula o tempo máximo de exposição em função do valor em dB estabelecido, considerando a taxa de troca igual a 5.

Tabela 3 - Limites de tolerância ocupacional ao ruído

Nível de ruído dB (A)	Máxima exposição diária permissível
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: NR-15, Anexo 1 (BRASIL, 1978)

$$LT = \frac{\log\left(\frac{16}{T}\right)}{\log 2} \times 5 + 80 \quad (8)$$

Onde:

$LT$  = pressão sonora a ser medida

$T$  = tempo, em horas

$$T = \frac{16}{2^{\left[\left(\frac{LT-80}{5}\right)\right]}} \quad (9)$$

Onde:

$LT$  = pressão sonora a ser medida

$T$  = tempo, em horas

### 2.2.1. Limites de exposição da OSHA

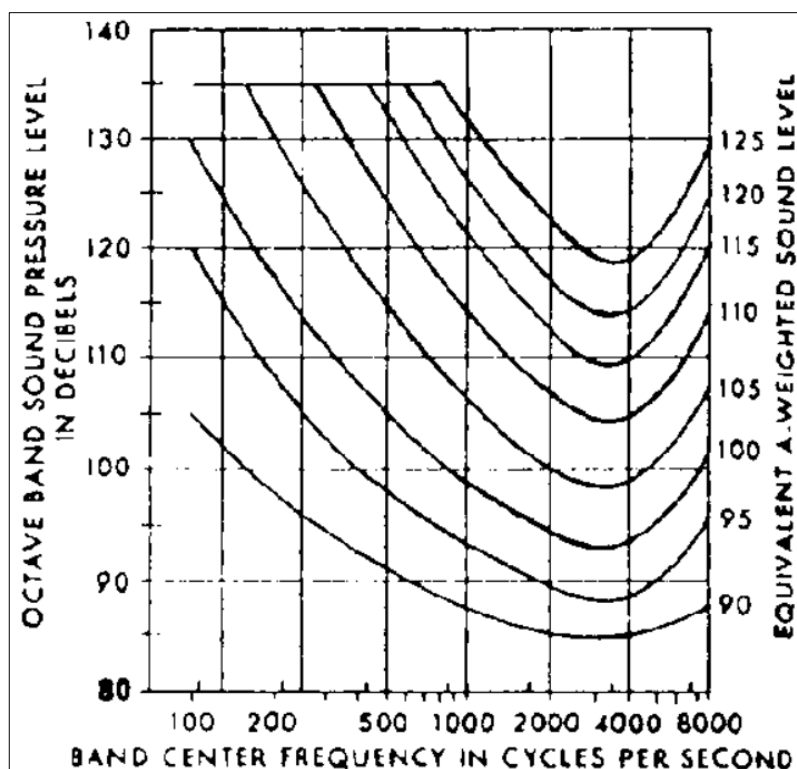
A *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), em sua legislação de Saúde e Segurança no Trabalho, de número 29 CFR 1910, nomeadamente sobre o limite de exposição ocupacional ao ruído (número 1910.95) estabelece uma tabela de valores globais de limites de exposição ocupacional ao ruído semelhante ao Quadro 1 do Anexo 1 da NR-15 (BRASIL, 1978) (Tabela 3), sendo que o critério para jornada diária de 8 horas é de 90dB para o  $L_{avg}$ <sup>16</sup>.

Além da tabela de critérios para níveis globais de ruído, a figura G-9 daquela legislação apresenta curvas de nível sonoro equivalente por bandas de 1/1 oitava, que poderão ser utilizadas de forma complementar à tabela de critérios. Essas curvas assemelham-se às curvas *NC* e às curvas isofônicas. A Figura 5 apresenta o gráfico de nível sonoro equivalente, da OSHA (SAFETY, 1979). A Tabela 4 contém os valores correspondentes às curvas da Figura 5, porém os valores foram obtidos por observação da imagem do gráfico, pois a fonte das curvas não apresenta a tabela com os valores originais.

---

<sup>16</sup> *Level Average* – equivalente ao Nível de Exposição - NE da Fundacentro (2001).

Figura 5 - Nível sonoro equivalente



Fonte: OSHA 29 CFR 1910.95 (SAFETY, 1979)

Tabela 4 – Valores das curvas de critério da OSHA 29 CFR 1910.95

Curva NIOSH	Bandas de frequência						
	100 Hz	200 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
90	102	96	91	87,5	85	85	87
95	115	105	97,5	93,5	89	88	95
100	124,5	113	105	98,5	94	93,5	102
105	135	125,5	114,5	107	100	99	107
110	135	135	124	114	106,5	104,5	114
115	135	135	132	121	112,5	109,5	120
120	135	135	135	126,5	117	115	124,5
125	135	135	135	132	123	119	129,5

**NOTA 1:** As bandas de frequência de 100Hz e 200Hz foram comparadas com as respectivas bandas de 125Hz e 250Hz das demais curvas. Sabe-se que, com isso, o uso desses dados gera alguma imprecisão, porém não se espera que isso comprometa a qualidade da análise.

**Nota 2:** todos os valores desta tabela foram obtidos por aproximação visual, feita pelo autor, por meio da observação do gráfico da Figura 4.

Fonte: arquivo pessoal



### 2.2.2. Nível de Ação

O nível de ação é entendido “como uma tolerabilidade preliminar” (USP, 2018). De acordo com a NR-9 (BRASIL, 1994), o nível de ação é um valor de referência para o início das ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição. Esse nível também visa “minimizar a probabilidade de que as exposições ao ruído causem prejuízos à audição do trabalhador” (FUNDACENTRO, 2001, p.13). Para o ruído, a referida norma estabelece como nível de ação uma dose de 0,5 (ou 50%). Isto representa um nível de exposição equivalente a 80 decibéis em oito horas de jornada de trabalho.

### 2.3. INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO

Conforme Occupational Safety And Health Administration et al. (2015), um instrumento de medição sonora é aquele que converte a pressão sonora no ar em sinais eletrônicos correspondentes. Os sinais recebidos pelo instrumento podem ser filtrados, para corresponder a determinadas ponderações em frequência (por exemplo, escala A e escala C).

De acordo com Saliba (2011) os medidores de nível de pressão sonora são constituídos basicamente de um microfone, um amplificador de sinal, filtros de ponderação em frequência (A, B, C e D), amplificador/retificador e medidor. Saliba (2011) também diz que esses instrumentos podem ser acoplados a analisadores de frequência, fornecendo o NPS por bandas de frequência do espectro sonoro. Vale ressaltar que o mercado fornece diversos modelos em que o filtro de bandas é integrado ao instrumento.

Também denominado de sonômetro, para (Mendes, 2007) é o equipamento de amostragem de ruídos ambientais, operado diretamente pelo avaliador e que pode fornecer, por meio de integração, o nível médio de ruído.

### 2.3.1. Especificações técnicas

Os instrumentos de medição de ruído deverão obedecer às especificações técnicas internacionais e padrões para instrumentação, dentre os quais se destaca a *International Electrotechnical Commission - IEC 61672* (Medidores de Nível de Pressão Sonora). De acordo com a ABNT Catálogo<sup>17</sup>, a norma *IEC 61672* descreve procedimentos para testes periódicos de medidores sonoros convencionais, medidores de nível equivalente e medidores integradores, projetados em conformidade com as classificações Classe 1 ou Classe 2 (conforme segunda edição da *IEC 61672-1*), de modo que os testes periódicos sejam executados de forma consistente por todos os laboratórios.

### 2.3.2. Critérios de ajustes

Os instrumentos de medição de ruído possuem parâmetros de ajustes que devem ser configurados de forma a atender aos dispositivos técnicos e legais aos quais se objetiva atender com aquela medição. Os parâmetros de ajustes são os seguintes:

#### 2.3.2.1 Range

O range<sup>18</sup> é a faixa de medição de um instrumento. De acordo com 3M Personal Safety Division (2014) o range é a faixa de amplitudes de entrada em qualquer configuração de faixa em que o instrumento possa produzir uma resposta significativa. Assim, um medidor de NPS que esteja, por exemplo, com um range ajustado para a faixa de 70 a 140 dB, só conseguirá captar os ruídos com intensidades dentro desta faixa. Por isso é importante ajustar o range do instrumento, de acordo com o nível de ruído que existe no ambiente avaliado. Conforme Quest Technologies (1998) a

---

<sup>17</sup> ABNT Catálogo. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=405601>. Acesso em 03 nov. 2019.

<sup>18</sup> Em inglês: *Measurement range*

porcentagem de tempo durante o estudo em que ocorreu uma condição de sobrecarga<sup>19</sup> indica que o sinal excedeu a faixa de medição.

### **2.3.2.2. Curvas de Ponderação**

As curvas de compensação<sup>20</sup> (ou escalas de compensação) servem para adequar o ruído da curva zero (LINEAR ou “Z”) para diversos objetivos. As curvas mostram as alterações que o ruído sofre (atenuação ou amplificação) por bandas de frequência. Segundo Bistafa (2006) os filtros ponderadores<sup>21</sup> servem para modificar o espectro sonoro de acordo com a resposta do sistema auditivo às diferentes frequências que compõem o som. Para Blevigliero, Possebon e Spinelli (2006) essas curvas variam conforme a intensidade do som, mas seria impraticável o uso das três curvas (A, B e C) em conjunto, dada a grande variedade de níveis de pressão sonora do ruído ambiental. Para Occupational Safety And Health Administration et al. (2015), a medição do nível sonoro ponderado em A fornece uma classificação de ruído industrial que indica os efeitos prejudiciais que esse ruído tem na audição humana. Para Bistafa (2006) a curva “A” é aquela que se aproxima da resposta do ouvido humano quando exposto a ruídos moderados.

As curvas de compensação “A” e “C” são as mais empregadas em avaliações ocupacionais. Suas aplicações podem ser vistas nos Anexos 1 e 2 da NR-15 (BRASIL, 1978). A seguir são apresentadas as utilidades de cada uma destas curvas:

- Curva “A” – “a curva ‘A’ é a que melhor correlaciona Nível Sonoro com Probabilidade de Dano Auditivo. Portanto é a comumente utilizada em avaliação de ruído industrial” (USP, 2018, p.18), ou seja: “para “levantamentos ocupacionais, dosimetrias e cálculos de atenuação de protetores auriculares” (BLEVIGLIERO, POSSEBON, SPINELLI, 2006, p. 245). Essa curva foi criada com base na curva isoaudível de 40 fons (MAIA, 2002);

---

<sup>19</sup> Nos instrumentos de medição geralmente vem indicada com as letras “OL”, que significam *overload* (sobrecarga, em inglês). Quando o range é extrapolado, os instrumentos calculam o percentual de tempo total em os níveis de ruído captados pelo microfone do instrumento estiveram nesta condição, geralmente apresentando a informação com o descritor “%OL”.

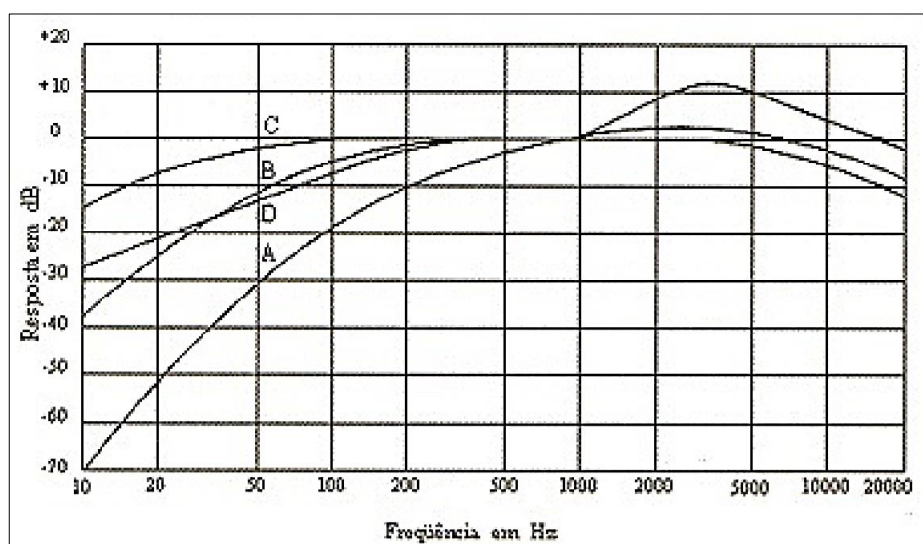
<sup>20</sup> Em inglês: *Frequency weighting*

<sup>21</sup> O mesmo que curva de compensação

- Curva “B” – Sofre poucas alterações nas baixas frequências. Essa curva foi criada com base na curva isoaudível de 70 fons (MAIA, 2002); De acordo com Occupational Safety And Health Administration et al. (2015) e Blevigliero, Possebon e Spinelli (2006) a curva “B” não é mais utilizada.
- Curva “C” – De acordo com o Anexo 2 da NR-15 (BRASIL (1978), é utilizada para as medições de ruído de Impacto (para este fim também poderá ser utilizado o filtro L – Linear [Atual curva Z ou curva Zero]). A curva “C” foi criada com base na curva isoaudível de 100 fons (MAIA, 2002);
- Curva “D” – “atualmente, é utilizado apenas em medições de ruído de aeronaves” (MAIA, 2002, p. 56) nomeadamente para medição de “ruído em aeroportos” (BLEVIGLIERO, POSSEBON, SPINELLI, 2006, p. 245);
- Curva “L” – A letra “L” representa a palavra Linear, pois esta curva representa a leitura do NPS sem quaisquer alterações. De acordo com Bistafa (2006, p.77), “Quando o valor obtido na medição é indicado simplesmente por dB ou dB (linear), subentende-se que nenhum filtro ponderador foi utilizado na medição”. Na Figura 11 esta escala é representada por uma reta, pois em todas as frequências não há alteração. Atualmente este circuito tem sido representado pela letra “Z” (de Zero).

A Figura 6 apresenta um gráfico com os valores correspondentes a cada uma das curvas de ponderação, e a Figura 7 apresenta os mesmos dados em forma de tabela.

Figura 6 – Curvas de ponderação em frequência.



Fonte: Nepomuceno (1977, p.169), apud Maia (2002, p.55)

Figura 7 - Valores aplicados nas curvas de ponderação

Tabela 6.1 Ganho em função da frequência dos filtros ponderadores A, B, C e D				
Frequência central da banda (Hz)	Ganho do filtro A (dB)	Ganho do filtro B (dB)	Ganho do filtro C (dB)	Ganho do filtro D (dB)
10	-70,4	-38,2	-14,3	—
12,5	-63,4	-33,2	-11,2	—
<b>16</b>	<b>-56,7</b>	<b>-28,5</b>	<b>-8,5</b>	—
20	-50,5	-24,2	-6,2	—
25	-44,7	-20,4	-4,4	—
<b>31,5</b>	<b>-39,4</b>	<b>-17,1</b>	<b>-3,0</b>	—
40	-34,6	-14,2	-2,0	—
50	30,2	-11,6	-1,3	-12,8
<b>63</b>	<b>-26,2</b>	<b>-9,3</b>	<b>-0,8</b>	<b>-10,9</b>
80	-22,5	-7,4	-0,5	-9,0
100	-19,1	-5,6	-0,3	-7,2
<b>125</b>	<b>-16,1</b>	<b>-4,2</b>	<b>-0,2</b>	<b>-5,5</b>
160	-13,4	-3,0	-0,1	-4,0
200	-10,9	-2,0	0	-2,6
<b>250</b>	<b>-8,6</b>	<b>-1,3</b>	<b>0</b>	<b>-1,6</b>
315	-6,6	-0,8	0	-0,8
400	-4,8	-0,5	0	-0,4
<b>500</b>	<b>-3,2</b>	<b>-0,3</b>	<b>0</b>	<b>-0,3</b>
630	-1,9	-0,1	0	-0,5
800	-0,8	0	0	-0,6
<b>1.000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
1.250	0,6	0	0	2,0
1.600	1,0	0	-0,1	4,9
<b>2.000</b>	<b>1,2</b>	<b>-0,1</b>	<b>-0,2</b>	<b>7,9</b>
2.500	1,3	-0,2	-0,3	10,6
3.150	1,2	-0,4	-0,5	11,5
<b>4.000</b>	<b>1,0</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,8</b>	<b>11,1</b>
5.000	0,5	-1,2	-1,3	9,6
6.300	-0,1	-1,9	-2,0	7,6
<b>8.000</b>	<b>-1,1</b>	<b>-2,9</b>	<b>-3,0</b>	<b>5,5</b>
10.000	-2,5	-4,3	-4,4	3,4
12,500	-4,3	-6,1	-6,2	-1,4
<b>16.000</b>	<b>-6,6</b>	<b>-8,4</b>	<b>-8,5</b>	—
20.000	-9,3	-11,1	-11,2	—

Fonte: Bistafa (2006, p.79)

Ressalta-se que na frequência de 1000 Hz a variação do NPS é zero, ou seja: somente nesta frequência todas as curvas são capazes de fazer a mesma leitura da

escala Linear. Sendo assim, quando o sonômetro é calibrado com uma fonte de ruído na frequência de 1000 Hz é possível ajustá-lo para todas as escalas simultaneamente.

Vale ressaltar também que, para a curva “A”, a partir da banda de frequência de 1000 Hz para baixo, o ruído tende a ser extremamente atenuado; de 1000 Hz até 2000 Hz ele sofre uma pequena amplificação, então começa a cair novamente até os 20.000 Hz.

### 2.3.2.3. Circuitos de Resposta

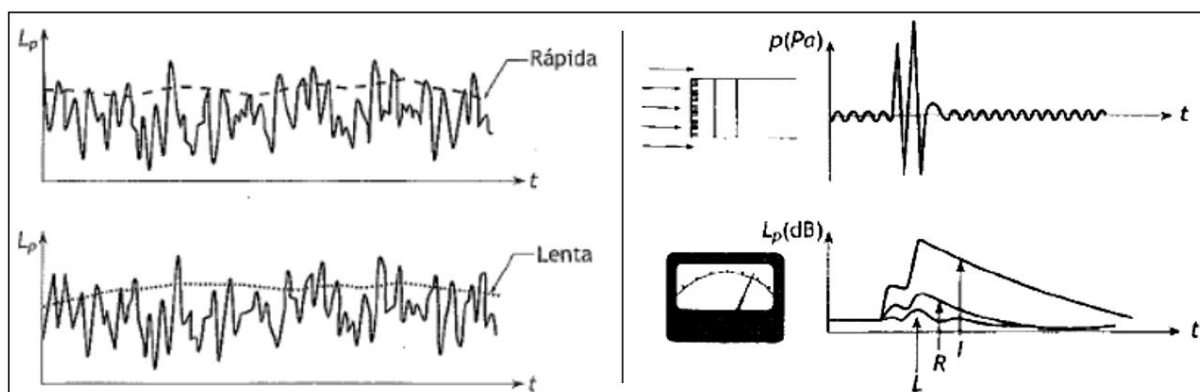
Circuito de resposta (*Time weighting*, em inglês), também é chamado de “ponderador temporal” (Bistafa, 2006, p. 74). Indica a velocidade com que o instrumento capta as oscilações de pressão sonora. Quanto mais rápida for a resposta, maiores serão as oscilações captadas pelo instrumento.

A resposta rápida (*Fast*, em inglês), tem duração de 125 milissegundos (Brueel e Kjaer, apud Bistafa, 2006, p.75). Este circuito é usado para medições de ruído de impacto, conforme NR-15 (BRASIL, 1978).

Já a resposta lenta (*Slow*, em inglês), tem duração de um segundo (Brueel e Kjaer, apud Bistafa, 2006, p.75), e é usada em situações de grande flutuação, para facilitar a leitura. Expressa valores que tendem para a média e é o mais utilizado para monitoramento em ambientes de trabalho. Este circuito de resposta deverá ser utilizado para avaliações de ruído contínuo e intermitente, de acordo com a NR-15 (BRASIL, 1978).

A Figura 8 apresenta ilustrações que dão a ideia visual acerca das diferenças entre cada um dos tempos de resposta apresentados.

Figura 8 – Circuitos de resposta.



Fonte: Bistafa (2006, p.75)

#### **2.3.2.4. Fator de duplicação de dose, ou Exchange Rate (taxa de troca)**

Denominado por CDC/NIOSH (1998) como taxa de câmbio, ou taxa de troca, que é um incremento em decibéis, que requer a redução para a metade do tempo de exposição, ou um decréscimo, também em decibéis, que requer a duplicação do tempo de exposição. A Fundacentro (2001) utiliza  $ER=3$ . Já a NR-15 (BRASIL, 1978) e a norma da OSHA (1910.95 - *Occupational noise exposure*) utilizam  $ER=5$ . A Taxa de troca ( $ER$ ) irá determinar a constante “ $q$ ” a ser utilizada nas diversas equações de ruído existentes na literatura. A exemplo disso, Mendes (2006, p. 533), ao apresentar o cálculo do  $TWA^{22}$ , acrescenta que a constante “ $q$ ” será igual a 10 ou 16,61 para fatores de troca ( $ER$ ) iguais a 3 e a 5, respectivamente.

#### **2.3.2.5. Nível de critério**

Fundacentro (2001, p.12) o define como Critério de Referência (CR), que é “um nível para o qual a exposição, por um período de 8 horas, corresponderá a uma dose de 100%”.

#### **2.3.2.6. Limiar de integração**

Também denominado “nível de corte” (SALIBA, 2011, p. 34) é um importante parâmetro a ser definido no instrumento de medição é o limiar de integração. Somente a partir do valor definido para este limiar, o instrumento irá integrar os níveis sonoros medidos. Fundacentro (2001, p.13) aduz que esse nível limiar de integração é um “nível a partir do qual os valores devem ser computados na integração, para fins de determinação de nível médio ou da dose de exposição”. Fundacentro (2001) determina esse limiar em 80dB.

### **2.4. O FUNCIONAMENTO DO OUVIDO HUMANO**

O ouvido humano dividido em três partes, a saber: orelha externa, orelha média e orelha interna. A imagem contendo o esquema pode ser vista na Figura 9.

---

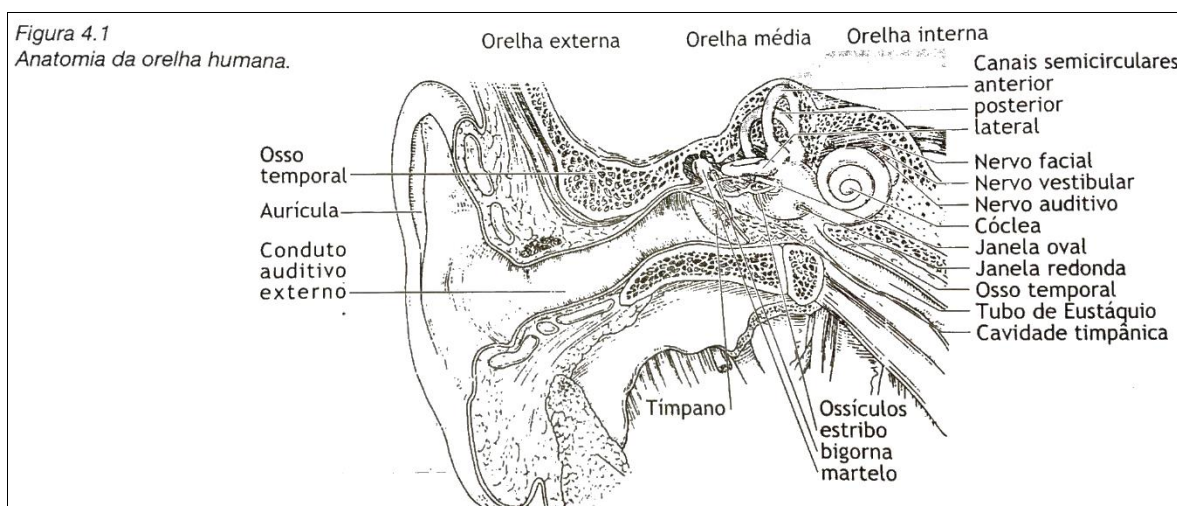
<sup>22</sup> Time Weighted Average (Média ponderada no tempo)

A orelha externa é formada pela aurícula e pelo conduto auditivo externo. Esta primeira sessão tem a finalidade de receber as ondas sonoras das fontes geradoras externas e funciona como uma concha acústica, projetando o som para dentro do conduto auditivo externo que, por sua vez, permite que as ondas sigam íntegras até o tímpano (BISTAFA, 2006).

A orelha média inicia-se no tímpano, seguido por três ossículos chamados martelo, bigorna e estribo, respectivamente. O martelo fica ligado diretamente ao tímpano, que se liga à bigorna, e a bigorna ao estribo. O estribo fica ligado à janela oval (ponto de conexão com a cóclea). Os três ossículos funcionam como um sistema de alavancas, aumentando a potência da vibração sonora recebida pelo tímpano, transferindo-a a janela oval. A janela oval é o elo entre o ouvido médio e o ouvido interno composto pela cóclea (BISTAFA, 2006). De acordo com Fernandes (2002, p. 43) esse conjunto de ossículos “aumentam em 3 vezes a força do movimento, diminuindo em 3 vezes a amplitude da vibração”.

A orelha interna contém a cóclea (especializada na detecção e codificação do som), que é um canal em forma espiralada, com aproximadamente três voltas em torno de um eixo central ósseo, chamado de *medíolo*. A cóclea é preenchida por dois líquidos: perilinfa (rico em sódio) e endolinfa (rico em potássio). Na cóclea encontra-se o órgão de Corti, onde estão localizadas as células ciliadas, que são responsáveis pela transformação das ondas mecânicas em impulsos elétricos, que são transmitidos ao cérebro (BISTAFA, 2006).

Figura 9 – Esquema da orelha humana



Fonte: Bistafa (2006, p. 30)



## 2.5. MÉTODOS DE ENSAIO DE PROTEÇÃO AUDITIVA

Os métodos de proteção auditiva são métodos internacionais, que visam testar a capacidade de atenuação dos protetores auditivos disponíveis no mercado.

### 2.5.1. Método ANSI S12.6

Esta norma da ANSI prevê a utilização de pessoas nos ensaios de atenuação dos protetores. São estabelecidos dois procedimentos para ensaios de proteção auditiva: o Método “A” e Método “B”. De acordo com Ciotte, Ciotte e Haber (2005, p.73):

A Real Ear Attenuation at Threshold (Reat) é o método internacional mais comum e mais usado para medir atenuação de ruído dos protetores auditivos em laboratórios e se baseia nas normas do American National Standards Institute (Ansi), Ansi S3.19-1974 (1974), Ansi S12.6-1984 (1984) e Ansi S12.6-1997 (1997), que descrevem procedimentos para determinar a atenuação de ruído fornecido pelo protetor auditivo em câmara acústica qualificada. Esta última fornece especificações para os métodos de ensaio “A” e “B”.

O método “A”, que também pode ser chamado de Método Objetivo, utiliza nos ensaios indivíduos treinados e qualificados no uso do protetor, sendo orientados e supervisionados antes do ensaio. Consequentemente os desvios padrões são pequenos e os níveis médios de atenuação elevados (ARAÚJO; REGAZZI, 2002). Os valores de atenuação obtidos nestes ensaios são denominados *Noise Reduction Rating, NRR* (Taxa de redução de ruído).

O método “B” também pode ser chamado de Método Subjetivo ou Método do Ouvido Real. “Por meio desse ensaio, surgiu o chamado NRRsf, em que “sf” significa subject fit (colocação pelo ouvinte), [...]” (CIOTE; CIOTE; HABER, 2005, p.74). São utilizados nos ensaios indivíduos que desconhecem o uso de protetores auriculares. Indivíduos nessas condições não terão conhecimento técnico para a colocação dos protetores antes dos ensaios, e terão que utilizar-se das instruções contidas nas embalagens desses protetores (CIOTE; CIOTE; HABER, 2005). O objetivo é a obtenção de valores de atenuação mínimos em condições reais de uso, conforme USP (2018, p. 43):

Ora, os pesquisadores verificaram que, se os ensaios de laboratórios fossem feitos com sujeitos “ingênuos” quanto à proteção auditiva, que apenas leriam as instruções das embalagens, colocando então os protetores para fazer o teste, então os dados obtidos se aproximariam do desempenho (real) de campo.

Pelo fato de serem utilizadas pessoas sem prévia instrução quanto ao correto uso dos protetores auditivos, os desvios padrões são elevados. Gerges (2002) aduz que a interpretação estatística correta a ser dada a este número é que, em condições reais nos ambientes de trabalho, pelo menos 84% dos usuários do protetor auditivo ensaiado deverá obter uma atenuação de pelo menos o valor do  $NRR_{SF}$ <sup>23</sup>.

Ressalta-se que o método supracitado visa a determinação de um número único caracterizador de um protetor auditivo, ou seja: um nível global de atenuação. De acordo com Araújo e Regazzi (2002, p. 204) “Seja qual for o valor considerado para o NRR, ele é apenas uma simplificação, e seu uso deve ser feito com restrições pois não leva em consideração as frequências existentes no ambiente”.

### 2.5.2. Método Longo (NIOSH)

O método longo da NIOSH utiliza análises por bandas de oitava. Para isto se faz necessário o uso um medidor de pressão sonora que possua filtros de oitava (analisador), para que seja possível a determinação da distribuição de frequências nas bandas de oitava (ARAÚJO; REGAZZI, 2002). A vantagem deste método é poder identificar o nível de pressão sonora nas sete bandas de oitava de interesse. Quando os resultados são comparados com as atenuações fornecidas pelo protetor auditivo consegue-se saber se o ouvido está protegido em todas as bandas de oitava. Para Gerges (2002) o uso do “método longo” permite uma melhor avaliação do NPS com o protetor auditivo, o que ele chama de “nível protegido”.

De acordo com CDC/NIOSH [2012?], o método de cálculo do  $NRR_{SF}$  está de acordo com a norma ANSI S.12.6, para a orelha real. O método utiliza um ruído rosa com *SPL* (*Sound Pressure Level*) no nível de 100 dB em cada banda de oitava. As bandas incluídas no método vão de 63Hz a 8000Hz.

Para a análise da proteção auditiva pelo método longo será necessário ter em mãos o resultado da análise de frequência emitido pelo instrumento de medição e o

---

<sup>23</sup> “*SF*” é uma sigla em inglês que significa “*subject-fit*”, e indica que a taxa de redução de ruído foi obtida a partir ensaios realizados com trabalhadores leigos quanto ao uso do protetor auditivo.

laudo de atenuação do Certificado de Aprovação (CA<sup>24</sup>) emitido pelo MTE (hoje Ministério da Economia).

A Figura 10 apresenta um exemplo de aplicação do Método Longo *NIOSH*.

Figura 10 – O Cálculo do NRR sf (Método longo NIOSH)

Frequência, em Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Soma
1- Ruído Rosa assumido (dB)	100	100	100	100	100	100	100	100	
2- Correção para a ponderação C (dB)	-0,8	-0,2	0	0	0	-0,2	-0,8	-3	
3- Ouvido desprotegido ponderado em C - linha 1 - linha 2	99,2	99,8	100	100	100	99,8	99,2	97	108,5
4- Correção para a ponderação A (dB)	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,3	1	-1,1	
5- Ouvido desprotegido ponderado em A - linha 1 - linha 4	73,8	83,9	91,4	96,8	100	101,3	101	98,9	
6- Atenuação média no "ouvido real" em cada frequência (dB)	19,7*	19,7	19,7	20,7	21,2	28,3	36,6	37,8	
7- Desvio padrão da atenuação no "ouvido real" em cada frequência (dB)	8,7	8,7	9,7	9,4	8,4	7,4	9,1	10,4	
8- Valor de proteção assumindo 84% de desempenho (dB) Linha 6 - linha 7	11	11	10	11,3	12,8	20,9	27,5	27,4	
9- Ouvido protegido ponderado em A (dB) Linha 5 - linha 8	62,8	72,9	81,4	85,5	87,2	80,4	73,5	71,5	90,7
10- Soma logarítmica da linha 3 (dB)	108,5								
11- Soma logarítmica da linha 9 (dB)	90,7								
12- NRR (SF) (dB) linha 10 - linha 11-5 dB	12,8								

\* os dados de 125 Hz são usados em 63 Hz sem alteração porque 63 Hz é opcional.

Fonte: *NIOSH* [2012?], p.4], adaptada.

A Figura 10 apresenta a tabela de cálculo do  $NRR_{SF}$ , do Método Longo *NIOSH*, com doze linhas. A linha 1 apresenta o nível de ruído medido em cada banda, denominado ruído rosa (condição de laboratório). A linha 2 apresenta a correção do som para a curva de ponderação em frequência “C” e a linha 3 o resultado corrigido para esta curva (neste trabalho não foram utilizadas correções para a curva “C”). A linha 4 expõe a correção a ser aplicada para a curva de ponderação “A”, que representa a ponderação do ouvido humano e a linha 5 apresenta o nível de ruído (linha 1) corrigido para a curva de ponderação “A”, com as devidas somas e subtrações determinadas na linha 4. A linha 6 mostra a atenuação média em cada

<sup>24</sup> O Certificado de Aprovação do EPI pode ser consultado em: <http://caepi.mte.gov.br/internet/ConsultaCAInternet.aspx>. Acesso em 27 dez. 2019.

frequência, considerando o “ouvido real” (método subjetivo, que utiliza nos testes pessoas leigas quanto ao uso do protetor), obtido em laboratório de ensaio. Esta informação é disponibilizada no Certificado de Aprovação. Os CA utilizados neste trabalho podem ser consultados no Anexo 3. A linha 7 traz o cálculo do desvio padrão das atenuações médias obtidas no estudo em cada frequência. O desvio padrão tende a ser elevado, porque o método subjetivo utiliza pessoas leigas nos testes, o que faz com que as atenuações obtidas variem significativamente de um indivíduo para o outro. Esta informação também vem do CA do protetor auditivo. A linha 8 expõe o nível de atenuação assumida pelo método, considerando uma certeza estatística de 84%. Este valor é obtido, considerando a atenuação média calculada na frequência estudada (linha 6), subtraída do valor do desvio padrão (linha 7) nesta mesma banda, ou seja: é a atenuação média do protetor auditivo, considerando que as pessoas que o utilizarão são pessoas reais e comuns. A linha 9 é o cálculo do nível de ruído que se considera entrar no ouvido do trabalhador, com a confiança estatística proposta e é o resultado da linha 5 subtraída da linha 8. A linha 10 é o nível global, obtido pela soma logarítmica de todos os níveis apresentados na linha 1. Para esta soma é utilizada a Equação 9. A linha 10 é a soma logarítmica da linha 9, e utiliza a mesma equação da linha 10. A linha 12 é o produto final da tabela, que apresenta o nível global de redução de ruído pelo método subjetivo ( $NRR_{SF}$ ), que é o nível global medido, menos o nível global atenuado (linha 10 menos a linha 11, com aplicação de uma correção de -5 dB.

A Equação 10 (NIOSH, [2012?], p.3) descreve esse método.

$$NRR = 108.5 \text{ dBC} - 10 \log_{f=63} \frac{8000}{5 \cdot 10^{0.1(L_{Af} - APV_{84})}} - 5 \text{ dB} \quad (10)$$

Onde:

$L_{Af}$  = banda de oitava na frequência  $f$ , ponderada em A

$APV_{84}$  = atenuação média menos 1 desvio padrão, para a frequência  $f$ .

É importante ressaltar que “ao compensar a diferença no cálculo, o NRR (SF) pode ser subtraído diretamente do ruído ponderado A para estimar a nível de ruído sob o protetor”. (NIOSH, [2012?], p.3, tradução nossa)

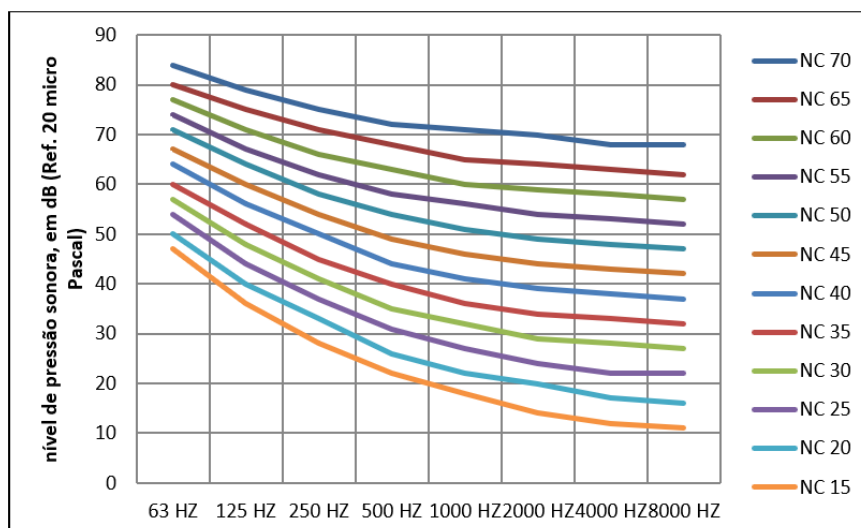
### 2.5.3. Curvas NC

A NBR 10152 (ABNT, 2017) apresenta valores de exposição para conforto acústico, que são determinados a partir das curvas *NC*. Para Saliba (2011, p.72) “as curvas de avaliação *NC* foram desenvolvidas para avaliar o conforto nos locais de trabalho”. A aplicação destas curvas é feita com base na análise de frequência por bandas de oitava. Segundo a NBR 10152 (ABNT, 2017), o uso das curvas *NC* servirão para a avaliação sonora do ambiente, pelo método detalhado, descrito naquela norma.

Ainda de acordo com a NBR 10152 (ABNT, 2017), a determinação dos níveis de pressão sonora equivalentes, em bandas de oitavas, representativos de um ambiente devem ser medidos sem ponderação (linear Z). A ponderação linear (ou Z) é necessária às medições, para que estas possam ser plotadas sobre as curvas *NC* (também lineares).

Com o uso das curvas *NC* podem ser identificadas as bandas de frequência mais significativas, que necessitam de correção. A avaliação é feita por meio do nível *NC* representativo de um ambiente interno de uma edificação, que deverá ser encontrado mediante a comparação dos níveis medidos em cada uma das bandas de oitava com as curvas *NC* (Figura 11). O nível *NC* representativo de um ambiente será o menor valor da curva *NC* que não foi ultrapassado por nenhum dos resultados das medições por bandas de oitava nas frequências de 63Hz a 8KHz (ABNT, 2017).

Figura 11 - Curvas de avaliação de ruído (*NC*)



Fonte: Ashrae (1980) apud ABNT (1987, p.3), adaptada.

Os valores correspondentes à Figura 11 (atualizados) encontram-se expressos na Tabela 5.

Tabela 5 - NPS correspondentes às curvas de avaliação (NC)

Curva NC	Frequências centrais de bandas de oitava									
	16 Hz	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
15	78	61	47	36	28	22	18	14	12	11
20	79	63	50	40	33	26	22	20	17	16
25	80	65	54	44	37	31	27	24	22	22
30	81	68	57	48	41	35	32	29	28	27
35	82	71	60	52	45	40	36	34	33	32
40	84	74	64	56	50	44	41	39	38	37
45	85	76	67	60	54	49	46	44	43	42
50	87	79	71	64	58	54	51	49	48	47
55	89	82	74	67	62	58	56	54	53	52
60	90	85	77	71	66	63	60	59	58	57
65	90	88	80	75	71	68	65	64	63	62
70	90	90	84	79	75	72	71	70	68	68

NOTA 1 Os valores apresentados nesta tabela correspondem aos valores da ANSI/ASA S12-2-2008, Tabela 1.

NOTA 2 Os níveis de pressão sonora apresentados para as bandas de 16 Hz e 31,5 Hz são apenas de caráter informativo.

Fonte: ABNT (2017, p.8)

#### 2.5.4. Curvas NR

As curvas *NR* (*Noise Rating*) podem ser chamadas em português de Curvas de Classificação de Ruído, foram desenvolvidas pela Organização Internacional de Padronização (*International Organization for Standardization, ISO*) em 1973, com a finalidade de determinar níveis aceitáveis de ruído em ambientes interiores, a fim de prevenir o desconforto auditivo, dificuldades na comunicação e estresse. As curvas *NR* são semelhantes às curvas *NC*, tanto na forma quanto nos objetivos de aplicação.

De acordo com Engineering ToolBox (2003) as curvas *NR* são utilizadas mais comumente na Europa, enquanto as curvas *NC* são mais utilizadas nos Estados Unidos.

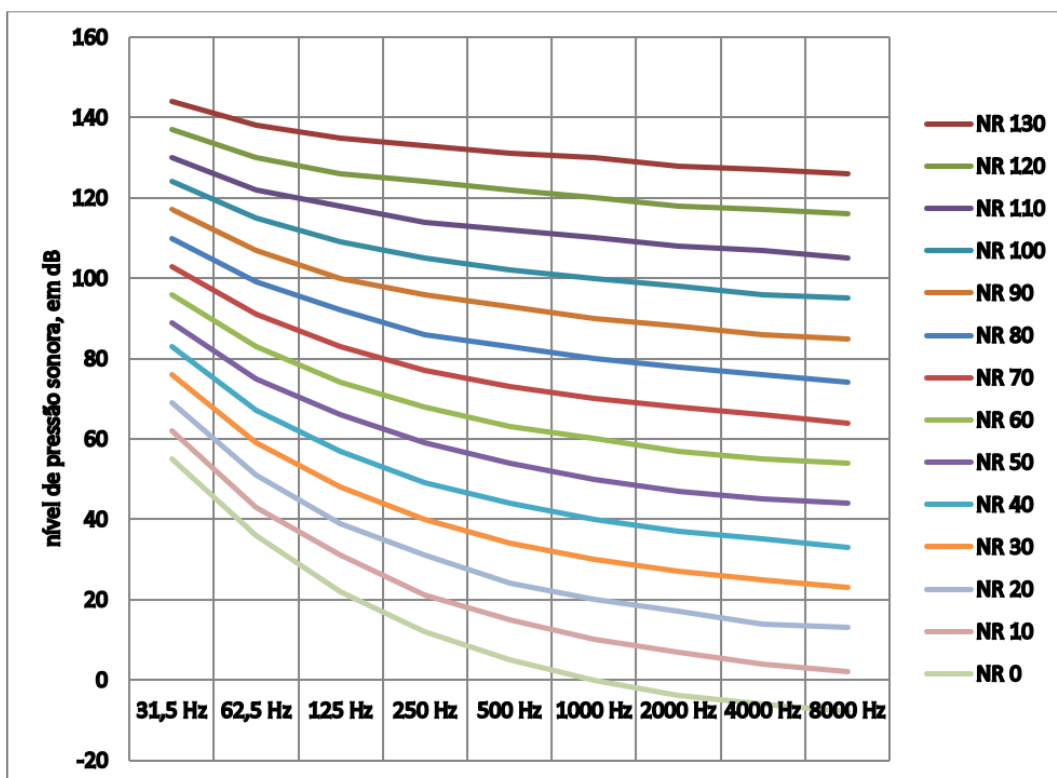
A Tabela 6 apresenta os valores, em dB, correspondente a cada curva *NR*, e a Figura 12 apresenta o gráfico com os valores daquela tabela.

Tabela 6 – NPS, em dB, correspondentes às curvas de avaliação (NR)

Curva NC	Frequências centrais de bandas de oitava								
	31,5 Hz	62,5 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
0	55	36	22	12	5	0	-4	-6	-8
10	62	43	31	21	15	10	7	4	2
20	69	51	39	31	24	20	17	14	13
30	76	59	48	40	34	30	27	25	23
40	83	67	57	49	44	40	37	35	33
50	89	75	66	59	54	50	47	45	44
60	96	83	74	68	63	60	57	55	54
70	103	91	83	77	73	70	68	66	64
80	110	99	92	86	83	80	78	76	74
90	117	107	100	96	93	90	88	86	85
100	124	115	109	105	102	100	98	96	95
110	130	122	118	114	112	110	108	107	105
120	137	130	126	124	122	120	118	117	116
130	144	138	135	133	131	130	128	127	126

Fonte: Engineering ToolBox (2003), adaptada.

Figura 12 - Curvas de Classificação de Ruído (NR)



Fonte: arquivo pessoal

### 2.5.5. Curvas Isofônicas

As curvas isofônicas, também denominadas de curvas de igual intensidade (*Loudness*, em inglês), é um descritor psicoacústico relativo à intensidade percebida de uma fonte sonora, e é função do nível sonoro e da frequência do som (BISTAFA, 2006)

O ouvido humano é capaz de perceber frequências de aproximadamente 20Hz a 20kHz e é mais sensível a sons entre as bandas de 1KHz e 6KHz (isso pode ser observado na curva “A”, contida na Figura 6). Portanto, um som nesta faixa é percebido como mais intenso que um som com o mesmo nível de pressão sonora em 100 Hz ou em 10KHz, por exemplo.

O nível de volume percebido é medido em fons (*phon*, em inglês). As curvas isofônicas tem como base o nível de ruído percebido em 1KHz. A partir desta faixa de frequência as demais acompanham a percepção humana de igual intensidade. De acordo com Bistafa (2006, p.54) “O nível sonoro do tom puro em 1.000 Hz passou a ser a medida do nível de audibilidade. A unidade do nível de audibilidade foi chamada de *fone*”.

Como essas curvas são obtidas por meio de ensaios com seres humanos, e as pessoas são diferentes umas das outras, diversos autores já propuseram curvas de igual intensidade, a começar por Fletcher-Munson (em 1933), Robinson-Dadson (em 1956), e a norma ISO 226 (*Acoustics — Normal equal-loudness-level contours / Acústica - Contornos normais de nível de igual volume*) em diferentes edições, inclusive na mais recente, de 2003. Fernandes (2002, p. 46) aduz que “Esse estudo, logicamente, deve ser estatístico pois, dentro da espécie humana, existe a diversidade individual”.

O resumo da norma ISO 226:2003<sup>25</sup> diz que aquela norma especifica combinações de níveis de pressão sonora e frequências de tons contínuos puros que são percebidos como igualmente altos pelos ouvintes. Os ouvintes são pessoas otologicamente normais, na faixa etária de 18 a 25 anos.

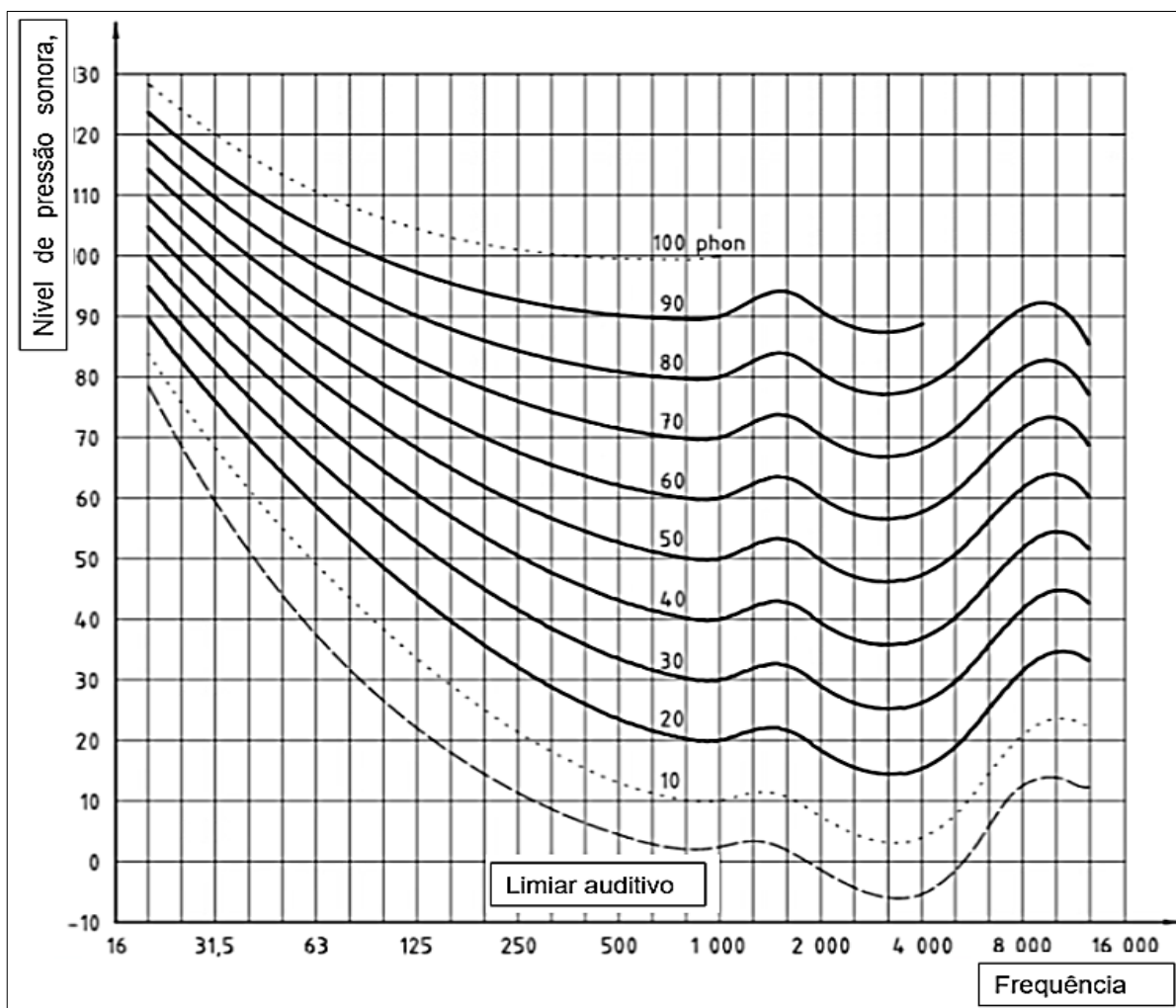
A Figura 13 apresenta as curvas mais recentes da ISO 226:2003 (ISO, 2003). A Tabela B.1 do Anexo B daquela norma apresenta os valores utilizados para a geração das curvas, em bandas de 1/3 de oitava, apresentados na Tabela 7.

---

<sup>25</sup> <https://www.iso.org/standard/34222.html>



Figura 13 - Curvas isofônicas



Fonte: ISO (2003), tradução nossa.

Tabela 7 – Valores correspondentes a cada curva isofônica

Frequência	Fons									
	Fon 10	Fon 20	Fon 30	Fon 40	Fon 50	Fon 60	Fon 70	Fon 80	Fon 90	Fon 100
20 Hz	83,8	89,6	94,8	99,9	104,7	109,5	114,3	119	123,7	128,4
25 Hz	75,8	82,7	88,5	93,9	99,1	104,2	109,2	114,2	119,2	124,2
31,5 Hz	68,2	76	82,4	88,2	93,7	99,1	104,4	109,6	114,9	120,1
40 Hz	61,1	69,6	76,5	82,6	88,5	94,2	99,8	105,3	110,9	116,4
50 Hz	55	64	71,3	77,8	84	90	95,9	101,7	107,5	113,4
63 Hz	49	58,6	66,2	73,1	79,6	85,9	92,2	98,4	104,5	110,6
80 Hz	43,2	53,2	61,2	68,5	75,4	82,1	88,6	95,2	101,7	108,2
100 Hz	38,1	48,4	56,8	64,4	71,6	78,7	85,6	92,5	99,3	106,2
125 Hz	33,5	43,9	52,6	60,6	68,2	75,6	82,9	90,1	97,3	104,5
160 Hz	28,8	39,4	48,4	56,7	64,7	72,5	80,2	87,8	95,4	103
200 Hz	24,8	35,5	44,8	53,4	61,7	69,9	77,9	85,9	93,9	101,8
250 Hz	21,3	32	41,5	50,4	59	67,5	75,9	84,3	92,6	101
315 Hz	18,1	28,7	38,4	47,6	56,5	65,4	74,2	82,9	91,6	100,3
400 Hz	15,1	25,7	35,5	45	54,3	63,5	72,6	81,7	90,8	99,8
500 Hz	13	23,4	33,4	43,1	52,6	62,1	71,5	80,9	90,2	99,6
630 Hz	11,2	21,5	31,5	41,3	51,1	60,8	70,5	80,2	89,8	99,5
800 Hz	10	20,1	30,1	40,1	50	59,9	69,8	79,7	89,6	99,4
1000 Hz	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1250 Hz	11,3	21,5	31,6	41,8	52	62,2	72,3	82,5	92,6	---
1600 Hz	10,4	21,4	32	42,5	52,9	63,2	73,5	83,7	94	---
2000 Hz	7,3	18,2	28,8	39,2	49,6	60	70,3	80,6	90,9	---
2500 Hz	4,5	15,4	26	36,5	46,9	57,3	67,6	77,9	88,2	---
3150 Hz	3	14,3	25	35,6	46,1	56,4	66,8	77,1	87,4	---
4000 Hz	3,8	15,1	26	36,6	47,1	57,6	68	78,3	88,7	---
5000 Hz	7,5	18,6	29,4	40	50,5	60,9	71,3	81,6	---	---
6300 Hz	14,3	25	35,5	45,8	56,1	66,4	76,6	86,8	---	---
8000 Hz	21	31,5	41,7	51,8	61,8	71,7	81,5	91,4	---	---
10000 Hz	23,4	34,4	44,6	54,3	63,8	73,2	82,5	91,7	---	---
12500 Hz	22,3	33	42,5	51,5	60,1	68,6	77	85,4	---	---

Fonte: ISO 226 (2003), Anexo B (Tabela B.1), adaptada e transposta.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. ANÁLISE DAS CURVAS DE CRITÉRIO

Este trabalho foi desenvolvido em duas partes distintas. A primeira consiste em uma pesquisa exploratória acerca de diversas curvas de critério sonoro existentes na literatura, a fim de possibilitar o desenvolvimento de curvas de critério ocupacional, a serem propostas para a avaliação da exposição ocupacional ao ruído. A segunda parte consiste na aplicação das curvas de critério desenvolvidas, por meio da realização de um estudo de campo onde foram realizadas medições de ruído por bandas de frequência em um conjunto de plataformas de petróleo. Os resultados obtidos no estudo de campo foram comparados com as referidas curvas, para a devida análise e conclusão acerca da exposição ao ruído e da eficácia dos protetores auditivos utilizados.

Quanto às curvas pesquisadas e analisadas, foram incluídas na pesquisa as curvas de contornos equivalentes de nível sonoro (*OSHA*), curvas *NC* da NBR 10152 (ABNT, 2017), curvas *NR* (*ISO*) e curvas isofônicas (*ISO*, 2003). Os valores de cada ponto das curvas foram organizados em planilhas de Excel, e plotados em forma de gráficos. A partir dos gráficos foram adicionadas as linhas de tendência que mais se aproximavam do comportamento demonstrado nos gráficos.

As curvas citadas no parágrafo anterior são geralmente apresentadas em intervalos de 5 ou 10 dB. Com as equações das linhas de tendência foi possível fazer a extrapolação matemática dessas curvas, obtendo um range maior e uma interpolação de 1 em 1 dB, que viessem a abarcar os valores esperados, correspondentes ao limite de tolerância e ao nível de ação estabelecidos na legislação (85dB e 80 dB, respectivamente).

Para se chegar às curvas de critério desejadas, as curvas já extrapoladas com a utilização das equações das linhas de tendência, foram primeiramente ponderadas em A, para torna-las compatíveis com os níveis medidos em campo, que também estavam ponderados em A. Em seguida, as curvas foram delimitadas à esquerda a partir de 125Hz e à direita em 8000Hz (que compreende a faixa de interesse

ocupacional<sup>26</sup> e é a mesma faixa que vem nos relatórios de ensaio dos protetores auditivos). Os valores correspondentes a cada banda de frequência (ou seja: cada ponto da curva), foram somados logaritmicamente, a fim de se obter o valor global. A curva cuja soma logarítmica gerou um valor global igual a 85dB foi considerada como equivalente ao limite de tolerância para oito horas de exposição, e a curva cuja soma logarítmica foi igual a 80dB foi considerada como representativa do nível de ação. O valor global de cada curva foi obtido com uso da Equação 9.

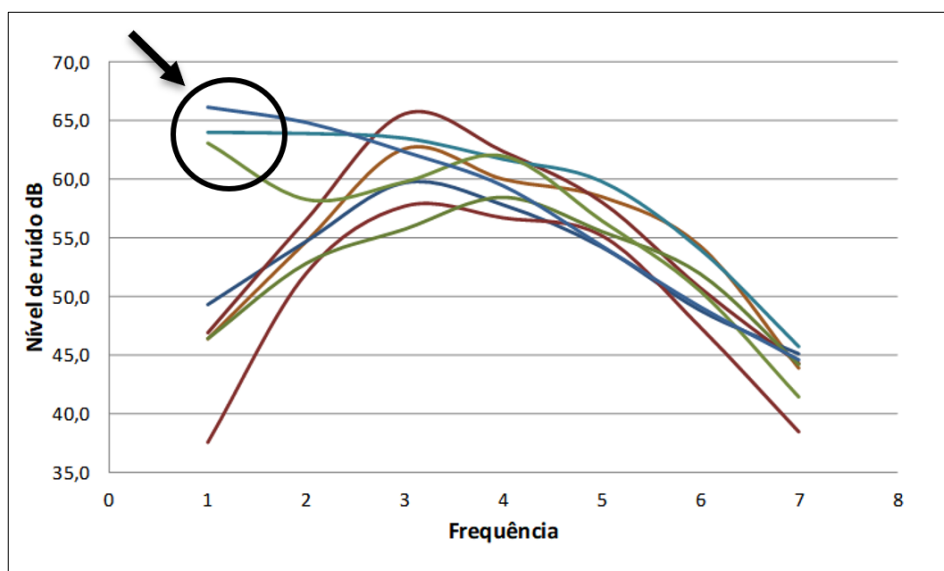
### 3.2. TRABALHO DE CAMPO

Em relação à tomada de dados de campo (para testar as curvas) foram realizadas 219 medições em seis plataformas de petróleo distintas. Essas plataformas foram numeradas de 1 a 6, para preservar suas identificações originais e os resultados foram agrupados por tipo de ambiente e por afinidade entre as distribuições do espectro sonoro. Todos os resultados obtidos nas plataformas 3 e 5 foram excluídos do estudo (ao todo, 64 medições), por apresentarem características tonais distintas nas baixas frequências, o que comprometeria os resultados médios. As curvas destacadas na Figura 14 são representativas das plataformas 3 e 5, que foram excluídas do estudo. Tanto os dados utilizados, como os excluídos estão presentes, separadamente, no Anexo 1.

---

<sup>26</sup> A faixa de interesse ocupacional vai de 500 Hz até 8000Hz, conforme NR-7 (BRASIL, 1998), porém a faixa considerada nos Certificados de Aprovação dos protetores auditivos (Anexo 3) se estende de 125Hz a 8000Hz, sendo, então, consideradas nesse trabalho. O Conselho Federal de Fonoaudiologia (2015), com base na ISO 8253-1 também considera que as cabines audiométricas forneçam capacidade de análise auditiva a partir de 125 Hz.

Figura 14 – Valores médios dos locais das plataformas



Fonte: arquivo pessoal

Foram feitos 23 agrupamentos de ambientes, apresentados na Tabela 8, tendo como consideração a similaridade dos ambientes e dos espectros sonoros observados. Os ambientes avaliados encontram-se descritos fisicamente em uma tabela no Anexo 2.

Todas as medições foram feitas em locais onde os trabalhadores permanecem durante a sua jornada de trabalho e durante os seus momentos de lazer e descanso. O objetivo não foi esgotar todos os ambientes de uma plataforma, mas realizar um mapeamento, considerando alguns pontos representativos.

Os grupos de ambientes foram formados a partir da semelhança do espectro sonoro obtido nas medições, seja em intensidade, seja em similaridade tonal.

Tabela 8 – Grupos de ambientes

<b>Plataforma</b>	<b>Grupos de locais avaliados</b>	<b>Identificação do grupo</b>	<b>Quant. de medições realizadas</b>
1, 2, 4, 6	Almoxarifado, DPO, OIM, TC, HSE, Toolpusher, Escritório, Salas de controle, Sala do capitão.	1	33
1	BOP – Control Room	2	1
1, 2, 4, 6	Cabines de guindaste	3	4
1, 2, 4, 6	Camarotes	4	37
1, 2, 4, 6	Coffee Shop	5	6
1, 2, 4, 6	Convés - Atividades de rotina	6	5
4, 6	Convés - Operação de agulheiro	7	2
1	Cozinha	8	1
1, 2, 4, 6	Enfermaria	10	4
4, 6	Girafa inferior	11	2
4	Heli deck (recepção de aeronaves)	12	1
1, 2, 4, 6	Lavanderia	13	5
1, 2, 4, 6	Oficinas (elétrica e mecânica)	14	16
1, 2, 4, 6	Peneira de lama	15	4
1, 2, 4	Sala de pintura	16	3
4	Ponte de comando	18	1
1, 2, 4, 6	Praça de máquinas, sala de motores	19	7
1, 2, 4, 6	Refeitório	20	4
1, 2, 4, 6	Sala de rádio, Sala de TV	21	6
1, 2, 4, 6	Sala de bombas	22	4
2	Monpool	23	1

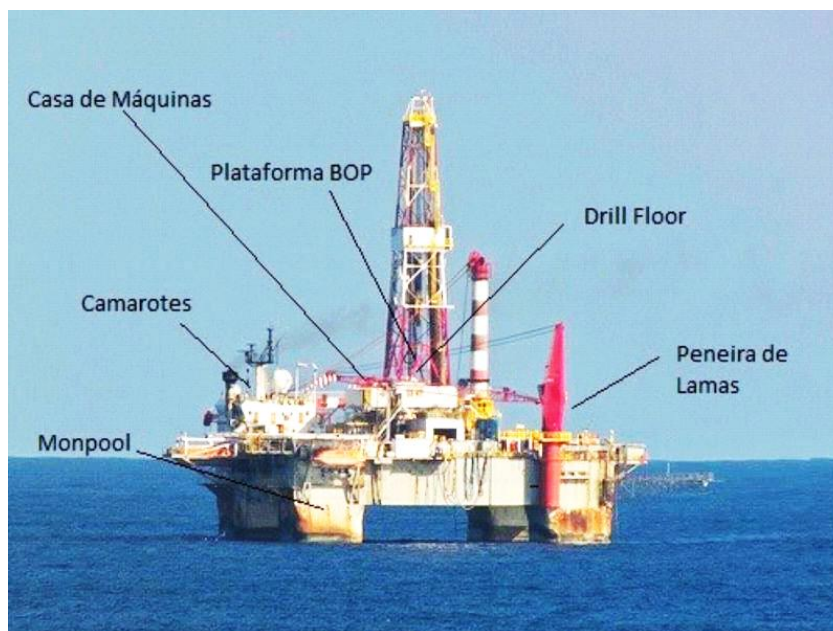
Fonte: arquivo pessoal

Na Tabela 8, a coluna “Plataforma” indica quais foram as plataformas que continham aquele item avaliado. A coluna “Grupos de locais avaliados” indica quais são os locais que foram agrupados. A coluna “Identificação do grupo” indica o código que foi dado para cada agrupamento de locais. Este código foi dado como forma de organizar os dados nas tabelas. Por fim, a coluna “Quant. de medições realizadas”

indica qual foi a quantidade total de medições realizadas em cada grupo, para a obtenção dos valores médios representativos

Os locais avaliados fazem parte de uma típica plataforma de petróleo. Alguns desses locais encontram-se indicados na Figura 15.

Figura 15 – Modelo de plataforma utilizada para os testes



Fonte: <https://www.flickr.com> (adaptada)

Os camarotes, assim como outros tipos de ambiente avaliados não se constituem fontes de ruído, mas são locais que são afetados por elas, considerando que o som se propaga, inclusive, pelas estruturas metálicas da plataforma. Com as medições realizadas nesses ambientes, pode ser feita uma análise do conforto acústico oferecido nesses locais.

As medições foram realizadas com o sonômetro posicionado em um tripé, a 1,2m do piso, sempre localizado no raio de ação do trabalhador, de modo a se obter uma leitura representativa da real exposição. Todas as medições realizadas foram filtradas por bandas de frequência de 1/1 oitava, para tornar os resultados comparáveis com os a tabela de atenuação fornecida pelo Certificado de Aprovação<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> Certificado de Aprovação (CA) são relatórios de ensaios realizados com o protetor auditivo, onde estão contidos os valores médios de atenuação e os desvios padrões, por banda de oitava. Esses relatórios também apresentam um valor único de atenuação, obtido por meio do método subjetivo.

do protetor auditivo utilizado, bem como com as curvas propostas neste trabalho. Uma cópia dos certificados de aprovação dos protetores referenciados neste trabalho segue apresentada no Anexo 3.

O método de avaliação envolve as medições do nível médio de pressão sonora, em decibéis ponderados em "A", comumente chamado dB(A), com o medidor de nível de pressão sonora ajustado para resposta lenta (*slow*), baseado nos parâmetros da NR-15 (BRASIL, 1978).

O instrumento utilizado nas medições foi da marca Bruel & Kjaer, modelo 2250 (Ilustrado na Figura 16), devidamente calibrado à época das medições. Os certificados de calibração correspondentes encontram-se no Anexo 4.

Figura 16 - Medidor Integrador Bruel & Kjaer, modelo 2250



Fonte: bkscv.com

A Tabela 9 apresenta o passo-a-passo que foi aplicado na análise das curvas.



Tabela 9 – Passo a passo aplicado na análise das curvas

<b>Passo</b>	<b>Descrição da etapa</b>
Passo 1	Lançamento dos valores das curvas em Excel, por bandas de oitava.
Passo 2	Geração do gráfico correspondente, contendo no eixo vertical os valores em dB e no eixo horizontal as curvas disponíveis.
Passo 3	Geração das linhas de tendência lineares em cada banda de oitava.
Passo 4	Geração de novas curvas, com uso das equações das linhas de tendência.
Passo 5	Soma logarítmica dos valores das bandas de 125Hz a 8000Hz de cada curva, inclusive as extrapoladas e interpoladas, para obtenção dos valores globais.
Passo 6	Seleção das curvas, cujas somas logarítmicas dos valores equivalem a 80dB e a 85 dB, respectivamente.
Passo 7	Geração de dois gráficos, sendo um contendo todas as curvas estudadas e extrapoladas, onde o nível global correspondente foi igual a 80dB.
Passo 8	Geração de dois gráficos, sendo um contendo todas as curvas estudadas e extrapoladas, onde o nível global correspondente foi igual a 85dB.
Passo 9	Escolha das curvas a serem representativas dos valores de referência globais. O parâmetro utilizado para a escolha foi a semelhança da curva com a curva de igual energia (curva isofônica).
Passo 10	Utilização das curvas criadas, para comparação com valores medidos em um estudo de campo, realizado em um conjunto de seis plataformas de petróleo, para verificação da eficácia dos protetores auditivos utilizados.

Fonte: arquivo pessoal

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. ESCOLHA DAS CURVAS DE CRITÉRIO REPRESENTATIVAS

O objetivo da análise das curvas citadas no Capítulo 3 e das extrapolações matemáticas alhures mencionada é o de possibilitar ao Higienista Ocupacional e aos demais gestores dos riscos ocupacionais, uma forma precisa de análise do ruído ocupacional por banda de oitava. Tal análise permitirá avaliar se os protetores auditivos utilizados em cada situação distinta estão produzindo a devida atenuação do ruído ao trabalhador, não somente em termos de ruído global, mas também por bandas de frequência, já que as curvas representarão os valores de referência equivalentes em cada banda de oitava.

Esse estudo vai ao encontro do fato de que nem todos os trabalhadores usuários de protetores auditivos, mesmo que com  $NRR_{SF}$  satisfatório, conseguem obter a devida atenuação em todas as frequências. Assim, ficam sujeitos ao risco de perder audição em uma frequência específica, que não seja alcançada de forma eficiente pelo protetor.

Em um artigo publicado por Barbieri e Nunes (2011) é apresentado um estudo de campo realizado em 354 grupos homogêneos de exposição (GHE<sup>28</sup>), onde foram realizadas 1770 audiodosimetrias com dosímetro de duplo canal. O objetivo do estudo foi avaliar a eficiência dos abafadores tipo concha, acoplados a capacete, e sob uso com outros equipamentos de proteção individual, pelo método *MIRE*<sup>29</sup>, comparando os resultados com os obtidos no método *REAT*<sup>30</sup> ( $NRR_{SF}$ ). O artigo relata diferenças significativas entre o  $NRR_{SF}$  dado pelo fabricante (Método *REAT*) e os valores medidos nos testes de campo com o dosímetro de duplo canal (*MIRE*), podendo ser maiores ou menores. Os autores a atribuem esta diferença ao tipo de colocação do protetor na cabeça dos trabalhadores, quando conjugado com outros dispositivos de

---

<sup>28</sup> Grupo Homogêneo de Exposição (ou Grupo de Exposição Similar) é um grupo de trabalhadores que experimentam situações de exposição semelhantes de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de qualquer trabalhador desse grupo seja representativo da exposição dos demais trabalhadores.

<sup>29</sup> *Microphone In Real Ear* (Microfone no ouvido real)

<sup>30</sup> *Real Ear Attenuation at Threshold* (Atenuação da orelha real no limiar)

segurança. Mesmo assim, o estudo admite que, “[...] se o trabalhador atua em um ambiente cujo espectro apresenta baixa frequência, e este se mantém estável, nem todos os trabalhadores estarão protegidos”.

O método longo *NIOSH* é utilizado para se obter um valor único de atenuação ( $NRR_{SF}$ ), com base na atenuação que o protetor auditivo oferece em cada frequência. Com o uso desse valor único, verifica-se se o nível global de ruído, menos o nível global obtido no ouvido protegido, está dentro dos limites globais aceitáveis pela legislação. Já as curvas ora apresentadas darão a possibilidade de realizar essa mesma verificação, porém em cada banda de oitava.

Como abordado no Capítulo 3, os valores, em dB, das curvas analisadas foram tratados em planilhas do Excel, com geração de gráficos com linhas de tendência. As linhas de tendência que melhor tem refletido a distribuição dos valores de cada banda de oitava são as linhas de projeção linear. Por vezes a projeção polinomial de ordem 6 leva a valores mais próximos em algumas bandas, porém mais distorcidos em outras, impossibilitando as extrapolações. Assim, a linha de tendência linear dá a expressividade mais adequada, considerando todo o espectro do estudo.

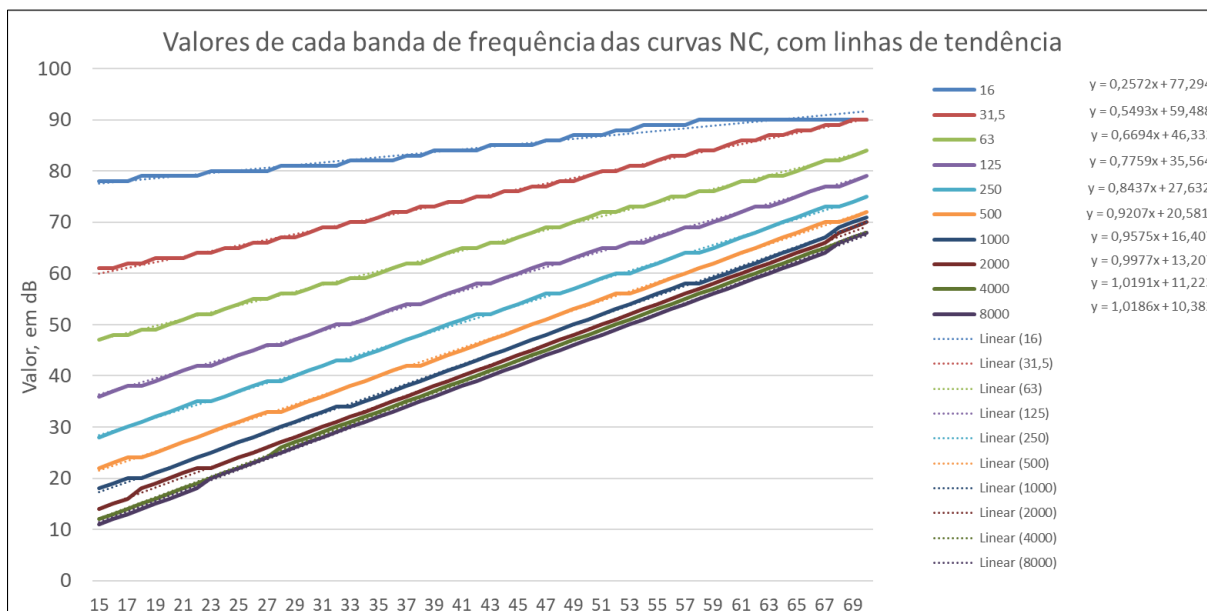
As curvas *NC*, assim como as demais, devem ser utilizadas com valores medidos em dB (linear, Z), ou seja, não ponderados. Como as medidas de exposição ocupacional são obtidas na ponderação A, então aplicou-se primeiramente essa ponderação nas curvas, para depois serem gerados os valores globais.

Os passos 2, 3 e 4 da Tabela 8, apresentada no Capítulo 3, estão exemplificados no Gráfico 1, que foi utilizado na extrapolação das curvas *NC*.

Para a obtenção do passo 5 da Tabela 8 foi utilizada a equação da soma logarítmica de níveis de pressão sonora, conforme Equação 9.

As curvas isofônicas (diferentemente das demais) são apresentadas originalmente em bandas de 1/3 de oitava. Para este trabalho o espectro foi primeiramente transformado em bandas de 1/1 oitava, por meio da soma logarítmica de cada três bandas centrais de 1/3 de oitava. Por exemplo, as bandas de 1/3 de oitava de 400Hz, 500Hz e 630Hz foram somadas logaritmicamente, para se obter a banda central de 500Hz de 1/1 oitava. Esse procedimento foi feito para a obtenção das bandas de oitava de interesse e posterior aplicação dos passos 2 a 6 da Tabela 8.

Gráfico 1 - Valores de cada banda de frequência das curvas NC, com linhas de tendência



Fonte: arquivo pessoal

O Gráfico 1 apresenta os traçados obtidos pelos valores de cada banda de 1/1 oitava das curvas NC. O eixo horizontal é composto por cada curva. As linhas de tendência linear foram obtidas para cada banda de frequência, e seguem apresentadas no gráfico. Estas foram utilizadas para a extrapolação dos dados, para a obtenção das curvas de interesse, cuja soma equivalem a 80dB e 85 dB, respectivamente.

O mesmo procedimento contido no Gráfico 1 foi adotado para as demais curvas em análise, e não seguem apresentados aqui. Como resultado, foram obtidas todas as curvas de interesse, para análise em conjunto, conforme Tabelas 9 e 10. Nota-se que as curvas isofônicas seguem apresentadas com e sem a banda de 8 mil Hertz em ambas as tabelas supracitadas, pelo fato de que nessa banda o nível sonoro destoa quanto as demais curvas analisadas.

Desta maneira, optou-se por fazer a análise comparativa entre cada uma das curvas com a curva isofônica nas duas condições (com e sem a banda dos 8KHz). A Tabela 10 analisa os valores correspondentes ao nível de ação, e a Tabela 11, os valores correspondentes ao limite de tolerância.

Tabela 10 - Comparações entre as curvas de nível de ação

Curvas de origem	Curvas geradas por extrapolação, equivalentes ao nível global de 80dB	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Média das diferenças
		Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	
NC	NC 73	65	69	72	73	73	72	69	
FON	Fon 64 (Com 8KHz)	66	67	67	70	71	68	78	
FON	Fon 68 (Sem 8KHz)	70	70	71	74	75	73		
NR	NR 73	69	71	73	73	72	70	66	
OSHA	OSHA 79	62	66	68	73	73	74	74	
Módulos das diferenças entre cada curva e a curva isofônica com e sem a banda de 8KHz	NR com Isofônica (sem 8KHz)	0,1	1,3	1,8	0,7	3,2	2,9		1,7
	NC com Isofônica (sem 8KHz)	4,5	1,0	1,0	0,7	1,9	0,6		1,6
	OSHA com Isofônica (sem 8KHz)	7,8	4,5	3,0	1,1	2,1	1,2		3,3
	NR com Isofônica (com 8KHz)	3,0	4,8	5,7	3,3	1,0	1,3	12,1	4,4
	NC com Isofônica (com 8KHz)	1,5	2,4	4,9	3,3	2,3	3,6	9,2	3,9
	OSHA com Isofônica (com 8KHz)	4,7	1,0	0,9	2,9	2,1	5,4	3,8	3,0

Fonte: arquivo pessoal

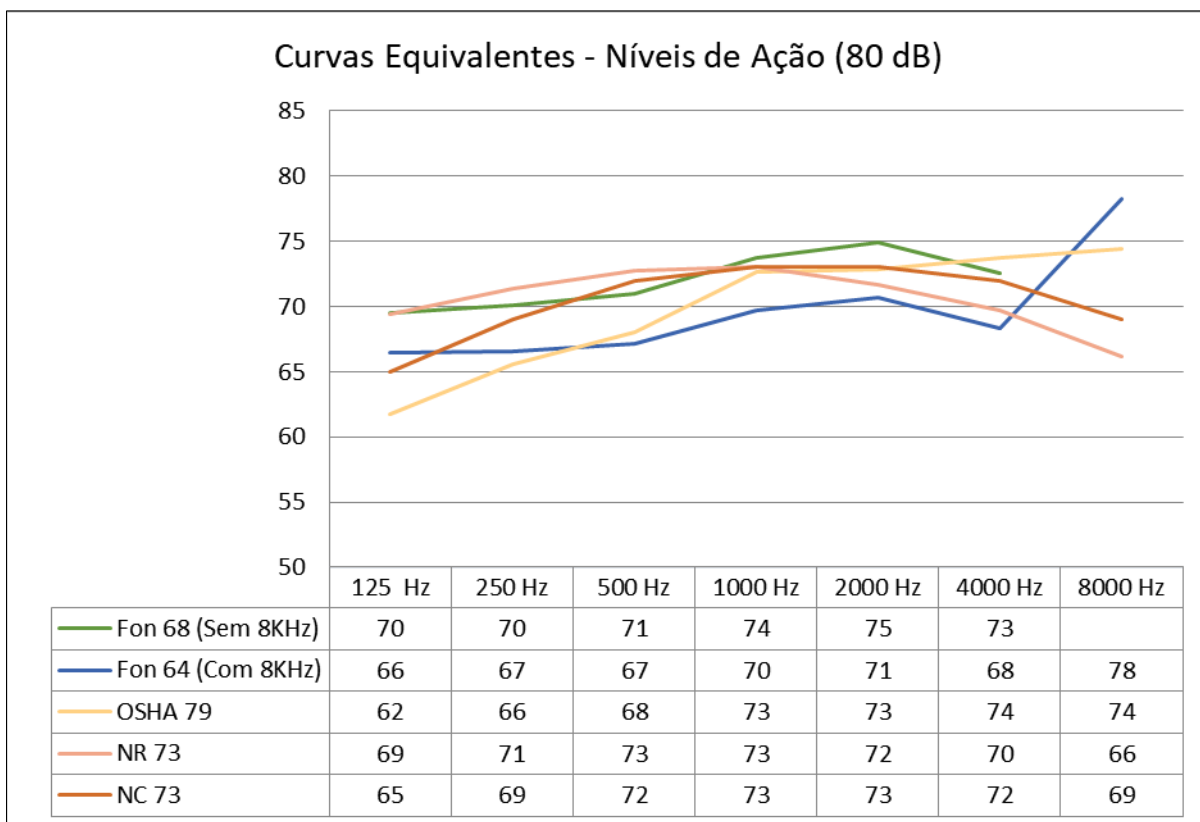
Tabela 11 - Comparações entre as curvas de limite de tolerância

Curvas de origem	Curvas geradas por extrapolação, equivalentes ao nível global de 85dB	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Média das diferenças
		Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	
NC	NC 79	70	74	77	79	79	78	75	
FON c8	Fon 69 (Com 8KHz)	70	71	72	75	76	74	83	
FON s8	Fon 73 (Sem 8KHz)	73	74	76	79	80	78		
NR	NR 79	75	77	79	79	78	76	72	
OSHA	OSHA 83	71	73	75	78	77	78	79	
Módulos das diferenças entre cada curva e a curva isofônica com e sem a banda de 8KHz	NR com Isofônica (sem 8KHz)	1,2	2,5	2,9	0,2	2,3	2,0		1,9
	NC com Isofônica (sem 8KHz)	3,6	0,5	1,5	0,1	0,8	0,6		1,2
	OSHA com Isofônica (sem 8KHz)	2,7	1,1	1,0	0,9	2,8	0,1		1,4
	NR com Isofônica (com 8KHz)	4,3	6,0	6,7	4,3	1,8	2,2	10,9	5,2
	NC com Isofônica (com 8KHz)	0,5	2,9	5,3	3,9	3,3	4,8	7,7	4,1
	OSHA com Isofônica (com 8KHz)	0,4	2,4	2,8	3,1	1,4	4,2	3,9	2,6

Fonte: arquivo pessoal

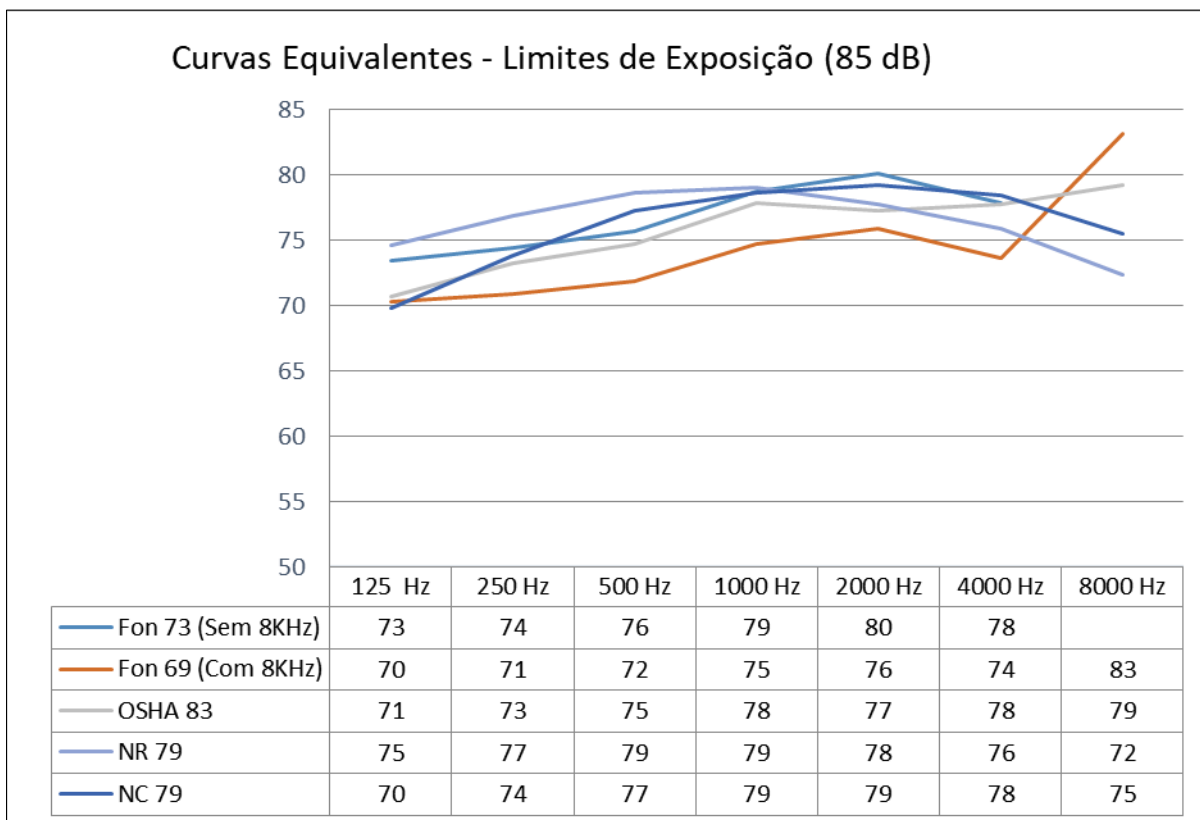
Os valores das curvas correspondentes ao nível de ação (80dB) e das curvas correspondentes ao limite de tolerância (85dB) das Tabelas 10 e 11 seguem comparadas nos Gráficos 2 e 3, respectivamente.

Gráfico 2 - Curvas equivalentes ao nível de ação, ponderadas em A



Fonte: arquivo pessoal

Gráfico 3 - Curvas equivalentes ao limite de tolerância, ponderadas em A



Fonte: arquivo pessoal

Ao se observar a Tabela 10 e o Gráfico 2 pode-se verificar que as curvas *NC*, *NR* e *OSHA* representativas do nível de ação possuem valores coincidentes na frequência de 1000Hz, e estas diferem em apenas um decibel da curva isofônica nesta mesma banda de frequência.

Em relação às curvas representativas do limite de tolerância, a Tabela 11 e o Gráfico 3 mostram que as curvas *NC*, *NR* e isofônicas possuem valores coincidentes na frequência de 1000Hz, e estas diferem em apenas um decibel da curva da *OSHA* nesta mesma banda de frequência.

A partir da banda de 1000Hz, para a esquerda (até 125Hz) e para a direita (até 4000Hz), as curvas seguem diferentes, mas com valores pouco distantes entre si.

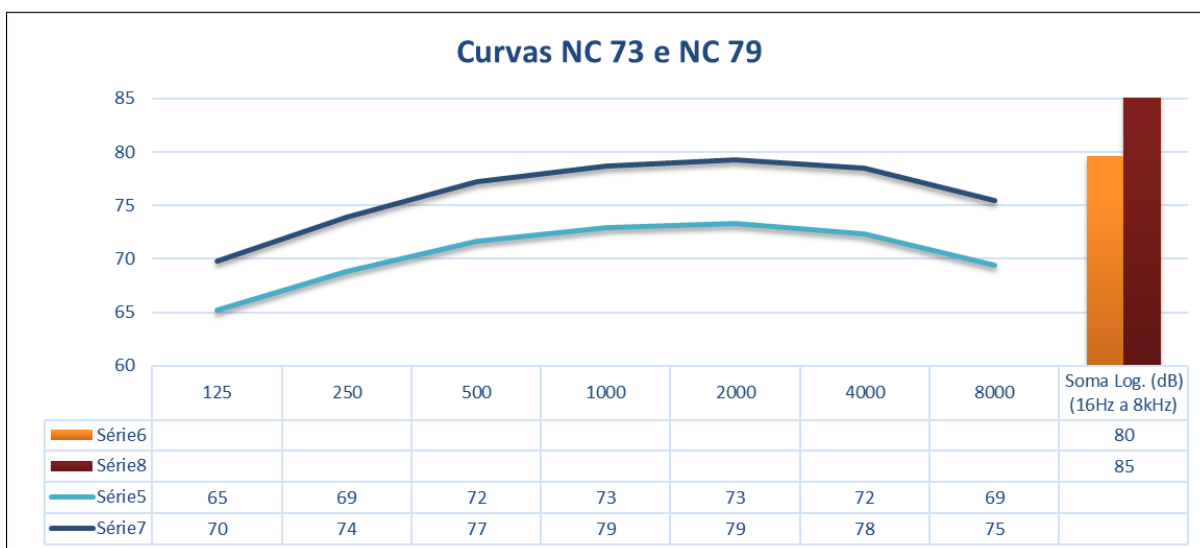
Ao se calcular a média aritmética do módulo da diferença neste intervalo de frequências entre cada uma das curvas e a curva isofônica, tanto para as curvas de nível de ação, quanto para as curvas representativas do limite de tolerância, aquela que apresenta o valor mais baixo é a curva *NC*, quando comparada com as isofônicas sem os 8KHz (os valores estão destacados em vermelho nas Tabelas 10 e 11).

Em comparação às Isofônicas com a banda dos 8KHz, a curva que mais se aproxima é a da *OSHA* (os valores estão destacados em vermelho nas Tabelas 10 e 11), porém, com uma média da diferença superior à média da diferença da comparação anterior (ou seja: As curvas *NC* são aquelas que, matematicamente, mais se aproximam das curvas isofônicas nesse intervalo de frequência).

Por este motivo, optou-se por as curvas *NC 73* e *NC 79* como referência no estudo, para aplicação e critério de julgamento dos resultados de campo obtidos e analisados neste trabalho.

Seguem em destaque no Gráfico 4, as curvas *NC* eleitas, com seus respectivos valores em cada banda de oitava.

Gráfico 4 - Curvas *NC* extrapoladas matematicamente, representativas do NA e do LT



Fonte: arquivo pessoal

## 4.2. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DE CAMPO

A Tabela 12 apresenta todos os resultados médios calculados para os 23 grupos de ambientes.



Tabela 12 - Valores médios por grupo

<b>IdGrupo</b>	<b>125 Hz</b>	<b>250 Hz</b>	<b>500 Hz</b>	<b>1 KHz</b>	<b>2 KHz</b>	<b>4 KHz</b>	<b>8 KHz</b>	<b>Nível Global</b>
1	48,7	49,7	54,8	61,7	59,8	56,1	51,1	65,4
2	66,7	81,5	88,1	89,3	85,5	80,0	69,1	93,2
3	69,9	72,4	75,7	74,9	71,4	68,5	60,2	80,7
4	40,9	44,7	45,0	43,2	42,6	39,2	36,0	50,9
5	55,5	61,4	64,1	62,8	58,7	52,7	49,8	68,6
6	66,8	71,3	77,6	82,1	83,5	81,4	76,7	88,1
7	79,3	87,4	94,0	99,9	102,9	103,1	99,8	108,0
8	44,5	45,5	50,9	47,4	46,0	43,2	37,8	54,9
9	69,9	77,1	78,2	78,9	74,7	68,3	61,4	83,9
10	43,7	54,3	56,9	54,9	53,0	48,5	42,4	61,4
11	64,9	72,9	78,8	78,9	73,9	67,2	61,1	83,1
12	76,1	82,9	89,6	93,2	94,3	92,8	88,5	99,3
13	61,6	65,9	71,2	70,3	69,7	68,0	64,6	76,8
14	63,0	67,0	74,5	74,0	75,5	76,3	76,4	82,6
15	79,9	89,3	92,0	92,3	86,7	82,8	82,5	97,0
16	66,4	73,7	72,5	74,1	70,8	63,1	53,9	79,3
17	67,5	69,6	72,6	75,2	72,2	70,7	67,7	80,0
18	47,9	55,8	59,5	56,9	53,1	46,9	41,3	63,2
19	86,4	93,3	103,5	103,4	101,8	96,1	89,5	108,3
20	47,1	51,4	57,6	58,8	56,1	53,0	49,2	63,5
21	46,9	54,2	60,2	59,1	55,8	50,9	46,8	64,3
22	77,9	85,2	92,8	92,6	91,3	87,9	78,1	97,9
23	67,1	66,7	69,1	69,2	64,1	58,7	55,1	74,8
Média Geral	75,3	82,8	91,2	92,2	92,4	90,8	87,0	98,2

NOTA: os valores de todas as medições encontram-se disponíveis no Anexo 1.

Fonte: arquivo pessoal

Todos os resultados agrupados e apresentados nesta tabela tiveram a média logarítmica de seus dados calculada a partir do total de valores medidos (oriundos da tabela do Anexo 1). Para cada banda de frequência, foi calculada uma média

logarítmica. A Média Geral, no final da tabela, também seguiu essa premissa. A média logarítmica do ruído, foi calculada conforme a Equação 5.

O Nível Global foi calculado a partir da soma logarítmica de todas as bandas de frequência, sendo utilizada a Equação 9.

#### 4.3. ESTUDO DA ATENUAÇÃO DO PROTETOR AUDITIVO

Foram analisados três modelos distintos de protetores auditivos, todos em uso nas plataformas estudadas. Os resultados médios de cada grupo de ambiente da Tabela 12 foram comparados com os valores de atenuação de cada modelo de protetor auditivo (Anexo 3). Como forma de exemplificar o estudo realizado, seguem apresentados em detalhes o estudo de atenuação dos três piores casos observados na Tabela 13, a saber: Operação de agulheiro, no convés (Grupo 7), Peneira de lama (Grupo 15) e Praça de máquinas (Grupo 19). Os gráficos das Figuras 17 a 25 foram produzidos com base no método longo *NIOSH*, apresentado na Figura 10. As curvas de referência propostas, *NC 73* e *NC 79* são aquelas previamente apresentadas no Gráfico 4.

##### 4.3.1. Resultado e análise da proteção auditiva na operação de agulheiro, no convés

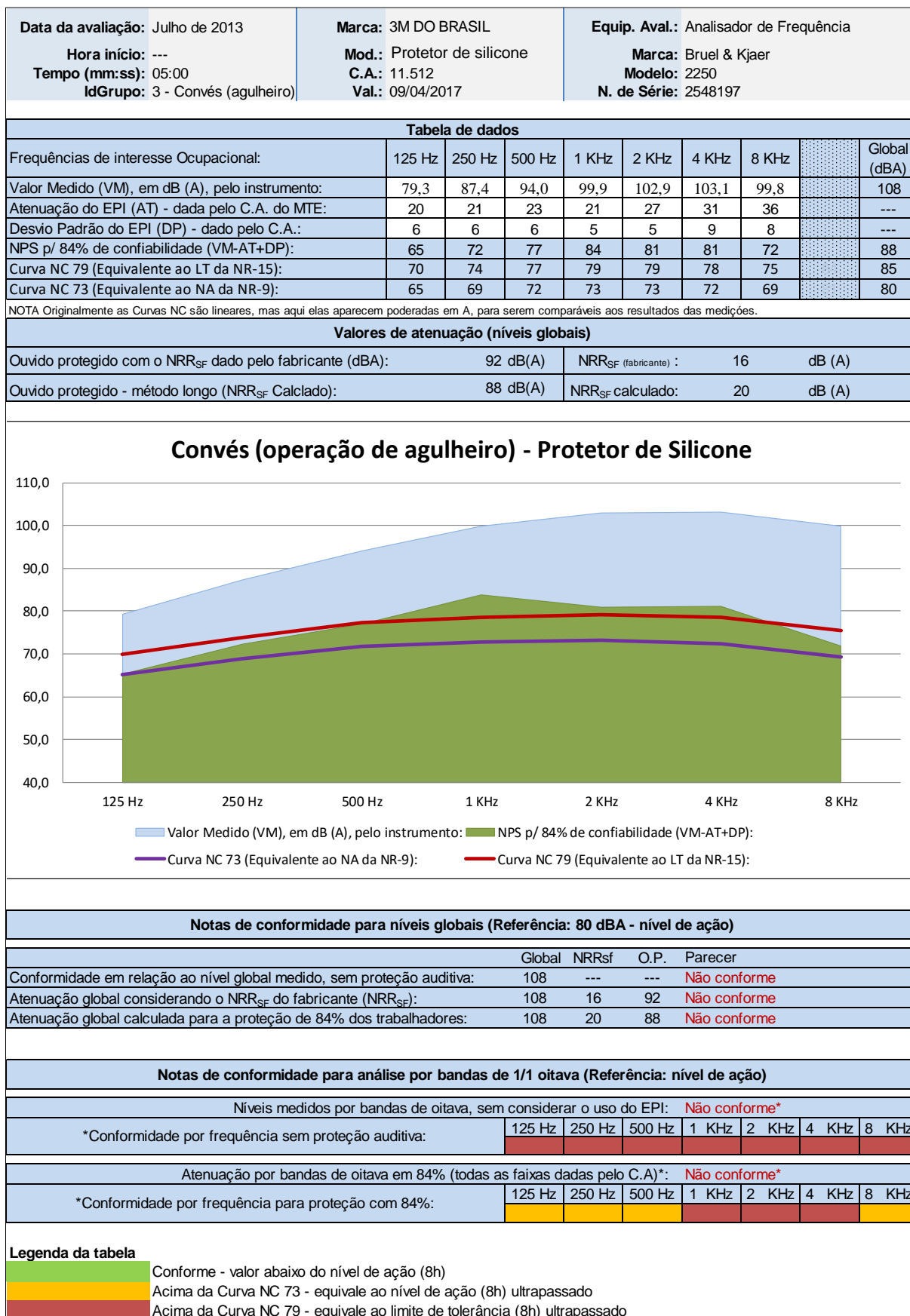
As Figuras 17 a 19 apresentam os detalhes da avaliação da proteção fornecidas pelos três modelos distintos de protetores auditivos utilizados na operação de agulheiro, no convés.

A Figura 17 apresenta o estudo de atenuação do protetor de silicone.

A Figura 18 apresenta o estudo de atenuação do protetor de espuma.

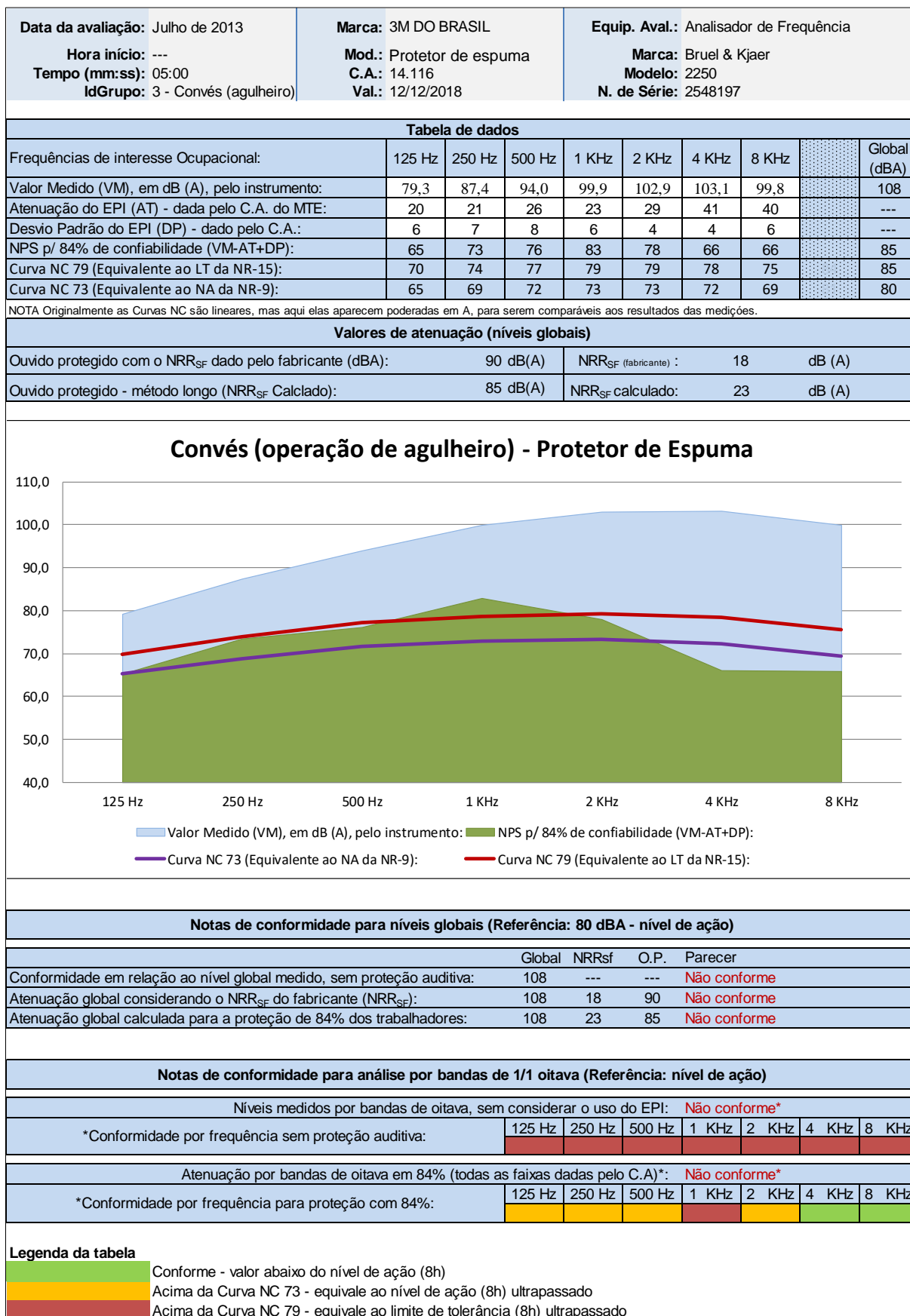
A Figura 19 apresenta o estudo de atenuação do abafador, tipo concha.

Figura 17 - Estudo de atenuação – Operação de Agulheiro (protetor de silicone)



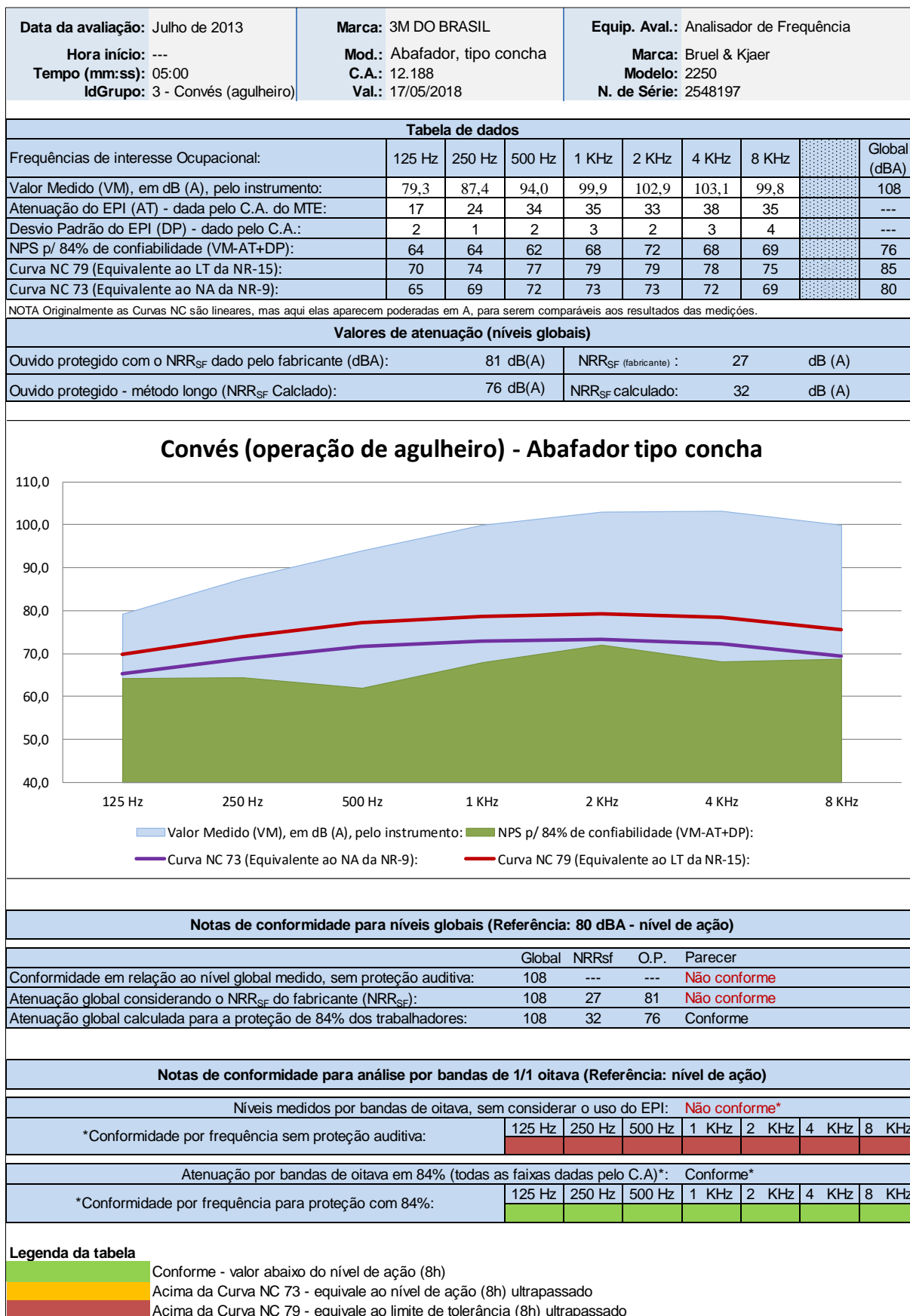
Fonte: arquivo pessoal

Figura 18 - Estudo de atenuação – Operação de Agulheiro (protetor de espuma)



Fonte: arquivo pessoal

Figura 19 - Estudo de atenuação – Operação de Agulheiro (abafador)



Fonte: arquivo pessoal

Na operação de agulheiro, no convés, todo o espectro de ruído medido, ponderado em A, esteve acima da curva do limite de tolerância (*NC 79*). O protetor de silicone (Figura 17) gera um  $NRR_{SF}$  calculado de 20 dB (superior aos 16dB oriundos do CA). O ouvido protegido ainda recebe um nível global de ruído de 88dB, conforme o cálculo de campo, com base no método longo, e de 92dB, quando comparado ao nível de atenuação global do CA, o que o torna ineficaz em ambos os casos. Na análise espectral, utilizando as curvas extrapoladas *NC 73* e *NC 79* nota-se que todo o espectro ficou acima no nível de ação, e as bandas de 1000Hz a 4000Hz excederam o limite de tolerância, sugerindo a possibilidade de perda auditiva nesta faixa.

O protetor de espuma (Figura 18) gera um  $NRR_{SF}$  calculado de 23 dB (superior aos 18dB oriundos do CA). O ouvido protegido ainda recebe um nível global de ruído de 85dB, conforme o cálculo de campo, com base no método longo, e de 90dB, quando comparado ao nível de atenuação global do CA, o que o torna ineficaz em ambos os casos. Na análise espectral, utilizando as curvas extrapoladas *NC 73* e *NC 79* nota-se que as bandas de 125, 250, 500 e 2000 Hz excederam ao nível de ação, e a banda de 1000Hz excedeu o limite de tolerância, sugerindo a possibilidade de perda auditiva nesta faixa.

O abafador do tipo concha (Figura 19) gera um  $NRR_{SF}$  calculado de 32 dB (superior aos 27dB oriundos do CA). O ouvido protegido recebe um nível global de ruído de 76dB, conforme o cálculo de campo, com base no método longo, e de 81dB, quando comparado ao nível de atenuação global do CA, o que o torna ineficaz na comparação com o  $NRR_{SF}$  dado pelo CA. Na análise espectral, utilizando as curvas extrapoladas *NC 73* e *NC 79* nota-se que nenhuma das bandas tiveram as curvas de referência ultrapassadas, sugerindo a eficácia do protetor, para o caso em estudo.

#### **4.3.2. Resultado e análise da proteção auditiva na operação da Peneira de lama**

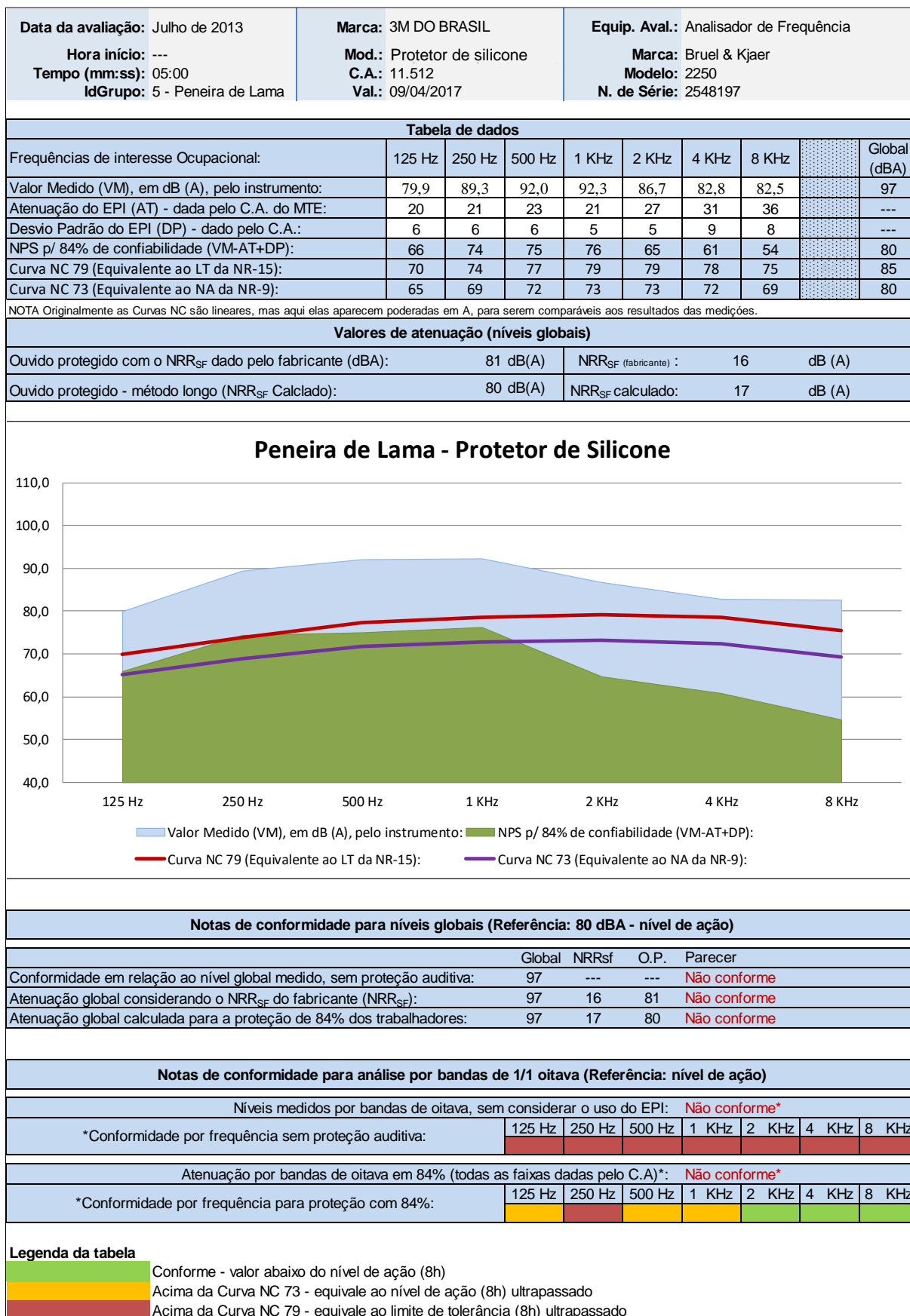
As Figuras 20 a 22 apresentam os detalhes da avaliação da proteção fornecidas pelos três modelos distintos de protetores auditivos utilizados na operação da peneira de lama.

A Figura 20 apresenta o estudo de atenuação do protetor de silicone.

A Figura 21 apresenta o estudo de atenuação do protetor de espuma.

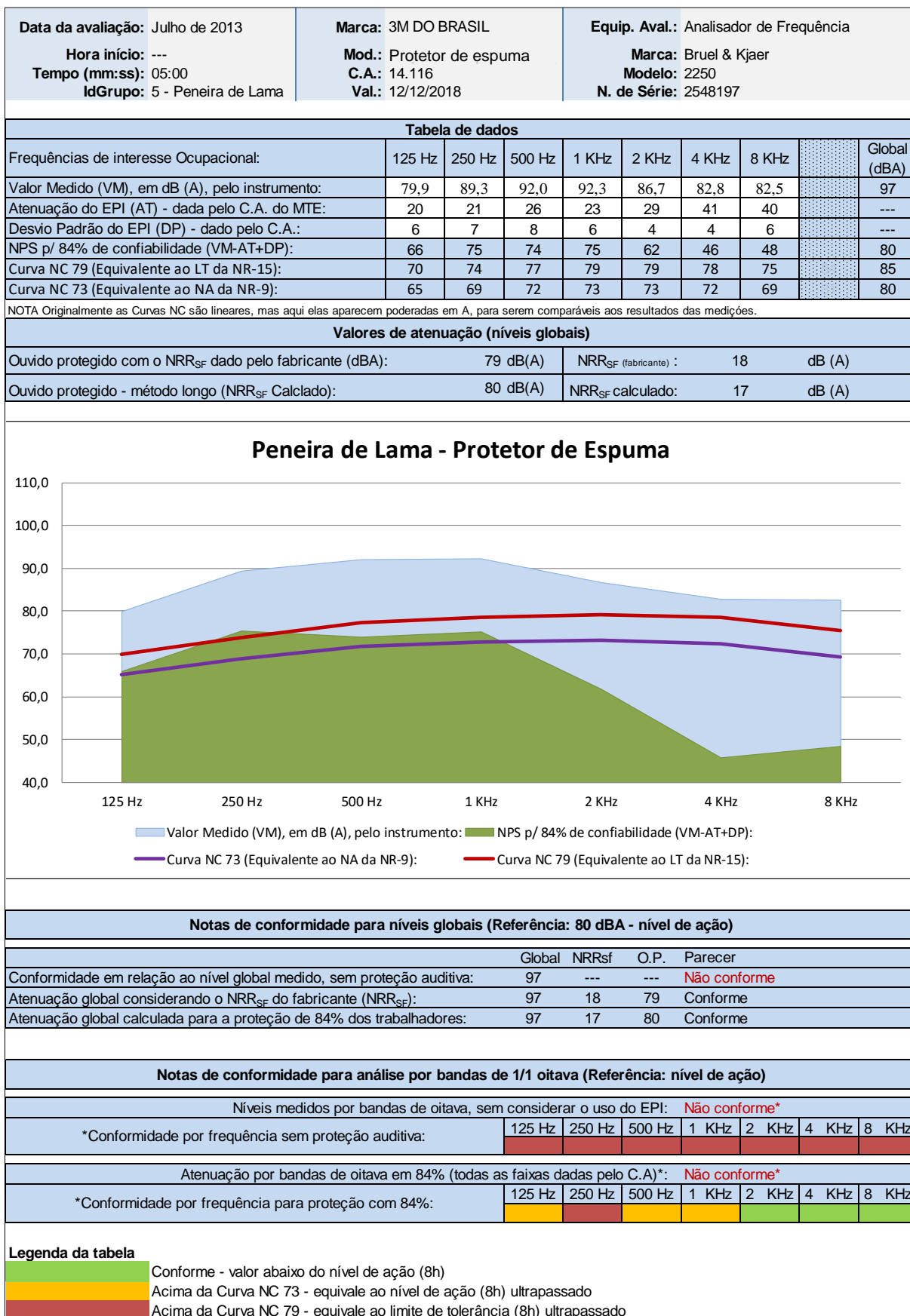
A Figura 22 apresenta o estudo de atenuação do abafador, tipo concha.

Figura 20 - Estudo de atenuação – Peneira de lama (protetor de silicone)



Fonte: arquivo pessoal

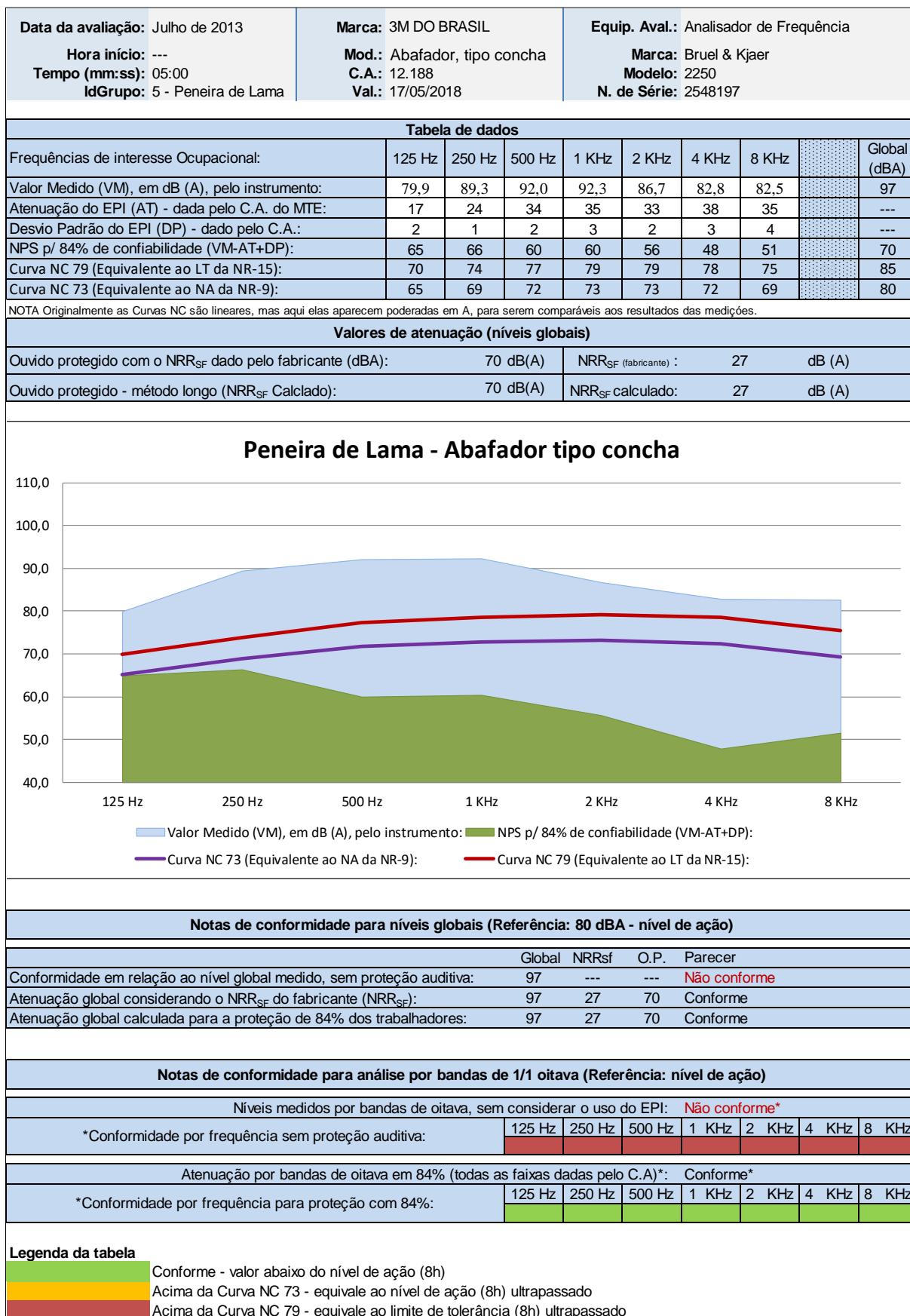
Figura 21 - Estudo de atenuação – Peneira de lama (protetor de espuma)



Fonte: arquivo pessoal



Figura 22 - Estudo de atenuação – Peneira de lama (abafador)



Fonte: arquivo pessoal

Na operação da peneira de lama, todo o espectro de ruído medido, ponderado em A, esteve acima da curva do limite de tolerância (*NC 79*). O protetor de silicone (Figura 20) gera um  $NRR_{SF}$  calculado de 17 dB (muito próximo aos 16dB oriundos do CA). O ouvido protegido recebe um nível global de ruído de 80dB, conforme o cálculo de campo, com base no método longo, e de 81dB, quando comparado ao nível de atenuação global do CA, o que o torna ligeiramente ineficaz em ambos os casos. Na análise espectral, utilizando as curvas extrapoladas *NC 73* e *NC 79* nota-se que as bandas de 125, 5000 e 1000 Hz excederam ao nível de ação, e a banda de 250 Hz excedeu o limite de tolerância, sugerindo a possibilidade de perda auditiva nesta faixa de baixa frequência.

O protetor de espuma (Figura 21) gera um  $NRR_{SF}$  calculado de 17 dB (muito próximo aos 18dB oriundos do CA). O ouvido protegido ainda recebe um nível global de ruído de 80dB, conforme o cálculo de campo, com base no método longo, e de 79dB, quando comparado ao nível de atenuação global do CA, o que o torna ligeiramente ineficaz na comparação com o  $NRR_{SF}$  calculado. Na análise espectral, utilizando as curvas extrapoladas *NC 73* e *NC 79* nota-se que as bandas de 125, 500 e 1000 Hz excederam ao nível de ação, e a banda de 250Hz excedeu o limite de tolerância, sugerindo a possibilidade de perda auditiva nesta faixa.

O abafador do tipo concha (Figura 22) gera um  $NRR_{SF}$  calculado de 27 dB (idêntico aos 27dB oriundos do CA). O ouvido protegido recebe um nível global de ruído de 70dB, conforme o cálculo de campo, com base no método longo, e de 70dB, quando comparado ao nível de atenuação global do CA, o que o torna eficaz em ambas as comparações. Na análise espectral, utilizando as curvas extrapoladas *NC 73* e *NC 79* nota-se que nenhuma das bandas tiveram as curvas de referência ultrapassadas, sugerindo a plena eficácia do protetor, para o caso em estudo.

#### **4.3.3. Resultado e análise da proteção auditiva Praça de máquinas**

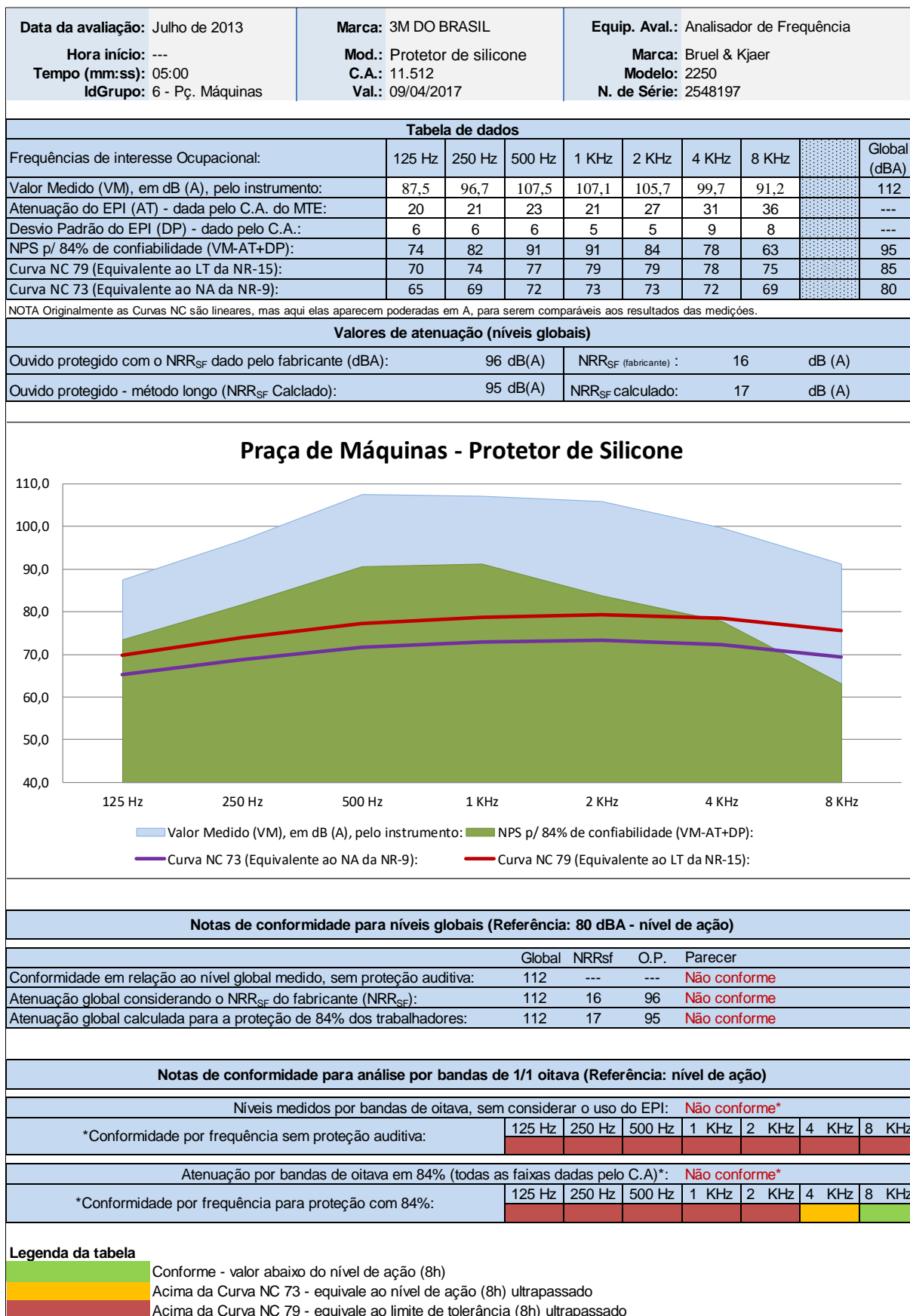
As Figuras 23 a 25 apresentam os detalhes da avaliação da proteção fornecidas pelos três modelos distintos de protetores auditivos utilizados na praça de máquinas.

A Figura 23 apresenta o estudo de atenuação do protetor de silicone.

A Figura 24 apresenta o estudo de atenuação do protetor de espuma.

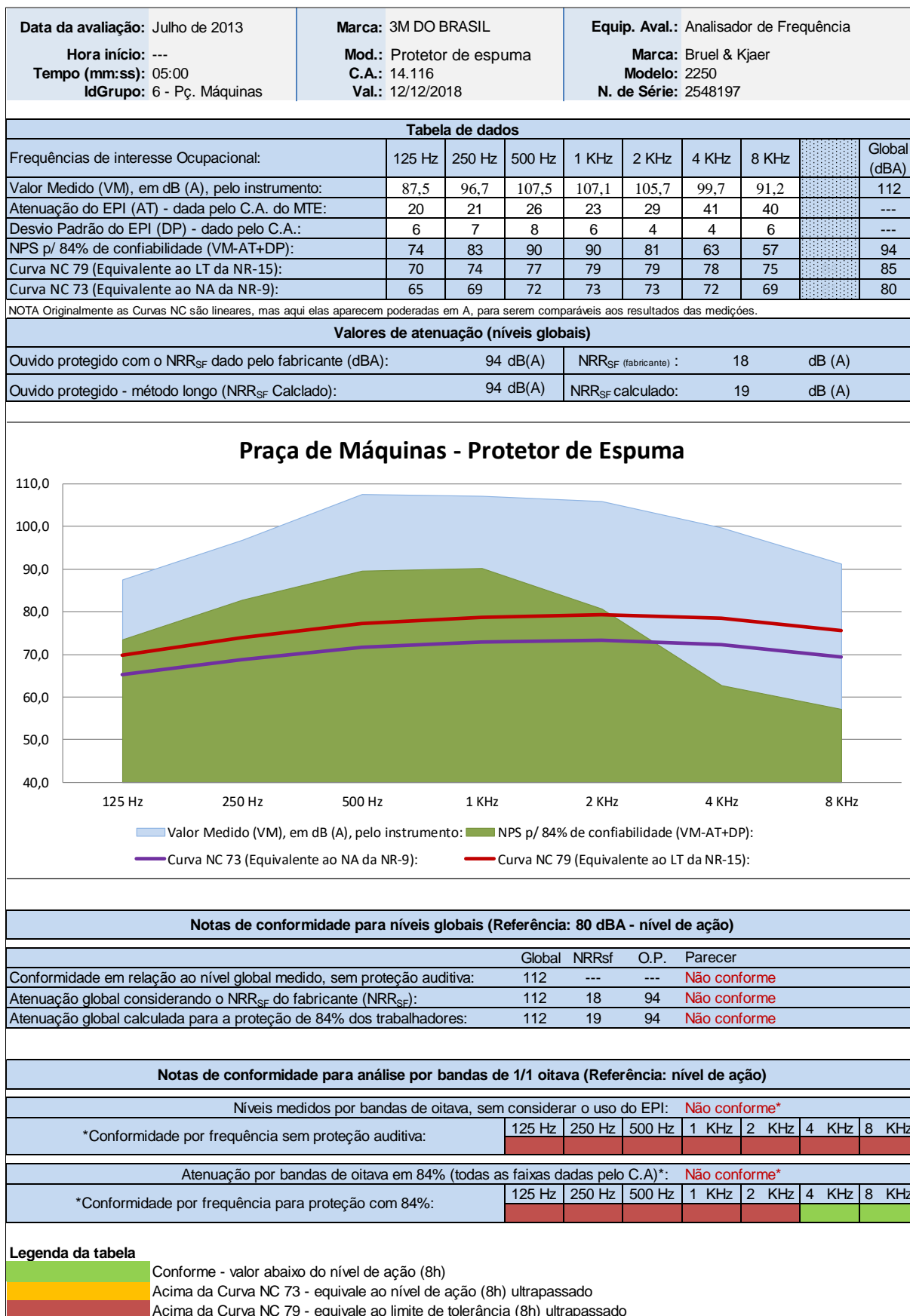
A Figura 25 apresenta o estudo de atenuação do abafador, tipo concha.

Figura 23 - Estudo de atenuação – Praça de máquinas (protetor de silicone)



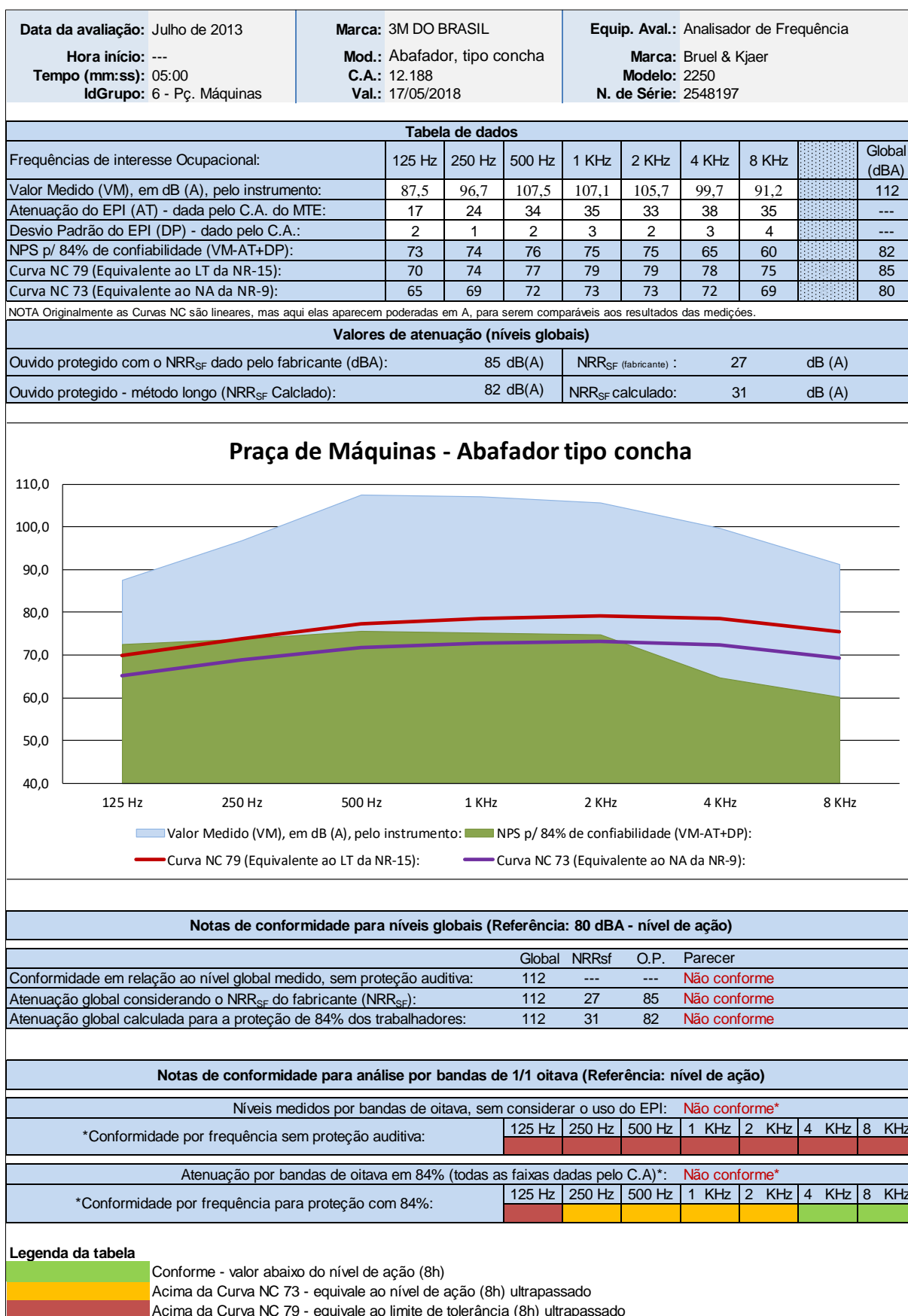
Fonte: arquivo pessoal

Figura 24 - Estudo de atenuação – Praça de máquinas (protetor de espuma)



Fonte: arquivo pessoal

Figura 25 - Estudo de atenuação – Praça de máquinas (abafador)



Fonte: arquivo pessoal

Na operação na praça de máquinas, todo o espectro de ruído medido, ponderado em A, esteve acima da curva do limite de tolerância (*NC 79*). O protetor de silicone (Figura 23) gera um  $NRR_{SF}$  calculado de 17 dB (muito próximo aos 16dB oriundos do CA). O ouvido protegido recebe um nível global de ruído de 95dB, conforme o cálculo de campo, com base no método longo, e de 96dB, quando comparado ao nível de atenuação global do CA, o que o torna ineficaz em ambos os casos. Na análise espectral, utilizando as curvas extrapoladas *NC 73* e *NC 79* nota-se que a banda de 8000Hz não teve o nível de ação excedido, e somente as bandas de 4000 e 8000 Hz não tiveram o limite de tolerância excedido, sugerindo a possibilidade de perda auditiva principalmente entre 500 e 1000Hz, onde se observa um ouvido protegido com maior intensidade sonora.

O protetor de espuma (Figura 24) gera um  $NRR_{SF}$  calculado de 19 dB (muito próximo aos 18dB oriundos do CA). O ouvido protegido ainda recebe um nível global de ruído de 94dB, conforme o cálculo de campo, com base no método longo, e também de 94dB, quando comparado ao nível de atenuação global do CA, o que o torna ineficaz na comparação com o  $NRR_{SF}$  calculado. Na análise espectral, utilizando as curvas extrapoladas *NC 73* e *NC 79* nota-se que as bandas de 125 a 2000 Hz excederam tanto o nível de ação quanto o limite de tolerância, sugerindo a possibilidade de perda auditiva nesta faixa.

O abafador do tipo concha (Figura 25) gera um  $NRR_{SF}$  calculado de 31 dB (superior aos 27dB oriundos do CA). O ouvido protegido recebe um nível global de ruído de 82dB, conforme o cálculo de campo, com base no método longo, e de 85dB, quando comparado ao nível de atenuação global do CA, o que o torna eficaz em ambas as comparações. Na análise espectral, utilizando as curvas extrapoladas *NC 73* e *NC 79* nota-se as bandas de 125 a 2000 Hz tiveram o nível de ação excedido, e a banda de 125 Hz excedeu o limite de tolerância, sugerindo a possibilidade de perda auditiva em frequências baixas.

#### 4.3.4. Considerações finais

Como visto alhures, a exposição ao ruído ocupacional é um dos fatores de risco mais incidentes e preocupantes nos locais de trabalho. Também foi visto que a exploração comercial do petróleo, em 1859, seria um marco para a história da indústria petrolífera, que viria a fazer muitas descobertas e a enfrentar uma série de desafios,

os quais jamais deixaram de surgir até os dias atuais. De plataformas terrestres com poucos metros de profundidade dos poços até gigantescas plataformas *offshore*, com poços cada vez mais profundos, e abrigando centenas de trabalhadores, que permanecem dias a fio nesses locais, com jornadas de trabalho maiores do que a convencional. Essa grandiosidade sempre envolveu enormes quantidades de dinheiro e produção de tecnologias inovadoras, mas também trouxe consigo muitos riscos à saúde dos trabalhadores.

Os elevados níveis de ruído presentes nos ambientes de uma plataforma de petróleo podem provocar nas pessoas expostas uma série de danos à saúde, principalmente a perda auditiva neurossensorial.

A revisão teórica sobre a acústica aplicada à avaliação da exposição ocupacional ao ruído nos leva a perceber que o ouvido humano é um órgão extremamente sensível às variações de pressão sonora, e que essa sensibilidade produz percepções do som em diferentes bandas de frequência. Os níveis de ruído, quando elevados em uma ou mais dessas bandas, compromete o correto funcionamento das células auditivas, provocando, então, a perda neurossensorial da audição.

A observação dos resultados encontrados no trabalho de campo, e sua comparação com as curvas de critério desenvolvidas e propostas nesse trabalho, mostram, de forma clara, a eficácia ou não dos protetores auditivos adotados para uso, tanto em níveis globais, como pelas bandas do espectro de frequência de interesse. Outrossim, este trabalho revelou que, por meio da observação das tabelas de resultados contidas nesse capítulo, a qualidade da atenuação varia em grau elevado, de acordo com o modelo de protetor selecionado para uso.

Ao se realizar a análise das Figuras 17 a 25, nota-se que os protetores auditivos de espuma e de silicone não demonstraram eficácia nas situações mais críticas de exposição ao ruído (considerando os casos exemplares apresentados nos subitens 4.3.1, 4.3.2, e 4.3.3 deste capítulo). O abafador do tipo concha demonstrou ser o mais adequado nesses casos, visto que sua atenuação média é maior que a dos outros modelos, além de ter um desvio padrão dos valores de atenuação menor. Aliás, os valores médios de atenuação deste último modelo têm demonstrado eficácia, pois observa-se que os níveis de pressão sonora ambientais em todo o espectro foram reduzidos a níveis protegidos em uma posição abaixo das curvas de referência ora

desenvolvidas e apresentadas, exceto quando utilizado na peneira de lama (Figura 25), quando denota fragilidade nas baixas frequências.

O mercado oferece inúmeros modelos de protetores auditivos, além daqueles apresentados neste estudo. Os gestores de Segurança e Saúde no Trabalho devem buscar modelos que atenuem o ruído nas piores condições. O uso das curvas aqui propostas auxilia esses profissionais na escolha do protetor adequado.

Este estudo não tem a intenção de desqualificar os protetores auditivos adotados para uso nas plataformas estudadas, até mesmo porque eles são adequados à maioria das situações. Ressalta-se que até mesmo o modelo menos conservador é perfeito nas situações mais brandas de exposição. Sabe-se que o superdimensionamento da proteção não deve ser considerado um objetivo a ser perseguido. O detalhe fundamental aqui é explicitar a fragilidade dos protetores mais conservadores, nas situações mais severas de exposição. Neste aspecto foram encontrados, de fato, casos de ineficácia, que devem ser corrigidos.



## 5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver e propor curvas de critério específicas que pudessem representar, em cada banda de frequência, os valores equivalentes ao limite de tolerância e ao nível de ação, em decibéis, estabelecidos pela legislação brasileira. Essas curvas foram aplicadas em um conjunto de plataformas de petróleo, onde foram medidos os níveis de pressão sonora por bandas de frequência de uma oitava, considerando as principais máquinas e equipamentos dessas plataformas.

Pode-se entender que os objetivos propostos neste trabalho foram alcançados, uma vez que demonstraram que a aplicação das curvas é viável e pode auxiliar os gestores de Segurança e Saúde no Trabalho na compreensão da exposição ao ruído, bem como na verificação da eficácia dos protetores auditivos e na escolha de protetores que sejam adequados a cada situação específica.

As curvas aqui propostas foram obtidas de forma teórica. Assim, sugere-se a continuidade dos estudos, de modo a verificar se estas curvas são realmente eficazes para a proteção auditiva dos trabalhadores. Como forma de verificação, sugere-se que sejam estudadas as perdas auditivas dos trabalhadores, juntamente com as medições de campo, para verificar em que níveis de ruído em cada banda iniciam-se as perdas auditivas neurossensoriais. Com essas informações, as curvas aqui propostas podem ser validadas, ou novas curvas podem ser sugeridas.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro, 1987. 4p.

ABNT. **NBR 10152: Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações**. Rio de Janeiro, 2017. 21p.

ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists. **Limites de Exposição Ocupacional para Substâncias Químicas e Agentes Físicos & Índices Biológicos de Exposição**. Traduzido pela Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais - ABHO, 2019.

ARAÚJO, G. M. de; REGAZZI, R. D. **Perícia e Avaliação de Ruído e Calor – Passo-a-Passo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Edição Própria, 2002. 448p.

BARBIERI, R.; NUNES, M. J. G. **Novos tempos, novos desafios**. Artigo técnico. Revista ABHO de Higiene Ocupacional, ano 10, nº 23, São Paulo 2011, p. 7-12.

BELLUSCI, S. M. **Doenças profissionais ou do trabalho**. 10. Ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 1996. 147p.

BERGER, E. H. et al. **The Noise Manual**. 5.ed. U.S.A.: AIHA, 2003. 796p.

BISTAFA, S. R. **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 368p.

BRASIL. Ordem de Serviço INSS/DAF/DSS Nº 608, de 05 de agosto de 1998

BRASIL. Portaria MTE nº 25, de 29 de dezembro de 1994 – NR-7

BRASIL. Portaria MTE nº 25, de 29 de dezembro de 1994 – NR-9.

BRASIL. Portaria MTE nº 3.214, de 8 de junho de 1978 – NR-15.

BRASIL. Portaria MTE nº 3.214, de 8 de junho de 1978 – NR-17.

BRASIL. Portaria MTE n.º 19, de 09 de abril de 1998

BREVIOLIERO, E.; POSSEBON, J.; SPINELLI, R. **Higiene ocupacional. Agentes biológicos, químicos e físicos**. 3. ed. São Paulo: Editora Senac, 2006. 448p.

CDC/NIOSH. **Criteria For A Recommended Standard – Occupational Noise Exposure, Revised Criteria 1998**, U.S. Department Of Health And Human Services, 1998. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/98-126/pdfs/98-126.pdf?id=10.26616/NIOSH PUB98126>. Acesso em: 28 out. 2019

CDC/NIOSH. **Method for Calculating and Using the Noise Reduction Rating – NRR**. [2012?]. Disponível em: [http://www.cdc.gov/niosh/z-draft-under-review-do-not-cite/hpdcompdev/pdfs/NIOSH\\_Compendium\\_Calculation.pdf](http://www.cdc.gov/niosh/z-draft-under-review-do-not-cite/hpdcompdev/pdfs/NIOSH_Compendium_Calculation.pdf). Acesso em: 26 set. 2015

CIOTE, F. A.; CIOTE, R. F. F; HABER, J. **Análise da atenuação de ruído de protetores auriculares**. Exacta, n. 3, p. 71-77, 2005.

CONSELHO FEDERAL DE FONOAUDIOLOGIA. **Padronização Internacional em Audiometria**, 2015. 8p. Disponível em: <http://www.fonoaudiologia.org.br/cffa/wp-content/uploads/2013/07/manual-iso.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2015.

ENGINEERING TOOLBOX, (2003). **NR - Noise Rating Curve**. [online]. Disponível em: [https://www.engineeringtoolbox.com/nr-noise-rating-d\\_60.html](https://www.engineeringtoolbox.com/nr-noise-rating-d_60.html). Acesso em 15 out. 2019.

FERNANDES, J. C. **Acústica e Ruídos**. São Paulo: 2002. 51p. Disponível em: <http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/acustica-ruídos-primeira-parte.doc>. Acesso em 19 out. 2015.

FERREIRA, A. B. H. **Dicionário da Língua Portuguesa**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1989. 536p.

FUNDACENTRO. **Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído – NHO 01**. São Paulo: Fundacentro, 2001. 40p.

GERGES, S. N. Y. **Artigo: Protetores Auditivos – Paradigma de Atenuação de Ruído**. 2002. 4p. Disponível em: [http://www.lari.ufsc.br/publicacoes/CPIA\\_27830112002.pdf](http://www.lari.ufsc.br/publicacoes/CPIA_27830112002.pdf). Acesso em: 26 set. 2015.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1992. 600p.

GUIMARÃES, A. **Prospecção de petróleo no mar**, 2010. Disponível em: <http://www.universodopetroleo.com.br/2010/07/artigo-sobre-exploracao-producao-refino.html>. Acesso em: 25 out. 2015.

HARTEL, R. (Produtor); OXLEY, P. (Diretor). **Gigantes da Engenharia - Plataformas de Petróleo** [Filme Cinematográfico], 2009.

ISO. **ISO 226:2003**. Acoustics: Normal Equal-Loudness-Level. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2003.

IZECKSOHN, S. **Um carrossel de parâmetros**. Artigo. Home Studio, 2013. Disponível em: <https://www.homestudio.com.br/single-post/2013/02/08/Um-carrossel-de-par%C3%A2metros>. Acesso em: 2 nov. 2019.

MAIA, P. A. **Estimativa de Exposições Não Contínuas a Ruídos**. São Paulo: Fundacentro, 2002. 224p.

MENDES, R. **Patologia do Trabalho**. 2.ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2007. 1924p.

MORAIS, J. M. de. **Petróleo em águas profundas: uma história tecnológica da Petrobras na exploração e produção offshore**. Brasília: Ipea: Petrobras, 2013. 424p.

MURGEL, E. **Fundamentos de acústica ambiental**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007. 131p.

OGATA, A. (Organizador). **Profissionais saudáveis, empresas produtivas: como promover um estilo de vida saudável no ambiente de trabalho e criar oportunidades para trabalhadores e empresas**. Rio de Janeiro: Elsevier: SESI, 2012. 205p.

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION et al. **OSHA technical manual, Section III: Chapter 5—Noise measurement**. US Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, 2015. Disponível em: [https://www.osha.gov/dts/osta/otm/new\\_noise/](https://www.osha.gov/dts/osta/otm/new_noise/). Acesso em: 29 dez. 2019.

QUEST TECHNOLOGIES. **instructions for Models 1900 and 2900 Integrating and Logging Sound Level Meter**. U.S.A: 56-352 Rev. F 1/98, 1998. 72p. Disponível em: [https://trsuatstorage.blob.core.windows.net/troos/Specs-Manuals/QST\\_1900\\_Manual.pdf](https://trsuatstorage.blob.core.windows.net/troos/Specs-Manuals/QST_1900_Manual.pdf). Acesso em: 27 dez. 2019.

RODRIGUES, M. A. G; DEZAN, A. A.; MORAES MARCHIORI, L. L. de. **Eficácia da escolha do protetor auditivo pequeno, médio e grande em programa de conservação auditiva**. Revista Cefac, v. 8, n. 4, p. 543-547, 2006.

SAFETY, O. S. H. A. **Health Standards (29 CFR 1910), Section 1910.95, Subpart G**. US Department of Labor, 1979.

SALIBA, T. M. **Manual prático de avaliação e controle do ruído**. 6. ed. São Paulo: LTr Editora Ltda., 2011. 136p.

THOMAS, J. E. (Organizador). **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência: PETROBRAS, 2004. 271p.

USP, Apostila eHO-102: **Agentes Físicos I**. São Paulo, 2018. 185p.

3M PERSONAL SAFETY DIVISION. **SoundProUser Manual**. U.S.A.: 3M Company, 053-576 Rev.L 8/14, 2014, 154p. Disponível em: <https://multimedia.3m.com/mws/media/7755670/soundpro-se-dl-series-sound-level-meter-user-manual.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2019.

## ANEXOS

### Anexo 1 - Tabela de dados gerais (resultados de todas as medições realizadas)

Resultados utilizados no trabalho (plataformas 1, 2, 4 e 6).

Plat.	Local avaliado	Id Grupo	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	8 KHz	Nível Gl.
1	Almoxarifado	1	45,1	54,5	61,8	61,6	57,1	52,6	47,2	66,1
6	Almoxarifado	1	51,3	57,4	58,4	56,8	54,3	52,0	48,7	63,8
4	Almoxarifado	1	56,3	57,3	69,4	61,9	60,4	53,9	46,8	71,0
6	Almoxarifado	1	50,3	57,4	59,8	56,7	52,9	46,4	40,2	63,8
2	Almoxarifado	1	50,1	58,9	66,4	61,5	54,8	47,6	42,6	68,5
2	Almoxarifado	1	51,4	54,2	59,3	58,3	55,0	49,4	44,2	64,4
6	DPO / Ponte de Comando	1	50,0	55,4	60,1	59,3	55,3	50,1	44,2	64,6
1	Escritório	1	43,1	53,3	59,0	56,4	52,1	50,1	47,4	62,5
4	Escritório	1	45,3	62,3	68,4	70,3	65,9	59,3	47,5	73,8
4	Sala da Segurança do Trabalho	1	46,9	52,1	59,2	55,2	53,3	50,6	46,1	62,5
2	Sala de Controle	1	56,4	59,3	61,7	60,7	57,9	53,4	47,2	66,9
1	Sala de Controle	1	46,4	54,7	62,6	60,0	58,5	54,3	43,9	66,3
6	Sala de Controle	1	49,3	54,7	59,7	57,8	54,2	48,8	45,1	63,9
4	Sala de Controle	1	46,9	56,5	65,5	62,3	58,0	50,7	44,3	68,3
6	Sala do Capitão	1	44,5	56,6	63,4	59,9	54,4	49,0	40,3	66,0
4	Sala do Capitão	1	41,9	48,9	58,7	54,9	49,3	44,2	39,1	61,0
1	Sala do Capitão	1	43,8	51,2	53,0	52,9	50,9	50,4	43,0	59,1
2	Sala do Capitão	1	54,5	56,9	62,8	61,7	58,0	52,2	48,1	67,0
2	Sala do Comissário	1	38,5	45,1	43,0	41,4	41,2	39,6	37,4	50,6
1	Sala do DPO	1	37,6	52,0	57,7	56,7	55,2	47,4	38,5	62,1
4	Sala do DPO	1	46,4	52,8	55,7	58,4	55,5	51,9	44,2	62,6
4	Sala do OIM	1	50,1	50,7	53,2	52,8	47,4	41,8	39,3	58,6
6	Sala do OIM	1	49,7	47,7	47,8	49,2	46,8	42,7	37,9	56,9
2	Sala do OIM	1	45,7	49,9	58,3	55,3	55,3	51,8	46,0	63,8
1	Sala do TC	1	36,5	47,6	51,4	48,1	45,8	42,3	36,2	55,1
2	Sala do TC	1	43,0	44,1	46,5	45,1	48,7	49,9	47,3	55,6
4	Sala do TC	1	43,8	40,3	47,8	45,8	45,1	43,5	41,5	53,5
6	Sala do Toolpusher	1	42,0	46,1	52,4	51,7	51,7	49,1	44,0	58,2
4	Sala do Toolpusher	1	46,0	52,7	59,2	55,5	53,6	49,2	41,2	62,5

1	Sala HSE	1	31,0	44,0	52,0	49,7	49,1	40,7	36,0	55,8
1	Sala HSE	1	30,9	32,7	37,4	38,2	40,1	34,5	29,7	45,0
6	Sala HSE	1	45,3	50,5	60,8	59,0	54,8	51,0	49,5	64,3
2	Sala HSE	1	57,1	57,0	66,9	63,1	59,2	55,7	49,8	69,7
1	BOP - Control Room	2	66,7	81,5	88,1	89,3	85,5	80,0	69,1	93,2
6	Cabine do Guindaste	3	55,6	62,9	71,2	66,7	59,7	53,2	48,1	73,3
4	Cabine do Guindaste	3	57,7	61,9	67,3	65,4	58,2	51,1	52,7	70,8
1	Guindaste	3	48,4	55,5	56,6	56,1	55,6	56,0	45,1	63,3
2	Guindaste de Bombordo	3	75,8	78,2	81,1	80,6	77,3	74,4	65,9	86,4
4	Camarote	4	34,1	32,9	36,1	30,1	24,5	21,2	20,9	40,4
6	Camarote	4	37,8	38,6	36,3	34,5	28,2	25,0	24,1	43,7
4	Camarote	4	32,6	32,0	35,5	32,2	31,1	37,3	36,7	43,4
2	Camarote	4	34,9	42,7	48,9	53,9	54,3	47,5	43,0	58,4
4	Camarote	4	35,1	36,4	40,5	34,6	33,1	41,2	38,0	46,6
4	Camarote	4	33,6	37,6	37,5	35,7	36,6	33,2	26,7	44,3
6	Camarote	4	41,0	44,2	41,1	37,5	35,1	29,8	27,3	48,1
1	Camarote	4	34,4	35,9	32,9	27,9	26,8	23,6	19,7	41,0
1	Camarote	4	37,6	36,1	37,6	33,2	29,5	28,9	24,4	43,5
4	Camarote	4	36,7	44,4	45,8	42,4	40,1	36,3	32,7	50,3
4	Camarote	4	44,2	46,4	45,4	38,8	35,0	29,9	24,0	50,8
2	Camarote	4	37,1	43,5	43,5	41,6	39,6	37,0	33,0	49,2
1	Camarote	4	30,5	31,4	34,0	33,9	33,3	32,6	30,3	41,9
6	Camarote	4	36,9	39,7	37,9	33,1	28,5	25,4	23,5	44,3
6	Camarote	4	35,6	36,9	38,6	40,4	44,9	44,4	45,7	51,0
4	Camarote	4	39,0	43,2	49,8	50,9	49,1	47,3	41,9	56,0
4	Camarote	4	42,0	45,5	46,2	39,9	39,4	40,1	31,9	51,0
1	Camarote	4	36,9	32,3	33,3	28,9	28,4	25,1	22,0	41,6
1	Camarote	4	31,6	33,1	37,3	35,1	34,4	29,6	23,6	43,0
1	Camarote	4	42,8	38,5	36,9	31,9	30,7	33,5	31,3	46,2
1	Camarote	4	31,5	35,0	34,0	30,6	28,7	24,0	19,2	42,0
2	Camarote	4	43,2	44,8	50,6	48,0	49,0	42,7	35,2	55,3
2	Camarote	4	41,8	39,7	43,1	39,1	39,0	37,5	34,3	48,9
1	Camarote	4	38,9	40,1	43,5	37,2	37,0	36,9	34,2	48,2
2	Camarote	4	39,8	42,7	46,4	41,7	44,3	44,9	41,0	52,2
2	Camarote	4	41,2	51,2	49,2	44,4	43,7	41,1	40,0	54,9
6	Camarote	4	41,9	41,9	41,1	38,3	31,2	27,3	25,7	48,0
1	Camarote	4	32,1	32,2	36,5	35,7	36,1	32,8	24,9	44,6
1	Camarote	4	36,0	32,8	31,0	29,8	31,2	31,1	28,6	43,6

6	Camarote	4	40,2	40,1	36,0	45,1	39,7	36,1	26,8	49,2
6	Camarote	4	43,5	45,5	40,9	38,6	36,6	33,4	28,0	49,9
6	Camarote	4	45,8	49,7	43,0	38,8	35,7	33,2	32,1	52,6
6	Camarote	4	45,2	53,3	53,7	47,0	42,7	35,2	30,8	57,6
2	Camarote	4	44,3	45,3	41,1	37,5	37,3	36,0	33,9	50,4
2	Camarote	4	40,9	45,1	43,2	39,8	38,9	35,4	30,0	50,7
2	Camarote	4	48,2	51,8	50,9	47,5	44,9	42,0	40,5	56,9
2	Camarote	4	42,3	46,0	46,0	42,9	40,6	38,8	34,9	52,7
1	Coffee Shop	5	46,3	47,4	56,6	57,1	56,1	50,1	45,3	62,1
2	Coffee Shop	5	51,3	57,9	63,0	62,9	60,1	56,3	54,5	68,1
4	Coffee Shop	5	53,4	58,1	61,2	61,6	59,0	51,8	48,4	66,7
6	Coffee Shop	5	51,0	55,9	61,7	59,3	56,7	51,5	50,5	65,6
6	Coffee Shop	5	55,1	66,8	67,2	62,9	57,6	51,3	46,6	71,2
2	Coffee Shop	5	61,1	62,7	66,9	66,7	60,9	51,8	44,5	71,6
6	Convés - Atividades de rotina	6	66,6	66,3	70,0	72,9	66,3	63,4	64,8	76,8
1	Convés - Atividades de rotina	6	60,6	69,4	70,9	72,0	68,8	62,6	53,9	76,8
4	Convés - Atividades de rotina	6	67,8	75,3	83,6	88,7	90,4	88,3	83,6	94,8
2	Convés - Atividades de rotina	6	62,1	63,4	69,3	70,4	70,5	65,9	57,6	76,1
6	Convés - Atividades de rotina	6	70,2	72,6	74,9	72,9	68,5	62,4	57,4	79,6
6	Convés - Operação de Agulheiro	7	77,1	85,4	92,0	97,0	97,9	98,6	93,8	103,6
4	Convés - Operação de Agulheiro	7	80,7	88,7	95,4	101,6	105,2	105,3	102,2	110,1
1	Cozinha	8	44,5	45,5	50,9	47,4	46,0	43,2	37,8	55,0
2	Drill Floor	9	72,3	79,1	80,3	80,8	75,9	66,9	60,9	85,7
4	Plataforma de Perfuração	9	62,6	66,9	69,9	71,0	67,7	60,3	54,0	75,6
1	Plataforma de Perfuração	9	70,3	78,2	79,2	80,1	76,5	71,6	64,2	85,1
2	Enfermaria	10	45,2	53,1	53,6	52,6	48,2	39,7	37,5	58,7
1	Enfermaria	10	37,0	39,7	47,0	48,7	48,3	44,2	37,6	54,0
4	Enfermaria	10	43,1	58,9	60,9	58,2	56,2	52,6	46,5	65,3
6	Enfermaria	10	45,5	49,0	56,5	54,9	53,8	48,0	41,5	60,8
6	Girafa Inferior - cabine	11	65,4	75,1	81,3	81,7	76,5	70,0	63,9	85,8
4	Girafa Inferior – IRA	11	64,4	68,5	71,8	68,4	66,1	57,3	51,2	75,7
4	Heli Deck (recepção de aeronave)	12	76,1	82,9	89,6	93,2	94,3	92,8	88,5	99,3
1	Lavanderia	13	57,1	62,0	66,7	71,7	65,4	58,9	52,6	74,2
2	Lavanderia	13	62,8	62,1	63,8	65,1	59,7	56,2	54,7	70,4
4	Lavanderia	13	59,4	68,1	72,6	73,1	75,8	74,6	71,2	81,0

2	Lavanderia	13	64,0	68,8	75,2	69,4	65,3	60,6	58,5	77,6
6	Lavanderia	13	61,6	63,2	68,8	68,0	61,0	50,2	40,8	72,9
4	Oficinas	14	50,6	62,2	71,5	72,2	67,6	59,3	49,3	75,9
2	Oficinas	14	53,5	58,9	63,4	69,5	64,7	53,2	50,3	71,9
6	Oficinas	14	61,1	67,3	65,2	66,6	64,8	55,1	45,9	72,5
1	Oficinas	14	55,1	65,7	72,4	72,9	70,0	65,5	58,1	77,4
6	Oficinas	14	63,9	69,9	82,7	78,7	70,1	71,0	74,2	85,1
4	Oficinas	14	67,9	70,8	74,3	76,1	75,7	75,1	77,2	83,2
4	Oficinas	14	63,1	69,9	74,2	80,6	86,4	87,9	87,9	92,6
2	Oficinas	14	60,2	70,6	81,0	78,5	73,2	65,3	56,7	83,7
4	Oficinas	14	58,4	64,1	69,2	70,3	69,0	65,4	57,6	75,4
2	Oficinas	14	57,9	58,3	66,2	64,7	61,2	54,6	49,9	70,2
2	Oficinas	14	71,5	71,2	74,1	71,9	70,5	66,0	63,6	79,4
6	Oficinas	14	63,2	68,5	70,0	72,1	70,7	64,6	58,1	77,1
1	Peneira de Lama	15	74,8	83,6	84,8	84,1	81,7	84,3	87,5	92,6
6	Peneira de Lama	15	78,1	86,1	92,4	94,6	85,6	80,3	72,6	97,5
2	Peneira de Lama	15	81,2	93,7	94,2	93,3	88,8	84,1	80,4	99,2
4	Peneira de Lama	15	82,1	86,3	92,2	91,6	87,8	80,8	73,1	96,5
2	Pintura	16	60,7	63,6	72,1	71,9	69,9	62,4	53,1	76,7
4	Pintura	16	69,8	78,1	72,9	76,0	72,4	64,9	53,1	81,9
1	Pintura	16	63,6	66,3	72,6	73,4	69,4	60,9	55,2	77,6
4	Plataforma BOP	17	64,0	70,8	73,6	76,3	72,4	61,7	54,9	80,0
6	Plataforma BOP	17	57,8	63,2	67,5	68,4	63,4	57,2	50,0	72,6
1	Plataforma BOP	17	71,0	70,9	73,3	74,5	70,7	61,1	53,2	79,4
2	Plataforma BOP	17	69,8	71,0	75,4	79,0	76,8	77,3	74,4	84,3
1	Plataforma BOP	17	64,5	68,1	67,9	68,2	65,2	63,0	61,0	74,9
4	Ponte de Comando	18	47,9	55,8	59,5	56,9	53,1	46,9	41,3	63,3
2	Praça de Máquinas	19	79,5	88,8	95,2	98,1	96,0	93,8	92,1	102,7
4	Praça de Máquinas	19	85,8	94,0	105,1	105,7	104,1	97,3	89,5	110,2
1	Praça de Máquinas	19	87,2	90,5	96,9	98,8	95,3	91,4	88,5	102,9
1	Praça de Máquinas	19	88,0	91,9	98,4	98,8	95,5	90,3	84,8	103,4
4	Praça de Máquinas	19	87,5	96,7	107,5	107,1	105,7	99,7	91,2	112,1
2	Refeitório	20	45,8	53,7	62,2	63,7	61,1	57,1	53,9	68,0
1	Refeitório	20	44,7	47,3	53,7	55,2	52,8	49,0	44,8	59,8
6	Refeitório	20	45,2	45,8	44,7	46,6	47,1	50,3	39,7	55,2
4	Refeitório	20	50,1	53,5	56,0	54,6	50,4	50,3	47,1	61,2
4	Oficinas	14	53,2	55,6	52,6	48,4	44,8	41,1	35,9	59,7
1	Oficinas	14	55,6	59,0	62,8	65,6	63,5	61,6	60,0	70,6



6	Oficinas	14	50,9	54,3	56,0	54,4	51,9	47,7	40,3	61,4
1	Oficinas	14	44,0	49,3	55,6	57,4	53,9	46,1	41,0	61,3
6	Sala de Radio	21	45,9	55,2	57,7	56,4	55,9	52,4	49,0	63,1
1	Sala de Rádio	21	36,4	45,4	51,2	49,3	47,9	46,6	41,3	55,8
2	Sala de Rádio	21	52,9	56,6	61,6	61,4	57,7	53,6	48,1	66,4
4	Sala de Rádio	21	45,0	57,0	62,9	62,1	59,3	51,1	45,4	67,1
2	Sala de TV	21	43,0	54,2	63,2	61,1	55,8	52,1	49,8	66,3
1	Sala de TV	21	32,8	35,5	43,5	42,5	39,3	33,7	26,8	48,8
6	Sala dos Motores	19	86,0	92,1	104,4	103,0	102,3	95,5	87,8	108,5
6	Sala dos Motores	19	86,8	94,4	104,3	103,4	102,0	97,4	88,7	108,7
2	Sala de Bomba	22	68,3	75,0	84,0	80,0	75,3	69,7	62,4	86,4
1	Sala de Bomba	22	69,0	78,1	83,9	78,2	75,1	72,9	69,7	86,5
6	Sala de Bomba	22	78,5	87,5	94,3	91,3	87,2	81,6	74,5	97,3
4	Sala de Bomba	22	82,0	88,2	96,4	97,6	96,8	93,6	83,4	102,6
2	Monpool	23	67,1	66,7	69,1	69,2	64,1	58,7	55,1	74,8

#### Resultados descartados (plataformas 3 e 5)

Plat.	Local avaliado	Id Grupo	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	8 KHz	Nível Gl.
5	Sala do TC	1	53,8	52,7	53,3	47,1	42,9	38,4	32,4	63,1
3	Almoxarifado	1	65,6	55,9	59,1	42,7	44,8	38,0	41,3	68,4
5	Sala do DPO	1	64,0	63,9	63,5	61,7	59,8	54,0	45,7	71,5
3	Sala do Comissário	1	57,8	45,2	42,1	42,2	43,5	46,9	35,3	68,4
5	Escritório	1	63,4	56,9	57,2	54,7	51,5	45,0	38,0	70,2
3	Sala do OIM	1	63,8	59,0	51,0	47,3	47,1	44,3	39,9	70,5
3	Sala de Controle	1	63,0	58,2	59,7	61,9	56,4	50,4	41,4	71,5
5	Sala HSE	1	62,4	54,3	55,7	51,5	46,9	41,2	35,9	71,4
3	Sala da Segurança do Trabalho	1	61,7	53,4	48,4	43,3	48,1	41,3	37,2	71,6
5	Sala do OIM	1	60,3	60,3	64,3	60,1	55,9	48,8	43,0	72,8
5	Sala de Controle	1	66,1	64,8	62,3	59,4	54,3	49,1	44,6	77,1
5	Almoxarifado	1	71,2	65,9	57,3	54,9	51,1	45,8	39,7	81,1
3	Guindaste	3	72,4	66,0	59,7	63,9	65,2	61,2	51,9	77,1
5	Guindaste de Boreste	3	71,7	68,1	68,3	65,0	61,7	57,5	52,7	78,0
5	Camarote	4	50,4	45,8	37,1	32,8	37,7	38,4	38,3	57,7
3	Camarote	4	55,6	53,6	40,2	39,9	32,1	41,1	40,9	61,6
5	Camarote	4	56,0	47,2	47,2	43,4	44,5	35,8	25,1	61,9
5	Camarote	4	59,8	52,2	42,7	39,3	41,4	40,3	40,5	63,8
5	Camarote	4	54,7	48,0	42,9	37,9	37,3	35,3	28,2	62,5
5	Camarote	4	51,3	46,9	40,1	34,6	31,5	27,1	24,3	63,1
3	Camarote	4	49,5	43,4	46,8	39,3	35,8	44,6	26,9	63,5
5	Camarote	4	56,7	51,5	42,6	35,7	37,9	36,9	33,9	64,7

3	Camarote	4	50,3	40,7	36,0	32,6	43,0	32,6	34,4	65,0
3	Camarote	4	61,3	52,2	48,7	50,4	36,2	26,4	41,9	66,8
3	Camarote	4	60,2	51,9	52,3	57,4	44,2	43,0	34,2	67,7
5	Camarote	4	61,8	55,1	47,7	42,6	37,4	29,7	25,0	67,7
5	Camarote	4	60,0	52,8	50,6	42,5	37,5	29,9	22,0	67,4
3	Camarote	4	61,2	45,5	49,1	43,6	39,5	36,5	39,7	69,0
3	Camarote	4	59,3	51,0	48,3	40,2	40,1	33,5	35,9	70,1
5	Camarote	4	58,5	49,3	42,5	40,2	36,2	27,3	22,4	70,9
3	Camarote	4	57,3	51,1	56,2	44,2	53,5	45,5	42,3	71,1
3	Convés - Atividades de rotina	6	70,3	67,7	65,3	62,6	55,4	50,5	46,7	76,6
5	Convés - Atividades de rotina	6	80,1	78,0	79,0	76,1	68,7	60,2	52,5	85,8
5	Cozinha	8	67,9	65,5	66,2	67,7	68,0	59,6	52,3	75,1
3	Cozinha	8	72,0	68,2	71,9	64,5	57,8	52,4	49,5	79,3
5	Enfermaria	11	60,7	51,4	45,8	42,3	39,9	32,3	26,3	65,3
3	Enfermaria	11	58,2	50,5	59,9	53,2	45,7	31,8	40,1	71,8
5	Girafa Inferior - IRA	12	61,5	57,8	64,7	59,2	58,4	59,4	63,9	73,7
5	Girafa Superior - URA	12	74,0	65,8	62,6	60,3	58,7	54,2	54,4	78,7
3	Lavanderia	20	66,5	63,5	61,7	64,1	58,1	57,3	48,5	73,9
3	Lavanderia	20	72,2	68,1	66,5	62,5	58,9	53,2	47,7	81,4
5	Lavanderia	20	80,2	73,5	70,7	66,0	60,7	52,5	46,1	84,7
3	Monpool	21	67,5	67,5	84,6	81,1	71,5	66,3	65,2	86,7
3	Oficinas	22	55,7	51,4	49,1	47,8	55,1	42,3	41,1	64,3
3	Oficinas	22	75,9	69,3	80,8	63,7	59,5	53,6	46,5	83,2
5	Oficinas	22	71,0	68,6	72,2	63,3	63,3	61,1	59,7	79,5
3	Oficinas	22	83,4	78,4	75,7	71,6	65,4	62,9	76,0	87,4
3	Peneira de Lama	23	78,4	76,1	77,3	73,4	66,5	59,3	52,8	83,3
5	Peneira de Lama	23	102,3	94,3	90,4	86,8	82,3	84,9	88,7	105,4
3	Pintura	24	78,9	74,0	70,6	67,5	61,4	63,8	53,5	82,7
5	Pintura	24	76,9	74,1	73,1	69,3	63,6	55,2	48,1	83,9
5	Plataforma BOP	25	74,8	73,4	70,5	67,8	66,0	63,2	58,6	81,5
3	Plataforma de Perfuração	26	84,4	75,4	72,6	68,7	64,2	58,5	52,6	87,0
5	Plataforma de Perfuração	26	74,3	73,7	82,3	75,7	67,4	61,0	58,3	86,6
3	Ponte de Comando	27	61,1	56,8	55,6	54,6	53,4	50,0	42,7	69,7
3	Praça de Máquinas	28	99,1	103,9	99,2	95,8	96,3	97,2	97,1	107,9
5	Praça de Máquinas	28	102,2	97,2	105,1	104,1	102,5	97,0	88,7	110,6
5	Sala da Elétrica	30	63,3	63,0	58,3	54,4	51,3	48,6	43,9	71,5
5	Sala da Mecânica	30	73,2	71,4	71,6	70,4	66,8	56,6	55,9	82,3
3	Sala de Rádio	31	62,8	61,4	59,5	57,8	50,7	49,3	40,5	68,7
5	Sala de TV	31	59,3	55,9	50,4	43,8	40,3	31,7	25,8	68,3
5	Sala de Rádio	31	55,6	57,3	60,0	56,7	53,8	49,1	41,6	70,7
3	Sala de Bomba	33	90,5	89,0	89,2	84,6	75,8	66,7	64,6	95,0
5	Sala de Bomba	33	89,0	86,6	83,4	79,8	78,3	79,5	75,3	96,1

## Anexo 2 – Descrições físicas dos principais ambientes avaliados

Local avaliado	Descrição do local
Almoxarifado	Sala em estrutura metálica, paredes em divisórias metálicas revestidas, iluminação artificial com lâmpadas fluorescentes, piso em chapa metálica com revestimento em borracha, ventilação artificial com climatização por sistema central, bancadas e prateleiras para armazenamento de peças e materiais de reposição. Equipamentos: computador e impressora.
Convés	Área a céu aberto em estrutura metálica, piso em chapa metálica, sem paredes ou divisórias, ambiente predominantemente na cor preta, refletores com lâmpada mista, ventilação natural sem climatização. Equipamentos: Drill Pipe, Riser.
Drill Floor	Área a céu aberto em estrutura metálica, piso em chapa metálica, paredes em chapa metálica revestida, ambiente predominantemente na cor preta, refletores com lâmpada mista, ventilação natural sem climatização. Equipamentos: Drill Pipe, broca de perfuração, girafa superior, girafa inferior, Top Drive, mesa rotativa.
Guindaste	Cabine em estrutura metálica, climatizada, assento em poltrona com ajuste de altura e distância dos controles, iluminação artificial e natural.
Guindaste de Bombordo	Cabine em estrutura metálica, climatizada, assento em poltrona com ajuste de altura e distância dos controles, iluminação artificial e natural.
Oficinas	<b>Mecânica de manutenção:</b> Área a céu aberto em estrutura metálica, piso em chapa metálica, sem paredes ou divisórias, ambiente predominantemente na cor preta, refletores com lâmpada mista, ventilação natural sem climatização. Equipamentos: Drill Pipe, Riser. <b>Elétrica de manutenção:</b> Sala em estrutura metálica, paredes em divisórias metálicas revestidas, iluminação artificial com lâmpadas fluorescentes, piso em chapa metálica com revestimento em borracha, ventilação artificial com climatização por sistema central. Equipamentos: computador e impressora.
Peneira de Lama	Sala em estrutura metálica, piso em grade sobre os tanques de manobra, iluminação artificial por lâmpadas de mercúrio, ventilação forçada por meio de damper. Equipamentos: peneiras de lama que efetuam a separação dos cascalhos do fluido de perfuração (lama sintética).
Plataforma BOP	Sala em estrutura metálica, iluminação artificial com lâmpadas fluorescentes, bancada de equipamentos, piso em chapa metálica com revestimento em borracha, ventilação artificial com climatização por

		sistema central. Equipamentos: furadeira de bancada, solda eletrônica, alicate, chave de fenda.
Plataforma de Perfuração		Área a céu aberto em estrutura metálica, piso em chapa metálica, paredes em chapa metálica revestida, ambiente predominantemente na cor preta, refletores com lâmpada mista, ventilação natural sem climatização. Equipamentos: Drill Pipe, broca de perfuração, girafa superior, girafa inferior, Top Drive, mesa rotativa.
Ponte de Comando		Sala em estrutura metálica, paredes em divisórias metálicas revestidas, iluminação artificial com lâmpadas fluorescentes, piso em chapa metálica com revestimento em borracha, ventilação artificial com climatização por sistema central.
Praça de Máquinas		Três salas em estrutura metálica, cada uma com 02 geradores, cobertura em chapa metálica com rebaixamento em chapas de zinco, piso em chapa metálica revestido com fórmica, iluminação artificial por lâmpadas de vapor, ventilação artificial por meio de dumpers. Equipamentos: grupos moto geradores.
Sala de Controle		Sala em estrutura metálica, piso suspenso em MDF, paredes em divisórias metálicas revestidas, iluminação artificial com lâmpadas florescentes, ventilação artificial com climatização por sistema central.
Sala de Rádio		Sala em estrutura metálica, paredes em divisórias metálicas revestidas, iluminação artificial com lâmpadas fluorescentes, piso em chapa metálica com revestimento em borracha, ventilação artificial com climatização por sistema central. Equipamentos: computador, impressora, rádio comunicador.
Sala do DPO		Sala em estrutura metálica, paredes em divisórias metálicas revestidas, iluminação artificial com lâmpadas fluorescentes, piso em chapa metálica com revestimento em borracha, ventilação artificial com climatização por sistema central. Equipamentos: mesa central, computadores e sistemas de controle do posicionamento.
Sala HSE		Sala em estrutura metálica, paredes em divisórias metálicas revestidas, iluminação artificial com lâmpadas fluorescentes, piso em chapa metálica com revestimento em borracha, ventilação artificial com climatização por sistema central. Equipamentos: computador, impressora, projetor.

### Anexo 3 – Certificado de Aprovação do protetor auditivo

## Protetor auditivo de ESPUMA MOLDÁVEL



MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE  
SECRETARIA DE INSPEÇÃO DO TRABALHO - SIT  
DEPARTAMENTO DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO - DSST

EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO - CA Nº 14.116**  
**VÁLIDO**

Validade: 12/12/2018

Nº. do Processo: 46000.007026/2013-11

**Produto:** Importado

**Equipamento:** PROTETOR AUDITIVO

**Descrição:** Protetor auditivo de segurança, tipo plug na cor magenta e amarela, de espuma pré-moldada, com pontas arredondadas e bordas expandidas. Comprimento de 28 mm, largura máxima da base 16,7 mm, comprimento da secção cilíndrica 18 mm, de diâmetro nominal da secção cilíndrica 10,7 mm.

**Aprovado para:** PROTEÇÃO DO SISTEMA AUDITIVO DO USUÁRIO CONTRA NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA SUPERIORES AO ESTABELECIDO NA NR 15, ANEXOS I E II, CONFORME TABELA DE ATENUAÇÃO ABAIXO.

**Marcação do CA:** Etiqueta na embalagem do EPI

**Referências:** Howard Leight Laser Lite LL-1 (sem cordão); Howard Leight Laser Lite LL-30 (com cordão)

**Normas técnicas:** ANSI S12.6 - 2008 - Metodo B

**Laudos:**

Nº. Laudo: 057-2013

**Laboratório:** LAEPI - LABORATÓRIO DE EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

**Empresa:** HONEYWELL INDUSTRIA E EQUIPAMENTOS DE SEGURANCA LTDA.

**CNPJ:** 60.481.231/0001-96 **CNAE:** 3292 - Fabricação de equipamentos e acessórios para segurança e proteção pessoal e profissional

**Endereço:** MARGINAL DA RODOVIA DOS BANDEIRANTES 100

**Bairro:** DISTRITO INDUSTRIAL

**CEP: 13213008**

**Cidade:** JUNDIAI

UF: SP

Tabela de Atenuação										
Frequência (Hz):	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000	NRRsf
Atenuação db:	20	21	26	23	29	0	41	0	40	18
Desvio Padrão:	6	7	8	6	4	0	4	0	6	0

## Protetor auditivo de SILICONE



**MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE  
SECRETARIA DE INSPEÇÃO DO TRABALHO - SIT  
DEPARTAMENTO DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO - DSST**

**EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL**

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO - CA Nº 11.512  
VÁLIDO**

**Validade:** 09/04/2017

**Nº. do Processo:** 46017.006455/2012-01

**Produto:** Nacional

**Equipamento:** PROTETOR AUDITIVO

**Descrição:** Protetor auditivo, confeccionado em silicone grau farmacêutico, tipo inserção, composto de um eixo com três flanges, onde a primeira, a segunda e a terceira, são flanges maciças e cônicas, todas de dimensões variáveis, contendo um orifício no seu interior, protetor tamanho único, moldável a diferentes canais auditivos, com ou sem sensor, em cores variáveis, com cordão de polipropileno ou cordão de silicone em várias cores, ou sem cordão.

**Aprovado para:** PROTEÇÃO DO SISTEMA AUDITIVO DO USUÁRIO CONTRA NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA SUPERIORES AO ESTABELECIDO NA NR 15, ANEXOS I E II, CONFORME TABELA DE ATENUAÇÃO ABAIXO

**Marcação do CA:** HASTE

**Referências:** MAXXI SILICONE POLI-1503

**Tamanhos:** UNIVERSAL

**Normas técnicas:** ANSI S12.6-2008

**Laudos:**

**Nº. Laudo:** 054-2011

**Laboratório:** LAEPI - LABORATÓRIO DE EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

**Empresa:** MAXXI ROYAL INDUSTRIA E COMERCIO DE PRODUTOS AURICULARES, EQUIPAMENTOS DE PROTECAO E SEGURANCA INDIVIDUAL LTDA - EPP

**CNPJ:** 03.708.555/0001-80 **CNAE:** 3292 - Fabricação de equipamentos e acessórios para segurança e proteção pessoal e profissional

**Endereço:** ENGENHEIRO ARMANDO DE ARRUDA PEREIRA 137

**Bairro:** CERAMICA

**CEP:** 09581170

**Cidade:** SAO CAETANO DO SUL

**UF:** SP

Tabela de Atenuação										
Frequência (Hz):	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000	NRRsf
Atenuação db:	20	21	23	21	27	0	31	0	36	16
Desvio Padrão:	6	6	6	5	5	0	9	0	8	0

## Protetor auditivo TIPO CONCHA



**MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE  
SECRETARIA DE INSPEÇÃO DO TRABALHO - SIT  
DEPARTAMENTO DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO - DSST**

EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO - CA Nº 12.188  
VÁLIDO**

**Validade:** 17/05/2018

**Nº. do Processo:** 46000.000854/2013-10

**Produto:** Importado

**Equipamento:** PROTETOR AUDITIVO

**Descrição:** Protetor auditivo, tipo concha, com parte externa em ABS, haste de sustentação em aço inoxidável, espuma anti-ruído, almofada desmontável para um perfeito ajuste na cabeça.

**Aprovado para:** PROTEÇÃO DO SISTEMA AUDITIVO DO USUÁRIO CONTRA NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA SUPERIORES AO ESTABELECIDO NA NR 15, ANEXOS I E II, CONFORME TABELA DE ATENUAÇÃO ABAIXO.

**Marcação do CA:** Nas conchas

**Referências:** Protetor Auditivo do Tipo Concha H10A

**Normas técnicas:** ANSI S12.6-2008

**Laudos:**

**Nº. Laudo:** 062-2012

**Laboratório:** LAEPI - LABORATÓRIO DE EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

**Empresa:** 3M DO BRASIL LTDA

**CNPJ:** 45.985.371/0001-08 **CNAE:** 2099 - Fabricação de produtos químicos não especificados anteriormente

**Endereço:** ANHANGUERA S/N KM 110

**Bairro:** JARDIM MANCHESTER (NOVA VENEZA)

**CEP:** 13181900

**Cidade:** SUMARE

**UF:** SP

	Tabela de Atenuação									
Frequência (Hz):	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000	NRRsf
Atenuação db:	17	24	34	35	33	0	38	0	35	27
Desvio Padrão:	2	1	2	3	2	0	3	0	4	0

## Anexo 4 – Certificado de calibração do medidor de ruído



LACEL.B&K - Laboratório de Acústica  
Spectris do Brasil Instrumentos Eletrônicos Ltda  
Rua Laguna, 276 Jardim Caravelas - São Paulo / SP  
CEP: 04728-000  
Telefone: (11) 5188-8165  
e-mail: sac@bksv.com

**CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO**

Certificado N°: CBR1300177

página 1 de 22

**CALIBRAÇÃO DE:**

Medidor de Nível Sonoro: 2250      Número de série: 2548197  
Fabricante:      Brüel & Kjær  
Identificação:      0214769  
Classificação:      Tipo 1

**CLIENTE:**

SESI - Serviço Social da Indústria  
Rua Moraes e Silva, 53 2º andar bairro Maracanã  
Rio de Janeiro / RJ  
20271-030



Processo LACEL.B&amp;K: 074/13

**CONDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO:**

Pré-condicionamento:      4 horas em  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$   
Condições ambientais:      Temperatura ambiente:  $21,4^\circ\text{C}$        $\pm 3^\circ\text{C}$   
Pressão atmosférica:      93,3 kPa       $\pm 1\text{ kPa}$   
Umidade relativa:      61,9 %       $\pm 20\%$

**PROCEDIMENTO:**

O Medidor de Nível Sonoro foi calibrado de acordo com os requisitos especificados na IEC 60651 e IEC 60804 para tipo 1.

**DOCUMENTAÇÃO UTILIZADA:**

Procedimento de calibração BPC 12 para Medidor de Nível Sonoro, utilizando o Sistema de Calibração B&K 3630.  
Formulário padronizado - BFC SLM 01r02

**INFORMAÇÕES:**

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência  $k = 2$ , que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Parte acústica calibrada em conjunto com o Microfone B&amp;K 4189 - Número de série: 2550051.

Este certificado atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do laboratório.

Este certificado é válido apenas para o objeto calibrado e não pode ser reproduzido parcialmente sem autorização prévia.

Data da calibração: 15/04/2013

Data de emissão: 15/04/2013

Marcos Allegretti  
Responsável pela Calibração

Marcos Allegretti  
Signatário Autorizado