



LISBOA

UNIVERSIDADE  
DE LISBOA



FACULDADE DE  
**MEDICINA**  
LISBOA

# **TRABALHO FINAL**

## **MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA**

---

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia

# **Perda auditiva associada a leitores de música portáteis na população jovem**

Ana Lobato de Faria Lages Abrantes

**MAIO'2019**

---



LISBOA

UNIVERSIDADE  
DE LISBOA



FACULDADE DE  
**MEDICINA**  
LISBOA

# **TRABALHO FINAL**

## **MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA**

---

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia

# **Perda auditiva associada a leitores de música portáteis na população jovem**

Ana Lobato de Faria Lages Abrantes

**Orientado por:**

Dr. Marco Alveirinho Simão

**MAIO'2019**

---

## Resumo

A exposição a ruídos de elevada intensidade pode originar uma perda auditiva neurosensorial, irreversível e de instalação progressiva, que se designa por perda auditiva induzida pelo ruído. Esta patologia é incurável e tem um impacto importante na qualidade de vida dos doentes. A audiometria tonal simples apresenta tipicamente um escotoma auditivo entre os 3 e os 6 kHz e a audiometria de altas frequências assim como as otoemissões acústicas são exames sensíveis na deteção de danos auditivos iniciais. A presença de acufenos é frequente e pode constituir um indicador precoce de dano auditivo.

A utilização de dispositivos de música portátil é uma prática generalizada entre a população jovem, que está associada a um elevado risco de exposição a volume de grande intensidade e que tem vindo a aumentar nos últimos anos. Apesar da maioria dos utilizadores utilizar estes dispositivos de forma segura, estima-se que 3.2% a 26% excedam o limite de volume diário recomendado. O barulho de fundo, assim como o tipo de auscultador utilizado, parecem ser fatores importantes na determinação da exposição sonora, sendo que os auscultadores canceladores de ruído são os mais seguros e os *earbuds* devem ser evitados. A utilização destes dispositivos está associada à presença de sintomas auditivos, principalmente acufenos e perda auditiva transitória. Quando utilizados por períodos mais longos que 1h por dia, durante mais de 4 anos, selecionando mais de 50% do volume máximo, verifica-se um aumento do limiar auditivo e da probabilidade de desenvolver perda auditiva. Assim, estima-se que 2.5 milhões de adolescentes europeus correm o risco de desenvolver perda auditiva associada a uma utilização pouco segura destes dispositivos.

A prevenção é fundamental para travar este grave problema de saúde pública. Devem ser implementadas medidas eficazes que passam pela educação da população, legislação dos limites sonoros e uniformização das características dos dispositivos de música portátil, de modo a que a sua utilização se torne mais segura.

As palavras-chave deste trabalho são: perda auditiva; ruído; jovens; leitores de música portátil; prevenção.

O Trabalho Final exprime a opinião do autor e não da FML.

## Abstract

Exposure to high intensity noise can lead to sensorineural, irreversible and progressive hearing loss, which is called noise-induced hearing loss. This pathology is incurable and has an important impact on the patients' quality of life. Simple tonal audiometry typically presents a notch around 3-6 kHz and high frequency audiometry as well as otoacoustic emissions are sensitive exams in the detection of initial hearing damage. The presence of tinnitus is frequent and may be an early indicator of hearing damage.

The use of portable music devices is a widespread practice among the young population, which is associated with a high risk of exposure to high intensity volume and that has been increasing in recent years. Although most users use these devices safely, it is estimated that 3.2% to 26% exceed the recommended daily noise. Background noise, as well as the type of headphone used, appear to be important factors in determining sound exposure, with noise-canceling headphones being the safest and earbuds being associated with greatest output levels. The use of these devices is associated with the presence of auditory symptoms, mainly tinnitus and transient hearing loss. When used for periods longer than 1 hour per day for more than 4 years, selecting more than 50% of the maximum volume, there is an increase in the auditory threshold and the probability of developing hearing loss is higher. Thus, it is estimated that 2.5 million European adolescents are at risk of developing hearing loss associated with an unsafe use of these devices.

Prevention is key to curbing this serious public health problem. Effective measures must be implemented, including education of the population, legislation of sound limits and standardization of the characteristics of portable music devices, so that their use becomes safer.

The keywords of this study are: hearing loss; noise; young people; portable music devices; prevention.

The Final Paper expresses the opinion of the author and not of the FML.

# Índice

<b>Índice .....</b>	<b>5</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>6</b>
<b>Fisiologia da audição .....</b>	<b>7</b>
<b>Perda auditiva induzida pelo ruído .....</b>	<b>9</b>
<b>Fisiopatologia .....</b>	<b>9</b>
<b>Som seguro .....</b>	<b>10</b>
<b>Sintomas.....</b>	<b>11</b>
<b>Diagnóstico .....</b>	<b>12</b>
<b>Tratamento.....</b>	<b>13</b>
<b>Leitores de música portáteis.....</b>	<b>14</b>
<b>Contextualização.....</b>	<b>14</b>
<b>Fatores de risco.....</b>	<b>14</b>
Volume e duração.....	14
Ruído de fundo .....	15
Tipo de auscultador .....	16
Estilo de música .....	17
Gênero .....	18
Outros .....	18
<b>Sintomas.....</b>	<b>19</b>
<b>Consequências .....</b>	<b>19</b>
<b>Associação com outras patologias auditivas .....</b>	<b>21</b>
Adolescentes com perda auditiva.....	21
Presbiacúsia .....	21
<b>Prevenção .....</b>	<b>22</b>
<b>Conclusão.....</b>	<b>25</b>
<b>Agradecimentos .....</b>	<b>26</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>27</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>31</b>

## Introdução

Segundo a Organização Mundial de Saúde aproximadamente 5% da população mundial apresenta um déficit auditivo incapacitante, sendo que a exposição a ruídos excessivos é a forma mais comum de déficit auditivo adquirido. [1, 2] Entre todas as fontes de ruído ambiental, a exposição a música elevada, nomeadamente através da utilização de dispositivos de música portátil, parece ser a mais frequente e prejudicial na população jovem. [1] Nos últimos anos, a utilização e popularidade dos dispositivos de música portátil tem aumentado drasticamente, especialmente entre adolescentes e jovens adultos, sendo que só a União Europeia conta com 100 milhões de utilizadores. [3] Visto que cerca de metade dos jovens se encontra sujeito a volumes pouco seguros aquando da utilização destes dispositivos, a Organização Mundial de Saúde estima que 1.1 biliões de jovens correm o risco de desenvolver perda auditiva induzida pelo ruído. [4] Só entre 1994 e 2006 a prevalência de perda auditiva na população jovem aumentou de 3.5% para 5.3% e estima-se ainda que o número de jovens expostos a ruídos excessivos tenha triplicado entre 1980 e 2000. [4, 5] O aumento da disponibilidade dos dispositivos de música portátil entre jovens, aliado aos riscos sonoros do padrão de utilização que se verifica em muitos utilizadores, faz com que a perda auditiva associada ao ruído se possa tornar num grave problema de saúde pública. [6, 7] Porém, a maioria das pessoas tende a subvalorizar e subestimar esta ameaça e, na comunidade científica, os resultados dos estudos realizados nesta área são por vezes controversos. [8, 9]

Este trabalho pretende assim perceber qual o risco auditivo da utilização de dispositivos de música portátil na população jovem e quais as estratégias preventivas que podem ser implementadas. Foi realizada uma pesquisa em diversos motores de busca, entre os quais, PubMed, Medscape e UptoDate desde 2007 a 2018, utilizando os termos: *noise-induced hearing loss*, *music-induced hearing loss*, *personal music devices in young people*, *headphones listening habits*. Foram ainda consideradas publicações identificadas nas referências dos artigos selecionados a partir da pesquisa original. Para além destes, consultaram-se ainda livros e sites da internet pertinentes para o tema em estudo.

## Fisiologia da audição

O som é uma onda mecânica produzida pela vibração de moléculas num meio sólido, líquido ou gasoso, e pode ser caracterizado, entre outros aspetos, pela sua frequência, expressa em Hertz (Hz), e pela sua intensidade, expressa em decibéis (dB). [4] [10] O ser humano é capaz de detetar sons com frequências entre os 20 Hz e os 20 kHz e com intensidade entre os 0 e os 140 dB, sendo que o limiar da dor são os 120 dB. [11] A figura 1 lista alguns exemplos de sons comuns e a sua correspondência em decibéis.

Device/situation	dB (approximate)
Ticking watch	20
Soft whisper	30
Refrigerator hum	40
Normal conversation	60
Air-conditioner hum	65
Washing machine	70
Vacuum cleaner	75
Alarm clock 60 cm away	80
Heavy city traffic (inside the car)	85
Lawn mower (gasoline)	90
Motorcycle (average)	95
Hairdryer, subway train, car horn at 5 m	100
MP3 player at maximum volume, chainsaw	105
Shouting into the ear	110
Loud rock concerts	115
Spectator trumpet ( <i>vuvuzela</i> ) 1 m from trumpet opening, sirens	120
Jackhammer, jet plane 30 m away	130
Firecrackers, firearms	150

*Figura 1: Sons comuns e suas respectivas intensidades [2]*

O ouvido é o órgão responsável pela conversão de estímulos acústicos provenientes do meio que nos rodeia em estímulos elétricos que são transmitidos ao córtex cerebral, para que possam ser interpretados e analisados de forma subjetiva. [12]

Anatomicamente, o ouvido é constituído por três partes: o ouvido externo, o ouvido médio e o ouvido interno, sendo que cada uma delas tem uma função específica no processo auditivo. [12] O ouvido externo e o ouvido médio formam um sistema condutor, sendo responsável por captar, conduzir e amplificar o som, enquanto que o ouvido interno faz a interface com

o sistema nervoso. [12] Assim, quando uma onda sonora atinge o pavilhão auditivo, este funciona como um funil conduzindo-a em direção ao canal auditivo. No final do canal auditivo, a onda sonora provoca a vibração da membrana timpânica, sendo esta transmitida à perilinfa da cóclea, localizada no ouvido interno, através da cadeia ossicular do ouvido médio. [4] A cóclea é uma estrutura helicoidal constituída por três canalículos: a rampa timpânica, a rampa vestibular e o canal coclear. [13] A rampa vestibular encontra-se preenchida por perilinfa que ao vibrar, transmite essa vibração à endolinfa presente no canal coclear e conseqüentemente ao órgão espiral de Corti, que assenta sobre a membrana basal. O órgão espiral de Corti apresenta dois tipos de células ciliadas, as células ciliadas internas, que são sensíveis a estímulos eletromecânicos e sinapsam com as terminações nervosas do nervo coclear, permitindo assim, transformar a vibração sonora num sinal elétrico, e as células ciliadas externas que amplificam a energia sonora. [4] [12] [14] Cada onda sonora tem um determinado padrão de frequência que apenas provoca a vibração da porção da membrana basal que apresenta uma frequência de ressonância semelhante. [12]

É importante referir que, uma vez lesadas, as células ciliadas dos mamíferos não têm a capacidade de regenerar, pelo que danos auditivos que provoquem a morte destas células conduzem progressivamente a uma perda auditiva irreversível. [15] Assim, o ser humano nasce com um número fixo de células ciliadas, aproximadamente 3500 células ciliadas internas e 12500 células ciliadas externas, sendo este número estabelecido por volta das 10 semanas do desenvolvimento embrionário. [14] [16]

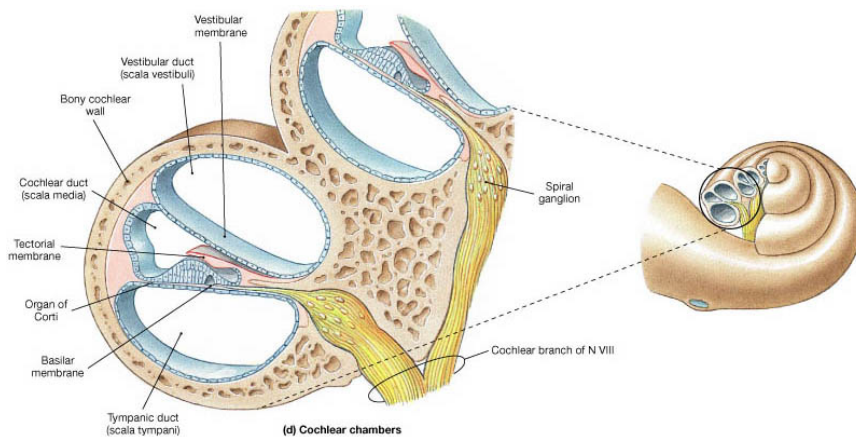


Figura 2: O órgão de Corti num corte transversal da cóclea [17]



# Perda auditiva induzida pelo ruído

## Fisiopatologia

Segundo a Organização Mundial da Saúde, a perda auditiva é definida como um déficit auditivo superior a 40 dB no adulto ( $\geq 15$  anos) ou 30 dB na criança ( $\leq 14$  anos) no ouvido que ouve melhor. [6] A perda auditiva induzida pelo ruído é a segunda forma mais comum de déficit auditivo neurosensorial a seguir à presbiacusia, e caracteriza-se por ser sempre neurosensorial, quase sempre bilateral e simétrica, afetar predominantemente frequências altas, entre os 3 e os 6 kHz e deixar de progredir quando a exposição sonora é interrompida.<sup>[18]</sup>

O ruído pode induzir perda auditiva de duas formas distintas. A primeira designa-se trauma acústico e diz respeito a uma perda auditiva repentina e permanente que ocorre quando um som excede os 140 dB e a energia libertada provoca uma vibração do órgão de Corti tão intensa que é suficiente para que este se separe da membrana basal. [1] [9] A segunda ocorre de forma gradual após a exposição prolongada, cerca de 10 a 15 anos, a sons de elevada intensidade, e está relacionada com danos irreversíveis causados às células do órgão de Corti. [4] [9] [5] [17] A fisiopatologia por detrás destas lesões prende-se com alterações metabólicas ao nível das células ciliadas que aumentam a produção de espécies reativas de oxigénio em resposta ao excesso de força de cisalhamento que decore de um som excessivo. [9] [17] Verifica-se também a destruição mecânica das células ciliadas, principalmente as externas, que condicionam alterações estruturais como desorganização, fusão e perda de estereocílios, que comprometem a sua função. Por fim, a excitotoxicidade sináptica que decorre do aumento dos níveis de glutamato, verificados aquando de uma exposição sonora intensa, desempenha um papel importante no dano irreversível das células ciliadas internas e na degeneração das terminações nervosas do nervo auditivo e do gânglio espiral. [9] [17] [5]

A perda auditiva induzida pelo ruído é uma doença complexa que resulta da interação de fatores genéticos e ambientais, sendo que para a mesma exposição sonora nem todas as pessoas vão desenvolver o mesmo grau de dano auditivo. [4] [5] Atualmente pensa-se que esta variabilidade interpessoal possa ser explicada até 50% por fatores genéticos, porém, a idade, o sexo e patologias crónicas como a diabetes, a hipertensão arterial ou a exposição ao

tabaco, podem estar relacionadas com um aumento do risco de desenvolver esta doença. [4]  
[5]

### Som seguro

A intensidade do som, a duração da exposição e a suscetibilidade individual, são alguns dos fatores determinantes para o desenvolvimento de perda auditiva induzida pelo ruído. Os primeiros dois destes determinantes foram utilizados para calcular os níveis aconselhados de exposição diária ao som. [4] [1] Segundo a Organização Internacional de Normalização, o limite máximo de energia sonora ao qual uma pessoa pode estar exposta sem risco de desenvolver perda auditiva é de 8 horas diárias a um volume de 85dB. [18] Apesar de este ser o valor mais comumente aceite, esta indicação não é igual em todo o mundo, sendo que na Coreia do Sul os níveis recomendados são de 90dB durante 8h. [1] [19] Uma preocupação face à fidedignidade destes valores é o facto de terem sido calculados para o ruído ocupacional de trabalhadores da indústria e depois extrapolados para situações da vida quotidiana, que apresentam uma energia sonora e um espectro de frequência diferente. Para além disso, discute-se também se é seguro recomendar uma dose diária de exposição à música, uma vez que podem existir outras fontes sonoras que não são tidas em consideração. [20] É importante ainda lembrar que quando a pressão sonora aumenta 3 dB, a energia sonora duplica, pelo que o tempo de exposição tem de ser reduzido para metade, assim a exposição a um som de 100 dB deve ser 15 minutos. [3]

Atualmente, a utilização de aparelhos de música portátil, a ida a discotecas, concertos e eventos desportivos são algumas das principais fontes de entretenimentos dos adolescentes e adultos jovens. [21, 22] Se considerarmos que o volume médio numa discoteca varia entre os 98 e os 120 dB, um concerto de rock apresenta entre 100 e 115 dB, os dispositivos de música portátil podem atingir até 136 dB e em média os espectadores do campeonato do mundo de 2010 foram expostos a um volume de 100.5 dB, torna-se fácil compreender porque é que esta população se encontra em risco para o desenvolvimento de perda auditiva associada ao ruído. [4] [21] [9] [23] É importante referir ainda que o consumo de álcool, que se verifica frequentemente nos locais mencionados, diminui o reflexo estapédico, deixando o ouvido mais suscetível aos efeitos nocivos do ruído. [24]

## Sintomas

Inicialmente, os sintomas desta doença são principalmente acúfenos de curta duração, que têm início imediatamente após a exposição, e desvios do limiar auditivo temporários, ou seja, breves momentos de perda auditiva após a exposição a um ruído de elevada intensidade que resolvem com o repouso em algumas horas. [17, 4] Também podem surgir outros sintomas como hiperacúsia, distorção ou percepção anormal de determinados sons, cefaleias ou dificuldade de concentração. [9, 21] A presença de acúfenos pode ser um bom indicador precoce de dano auditivo e os desvios do limiar auditivo temporários são considerados bons preditores do desenvolvimento inicial da perda auditiva irreversível. [4, 9]

Porém, tal como foi discutido anteriormente, uma exposição continuada causa, de forma gradual, danos irreversíveis ao nível do ouvido interno que se manifestam essencialmente por acúfenos crónicos, que duram meses ou anos, e por desvios permanentes do limiar auditivo, isto é, por um aumento irreversível e permanente do limiar auditivo. [17, 4] A perda auditiva começa por afetar predominantemente frequências altas, entre os 3 e os 6 kHz, sendo os 4kHz a frequência mais afetada. Estas frequências são extremamente importantes na discriminação de consoantes e conseqüentemente na compreensão da fala. [17] Se nas fases iniciais a perda auditiva pode passar despercebida, à medida que a doença evolui, um maior número de frequências é afetado e conseqüentemente, os doentes terão dificuldade em compreender um discurso principalmente em ambientes ruidosos. [17, 4, 19] [1]

Assim, a perda auditiva apresenta um impacto importante na qualidade de vida dos doentes, sendo que os sintomas auditivos permanentes estão relacionados com distúrbios do sono, ansiedade, depressão, alteração na capacidade de concentração e de comunicação. [4, 19, 25] Um estudo Australiano revelou que a perda auditiva está, independentemente do seu grau, associada com uma pior saúde mental, sendo que é considerada uma das doenças crónicas mais associadas a depressão. [8] Foi ainda demonstrado que crianças e adolescentes com dano auditivo são mais suscetíveis de ter um pior rendimento escolar, uma pior qualidade de vida e mais problemas de saúde mental. [8, 4] Estes dados são especialmente alarmantes visto que, segundo a American Speech Language Hearing Association, 51% dos estudantes do ensino secundário americano apresentam sintomas de perda auditiva. [7]

## Diagnóstico

A perda auditiva induzida pelo ruído é uma doença que evolui de forma progressiva, com um longo período assintomático, pelo que o diagnóstico precoce é essencial para que se possa eliminar a causa primária e travar a sua evolução. [4] [7]

O seu diagnóstico passa pela colheita de uma boa história clínica, onde se pretende identificar comportamentos de risco, como a exposição desprotegida a ruídos de elevada intensidade, e sintomas do foro auditivo como acufenos ou dificuldade em compreender um discurso, especialmente em locais barulhentos. [17] Os exames complementares de diagnóstico podem ser especialmente úteis na deteção de lesões subclínicas, porém, é importante referir que as alterações no audiograma só surgem após o dano de um número significativo de células ciliadas. A audiometria tonal simples pode ser utilizada e apresenta tipicamente uma perda de audição entre os 3 e os 6kHz, indicando uma predisposição para frequências elevadas nas fases iniciais. [26] Porém, a audiometria de altas frequências e as otoemissões acústicas (OEA) têm-se revelado mais sensíveis na deteção da perda auditiva induzida pelo ruído em estádios mais precoces. [1] [27] A audiometria de altas frequências pesquisa o limiar para sons superagudos, entre os 10 e os 20 kHz, sendo que a elevação deste limiar foi associada com uma história de exposição ao ruído. [28] Assim, a utilização deste teste pode ser útil para identificar danos auditivos iniciais e consequentemente pessoas com uma maior probabilidade de desenvolver perda auditiva associada ao ruído. [28] As OEA são sons produzidos pelas células ciliadas externas presentes na cóclea, em resposta a um estímulo acústico, pelo que, quando se encontram diminuídas, podem indicar uma lesão inicial destas células. Este método de diagnóstico pode fornecer uma medida objetiva dos efeitos do ruído no ouvido interno. [29] [27]

## Tratamento

Atualmente ainda não existe nenhum tratamento, médico ou cirúrgico, que permita curar a perda auditiva induzida pelo ruído. No entanto, a progressão da doença pode ser adiada se a exposição a ruídos prejudiciais for cessada. [4] Apesar de ainda não existir nenhum fármaco aprovado para a prevenção ou tratamento desta patologia existem trabalhos de investigação que têm revelado resultados promissores, principalmente na utilização de substâncias antioxidantes pós-exposição, pelo que é possível que a perspectiva de tratamento mude num futuro próximo. [4] [17] [5] Algumas das substâncias em estudo são a N-acetil-L-cisteína, a vitamina E e vitamina C, o magnésio e a terapia com oxigénio hiperbárico. [17] Destas, a N-acetil-L-cisteína, um precursor do glutationa, tem-se revelado segura e eficaz na proteção auditiva após exposição a ruído, e foi aprovada para a realização de estudos clínicos. Um estudo realizado em 53 trabalhadores do sexo masculino, expostos a sons de 88.4 a 89.4 dB, mostrou que este composto reduzia significativamente o desvio temporário do limiar auditivo. No entanto, a eficácia da N-acetil-L-cisteína pode ser comprometida pelo facto desta substância não atravessar a barreira hematoencefálica, pelo que, seriam necessárias doses mais elevadas do que aquelas que estão aprovadas. Uma opção poderá ser a utilização de N-acetilcisteína amida, um antioxidante novo com uma estrutura química semelhante, mas com maior difusão através da barreira hematoencefálica. [5]

Assim, atualmente estes doentes podem beneficiar da utilização de aparelhos auditivos, recomendados quando o limiar auditivo se encontra abaixo dos 35dB, ou reabilitação, de modo a melhorar a qualidade de vida. Visto que as lesões auditivas associadas ao ruído, principalmente quando relacionado com utilização de dispositivos de música, tendem a surgir em idades mais jovens, a utilização de aparelhos auditivos tende a ser mais precoce, o que representa elevados custos a nível individual e social. [4] [30]

## Leitores de música portáteis

### Contextualização

Curiosamente, o estetoscópio foi um dos primeiros dispositivos “in ear”, inventado em 1851. [31] Sessenta anos mais tarde, em 1910, surgem os primeiros headphones e em 1979, com a invenção do primeiro dispositivo de música portátil, os auscultadores portáteis ganham cada vez mais importância, tornando-se possível ouvir música em qualquer local [31]. Atualmente, os leitores de música foram largamente substituídos por smartphones, e com os progressos tecnológicos feitos nesta área, estes dispositivos tornaram-se cada vez mais populares, principalmente entre os adolescentes e adultos jovens. [32, 9] Só no terceiro trimestre de 2017 foram vendidos 383 milhões de smartphones em todo o mundo e o número de auscultadores vendidos aumentou 15.6% entre 2013 e 2017. [2, 33] Estima-se que aproximadamente 100 milhões de pessoas utilizem dispositivos de música portátil na União Europeia e que 12 milhões os utilizem diariamente. [3, 5] Dos estudantes e adolescentes entre os 12 e os 19 anos, 88 a 90% utilizam estes dispositivos e pensa-se que 79 a 93.3% o façam todos os dias. [7, 26, 20, 1]

### Fatores de risco

Tal como será abordado de seguida, existem vários fatores que estão relacionados com o risco de desenvolver perda auditiva associada ao ruído. Os dois principais fatores parecem ser o volume selecionado e a duração da exposição. Porém, existem outros, tais como o género, o barulho de fundo ou o tipo de auscultador utilizado. [4, 19, 1]

### *Volume e duração*

Estudos revelam que em média o volume selecionado pelos jovens é de  $81.3 \pm 9$  dB, e a duração média de utilização varia entre 1.5 a 3.2h por dia. [32, 27] Estima-se que aproximadamente 23 a 34% dos adolescentes ouçam música por longos períodos de tempo e 37 a 57% escolham volumes elevados, sendo que 25% dos participantes de um estudo selecionavam volumes superiores a 75% do volume máximo. [21, 7, 2] Para além disso, verificou-se que os indivíduos que ouvem música durante mais tempo são também aqueles que selecionam os volumes mais elevados, o que acrescenta um maior risco de desenvolver

perda auditiva e sintomas auditivos. [27] Assim, estima-se que 3.2% a 26% dos indivíduos excedam o limite de volume recomendado por dia, ou seja, o equivalente a um volume contínuo superior 85 dB durante um período de 8h ( $L_{Aeq8h} > 85$  dBA). [1] Se utilizarmos como referência os 80 dB ( $L_{Aeq8h} > 80$  dBA) esta percentagem aumenta para 29%. [1] Comparados com os utilizadores expostos a um  $L_{Aeq8h}$  of  $<75$  dBA, aqueles com um  $L_{Aeq8h}$  of  $\geq 75$  dBA (20.1% da população em estudo), apresentam um aumento da incidência de acufenos e dificuldade auditiva após exposição. [27] Quando esta exposição se prolonga por mais de 4 anos, verifica-se um aumento do limiar médio de audição comparado com não utilizadores na audiometria de altas frequências. [27] Porém, a maioria dos utilizadores utiliza os seus dispositivos de uma forma segura, apresentando um risco mínimo de desenvolver perda auditiva. [5]

### *Ruído de fundo*

A maioria dos dados disponíveis atualmente sugerem que o volume selecionado aumenta na presença de barulho de fundo. Esta informação é especialmente relevante se considerarmos que mais de 83% dos jovens utilizam os seus dispositivos nessas condições. [26, 20] Um estudo realizado entre jovens adolescentes revelou que 27.4% da população em estudo excedia o limite diário de ruído recomendado na presença de barulho de fundo elevado (61-80 dB) e 15-9% destes na presença de barulho de fundo de baixa intensidade (40-60dB). Porém, apenas 9.5% dos participantes corriam o risco de exceder o limite recomendado quando num ambiente silencioso. [20] Para além disso, estima-se que o volume praticado aumente 13dB na presença de ruído da rua (75dB) e 23dB na presença de ruído do metro, quando comparado com locais silenciosos. [34] A figura 3 mostra a correlação entre a média de volumes selecionados e o ruído de fundo. Tal como será abordado de seguida, o tipo de auscultador escolhido pode diminuir o volume praticado mesmo na presença de barulho de fundo. [20]

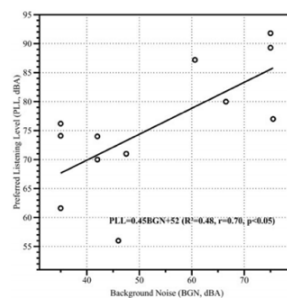


Figura 3: Correlação entre a média de volumes selecionados e ruído de fundo

### *Tipo de auscultador*

Os auriculares são a modalidade mais escolhida para ouvir música, sendo escolhida por cerca de 86.5% dos adolescentes, segundo um estudo Alemão. [21] Tal como mostra a figura 4 existem três dispositivos distintos entre os quais se pode optar, são eles: os auriculares in ear, os auriculares earbud e os auscultadores, que se por sua vez se podem dividir em on-the-ear e over-the-ear. Um estudo revelou que *output level* medido em leitores de MP3 e o volume praticado difere consoante o tipo de dispositivo utilizado, sendo que os auriculares earbuds, quando comparados com auscultadores, apresentam um *output level* de 10-12 dB mais elevado e um volume praticado cerca de 1.73dB superior. O tipo de dispositivo mais seguro parece ser o auscultador, permitindo obter os volumes seleccionados mais baixos quando comprado com os dois tipos de auriculares. Este facto parece estar relacionado com um melhor isolamento do barulho exterior. É importante referir que este estudo foi efetuado num ambiente silencioso, pelo que as diferenças de volume praticadas podem ser ainda mais significativas quando na presença de ruído de fundo. [19]



*Figura 4: Tipos de auriculares [45]*

Recentemente foi desenvolvida uma tecnologia de cancelamento de ruído presente nalguns auscultadores que permite reduzir ainda mais significativamente o volume praticado e o ruído de fundo. Um estudo revelou que, em ambientes ruidosos, o volume praticado quando a tecnologia de cancelamento de ruído era ativada é significativamente mais baixo, cerca de 3 a 4 dB, do que quando esta não é ativada ou quando são utilizados auriculares. É importante relembrar que reduzir 3 dB pode duplicar o tempo de utilização seguro. A figura 5 compara



os diferentes volumes escolhidos pelos participantes consoante o tipo de auscultador e o local. Para além disso, na presença de barulho de fundo, a tecnologia de cancelamento de ruído permite uma maior redução deste barulho (redução de cerca de 5 a 6 dB versus 2dB) e é a única que permite reduzir o ruído verificado no metro. A figura 6 mostra a redução do ruído obtida, tanto no metro como na rua, consoante o tipo de auscultador. [34]

	Quiet environment	In the presence of street noise	In the presence of subway noise
	Mean (5th–95th percentile) (dBA)	Mean (5th–95th percentile) (dBA)	Mean (5th–95th percentile) (dBA)
Ear buds	62.3 (52.5–79.9)	80.1 (75.8–87.6)	89.2 (87.5–92.8)
NCH-1/off	66.6 (53.5–78.8)	80.3 (74.2–88.2)	91.1 (89.8–93.8)
NCH-1/on	66.8 (53.9–83.8)	78.0 (71.6–87.2)	88.7 (87.0–93.0)
NCH-2/off	64.8 (52.4–76.8)	78.5 (71.5–85.7)	88.9 (87.7–92.3)
NCH-2/on	68.4 (53.5–81.6)	77.5 (69.0–85.2)	85.3 (81.5–90.6)

Figura 5: Diferentes volumes escolhidos pelos participantes consoante o tipo de auscultador e o local [34]

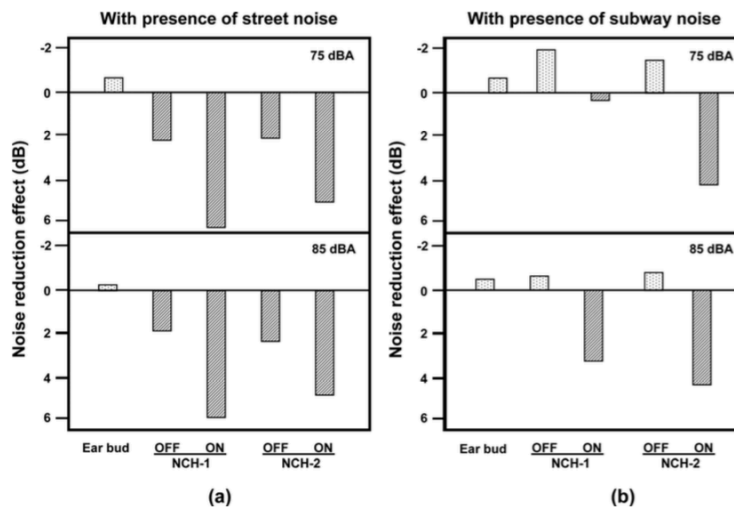


Figura 6: Redução do ruído obtida, no metro e na rua, consoante o tipo de auscultador [34]

### Estilo de música

Estudos demonstraram que o nível de pressão sonora máxima atingido pode variar até 14.4dB dependendo do estilo musical selecionado, sendo que o estilo dance-pop revelou ter o maior output level (91.1dB) em todos os smartphones. [19, 2]

## *Género*

O género pode ser um fator relevante uma vez que foram encontradas diferenças na forma de utilização de dispositivos de música entre o sexo feminino e masculino. [35, 20] Estudos revelam que o sexo masculino está associado a uma maior exposição sonora, assim como a um maior número de comportamentos de risco. [35] Em geral, os homens utilizam os seus dispositivos durante mais tempo e selecionam volumes em média 7dB mais elevados que as mulheres. [36, 3, 20, 37] Para além disso, o sexo masculino apresenta um limiar auditivo mais elevado, uma maior prevalência de alterações do limiar auditivo induzido pelo ruído e de perda auditiva para altas frequências. [37] Porém, o sexo feminino parece ter maior interesse em frequentar discotecas e concertos, e, um estudo realizado em 2015 não encontrou diferenças significativas nos hábitos de utilização entre sexos. [27, 37]

## *Outros*

Outros fatores que podem estar relacionados com os hábitos de utilização de dispositivos de música portáteis entre os adolescentes e com o risco de desenvolver perda auditiva são: a idade, sendo que adolescentes mais velhos tendem a ter uma atitude negativa face ao barulho e a preferir volumes mais baixos; o desporto, visto que são praticados volume mais elevados durante a prática de atividade física pois parece estar associado a um aumento da motivação dos praticantes; a pressão cultural e de grupo que pode ter um papel importante nas decisões que os jovens tomam face ao barulho, sendo que estudos sugerem que esta pressão pode mesmo sobrepôr-se à importância que estes atribuem ao dano auditivo e aos benefícios da utilização de proteção; o tabaco, visto que foi demonstrado que os fumadores poderão ter um maior risco de perda auditiva induzida pelo barulho; o estatuto socioeconómico, existindo uma correlação inversa entre o nível socioeconómico e a exposição a volumes superiores a 90 dB em leitores portáteis. Estas correlações devem ser tidas em conta aquando da elaboração de programas de prevenção. [37]

## Sintomas

Estima-se que a prevalência de sintomas associados à perda auditiva induzida pelo ruído seja de 69% em crianças, adolescentes e jovens adultos. [26] Segundo a National Health and Nutrition Examination Survey, a prevalência de acufenos nos jovens entre os 12 e os 19 anos é de 7.5% e a prevalência de acufenos crónicos nesta população é de 4.7%, o que corresponde a 2.5 e 1.6 milhões de adolescentes nos Estados Unidos, respetivamente. [22] Após utilizarem um dispositivo de música portátil, cerca de 14.5% dos adolescentes relata sintomas auditivos temporários e cerca de 10% relata sintomas constantes. [8] Um estudo realizado com 400 estudantes entre os 14 e os 30 anos que utilizavam dispositivos de música portátil concluiu que os sintomas mais prevalentes eram: acufenos (38.4%), sensação de preenchimento auricular, perda auditiva temporária, dificuldade em compreender um discurso em ambientes ruidosos, desconforto face a sons elevados e otalgia. [7] Também foi reportado défice de atenção e concentração e aparecimento de dermatite e eczema associado a auscultadores. [7] Outro estudo efetuado revelou que os efeitos mais comumente associados a um som elevado são: cefaleias (58%), dificuldade de concentração (48%), acufenos transitórios (58%), perda auditiva transitória (37%). [21] Estudantes que escolhem volumes de alto risco experienciam duas vezes mais estes sintomas, comparados com estudantes que selecionam volumes inferiores. [8] Tal como foi referido anteriormente, pensa-se que sintomas como acufenos, sensação de preenchimento auricular e a perda auditiva, possam ser os primeiros sinais de perda auditiva induzida pela música. [7]

## Consequências

Um grupo de peritos concluiu que 5 a 10% dos jovens que ouvem música através destes dispositivos, cerca de 2.5 milhões de adolescentes na Europa, correm o risco de desenvolver perda auditiva ao fim de 5 ou mais anos de exposição. [5] O facto de utilizar estes dispositivos por mais de 1h por dia, durante 4 ou mais anos, selecionando mais de 50% do volume máximo, quadruplica a probabilidade de vir a ter uma perda auditiva permanente. [1]

Na audiometria tonal simples realizada a utilizadores de dispositivos de música portátil que utilizaram os seus dispositivos por um curto período de tempo (inferior a 3 anos) podem não

se verificar os sinais típicos de perda auditiva induzida pelo ruído (escotoma auditivo entre os 3 e 6kHz), mesmo para os utilizadores que excedem os 85 dB. [27, 1] Porém, quando são efetuados testes de elevada frequência (entre 9 e 16kHz), a média do limiar auditivo, comparado com o controlo, para os utilizadores, é significativamente superior e as amplitudes registadas nos testes de otoemissões acústicas também são mais baixas. [32, 1] Estes dados correlacionam-se com o tempo e volume de exposição, sendo que se verificam diferenças significativas no limiar auditivo entre utilizadores, com limiares cerca de 3 a 6 dB mais elevados nos adolescentes que utilizam os seus dispositivos há mais de 5 anos e que seleccionam volumes mais elevados. [38] Um estudo realizado em Singapura em 2014 realizou otoemissões acústicas a 1928 estudantes, que foram divididos em dois grupos consoante as suas preferências de utilização, sendo que aqueles que utilizavam os seus dispositivos com volumes médios superiores a 85dB foram colocados no grupo de alto risco. Os resultados revelaram que o grupo de alto risco, comparado com os restantes grupos, apresentava em média amplitudes mais baixas nos 4kHz, tal como indica a figura 7. Para além disso, os estudantes de alto risco que tinham uma história de exposição superior a 4 anos apresentavam amplitudes cerca de 2.1 dB mais baixas em relação aos restantes, como se pode constatar ao analisar a figura 8. [29]

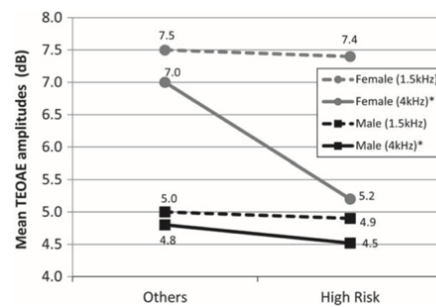


Figura 7: Média de amplitude de OEA entre homens e mulheres consoante o grupo de risco [29]

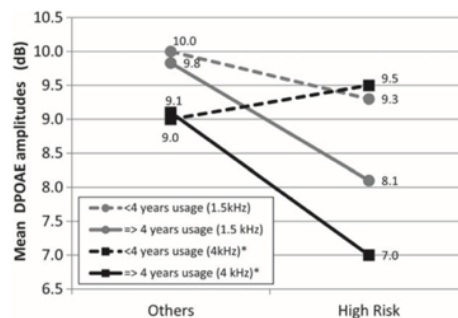


Figura 8: Média de amplitude de OEA para os 4kHz entre grupos consoante a duração da exposição [29]

Porém, são poucos os estudos que mostram que a incidência e o risco de perda auditiva em utilizadores de dispositivos de música portátil são significativamente mais elevados que em não utilizadores. Os estudos publicados que revelam esta associação são por vezes limitados, apresentam um viés elevado. [1] Um estudo de 2018, com uma pequena amostra predominantemente feminina, mostrou mesmo que não existia uma relação estatisticamente significativa entre a exposição sonora recreativa e alterações nas medidas funcionais incluindo as amplitudes das otoemissões acústicas e o limiar auditivo. [38]

## Associação com outras patologias auditivas

### *Adolescentes com perda auditiva*

Dentro dos adolescentes, existe um grupo especialmente vulnerável aos perigos da utilização deste tipo de dispositivos, que é o dos jovens diagnosticados com uma perda auditiva severa a profunda. Um estudo realizado na Suécia, baseado numa amostra de 112 estudantes com uma perda auditiva congénita severa a profunda, revelou que estes adolescentes não só utilizam os dispositivos de música pessoal durante mais tempo (46% ouve durante 3 ou mais horas por dia versus 20% grupo controlo e a maioria ouve todos os dias ou várias vezes por semana) como tendem a preferir volumes significativamente mais elevados (48% pratica volumes superior a 85dB, versus 20% no grupo controlo). Este resultado pode ser explicado pelo facto da maioria dos participantes remover os seus aparelhos auditivos aquando da utilização destes aparelhos, de modo a poder utilizar auscultadores convencionais. Os resultados apresentados são extremamente preocupantes uma vez que este tipo de comportamento poderá aumentar o risco de progressão da perda auditiva destes doentes. [3]

### *Presbiacúsia*

A presbiacúsia é um tipo de perda auditiva progressiva e irreversível, relacionada com o envelhecimento que ocorre tipicamente em indivíduos com idade superior a 60 anos. [39] O processo de deterioração da função auditiva de um ouvido que não foi exposto ao ruído é diferente daquele que sofreu uma exposição prolongada a sons de elevada intensidade. [4] A evidência sugere que a exposição prolongada ao ruído, ao causar danos cocleares de forma cumulativa, pode acelerar o processo de perda adutiva relacionado com a idade. [4] Assim, para além da perda auditiva permanente que o ruído pode induzir, este pode ainda tornar o ouvido mais suscetível para o desenvolvimento de presbiacúsia. [27]

## Prevenção

A perda auditiva induzida por leitores de música portátil poderá tornar-se num grave problema de saúde pública, associado a elevados custos individuais e sociais, pelo que é essencial que sejam implementadas medidas de prevenção eficazes, quer a nível individual, quer a nível comunitário e governamental. [4] [40]

Um estudo revelou que a grande maioria dos estudantes universitários desconhecia os riscos da utilização indevida dos leitores de música portátil [19] e outro demonstrou que mais de metade da população em estudo gostaria de obter mais informação acerca desse tema [7]. Foi também verificado que 86% dos estudantes nunca tinha sido informado acerca da perda auditiva induzida pelo ruído. [25] Assim, devem ser implementadas campanhas de prevenção que expliquem os riscos da exposição a volumes nocivos e que ensinem os adolescentes a ter hábitos de utilização seguros, isto é: a optar por auscultadores com tecnologia de cancelamento de ruído de modo a reduzir a necessidade de aumentar de volume em locais ruidosos; a não aumentar o volume acima dos 85dB e não exceder 60% do volume máximo; a evitar utilizar auriculares por mais de 1h por dia e a utilizar protetores auriculares quando visitam espaços como discotecas ou concertos. [2, 4] A população também deve ser incentivada a reconhecer os principais sinais de que o volume praticado é excessivo, ou seja: sempre que outras pessoas tenham de elevar a voz para serem compreendidas; se for difícil compreender uma pessoa que esteja a um braço de distância; se surgirem sintomas auditivos como dor ou acufenos. [4] Os principais alvos destas campanhas devem ser crianças, adolescentes jovens e os seus pais. [4] [17] Estudos realizados mostraram que após assistirem a programas de prevenção de perda auditiva, a maioria dos estudantes passou a ter uma atitude negativa em relação ao ruído, considerando que a perda auditiva é um problema de saúde sério e referindo que pretendia reduzir o volume dos seus dispositivos. [37] [41] Sabe-se que estes programas aumentam o conhecimento em relação aos potenciais efeitos da utilização de dispositivos com volumes excessivo e conseqüentemente promovem hábitos de audição seguros. [4]

Porém, a evidência atual demonstra que as alterações do estilo de vida nos adolescentes podem ser difíceis de alcançar. Um estudo realizado com 131 estudantes do ensino secundário revelou que 36.64% dos adolescentes estava moderadamente preocupado com

esta problemática, 23.66% estava muito preocupado, contudo, 74.81% dos inquiridos não estava interessado em participar em projetos relacionados com o tema. [7] [40] Outros estudos verificaram que, apesar de conhecerem os potenciais danos auditivos, a maioria dos estudantes não tencionava diminuir o volume do seu dispositivo, pois consideravam a sua vulnerabilidade individual baixa. Muitos dos adolescentes em risco privilegiam os benefícios imediatos da música, negligenciando as consequências futuras. [25, 40] Assim, os programas de educação e promoção de saúde devem de ser complementados com a implementação de legislação que possa limitar o volume praticado nos dispositivos de música. [40] Atualmente existem várias leis que regulamentam a poluição sonora e a exposição ocupacional ao ruído, no entanto, a maioria dos países do mundo ainda tem legislação para regulamentar a exposição recreativa ao ruído. [25] Felizmente, têm sido tomadas medidas nesse sentido, assim, em 2009, o Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica emitiu uma diretiva em que considera seguro todo o volume abaixo dos 85 dB, independentemente das condições de utilização, e define para os novos dispositivos de áudio um volume máximo de 100 dB, sendo que uma mensagem de aviso deve surgir quando o utilizador se aproxima deste limite. [5]

Por fim, a indústria desempenha um papel fundamental, uma vez que as empresas tecnológicas têm a capacidade de criar dispositivos cada vez mais seguros e de ajudar a sensibilizar a população para os riscos da exposição a volumes excessivos. Atualmente, alguns smartphones possuem mecanismos que alertam o utilizador quando este excedeu o seu limite de exposição. Esta técnica funciona em função do volume selecionado e do tempo decorrido e emite alertas sonoros que se sobrepõem à música e só desaparecem quando o volume é reduzido. [7] Outros dispositivos apresentam avisos de perigo quando o utilizador excede determinado limiar de volume e outros ainda permitem que seja definido um limite máximo para o volume do dispositivo. [4] [2] Existem também várias aplicações disponíveis que fornecem a intensidade sonora em decibéis emitida pelo dispositivo e que informam o utilizador se o seu grau de exposição confere um risco para perda auditiva. Contudo, a precisão destas aplicações ainda não é totalmente fiável. [42] [4] [43] Apesar destas medidas, estudos revelam que 45% dos adolescentes desconhecem a existência destas aplicações e 56% indica não estar interessado em utilizá-las. [44] Em relação à possibilidade de limitar o volume máximo do seu dispositivo apenas 29% conhece esta ferramenta e nenhum inquirido a tinha utilizado. [2] Estudos revelam ainda que o nível de pressão sonora, quer no volume

mínimo quer no volume máximo, é significativamente diferente (até 8dB de diferença) entre smartphones, pelo que os avisos de risco e níveis de output sonoro deviam ser unificados entre dispositivos. [2] Foi também verificado que, nalguns dos modelos de smartphones mais recentes, o limite de volume a partir do qual aparece o aviso de perigo é demasiado elevado (acima de 85dB), podendo ser suficiente para causar perda auditiva induzida pelo ruído se os utilizadores ouvirem habitualmente música com esses volumes. [2] Existe assim uma necessidade de uniformizar as características sonoras destes dispositivos de modo a que a sua utilização se tornem mais segura. [2]



## Conclusão

Vários estudos, apesar de por vezes limitados, indicam que a exposição a música alta através de dispositivos de música portátil pode resultar em acúfenos, desvios temporários do limiar auditivo, desvio permanente do limiar auditivo e aumento da incidência de perda auditiva permanente, desde que o volume da música seja elevado e a duração da exposição seja prolongada, mais de 5 anos. O risco de desenvolver perda auditiva permanente aumenta quando são utilizados auriculares *earbuds* e pode depender do tipo de música e do ambiente, sendo que a presença de ruído de fundo condiciona um aumento do volume selecionado de até 23 dB. Dos vários auriculares disponíveis os auscultadores canceladores de ruído são os mais seguros, permitindo uma redução do volume pretendido de até 4dB.

Embora alguns resultados possam ser controversos, nomeadamente quanto à extensão do dano auditivo, não há dúvida de que os sintomas auditivos estão intimamente relacionados com a exposição a sons de elevada intensidade e indicam um alto risco de poder desenvolver perda auditiva. Assim, é essencial identificar os jovens com hábitos de utilização não seguros e detetar os danos auditivos ainda numa fase inicial, para que a exposição, e conseqüentemente a progressão da doença, possa ser interrompida. Os testes de elevada frequência, assim como os testes de otoemissões acústicas, podem ser especialmente úteis, uma vez que detetam alterações do limiar auditivo numa fase precoce, quando a audiometria tonal simples ainda é normal.

Por fim, a prevenção é essencial para travar este problema de saúde pública. Visto que muitas pessoas tendem a subvalorizar e subestimar esta patologia, em parte por ter uma evolução progressiva, sendo que os sintomas ocorrem anos após a exposição, é essencial investir em programas de educação, com o objetivo de divulgar os riscos da exposição a ruídos elevados e promover uma utilização segura dos dispositivos de música portátil. Uma vez que a alteração de hábitos individuais pode ser difícil de alcançar, estas medidas devem ser complementadas com a implementação de legalização que limite o volume legal dos dispositivos e com a ajuda da indústria tecnológica, de modo a que haja uma uniformização das características dos aparelhos, tornando-os mais seguros. Finalmente, devem continuar a ser realizados estudos nesta área, de modo atenuar a controvérsia que ainda existe em relação a este tema.

## **Agradecimentos**

Gostaria de manifestar o meu profundo reconhecimento ao Professor Doutor Óscar Dias por me ter motivado a realizar uma dissertação de mestrado na área que leciona, a Otorrinolaringologia, e pelo apoio ao longo de todo o trabalho, contribuindo sempre para o enriquecimento das minhas ideias. Quero também exprimir o meu sentido agradecimento ao meu orientador, Dr. Marco Simão, por ter aceite orientar esta investigação.

## Referências Bibliográficas

- [1] Sliwinska-Kowalska M., Zaborowski K., , “WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Permanent Hearing Loss and Tinnitus,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2017.
- [2] Kim G., Han W., “Sound pressure levels generated at risk volume steps of portable listening devices: types of smartphone and genres of music,” *Kim and Han BMC Public Health*, vol. 18, p. 481, 2018.
- [3] Widén S., Möller C., Kähäri K., “Headphone listening habits, hearing thresholds and listening levels in Swedish adolescents with severe to profound HL and adolescents with normal hearing,” vol. DOI: 10.1080/14992027.2018.1461938, 2018.
- [4] World Health Organization, “Hearing loss due to recreational exposure to loud sounds: a review,” 2015.
- [5] Sliwinska-Kowalska M., Davis A., “Noise-induced hearing loss,” *Noise & Health*, vol. 14, pp. 274-80, 2012.
- [6] WHO, “WHO global estimates on prevalence of hearing loss - Mortality and Burden of Diseases and Prevention of Blindness and Deafness,” 2012. [Online]. Available: [http://www.who.int/pbd/deafness/WHO\\_GE\\_HL.pdf?ua=1](http://www.who.int/pbd/deafness/WHO_GE_HL.pdf?ua=1). [Acedido em 2018].
- [7] Herrera S., Moreira A., Rocha F. et al, “Amplified music with headphones and its implications on hearing health in teens,” vol. 20, pp. 42-47, 2016.
- [8] Vogel I., Mieloo C., Burdorf A. et al, “Risky Music Listening, Permanent Tinnitus and Depression, Anxiety, Thoughts about Suicide and Adverse General Health,” p. DOI: 10.1371/journal.pone.0098912, 2014.
- [9] Zhao F., Manchaiah V., French D., Prince S., “Music exposure and hearing disorders: An overview,” *International Journal of Audiology*, vol. 49, p. 54–64, 2010.
- [10] Lorenzi A., Chaix B.,, “Viagem ao Mundo da Audição: O Som,” Association NeurOreille, 2011. [Online]. Available: <http://www.cochlea.eu/po/som>. [Acedido em 12 09 2018].
- [11] Centers for Disease Control and Prevention, “Hearing Loss in Children,” 2018. [Online]. Available: <https://www.cdc.gov/ncbddd/hearingloss/sound.html>. [Acedido em 12 9 2018].
- [12] H. PM., *Physical Principles of Audiology*, Great Britian: Medical Physics Handbooks, 1980.
- [13] Rebillard G., Pujol R., Lenoir M. , “Viagem do Mundo da Audição: Cóclea Generalidades,” Association NeurOreille, 2011. [Online]. Available: <http://www.cochlea.eu/po/coclea>. [Acedido em 12 09 2018].
- [14] Pujol R., Lenoir M., “A Viagem ao Mundo da Audição: Células Ciliadas,” Association NeurOreille, 2011. [Online]. Available: <http://www.cochlea.eu/po/celulas-ciliadas>. [Acedido em 20 9 2018].

- [15] Groves AK., et all, "The challenge of hair cell regeneration.," *Exp Biol Med (Maywood)*, vol. 235, pp. 434-446, 2010.
- [16] Elliott S., Shera C., , "The cochlea as a smart structure," *Smart Mater Struct*, vol. 21, 2012.
- [17] Sareen A., Singh V., , "Noise Induced Hearing Loss: A Review," *Otolaryngology online journal* , vol. 4, 2014.
- [18] International Organization for Standardization, "ISO 1999:2013. Acoustics - Estimation of noise-induced hearing loss," 2013. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/45103.html>. [Acedido em Agosto 2018].
- [19] Shim H., Lee S., Koo M., Kim J., "Analysis of Output Levels of an MP3 Player: Effects of Earphone Type, Music Genre, and Listening Duration," *J Audiol Otol*, vol. 22, pp. 140-147, 2018.
- [20] Jiang W., Zhao F., Guderley N., Manchaiah V., "Daily music exposure dose and hearing problems using personal listening devices in adolescents and young adults: A systematic review," vol. DOI: 10.3109/14992027.2015.1122237, 2016.
- [21] Gupta N.,Sharma A., Singh P., et al , "Assessment of Knowledge of Harmful Effects and Exposure to Recreational Music in College Students of Delhi: A Cross Sectional Exploratory Study," *ndian J Otolaryngol Head Neck Surg*, vol. 66(3), p. 254–259, 2014.
- [22] Ivory R., Kane R., Diaz R., "Noise-induced hearing loss: a recreational noise perspective," *Otolaryngol Head Neck Surg.*, vol. 22, 2014.
- [23] Swanepoel DW., Hall JW, "Football match spectator sound exposure and effect on hearing: a pretest-pos-test study," *S Afr Med J*, vol. 100(4), pp. 239-42, 2010.
- [24] Upile T. et al, "The acute effects of alcohol on auditory thresholds," *BMC Ear Nose Throat Disord*, 09 2007.
- [25] Hunter A., et al, "Attitudes, Risk Behavior, and Noise Exposure among Young Adults with Hearing Problems: Identifying a Typology.," *Semin Hear.*, vol. 38(4), pp. 332-347, 2017.
- [26] Le Clercq C., Goedegebure A., Jaddoe V., et al, "Association Between Portable Music Player Use and Hearing Loss Among Children of School Age in the Netherlands," *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg.*, p. doi:10.1001/jamaoto.2018.0646, 2018.
- [27] Sulaiman A., Husain R., Seluakumaran K., "Hearing Risk among Young Personal Listening Device Users: Effects at High-Frequency and Extended High- Frequency Audiogram Thresholds," *J Int Adv Otol*, vol. 11, pp. 104-9, 2015.
- [28] Le Prell C. et al, "Extended High Frequency Thresholds in College Students: Effects of Recreational Noise," *J Am Acad Audiol*, vol. 24, p. 725–739, 2013.
- [29] Chong Lee G., Lim M., Kuan A., et al, "Relationship between leisure noise exposure and otoacoustic emissions in a young Asian population," *International Journal of Audiology*, vol. 53, p. 462–468, 2014.
- [30] Giordano C, Garzaro M, Nadalin J, et al., "Noise-induced hearing loss and hearing aids requirement," *Acta Otorhinolaryngol Ital*, vol. 28, pp. 200-205, 2008.

- [31] Baruah J., "How headphones evolved over the years," 2016. [Online]. Available: <https://economictimes.indiatimes.com/slideshows/tech-life/how-headphones-evolved-over-the-years/slideshow/54389673.cms>. [Acedido em Agosto 2018].
- [32] Sulaiman A.H., Husain R., Seluakumaran K., "Evaluation of early hearing damage in personal listening device users using extended high-frequency audiometry and otoacoustic emissions," *Eur Arch Otorhinolaryngol*, Vols. %1 de %2DOI 10.1007/s00405-013-2612-z, 2013.
- [33] Statista, "Global unit sales of headphones and headsets from 2013 to 2017 (in millions)," 2018. [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/327000/worldwide-sales-headphones-headsets/>. [Acedido em 2018].
- [34] Liang M., et al, "Characteristics of noise-canceling headphones to reduce the hearing hazard for MP3 users," *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 131, 2012.
- [35] Vogel I., Burg J., et al, "Young People's Exposure to Loud Music A Summary of the Literature," *American Journal of Preventive Medicine*, vol. 33, 2007.
- [36] Sulaiman AH, Seluakumaran K, Husain R., "Hearing risk associated with the usage of personal listening devices among urban high school students in Malaysia," *Public Health*, vol. 127, pp. 710-715, 2013.
- [37] Vogel I., Brug J., et al, "Young People's Exposure to Loud Music A Summary of the Literature," *Am J Prev Med*, vol. 33, pp. 124-133, 2007.
- [38] Le Prell C., W. Siburt H., Lobarinas E., Griffiths S., Christopher Spankovich C., "No Reliable Association Between Recreational Noise Exposure and Threshold Sensitivity, Distortion Product Otoacoustic Emission Amplitude, or Word-in-Noise Performance in a College Student Population," *Ear & Hearing*, 2018.
- [39] Gates GA, Mills JH 1, "Presbycusis," *Lancet*, vol. 366, p. 111–1120, 2005.
- [40] Vogel I., Brug J., Ploeg V., Hein Raat H., et al, "Adolescents risky MP3-player listening and its psychosocial correlates," vol. 26, pp. 254-264, 2011.
- [41] Gilles A, Paul Vde H., "Effectiveness of a preventive campaign for noise- && induced hearing damage in adolescents," *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, vol. 78, p. 604 – 609, 2014.
- [42] Nast DR, Speer WS, Le Prell CG, "Sound level measurements using smartphone "apps": useful or inaccurate?," *Noise Health*, vol. 16, pp. 251-256, 2014.
- [43] S. P. Kardous CA, "So how accurate are these smartphone sound measurement apps?," *NIOSH Science Blog.*, 2014.
- [44] Pellegrino E, Lorini C, Allodi G, et al, "Music-listening habits with MP3 player in a group of adolescents: a descriptive survey.," *Ann Ig*, vol. 25, p. 367 – 376, 2013.
- [45] Howard H., "Auditory transduction," Sphinx 1.4.1, 2017. [Online]. Available: <http://www.tulane.edu/~h0Ward/BrLg/AuditoryTransduction.html>. [Acedido em 12 9 2018].

[46] Jerry Kovarsky, "How to use headphones with your keyboard," 2018. [Online]. Available: <https://www.dummies.com/art-center/music/piano/how-to-use-headphones-with-your-keyboard/>. [Acedido em 2018].

## Índice de Figuras

<i>Figura 1: Sons comuns e suas respectivas intensidades [2].....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2: O órgão de Corti num corte transversal da cóclea [17] .....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3:Corelação entre a média de volumes selecionados e ruído de fundo .....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4: Tipos de auriculares [45].....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5: Diferentes volumes escolhidos pelos participantes consoante o tipo de auscultador e o local [34]..</i>	<i>17</i>
<i>Figura 6: Redução do ruído obtida, no metro e na rua, consoante o tipo de auscultador [34] .....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 7: Média de amplitude de OEA entre homens e mulheres consoante o grupo de risco [29] .....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 8: Média de amplitude de OEA para os 4kHz entre grupos consoante a duração da exposição [29]....</i>	<i>20</i>