



INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA

# “Adequação da Acústica e Controlo do Ruído em Unidades de Ressonância Magnética”

---

Projeto de Investigação

**Ana Catarina Rodrigues Grácio Rosa**

Prof<sup>a</sup> Adjunta Mestre Maria Margarida Ribeiro

Prof. Adjunto Doutor Néilson Costa

**2º Ciclo - Mestrado em Segurança e Higiene do Trabalho**

Lisboa, 2011

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA  
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA

**ADEQUAÇÃO DA ACÚSTICA E CONTROLO DO RÚIDO EM  
UNIDADES DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA  
PROJETO DE INVESTIGAÇÃO**

**Ana Catarina Rodrigues Grácio Rosa**

Profª Adjunta Mestre Maria Margarida Ribeiro

Prof. Adjunto Doutor Néilson Costa

JÚRI

Prof. Auxiliar Doutor Florentino Serranheira

Prof. Adjunto Doutor Luís Freire

Prof. Adjunto Mestre Óscar Tavares

**2º Ciclo - Mestrado em Segurança e Higiene do Trabalho**

Lisboa, 2011

(Folha sobre os direitos de cópia)



# Agradecimentos

Gostaria de prestar alguns agradecimentos a todos aqueles que de um modo direto ou indireto colaboraram e proporcionaram a oportunidade de realização deste Projeto efetuado no âmbito do Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho.

Em primeiro lugar agradecer à Professora Adjunta Paula Albuquerque, à Professora Adjunta Carla Viegas e à Professora Adjunta Susana Viegas.

Por último, a todos os meus familiares e amigos que me ajudaram e apoiaram durante todo o período da realização do Projeto de Mestrado.



# Resumo

O presente projeto cujo tema é “Avaliação da Adequação da Acústica e Controlo do Ruído em Unidades de Ressonância Magnética” é um Estudo Exploratório-Descritivo com paradigma empírico quantitativo e qualitativo com o objetivo de dar resposta à questão de partida.

A metodologia utilizada para a investigação é efetuada através de medições com o sonómetro integrador com capacidade de análise do ruído por bandas de oitava em diversos pontos da sala de Ressonância Magnética (RM) considerados fulcrais. Estas medições serão realizadas durante a execução de exames de RM com as sequências mais ruidosas (Eco Planares, Eco de Gradiente e *Fast Spin Eco*). Por outro lado, foram realizadas entrevistas exploratórias a Engenheiros de empresas de equipamentos de RM, a Administradores Hospitalares e a Técnicos de Radiologia (TR). A consulta de registos e projetos de construção e o Pedido de Informação Prévia, entre outros documentos, com o objetivo de compreender os resultados obtidos nas medições.

Espera-se que exista adequação na escolha dos materiais utilizados na blindagem das Unidades de RM bem como no planeamento de arquitetura e engenharia. Espera-se ainda obter consistência entre as medidas organizacionais, de engenharia e de proteção individual nas instalações de RM por forma a serem respeitadas as normativas do ruído acústico a que um TR pode ser exposto.

Conclui-se que a RM, sendo uma unidade de elevada complexidade e especificidades técnicas e tecnológicas, deverá ser projetada com regras próprias e não à luz da regulação de qualquer outro equipamento ou instrumentação clínica hospitalar.

**Palavras-Chave:** Adequação Acústica, Controlo de Ruído, Ressonância Magnética.



# Abstract

This project whose theme is "Evaluating the Appropriateness Acoustics and Noise Control Units Magnetic Resonance" is a descriptive exploratory study with quantitative and qualitative empirical paradigm in order to respond to the initial question.

The methodology used in this research was performed by measuring the sound level meter integrator with capability of noise analysis in octave bands in various parts of the room Resonance Imaging (MRI) considered key. These measurements will be performed during the execution of MRI sequences with noisier (Echo Planar, Gradient Echo and Fast Spin Echo). Moreover, exploratory interviews were conducted to engineer's equipment companies MRI, Hospital Administrators and Technicians of Radiology (TR). The query logs and construction projects and Request for Information Preview, among other documents, in order to understand the results obtained in measurements.

It is expected that there appropriateness in the choice of materials used in the shielding of MRI units in planning and architecture and engineering. It is also hoped to obtain consistency between the organizational arrangements, engineering and personal protection in MRI facilities in order to be in compliance with the regulations of the acoustic noise to a TR can be exposed.

We conclude that MRI, being a unit of highly complex technical and technological specificities, should be designed with its own rules and not under the control of any other equipment or instrumentation hospital clinic.

**Keywords:** Adaptation Acoustics, Noise Control, Magnetic Resonance Imaging



# Índice

Agradecimentos.....	v
Resumo .....	vii
Abstract .....	ix
Índice de Tabelas .....	xv
Índice de Figuras .....	xvii
Índice de Quadros .....	xix
Lista de Abreviaturas .....	xxi
2. Justificação da Investigação .....	5
3. Questão de Partida.....	9
4. Estado da Arte.....	11
4.1. Características do Som .....	12
4.2. O Ruído .....	12
4.2.1. Nível Sonoro .....	13
4.2.2. Frequência .....	14
4.2.3. Potência Sonora .....	16
4.2.4. Intensidade Sonora .....	17
4.2.5. Espectro Sonoro .....	17
4.2.5.1. Filtros de Oitava .....	17
4.2.5.2. Nível Sonoro Contínuo Equivalente .....	19
4.2.6. Tempo de Reverberação.....	22
4.2.7. Atenuação do som com a distância.....	23
4.2.8. Isolamento Acústico .....	23
4.2.9. Absorção Sonora e Materiais Absorventes.....	25
4.2.10. Tipos de Ruído .....	26
4.3. Efeito do Ruído.....	27
4.4. Anatomia e Fisiologia do Sistema Auditivo .....	27
4.5. Controlo do Ruído.....	32
4.5.1. Medidas Organizacionais .....	32

4.5.2. Medidas Construtivas ou de Engenharia .....	34
4.5.2.1. Atuação sobre a fonte produtora de ruído .....	34
4.5.2.2. Atuação sobre as vias de propagação.....	34
4.5.2. Medidas de Proteção Individual .....	35
4.6. Acústica.....	36
4.6.1. Características de uma Unidade de RM .....	36
4.6.1.1. Requisitos Regulamentares.....	36
4.6.1.2. Sala de RM – Blindagem.....	38
4.7. Ruído Acústico .....	40
4.7.1. Formação do Ruído Acústico .....	40
4.7.2. Fontes Emissoras de Ruído Acústico em RM .....	41
4.7.3. Características de trabalho em RM e Problemas Associados ao Ruído Acústico	41
4.7.4. Prevenção do Ruído Acústico .....	42
4.7.5. Acústica e Controlo do Ruído.....	43
5. Finalidade e Objetivos .....	45
5.1. Objetivo Geral.....	45
5.2. Objetivos Específicos .....	46
6. Objetivos Operacionais.....	47
7. Métodos e Meios .....	49
7.1. Características do estudo .....	49
7.1.1. Tipo de estudo .....	49
7.1.2. Unidade de Análise – população e amostra .....	49
7.1.3. Variáveis .....	50
7.2. Técnicas de procedimentos .....	51
7.2.1. Instrumentos de Recolha de Dados .....	51
7.2.2. Tratamento de dados .....	52
7.3. Consentimentos.....	53
8. Resultados Esperados.....	55
9. Discussão dos Resultados Esperados.....	57

10. Recursos Materiais .....	63
11. Cronograma.....	65
12. Glossário .....	67
13. Referências Bibliográficas .....	69
14. Lista Bibliografia Geral.....	71
15. Anexos .....	75
Anexo 1 - Exemplo de uma planta de uma sala de Ressonância Magnética com marcação dos pontos de medição do ruído.....	76
16. Apêndices.....	77
Apêndice 1 – Quadro de Registo das Medições Realizadas .....	78
Apêndice 2 – Quadro de Registo dos tipos de exames realizados .....	79
Apêndice 3 – Quadro de Registo do número de sequências realizadas .....	80
Apêndice 4 – Lista de questões para a entrevista .....	81
Apêndice 5 - Pedido de Autorização Institucional.....	96
Apêndice 6 – Termo de Responsabilidade para o Director do Serviço de Radiologia do Hospital X.....	97
Apêndice 7 - Termo de Responsabilidade para o Director do Serviço de Radiologia do Hospital X.....	98
Apêndice 8 – Termo de Responsabilidade para o Coordenador do Serviço de Radiologia do Hospital X .....	99
Apêndice 9 – Consentimento Informado.....	100



# Índice de Tabelas

Tabela 4.1 - Espectro em bandas de oitavas.....	18
Tabela 4.2 - Menciona os valores limite de exposição em função dos períodos de exposição ao ruído segundo os organismos internacionais de referência.....	22
Tabela 4.3 - Coeficiente de absorção para materiais de construção (Fonte: Nunes, F., 2009) .....	26



# Índice de Figuras

Figura 4.1 - Representação da correspondência entre a Pressão Sonora e nível de Pressão Sonora (Fonte: Miguel, A., 2010).....	14
Figura 4.2 - Gamas de frequência de várias fontes sonoras e limites das capacidades auditivas de alguns mamíferos (Fonte: Macedo, R., 2006).....	15
Figura 4.3 - Filtros de ponderação A, B, C e respectivas características (Fonte: Miguel, A., 2010).....	19
Figura 4.4 - Reflexão, transmissão e absorção do som ao encontrar uma parede (Fonte: Macedo, R., 2006). ....	24
Figura 4.5 - Esquema de categorização dos Tipos de ruído (Adaptado de: Miguel, A., 2010). ....	26
Figura 4.6 - Classificação do campo sonoro segundo as suas características (Adaptado de: Miguel, A., 2010). ....	27
Figura 4.7 - Representação imagética do ouvido externo, médio e interno (Fonte: Seeley, R., 2001). ....	28
Figura 4.8 - Elementos constituintes do ouvido interno (Fonte: Seeley, R.,2001).....	30
Figura 4.9 - Vias da audição no sistema nervoso central (Fonte: Seeley, R., 2001)....	31
Figura 4.10 - Efeito das ondas sonoras nas estruturas cocleares (Fonte: Seeley, R., 2001). ....	32
Figura 4.11 - Proteções auriculares: a) Abafadores; b) Tampões Auriculares (Fonte: Nunes, F., 2009). ....	35



# Índice de Quadros

Quadro 4.1 - Capacidade de isolamento acústico (Adaptado: Macedo, R., 2006).....	24
Quadro 4.2 - Processo fisiológico da audição (Adaptado: Seeley, R., 2001).....	31
Quadro 4.3 -Exemplo de um programa de controlo de ruído (Adaptado: Miguel, A., 2010). .....	32
Quadro 4.4 - Adaptação do quadro V do RRAE, “a que se refere o artigo 8º, nº1, alíneas a), b) e c)” (Adaptado: Decreto-Lei RRAE) Níveis de intensidade/pressão sonora para os quais é exigido isolamento dos sons de condução aéreos. ....	37



# Lista de Abreviaturas

**RSLVT** - Região de Saúde de Lisboa e Vale do Tejo

**cm** - Centímetro

**dB** - Decibel

**$D_{nT,w}$**  - Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea

**$D_{2m,nT,w}$**  - Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea

**EP** - Sequências eco planares

**EPI** - Sequências de pulso eco-planares

**GE** - *General Electric*

**GRE** - Sequências eco de gradiente

**f** - Frequência

**$f_c$**  - Frequência central

**FDA** - *Food and Drug Administration*

**FSE** - Sequência Eco de Spin rápida

**$f_l$**  - Frequência-limite inferior

**$f_L$**  - Frequência-limite superior

**FOV** - *Field of view*

**Hz** - Hertz

**I** - Intensidade sonora

**ISO** - *International Organization for Standardization*

**kg** - Quilograma

**KHz** - Quilohertz

**$L_{Aeq,T}$**  - nível sonoro contínuo equivalente ponderado A

**LE** - Locais de emissão

**$L_{eq}$**  - Nível Sonoro Contínuo Equivalente

**$L_{eqA,Te}$**  - Nível sonoro contínuo equivalente

**L<sub>p</sub>** - Nível de pressão sonora

**LR** - Locais de receção

**L<sub>w</sub>** - Nível de potência

**L (índice Aeq,T)** - Nível sonoro contínuo equivalente,

**L (índice EX, 8h)** - Exposição pessoal diária ao ruído,

**m/s** - Metros por segundo

**NP** - Norma Portuguesa

**N.m<sup>-2</sup>** - Newton por metro quadrado

**Pa** - Pascal

**PIP** - Pedido de Informação Prévia

**p(t)** - Pressão acústica instantânea ponderada A

**p<sub>0</sub>** - Pressão acústica de referência

**RF** - Radiofrequência

**RGR** - Regulamento Geral do Ruído

**RM** - Ressonância Magnética

**RRAE** - Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

**s** - Segundos

**SPSS** - *Statistical Package for Social Sciences*

**T** - Período

**TA** - Absorção total

**TC** - Tomografia Computorizada

**T<sub>e</sub>** - Tempo máximo de exposição

**TR** - Técnico de Radiologia

**W** - Potência sonora

**W/m<sup>2</sup>** - Watts por metro quadrado

**Ω** - Ohm

# 1. Introdução

A evolução tecnológica ocorrida nos últimos anos associada à crescente necessidade de conforto e salubridade nas condições de trabalho assumem, nos dias de hoje, uma importância cada vez maior quanto à acústica e controlo de ruído em ambiente hospitalar. Um dos locais onde o ruído acústico é considerável é numa Unidade de Prestação de Cuidados de Saúde, mais propriamente numa Unidade de Ressonância Magnética.

A Ressonância Magnética (RM) encontra-se integrada na especialidade de Radiodiagnóstico. É um método de diagnóstico que se baseia na interação de ondas de radiofrequência (RF) com determinados núcleos atómicos, na presença de campos magnéticos estáticos. É uma técnica de imagem não invasiva, multiplanar, com elevada resolução espacial e de contraste e com elevada capacidade para caracterização anatómica dos órgãos e tecidos biológicos. As imagens por RM traduzem as diferentes intensidades dos sinais emitidos pelos prótons constituintes dos órgãos. É durante a formação destas imagens que, graças aos equipamentos de alta intensidade de campos magnéticos estáticos e ao funcionamento das bobinas de gradiente, se produz um ruído acústico considerável. Este ruído, por vezes, é incómodo tanto para o paciente como para os profissionais de saúde que desenvolvem a sua actividade no ambiente envolvente, nomeadamente, os Técnicos de Radiologia (TR) que trabalham na Unidade de Ressonância Magnética, por se

encontrarem mais próximos do local físico onde se desenvolve a ação (Gaivão, F., 2003; Yao, G.Z. *et al.*, 2005; Foster, J. R. *et al.*, 2009).

A Higiene no Trabalho é a ciência que se dedica ao reconhecimento, avaliação e controlo dos fatores ambientais que podem ocasionar doenças, destruir a saúde e o bem-estar ou criar algum mal-estar ou incómodo significativo nos trabalhadores. Tornar-se-á importante estudar e desenvolver este tema, verificando se existirá um eficaz planeamento na arquitetura e construção das Unidades de Ressonância Magnética atendendo à produção de ruído acústico proveniente dos equipamentos, pois daí advém o equilíbrio e bem-estar necessários aos TR, nos seus locais de trabalho, mais propriamente os que trabalham nesta Unidade.

Assim este projeto tem como objetivo geral avaliar a efetividade do planeamento, construção e instalação dos edifícios hospitalares, nomeadamente, nas unidades destinadas à execução de exames por RM e como objetivos específicos:

- a) Verificar se o ruído a que os Técnicos de Radiologia estão ex+ostos no seu local de trabalho está dentro dos limites legislados;
- b) Verificar se existe adequação na escolha dos materiais utilizados na blindagem das Unidades de Ressonância Magnética em função das características dos equipamentos existentes;
- c) Avaliar o *design*, construção e isolamento dos espaços de Ressonância Magnética tendo em consideração as especificidades dos equipamentos presentes e dos exames realizados;
- d) Avaliar a existência de harmonização entre as infraestruturas físicas, a ergonomia dos espaços e as características dos equipamentos de RM a ser instalados;
- e) Conhecer as medidas de proteção individual dos TR.

Para dar resposta à questão de partida (V. pág. 9), o presente projeto será realizado nas Unidades de Ressonância Magnética, afetas à prática clínica e situadas na Região de Saúde de Lisboa e Vale do Tejo (RSLVT), com equipamentos de RM com valores de *slew rate* compreendidos entre 20 mT/m/s e de 40 mT/m/s.

A metodologia seguida neste trabalho implica a realização de medições com um sonómetro integrador com capacidade de análise do ruído por bandas de oitava em diversos pontos da sala de Ressonância Magnética considerados críticos. Estas medições serão realizadas durante a execução das sequências mais ruidosas (Eco

Planares, Eco de Gradiente (GRE) e *Fast Spin Echo* (FSE). Por outro lado serão realizadas entrevistas exploratórias a engenheiros de empresas de equipamentos de RM, a administradores hospitalares e a Técnicos de Radiologia e também consultar registos e projetos de construção e o Pedido de Informação Prévia (PIP), entre outros documentos, com o objetivo de avaliar as medidas organizacionais, de engenharia e de proteção individual e compreender os resultados obtidos nas medições do ruído.



## 2. Justificação da Investigação

A Higiene no Trabalho é a ciência que se dedica ao reconhecimento, avaliação e controlo dos fatores externos que podem ocasionar doenças, destruir a saúde e o bem-estar ou criar algum mal-estar ou incómodo significativo nos trabalhadores. (Miguel, A., 2010)

Hoje em dia os equipamentos de Ressonância Magnética são cada vez mais potentes com o objetivo de proporcionar uma boa qualidade de imagem e assim um melhor diagnóstico para o paciente. No entanto, uma das características associadas ao funcionamento deste tipo de equipamentos é o seu ruído acústico, causado pelo funcionamento das bobinas de gradiente na realização de exames. O nível de pressão sonora pode variar de acordo com a sua intensidade e frequência. A variação da espessura de corte faz variar o nível de pressão sonora ( $L_p$ ), isto é, aumenta o nível de pressão sonora quando se manipulam as variáveis que influenciam o tempo total de sequência: a espessura de corte, o campo de visão, o tempo de repetição ( $T_R$ ) e o Tempo de Eco ( $T_E$ ), como também, existe influência das características físicas do equipamento - aberto ou fechado, isolamento acústico, material das bobinas e estruturas de apoio e igualmente das sequências de pulso [sequências rápidas de eco de spin (FSE), ecoplanares] (Capstick M., et al, 2008).

O ruído acústico poderá causar alguns efeitos adversos, isto é, pode desencadear lesões auditivas e alterações fisiológicas extra-auditivas.

A nível dos efeitos auditivos podem ocorrer efeitos passageiros, com por exemplo, perdas ligeiras de audição ou zumbido, que após alguns minutos ou dias se revertem. Se a exposição se prolongar, a perda de acuidade auditiva pode evoluir para uma situação crónica. Se a exposição aos níveis sonoros for breve mas elevada, também poderá ocorrer perda de audição.

A nível dos efeitos extra-auditivos existem os efeitos fisiológicos (aceleração do ritmo cardíaco, aumento da frequência respiratória, dilatação da pupila, etc.), efeitos no equilíbrio (vertigens, por exemplo), efeitos funcionais (perturbações da concentração), distúrbios do humor (irritação e insatisfação) e manifestações de *stress* (fadiga, agressividade, dores de cabeça, depressão, *stress* crónico) (Miguel, A., 2010).

Estes efeitos poderão ser incómodos e prejudiciais ao longo do tempo para os Técnicos de Radiologia que trabalham continuamente em Ressonância Magnética (Yao, G.Z. *et al*, 2005).

Devido às características dos equipamentos são necessários alguns requisitos específicos ao nível da construção de uma Unidade de Ressonância Magnética. O objetivo é não permitir a passagem ruído do acústico emitido pelo equipamento. Segundo o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (aprovado pelo Decreto-Lei 129/2002 de 11 de Maio, com a nova redação dada pelo Decreto-Lei 96/2008 de 9 de Junho, que apresenta os requisitos acústicos aplicáveis à construção, ampliação ou alteração de diversos tipos de edifícios, é estabelecido também um conjunto de requisitos específicos para edifícios hospitalares. Estes requisitos visam sobretudo o aumento do conforto acústico no interior dos edifícios. Em relação ao ruído emitido para o exterior, com vista à prevenção e controlo da poluição sonora, aplica-se o Regulamento Geral do Ruído (aprovado pelo Decreto Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro).

É também necessário ter em atenção se as infraestruturas das Unidades de Ressonância Magnética estão em consonância com o tipo de equipamento e marca deste pois os níveis de ruído na RM em equipamentos de 1,5 Tesla (T) podem variar entre cerca de 80 dB a 110 dB (decibel) dependendo do tipo de sequência e do grau de tecnologia de redução de ruído implementado (Capstick M., *et al*, 2008), como também poderá variar consoante a marca do equipamento. Segundo estudos comparativos realizados entre equipamentos *Siemens* e *General Electric* (GE) de 1,5T,

o ruído ambiente, em condições análogas, num equipamento da Siemens é de 67 dB e num equipamento da GE é de 78 dB.

Assim, torna-se relevante estudar se existe adequação das infraestruturas deste tipo de Unidades Hospitalares relativamente aos equipamentos aí existentes, pois os Técnicos de Radiologia que trabalham nas Unidades de Ressonância Magnética necessitam encontrar equilíbrio e bem-estar nos seus locais de trabalho para que possam executar o seu trabalho com rigor e profissionalismo.



### **3. Questão de Partida**

Durante a realização deste trabalho, procurámos responder à seguinte questão de partida:

- Existirá um eficaz planeamento na arquitetura, construção e instalação das Unidades de Ressonância Magnética atendendo à produção de ruído acústico proveniente dos equipamentos de aquisição de imagem de RM?



## 4. Estado da Arte

Ao longo dos últimos anos observou-se uma notável evolução tecnológica, na área da Radiologia em que a RM não foi exceção. Produziram-se sistemas de RM com fortes campos magnéticos estáticos e, campos de gradientes mais rápidos e mais fortes bem como, bobinas de transmissão com radiofrequências mais potentes (Shellock, F. G. et al, 2004). Surgiu por isso uma crescente necessidade de evolução ao nível do conforto, acústica e controlo de ruído (Mateus, D., 2010).

A RM é um método de diagnóstico que se baseia na interação de ondas de RF, com determinados núcleos atómicos, na presença de um campo magnético estático. É uma técnica de imagem não invasiva, multiplanar, com elevada resolução espacial e de contraste e com capacidade para caracterizar a anatomia dos órgãos e tecidos. As imagens por RM traduzem as diferentes intensidades dos sinais emitidos pelos prótons dos tecidos. É durante a formação destas imagens que, devido aos equipamentos de alta intensidade de campos magnéticos estáticos e ao funcionamento das bobinas de gradiente se produz um ruído acústico que, por vezes, é incómodo tanto para o paciente como para os TR que trabalham na Unidade de Ressonância Magnética (Gaivão, F., 2003; Yao, G.Z. et al, 2005; Foster, J. R. et al, 2009).

## 4.1. Características do Som

O som é o movimento de uma onda que se produz quando uma fonte sonora põe em oscilação as partículas de ar que se encontram mais próximas (Macedo, R., 2006), originando vibrações que se transmitem diretamente até ao ouvido pelo ar e indiretamente, por meios materiais sólidos (Nunes, F., 2009). No ar, o som propaga-se a uma velocidade de, sensivelmente 340 m/s; na água 1500 m/s e no aço 5000 m/s (Macedo, R., 2006). A velocidade com que as oscilações se sucedem ao longo do tempo, define-se por frequência ( $f$ ) em ciclos por segundo ou hertz (Hz). Quanto maior a frequência, maior o número de ciclos de oscilações acontecem no mesmo espaço de tempo. O tempo de duração de cada oscilação é designado por período ( $T$ ) de onda. As chamadas baixas frequências sonoras produzem os sons graves e as altas frequências os sons agudos. As baixas frequências da gama audível (20 Hz a 20 kHz) encontram-se os infra-sons e acima dela os ultra-sons que, apenas alguns animais conseguem ouvir (Nunes, F., 2009; Macedo, R., 2006).

## 4.2. O Ruído

A um som indesejável é chamado ruído (Macedo, R., 2006). O ruído, do ponto de vista físico, define-se como a vibração mecânica estatisticamente aleatória de um meio elástico. Do ponto de vista fisiológico é um fenómeno acústico que produz uma sensação auditiva desagradável ou incomodativa, como já foi anteriormente definida, desencadeando desconforto auditivo e alterações fisiológicas extra-auditivas, bem como a diminuição da predisposição para a prestação de trabalho, como por exemplo, reduz a concentração, a falta de compreensão de instruções e avisos e a incapacidade de detetar algumas anomalias no processo produtivo (Miguel, A., 2010).

Como características principais, o ruído tem um nível sonoro e uma frequência, se se tratar de um som puro, ou composição ou espectro, se se tratar de um som complexo (Miguel, A., 2010).

### 4.2.1. Nível Sonoro

Todas e quaisquer fontes sonoras emitem uma determinada potência acústica característica e de valor fixo, relacionada com a saída da mesma. As vibrações sonoras têm valores variáveis dependentes não só da origem mas também do ambiente, ou seja, do tipo de local, da distância e orientação do recetor, das variações de temperatura, etc (Miguel, A., 2010; McJury, M.; et al , 2000).

A diferença entre o nível da pressão atmosférica e a pressão resultante das oscilações mecânicas define-se como pressão sonora que, se mede em newton por metro quadrado (N.m<sup>-2</sup>) ou pascal (Pa) (Nunes, F., 2009; Macedo, R., 2006).

A medida da pressão sonora numa escala linear é impraticável, pois compreende cerca de 1 milhão de unidades. Assim, o limiar da audibilidade a 1000 hertz (Hz) é provocado por uma pressão de  $20 \times 10^{-6}$  que corresponde a 20 µPa, enquanto o limiar da dor ocorre a uma pressão de 100 Pa (Miguel, A., 2010).

O ouvido humano não responde linearmente aos estímulos, mas sim logaritmicamente, ou seja, as medidas dos parâmetros acústicos são feitas numa escala logarítmica expressa em decibel (dB). O decibel é, por definição, o logaritmo da razão entre o valor medido e um valor de referência padronizado e corresponde à mais pequena variação da pressão sonora que um ouvido humano pode diferenciar nas condições normais de audição (Miguel, A., 2010; McJury, M.; et al , 2000).

Segundo a Norma Portuguesa NP 1730:1996, o nível de pressão sonora,  $L_p$ , em decibel é dado pela seguinte expressão:

$$L_p = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

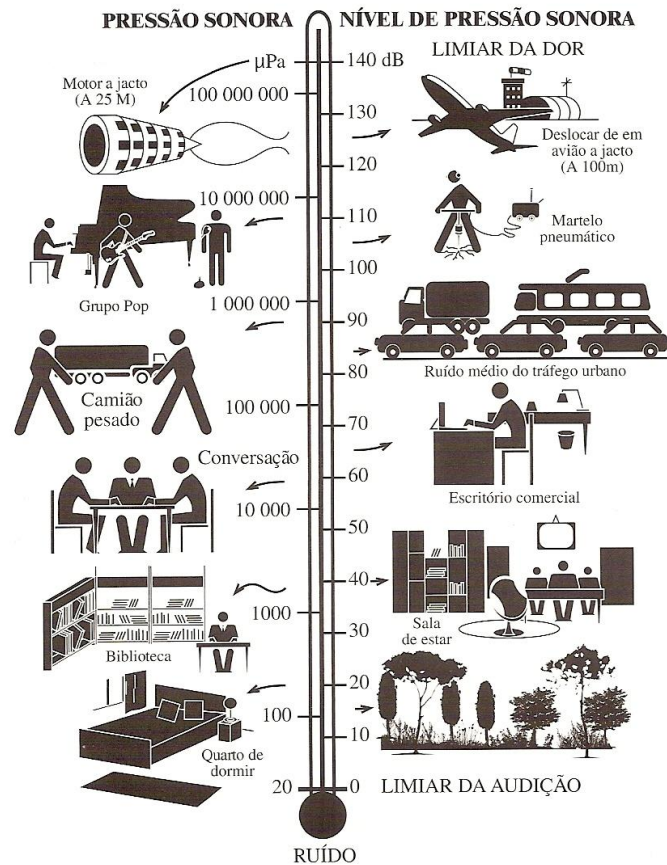
(Fonte: Nunes, F., 2009)

em que:

P – pressão sonora em N/m<sup>2</sup> (ou Pa);

$P_0 = 20 \mu\text{Pa}$  ( $20 \times 10^{-6}$ ) – pressão sonora de referência (limiar de audição a 1000Hz).

A pressão sonora é o número de vibrações por segundo, ou seja, verifica-se que a pressão oscila um determinado número de vezes por segundo à volta da pressão atmosférica, é expresso em hertz (Hz) define a frequência ou amplitude do som.



**Figura 4.1** - Representação da correspondência entre a Pressão Sonora e nível de Pressão Sonora (Fonte: Miguel, A., 2010).

#### 4.2.2. Frequência

A frequência da onda,  $f$ , representa o número de máximos ou mínimos de pressão sonora registados num dado ponto por unidade de tempo. A frequência tem unidades  $\text{s}^{-1}$ , sendo habitualmente expressa em *hertz* (Hz). A relação entre a frequência e o período,  $T$ , que representa o tempo entre a ocorrência de dois máximos de pressão, é dada através da seguinte equação (Miguel, A., 2010; Macedo, R., 2006):

$$f = \frac{1}{T}$$

(Fonte: Miguel, A., 2010)

em que:

f – frequência em Hz;

T – período em segundos.

Em que período é habitualmente expresso em s. Pode ainda demonstrar-se a relação entre o comprimento de onda,  $\lambda$ , expresso em m e a frequência através da seguinte equação:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

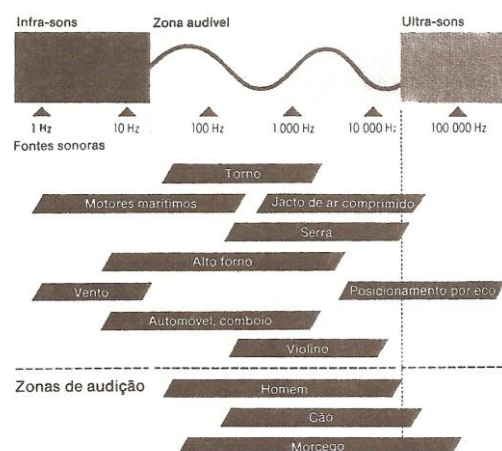
(Fonte: Miguel, A., 2010)

Em que o c corresponde à velocidade de propagação do som em metros por segundo.

É necessário determinar o nível sonoro para cada frequência a fim de obter a noção exata da composição do ruído. A este tipo de análise dá-se o nome de análise espectral ou por frequência é habitualmente representada graficamente num sistema de eixos onde as frequências se situam no eixo das abcissas e os níveis sonoros no eixo das ordenadas (Miguel, A., 2010).

A escala de frequências é usualmente dividida em 3 grupos:

- Infra-sons;
- Gama de frequência audível;
- Ultra-sons.



**Figura 4.2** - Gamas de frequência de várias fontes sonoras e limites das capacidades auditivas de alguns mamíferos (Fonte: Macedo, R., 2006).

A gama audível compreende os sons cujas frequências vão desde 20 a 20 000 Hz, sendo possível provocar uma reação ao nível da audição humana. Abaixo de 20 Hz situam-se os infra-sons e acima de 20 000 Hz os ultra-sons.

No interior de uma sala de RM existem 2 tipos de frequências: as RF emitidas pelo equipamento durante o exame que altera a magnetização dos tecidos do paciente, transformando-a em calor dentro deste. (Shellock, F. G. et al, 2004). Por outro lado existe a frequência resultante do ruído produzido pelo próprio equipamento durante o exame de RM. É esta a frequência que se pretende estudar ao longo deste trabalho científico.

### 4.2.3. Potência Sonora

Uma fonte sonora produz uma certa potência sonora ( $W$ ), o efeito dessa potência sonora é a pressão sonora, que chega ao ouvido humano e que é quantificável. A pressão sonora encontra-se dependente do meio ambiente, da sala, do isolamento ou de outras fontes existentes, da distância a que se encontra da fonte, etc. Assim, torna-se importante medir não só a pressão sonora, como também, a potência sonora emitida que é mais ou menos independente do meio envolvente (Nunes, F., 2009).

$$L_w = 10 \log_{10} \frac{W}{W_0}$$

(Fonte: Nunes, F., 2009)

em que:

$L_w$  – Nível de potência sonora em dB;

$W$  – Potência Sonora em W;

$W_0 = 10^{-12}W$  – potência sonora de referência ( $L_w = 0\text{dB}$ ).

Conhecendo o nível de potência sonora -  $L_w$  (em dB) também é possível calcular a potência sonora -  $W$  (em W), através da equação:

$$W = 10^{-12} 10^{\frac{L_w}{10}}$$

(Fonte: Nunes, F., 2009)

#### 4.2.4. Intensidade Sonora

Qualquer fonte sonora tem um nível de vibração que se manifesta na emissão de uma determinada quantidade de energia acústica. A potência sonora será a quantidade de energia acústica produzida por unidade de tempo. A essa potência sonora corresponderá uma intensidade sonora ( $I$ ) que diz respeito à densidade de fluxo de energia acústica emitida por unidade de tempo, num determinado ponto, ou seja, é a potência sonora por unidade de área ( $W/m^2$ ) (Nunes, F., 2009).

$$W = 10^{-12} 10^{\frac{L_w}{10}}$$

(Fonte: Nunes, F., 2009)

*“A intensidade sonora tem a ver com o produto da pressão sonora pela velocidade de propagação. A intensidade sonora fornece uma medida de direcção de fluxo de energia, sendo portanto necessário incluir na definição de intensidade sonora que ela deve ser considerada segundo a direcção de propagação da onda.”* (Nunes, F., 2009)

#### 4.2.5. Espectro Sonoro

##### 4.2.5.1. Filtros de Oitava

A gama audível está dividida em 10 grupos de frequências denominadas oitavas. Cada oitava, por sua vez, está subdividida em 3 grupos de terços de oitava. O nome de cada oitava corresponde à sua frequência central,  $f_c$ , que é o dobro da frequência central da oitava antecedente e a média geométrica das frequências-limite. Na mesma oitava, a frequência-limite superior  $f_L$  é dupla da frequência limite inferior  $f_I$  (Miguel, A., 2010; Macedo, R., 2006).

Temos que:

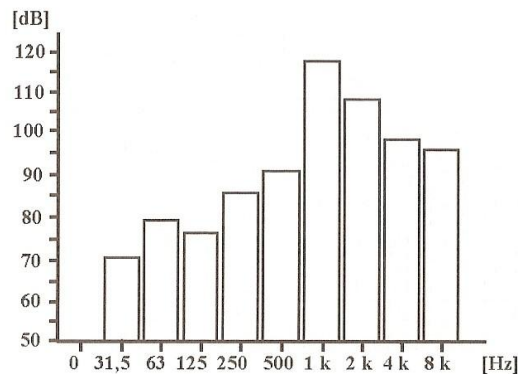
Por exemplo, para  $f_c = \sqrt{f_l \times f_L} = \sqrt{2} \times f_l = \frac{1}{\sqrt{2}} \times f_L$   
 $f_c = 500\text{Hz}, f_L = 707\text{Hz}, f_l = 354\text{Hz}$

(Fonte: Miguel, A., 2010)

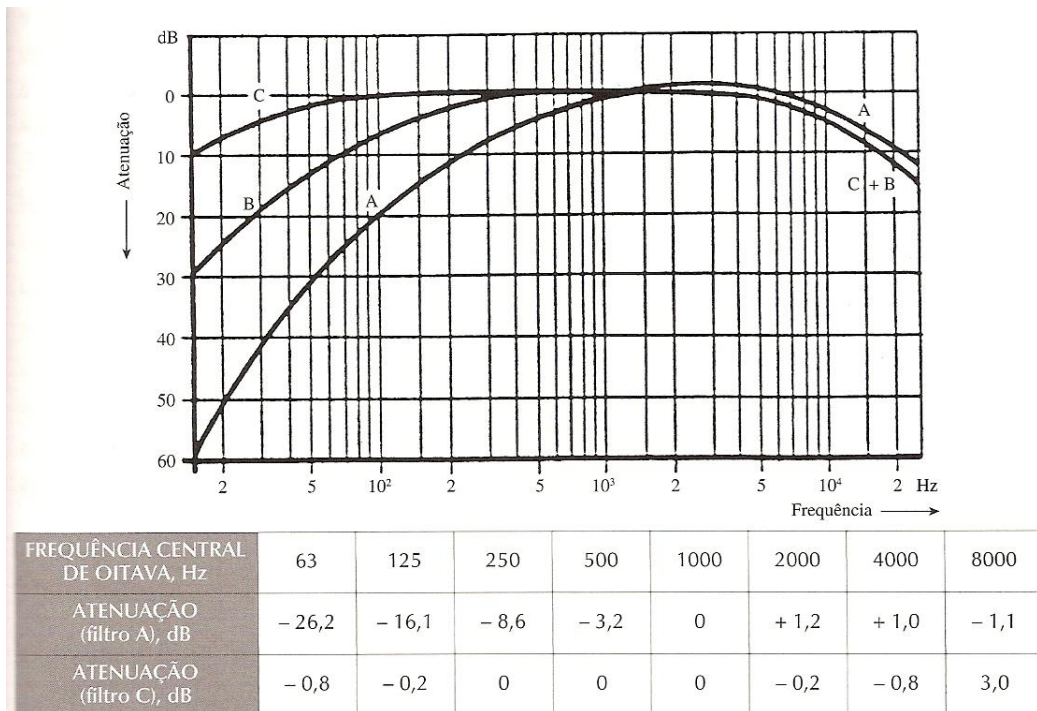
No entanto, cada banda de oitava tem valores estipulados, denominados por frequências centrais são eles:

31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000; 16000(Hz)

**Tabela 4.1** - Espectro em bandas de oitavas (Fonte: Nunes, F., 2009).



Na prática, para que um dispositivo de medição do ruído, o Sonómetro, se comporte como o ouvido é necessário introduzir-lhe um filtro. Existem vários tipos de filtros normalizados que correspondem de uma forma não linear, às diferentes frequências, designando-se geralmente por filtros de ponderação (A, B, C, D). A mais importante a nível de ruído industrial é a ponderação A, que traduz aproximadamente a resposta do ouvido humano. Os valores das medições feitas através da malha A são seguidos pela designação decibel A, dB(A) (Miguel, A., 2010).



**Figura 4.3** - Filtros de ponderação A, B, C e respectivas características (Fonte: Miguel, A., 2010).

#### 4.2.5.2. Nível Sonoro Contínuo Equivalente

Segundo o Decreto-Lei nº 182/2006 de 6 de Setembro, os instrumentos de medição ou sonómetros, devem dispor de diversas características temporais em função do tipo de ruído a medir e das ponderações em frequência A e C e cumprir, no mínimo, os requisitos equivalentes aos da classe de exatidão 2, de acordo com a normalização internacional, sendo preferível a utilização de sonómetros da classe 1, para maior exatidão das medições (Nunes, F., 2009).

As frequências centrais normalizadas dos filtros de banda de oitava em Hz, devem ser as seguintes: 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000.

O Nível Sonoro Contínuo Equivalente ( $L_{eq}$ ) tem como objetivo analisar os efeitos dos vários tipos de ruído perante a exposição de um trabalhador. Representa um nível sonoro constante, equivalente aos vários tipos de ruído durante o mesmo intervalo de tempo de exposição. É dado pela expressão (Nunes, F., 2009):

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left[ \frac{1}{T} \int_0^T \left( \frac{p(t)}{p_0} \right)^2 dt \right] \quad (\text{Fonte: Nunes, F., 2009})$$

em que:

T – duração total da medição em tempo;

p(t) – pressão acústica instantânea ponderada A (Pa);

p<sub>0</sub> – pressão acústica de referencia igual a 20 µPa.

Se o nível sonoro contínuo equivalente num determinado período de medição (T) for obtido através de um filtro de ponderação A é denominado por nível sonoro contínuo equivalente ponderado A (L<sub>Aeq,T</sub>).

O nível sonoro contínuo equivalente pode aplicar-se a vários intervalos de tempo pré-definidos. Na legislação portuguesa encontram-se algumas expressões matemáticas para calcular o efeito da exposição dos trabalhadores ao ruído em função dos tempos de exposição.

O nível sonoro contínuo equivalente, L (índice Aeq,T), ponderado A de um ruído num intervalo de tempo T, é expresso em dB(A) pela seguinte expressão:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[ \frac{1}{T} \int_1^{t_2} \frac{[p_A(t)]^2}{[p_0]^2} .dt \right]$$

(Fonte: Nunes, F.,2009)

em que:

T = t<sub>2</sub>-t<sub>1</sub> – tempo de exposição de um trabalhador ao ruído no trabalho;

p<sub>A</sub>(t) – pressão acústica instantânea ponderada A (Pa);

p<sub>0</sub> – pressão acústica de referencia igual a 20 µPa.

A exposição pessoal diária ao ruído, L (índice EX, 8 h), é expressa também em dB(A), pela relação:

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,Te} + 10 \log_{10} \left( \frac{T_e}{T_0} \right)$$

Sendo,

$$L_{Aeq,Te} = 10 \log_{10} \left[ \frac{1}{T} \int_0^{Te} \frac{[p_A(t)]^2}{[p_0]^2} dt \right]$$

(Fonte: Nunes, F.,2009)

em que:

$T_e$  – tempo de duração diária da expressão pessoal de um trabalhador ao ruído durante o trabalho;

$T_0 = 8 \text{ h} = 480 \text{ minutos} = 28800 \text{ s}$ .

Através do conceito de exposição pessoal diária de um trabalhador ao ruído durante o trabalho pode estabelecer-se o tempo máximo de exposição  $T_e$  a que o trabalhador pode estar sujeito a um determinado nível sonoro contínuo equivalente  $L_{eqA,Te}$ . A partir da equação anterior podemos calcular o tempo máximo de exposição, para que não seja ultrapassado um valor específico para  $L_{EX,8h}$ , com a equação:

$$T_e = T_0 10^{\frac{L_{EX,8h} - L_{Aeq,Te}}{10}}$$

(Fonte: Nunes, F.,2009)

Exemplo: A exposição pessoal diária não deve atingir níveis superiores a 85 dB(A), caso isso aconteça poderá provocar uma lesão no aparelho auditivo e conseqüentemente surdez profissional.

A **Tabela 4.2** menciona os valores limite de exposição em função dos períodos de exposição ao ruído segundo os organismos internacionais de referência (Fonte: Nunes, F., 2009):

<u>Tempo de exposição</u>	<u>Nível sonoro contínuo equivalente [dB(A)]</u>	
	<u>Pela O. S. H. A. <sup>(1)</sup></u>	<u>Pela I. S. O. <sup>(2)</sup></u>
8 horas	85	85
4 horas	90	88
2 horas	95	91
1 horas	100	94
30 minutos	105	97
15 minutos	110	100
7,5 minutos	115	103
28 segundos	115*	115

<sup>(1)</sup> O.S.H.A. - Occupational Safety and Health Administration

<sup>(2)</sup> I.S.O. - International Standards Organisation

<sup>(\*)</sup> Valor máximo admitido

#### 4.2.6. Tempo de Reverberação

A reverberação é a permanência de um som depois da fonte que o emitiu ter cessado (Macedo, R., 2006).

O tempo de reverberação ( $T_{rev}$ ) é o tempo, em segundos, que decorre entre o corte da fonte sonora e o instante em que o nível sonoro atinge uma milionésima do seu valor inicial, correspondendo a uma diminuição de 60 dB. O tempo de reverberação é uma grandeza que dá a conhecer as características de reverberação de uma sala, dependendo da absorção da mesma. Em termos práticos o que permite reduzir o tempo de reverberação são as estruturas absorventes.

A relação dos tempos de reverberação permite calcular a diminuição do nível sonoro (Macedo, R., 2006):

$$\Delta L = 10 \log \frac{T_1}{T_2} \text{ em dB(A)}$$

(Fonte: Macedo, R., 2006)

em que:

$T_1$  - tempo de reverberação no estado inicial;

$T_2$  - tempo de reverberação com os materiais absorventes.

Na prática isto significa que uma redução do tempo de reverberação de valor 2, por exemplo de 2,0 s a 1,0 s, conduz a uma diminuição do nível sonoro de 3 dB(A) no local:

$$\Delta L = 10 \log 2 = 3 \text{dB(A)}$$

(Fonte: Macedo, R., 2006)

Esta diminuição só é observada longe da fonte e não nas proximidades.

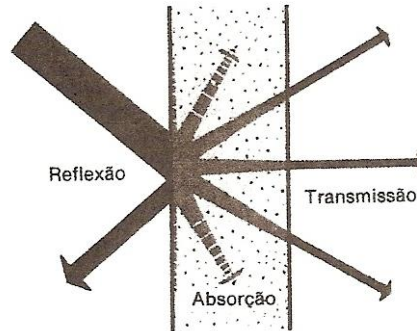
#### **4.2.7. Atenuação do som com a distância**

Segundo, Macedo, R., 2006 poderá aceitar-se a regra empírica segundo a qual numa grande sala ou ao ar livre, o nível sonoro tende a ser atenuado entre 5 e 6 dB quando a distância duplica. O nível sonoro de um aparelho/ equipamento de dimensões médias permanece constante até uma distância de 1,5 m e depois começa a diminuir. Tendo em conta que, um equipamento de RM de grandes dimensões e produz grandes quantidades de ruído, a distância necessária para atenuar o nível sonoro será maior, daí também, a importância de boas infraestruturas durante a construção das instalações.

Salvaguarda-se que esta regra empírica assume valores que variam não só com as dimensões do equipamento ou com o som por ele produzido mas também com o meio em que o som se propaga e as distâncias percorridas pelo mesmo.

#### **4.2.8. Isolamento Acústico**

O som, quando encontra uma parede ou um tabique (divisória), só uma fraca propagação de energia sonora atravessa o obstáculo (Figura 4.4). A maior parte da energia é refletida segundo um ângulo de reflexão igual ao ângulo de incidência (Macedo, R., 2006).



**Figura 4.4** - Reflexão, transmissão e absorção do som ao encontrar uma parede (Fonte: Macedo, R., 2006).

Parede com isolamento de	Quantidade de energia sonora que passa a parede
10 dB	10%
20 dB	1%
30 dB	0,1%

**Quadro 4.1** - Capacidade de isolamento acústico (Adaptado: Macedo, R., 2006).

Geralmente, o objeto isolador deve ser maior, na dimensão que intersesta o som, que o comprimento de onda do som para que se consiga um isolamento significativo. Por exemplo: a 10 KHz o comprimento de onda do som é 3,4 cm então um pequeno objeto, o microfone de medição, por exemplo, perturbará o campo sonoro e, por isso, a absorção e o isolamento podem ser facilmente obtidos. No entanto, a 100 Hz, o comprimento de onda é de 3,4 m e o isolamento acústico torna-se mais difícil (Macedo, R., 2006; Nunes, F., 2009).

A propagação das ondas sonoras através dos obstáculos não é igual em todas as frequências. As altas frequências (sons agudos) encontram-se mais direccionadas e mais facilmente interceptadas e absorvidas no decurso da sua propagação, enquanto que as baixas frequências reflectem-se em superficies rígidas e passam através de pequenas aberturas, por difracção, sem perda de intensidade (Nunes, F., 2009).

A capacidade de isolamento acústica de um tabique separando duas salas é designada por índice de atenuação acústica e exprime-se em dB (Macedo, R., 2006).

#### 4.2.9. Absorção Sonora e Materiais Absorventes

A capacidade de isolamento acústico de um determinado material é denominada por coeficiente de absorção sonora. A absorção sonora é obtida através da conversão da energia acústica em energia térmica resultante da vibração induzida no material pelas ondas sonoras (Nunes, F., 2009).

A energia sonora é absorvida sempre que o som encontra materiais porosos. Alguns destes materiais, chamados materiais absorventes, são utilizados a fim de absorver 50 a 90% de energia sonora incidente. Numa sala que contenha muitos materiais absorventes o nível sonoro global diminui com a distância em relação à fonte sonora. Mas, se a sala é “dura”, isto é, se possui uma absorção insuficiente, o nível em qualquer local da sala pode ser tão elevado como na proximidade da fonte (Macedo, R., 2006).

Na absorção sonora é importante ter em conta: o espectro do ruído, a densidade e a espessura do material absorvente, o tipo de absorvente - se poroso ou ressonador (exemplo: placas perfuradas de materiais plásticos, gesso) - e o modo de fixação do material à parede, a natureza da parede e a camada de ar entre o material e a parede (Nunes, F., 2009).

Para se calcular a absorção total do som devem-se considerar os coeficientes de absorção sonora (razão entre a energia absorvida e a energia sonora incidente) das diversas superfícies da divisão. A absorção total (TA), em Sabine (unidade correspondente à absorção proporcionada por 1 m<sup>2</sup> de superfície absorvente), que se pode conseguir numa determinada divisão com n superfícies, para uma determinada frequência do som, é dada pela equação:

$$TA = \sum_{i=1}^n S_i \alpha_i$$

Sendo:

S<sub>i</sub> - área da superfície i [m<sup>2</sup>];

α<sub>i</sub> – coeficiente de absorção da superfície i à frequência determinada.

(Fonte: Nunes, F., 2009)

Coeficiente	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
Parede em alvenaria polida ou pintada	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
Parede em blocos de betão pintado	0,10	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08
Paredes com painéis de madeira (3/8 " espessura)	0,28	0,22	0,17	0,09	0,10	0,11
Janelas de vidro	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
Painéis de espuma (1-2") em poliéster	0,16-0,24	0,25-0,49	0,45-0,81	0,84-0,91	0,97-0,98	0,87-0,97
Painéis (1") em fibra de vidro	0,23-0,26	0,50-0,49	0,73-0,63	0,88-0,95	0,91-0,87	0,97-0,82
Pavimento/ teto em betão, mármore ou tijoleira vidrada	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Madeira assente directamente no pavimento	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Teto com camada de gesso (1/2")	0,29	0,10	0,05	0,04	0,07	0,09
Fibras de celulose aplicadas em spray (1") em teto de betão	0,08	0,29	0,75	0,98	0,93	0,76
Painéis acústicos (3/4") suspensos a 16" do teto	0,76	0,93	0,83	0,99	0,99	0,94

**Tabela 4.3** - Coeficiente de absorção para materiais de construção (Fonte: Nunes, F., 2009).

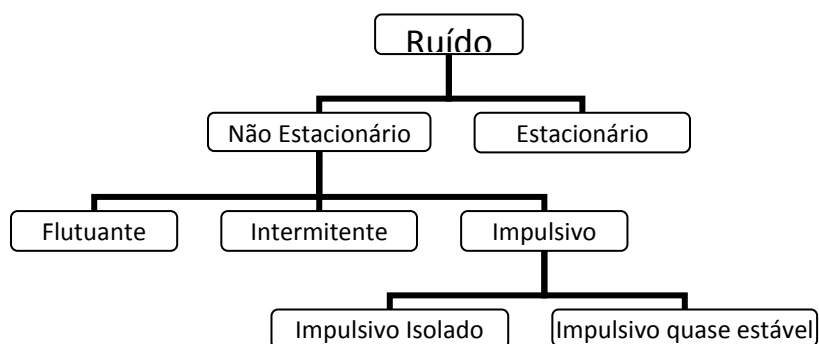
#### 4.2.10. Tipos de Ruído

Um ruído pode ser descrito segundo o seu espectro de frequências, as variações de nível com o tempo e as características do campo sonoro (Miguel, A., 2010).

A norma ISO 2204:1979 classifica, segundo estes parâmetros, os tipos de ruído mais frequentemente encontrados.

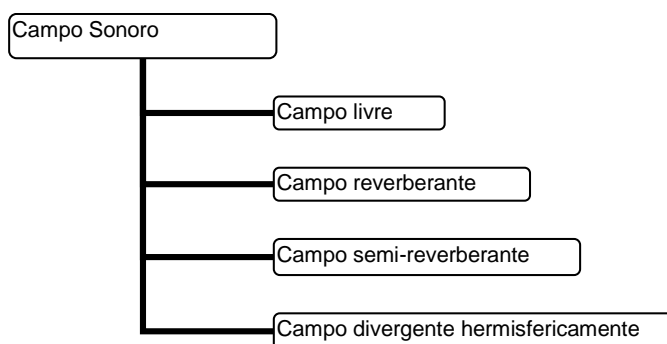
O espectro de ruído pode ser contínuo ou com sons puros audíveis.

Segundo a dependência do tempo de exposição ao ruído classifica-se em:



**Figura 4.5** - Esquema de categorização dos Tipos de ruído (Adaptado de: Miguel, A., 2010).

As características do campo sonoro classificam-se em:



**Figura 4.6** – Esquema de classificação do campo sonoro segundo as suas características (Adaptado de: Miguel, A., 2010).

### 4.3. Efeito do Ruído

Em termos gerais o ruído é um som incomodativo, desconfortável e, frequentemente, nocivo para o homem, podendo desencadear lesões auditivas e alterações fisiológicas extra-auditivas.

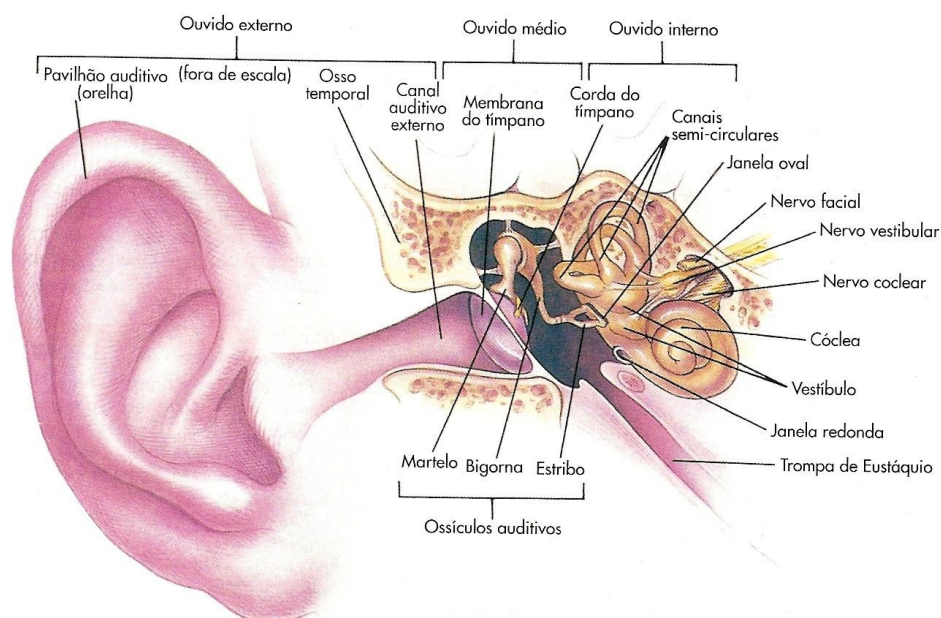
A nível dos efeitos auditivos podem ocorrer efeitos passageiros, como por exemplo, perdas ligeiras de audição ou zumbido, que após alguns minutos ou dias se revertem. Se a exposição se prolongar, a perda de acuidade auditiva pode evoluir para uma situação crónica. Se a exposição aos níveis sonoros for breve mas elevada, também poderão ocorrer perdas de audição.

A nível dos efeitos extra-auditivos existem os efeitos fisiológicos (aceleração do ritmo cardíaco, aumento da frequência respiratória, dilatação da pupila, etc.), efeitos no equilíbrio (vertigens, por exemplo), efeitos funcionais (perturbações da concentração), distúrbios do humor (irritação e insatisfação) e manifestações de *stress* (fadiga, agressividade, dores de cabeça, depressão, *stress* crónico) (Miguel, A., 2010).

### 4.4. Anatomia e Fisiologia do Sistema Auditivo

Os órgãos responsáveis pela audição e equilíbrio postural do ser humano dividem-se em três partes: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno. O ouvido externo e o

médio encontram-se relacionados com a audição, enquanto o ouvido interno está relacionado simultaneamente com a audição e com o equilíbrio (Seeley, R.R. et al, 2001).



**Figura 4.7** - Representação imagética do ouvido externo, médio e interno (Fonte: Seeley, R., 2001).

O ouvido externo contém o pavilhão auricular e o canal auditivo externo ou conduto auditivo (passagem do exterior para o tímpano) e termina internamente na membrana do tímpano.

O pavilhão auricular é a porção mais exterior do ouvido externo e é formada por cartilagem elástica coberta por pele. A sua forma colabora para a recolha de som e orienta-o para o canal auditivo externo. O canal auditivo externo é pavimentado por pêlos e glândulas ceruminosas que produzem o cerúmen (cera dos ouvidos). As ondas sonoras através do canal auditivo externo atingem a membrana do tímpano situado no ouvido médio e fazem-na vibrar.

O ouvido médio é um espaço preenchido predominantemente por ar no rochedo do osso temporal (Seeley, R.R. et al, 2001), que representa a ligação entre o ouvido externo e o interno e é constituído pela membrana do tímpano e pela cavidade do ouvido médio e os ossículos auditivos: martelo, bigorna e estribo (Miguel, A., 2010).

O estribo está ligado à membrana que separa o ouvido médio do ouvido interno, a qual se designa por janela oval.

Existem também dois músculos no ouvido médio que atuam no martelo (*tensor tympani*) e no estribo (*stapedius*), que se contraem em resposta a níveis sonoros elevados. A sua ação reduz a amplitude do movimento dos ossículos, limitando de imediato a intensidade sonora transmitida ao ouvido interno.

A trompa de Eustáquio é um pequeno canal que liga o ouvido médio à nasofaringe e conseqüentemente ao meio exterior. No estado normal, a pressão do ar no ouvido médio deve ser igual à pressão atmosférica ambiente. A trompa de Eustáquio encontra-se normalmente fechada e abre quando existe deglutição permitindo assim um equilíbrio de pressões entre ambas as faces da membrana do tímpano (Miguel, A., 2010). A membrana do tímpano é uma membrana fina, semitransparente, mais ou menos oval e com três camadas, que separa o ouvido externo do ouvido médio (Seeley, R.R. et al, 2001).

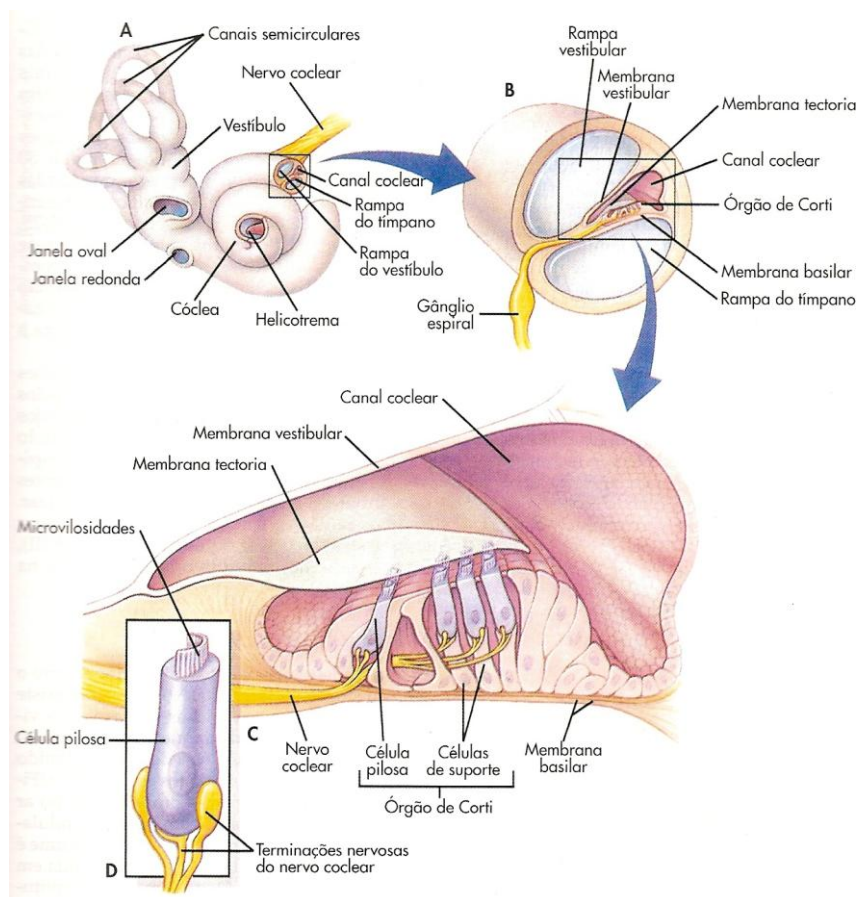
O ouvido interno abrange os órgãos sensoriais da audição e do equilíbrio, o qual é constituído por canais e câmaras comunicantes cheios de líquido no rochedo do osso temporal (Seeley, R.R. et al, 2001).

O ouvido interno encontra-se numa cápsula óssea que se designa por labirinto ósseo e comunica com o ouvido médio pela janela oval e pela janela redonda (Miguel, A., 2010). No interior do labirinto ósseo reside um conjunto de túneis e câmaras com a mesma forma mas mais pequenos, conhecidos por labirinto membranoso. Este está preenchido com um líquido chamado endolinfa, e o espaço entre os labirintos membranoso e ósseo está preenchido pelo líquido perilinfa. O labirinto ósseo do ouvido interno divide-se em três regiões: cóclea, vestíbulo e canais semicirculares. O vestíbulo e os canais semicirculares estão principalmente envolvidos no equilíbrio, e a cóclea está relacionada com a audição. A cóclea bifurca-se em três partes: a rampa vestibular, a rampa timpânica e o canal coclear (Seeley, R.R. et al, 2001).

A janela oval comunica com o vestíbulo do ouvido interno, que por sua vez corresponde com a rampa vestibular. Esta estende-se da janela oval ao helicotrema (orifício) no ápex da cóclea; a rampa timpânica estende-se do helicotrema à membrana da janela redonda.

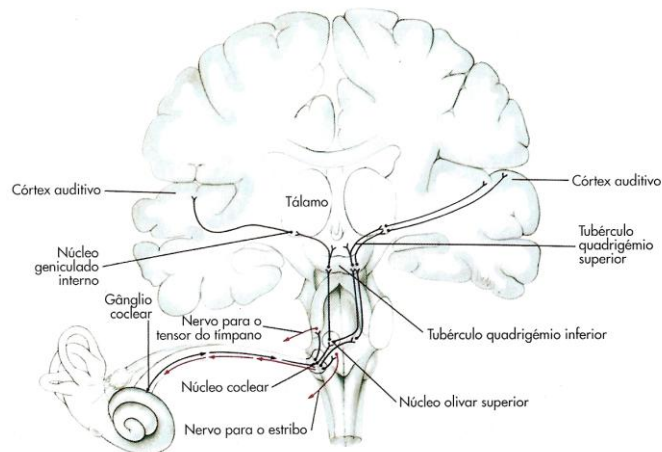
A rampa vestibular e a timpânica são os espaços preenchidos por perilinfa entre as paredes dos labirintos ósseos e membranosos. A parede do labirinto membranoso que se liga à rampa vestibular dá-se o nome de membrana vestibular ou membrana de

Reissner; a parede do labirinto membranoso que forra a rampa do tímpano é a membrana basilar (Seeley, R.R. et al, 2001). Sobre esta membrana encontra-se o órgão de Corti que é constituído por células ciliadas responsáveis pela audição (Miguel, A., 2010). O espaço que vai desde a membrana vestibular à membrana basilar chama-se canal coclear e está preenchido por endolinfa (Seeley, R.R. et al, 2001).



**Figura 4.8** - Elementos constituintes do ouvido interno (Fonte: Seeley, R.,2001).

Em suma, uma alteração vibratória da pressão sobre a membrana timpânica é transmitida pelos ossículos ao líquido do ouvido interno através da janela oval. As vibrações propagam-se até à membrana basilar, originando estímulos transversais nas células ciliadas do órgão de Corti. Estes estímulos terminam na transmissão nervosa ao cérebro através de potenciais de ação (Miguel, A., 2010).

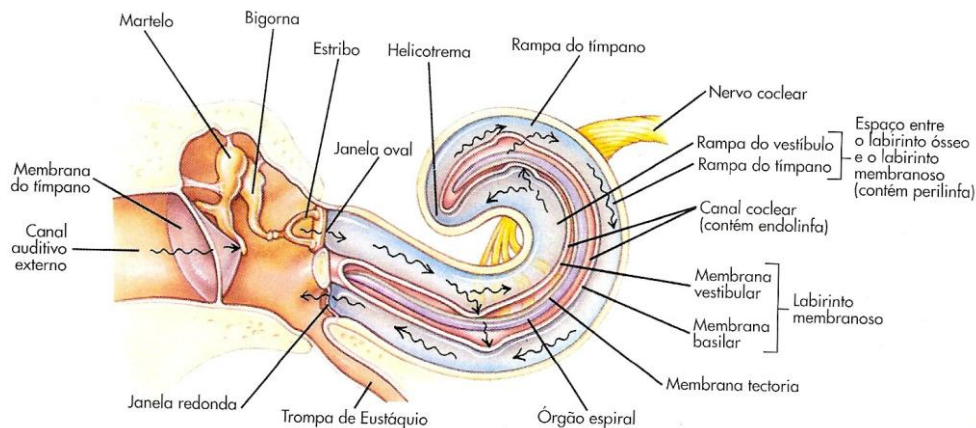


**Figura 4.9** - Vias da audição no sistema nervoso central (Fonte: Seeley, R., 2001).

Apresenta-se no quadro 3, de forma sucinta e ordenada, o conjunto de ações fisiológicas que constituem o processo de audição.

- |  |  |
|--|--|
| <p><b>1.</b> As ondas sonoras são captadas pelo pavilhão auricular e conduzidas pelo canal auditivo externo à membrana do tímpano, fazendo-a vibrar.</p> <p><b>2.</b> O tímpano transmite a vibração ao martelo, bigorna e estribo.</p> <p><b>3.</b> A vibração do estribo faz vibrar a perilinfa na rampa vestibular.</p> <p><b>4.</b> A vibração da perilinfa produz a vibração simultânea da membrana vestibular e da endolinfa no canal coclear.</p> <p><b>5.</b> A vibração da endolinfa faz vibrar a membrana basilar.</p> <p><b>6.</b> Quando a membrana basilar vibra, as células pilosas ligadas à membrana movem-se relativamente à membrana tectoria, que permanece imóvel.</p> | <p><b>7.</b> As microvilosidades das células pilosas, implantadas na membrana tectoria, permanecem inclinadas.</p> <p><b>8.</b> A inclinação das microvilosidades leva à despolarização das células pilosas.</p> <p><b>9.</b> As células pilosas induzem potenciais de ação nos neurónios cocleares.</p> <p><b>10.</b> Os potenciais de ação gerados nos neurónios cocleares são conduzidos ao Sistema Nervoso Central (SNC).</p> <p><b>11.</b> Os potenciais de ação são transferidos para o córtex cerebral e percebidos como som.</p> |
|--|--|

**Quadro 4.2** - Processo fisiológico da audição (Adaptado: Seeley, R., 2001).



**Figura 4.10** - Efeito das ondas sonoras nas estruturas cocleares (Fonte: Seeley, R., 2001).

## 4.5. Controlo do Ruído

Segundo a legislação portuguesa, Decreto-Lei Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), se os valores dos níveis de ruído permitidos forem ultrapassados, dever-se-ão medir os seus efeitos e definir medidas de intervenção e controlo de ruído. (Nunes, F., 2009) Existem três tipos de medidas que permitem controlar o ruído nos locais de trabalho quando este ultrapassa os níveis aceitáveis, a fim de o reduzir. (Miguel, A., 2010)

<b>Medidas Organizacionais</b>	De Controlo Administrativo aplicáveis pelos responsáveis da organização
<b>Medidas de Construção ou de Engenharia</b>	De Atuação sobre a fonte produtora de ruído
	De Atuação sobre as vias de propagação
<b>Medidas de Proteção Individual</b>	De Atuação sobre o recetor

**Quadro 4.3** - Exemplo de um programa de controlo de ruído (Adaptado: Miguel, A., 2010).

### 4.5.1. Medidas Organizacionais

As medidas organizacionais têm como objetivo primordial a redução dos níveis sonoros ou do tempo de exposição. Estão sob a responsabilidade da organização para a promoção e manutenção da saúde ocupacional do trabalhador em ambiente laboral. Por exemplo: adoção de uma política de aquisição de equipamentos em que o fator

nível sonoro seja considerado (Miguel, A., 2010); rotação dos trabalhadores nos postos de trabalho, aplicação da legislação e regulamentação, aplicação de limites de tempo por sessão de trabalho, verificação e auditorias frequentes às condições de trabalho e aos equipamentos e implementação de uma política da qualidade.

Um outro aspecto importante quanto ao papel da organização nesta causa é a Formação e Informação dos Trabalhadores. Será indispensável também salientar a importância de se estabelecerem planos de acções correctivas e preventivas, relacionadas com auditorias de segurança e higiene no trabalho ou mesmo a ocorrência de situações de acidentes, incidentes, não conformidades e oportunidades de melhoria e cumprimento das normativas, para o progresso das condições de trabalho. Assim, é necessário estabelecer procedimentos de monitorização e vigilância para assegurar a implementação atempada e satisfatória das acções desejadas (Nunes, F., 2009).

A formação e informação dos trabalhadores é outro ponto fulcral para que os acidentes de trabalho ou acções que possam provocar algum tipo de perigo sejam prevenidas e/ou evitadas. Deverá existir por parte do empregador a obrigação de definir áreas de formação adequadas às actividades desenvolvidas pela organização, bem como formação a nível da segurança, higiene e saúde no trabalho de forma permanentemente actualizada. O empregador deverá também disponibilizar aos trabalhadores informação actualizada. (Nunes, F., 2009)

Segundo Nunes, F.,(2009), a informação deve incidir sobre:

*“- Os riscos para a segurança e saúde, bem como as medidas de protecção e de prevenção e a forma como se aplicam, relativos quer ao posto de trabalho ou função, quer, em geral, à empresa, estabelecimento ou serviço;*

*- As medidas e as instruções a adoptar em caso de perigo grave e iminente;*

*- As medidas de primeiros socorros, de combate a incêndio e de evacuação dos trabalhadores em caso de sinistro, bem como os trabalhadores (...)*”

Esta formação e informação deve ser proporcionada ao trabalhador quando:

- 1- este é admitido na empresa;
- 2- quando muda de posto de trabalho ou de funções;

- 3- se existe a introdução de novos equipamentos de trabalho ou alteração dos existentes;
- 4- há adopção de novas tecnologias;
- 5- se desenvolverem actividades que envolvam trabalhadores de outras empresas (Nunes, F., 2009).

## **4.5.2. Medidas de Construção ou de Engenharia**

### **4.5.2.1. Atuação sobre a fonte produtora de ruído**

O método de controlo de ruído mais eficaz é a atuação sobre a fonte produtora de ruído, eliminando ou limitando o risco (Miguel, A., 2010; Nunes, F., 2009). No entanto, quando esta não é possível, existe a possibilidade de uma actividade muito ruidosa ser substituída por outra menos ruidosa mas equivalente do ponto de vista técnico (Miguel, A., 2010). Por exemplo: substituição de equipamentos antigos por outros menos ruidosos, introdução de materiais isolantes em torno das bobinas de gradiente (Nunes, F., 2009).

### **4.5.2.2. Atuação sobre as vias de propagação**

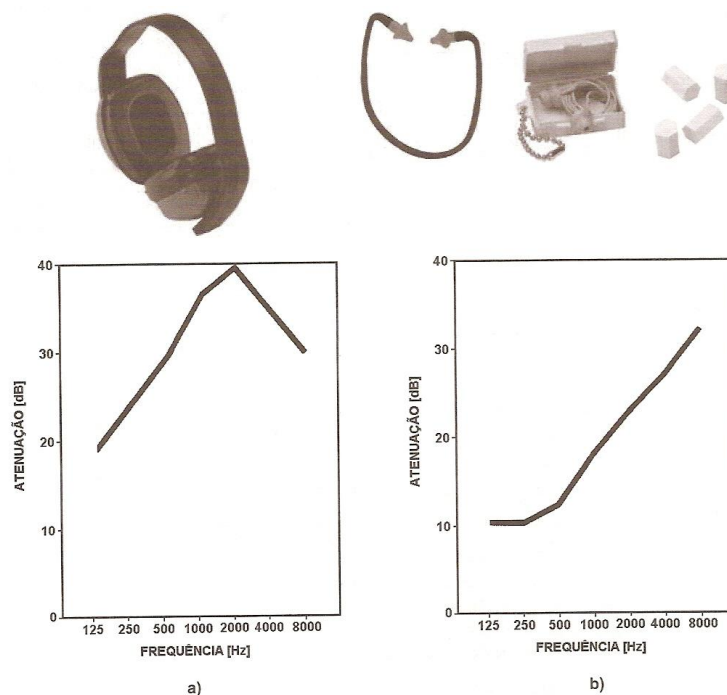
Uma vez que o controlo do ruído na fonte nem sempre é conseguido, mesmo sendo tomadas medidas nesse sentido, é necessário então, considerar medidas que visem controlar e atenuar o ruído na sua trajetória de propagação. Por exemplo: encapsulamento da fonte de ruído (blindagem); isolamento antivibrátil; painéis anti-ruído; tratamento acústico das superfícies; salas de comando (Miguel, A., 2010); utilizar paredes espessas e porosas; utilizar painéis e utilização de absorventes acústicos no teto, aumento da distância da consola de comando ao equipamento, planeamento da localização do equipamento dentro da sala (Nunes, F., 2009). Segundo todos estes pontos que se devem considerar, no anexo 1 encontra-se o exemplar de uma planta de uma sala de RM com os pontos onde se irá proceder a medição do ruído.

## 4.5.2. Medidas de Proteção Individual

Este tipo de medidas só deverão ser postas em prática em último recurso e apenas quando não for possível a utilização de outro tipo de métodos ou medidas imediatas que requerem investimentos elevados ou porque tecnicamente é inviável. Nestas circunstâncias o empregador deverá optar pela proteção individual, distribuindo pelos trabalhadores protetores individuais (Nunes, F., 2009).

Protetores individuais podem ser (Nunes, F., 2009):

- Abafadores (em concha) ou “tapa-orelhas”, em que todo o pavilhão auricular fica coberto e apresenta uma elevada atenuação nas baixas frequências, incluindo as frequências do nível médio da voz humana, o que pode ser por vezes um fator negativo quando da sua utilização, pois dificulta a comunicação verbal;
- Tampões auriculares de inserção no canal auditivo externo, estes apresentam uma boa atenuação nas frequências elevadas mas tem um fraco desempenho para as frequências baixas.



**Figura 4.11** - Proteções auriculares: a) Abafadores; b) Tampões Auriculares (Fonte: Nunes, F., 2009).

A escolha de protetores auriculares ou auditivos devem satisfizer critérios analíticos. Numa análise simplificada pode ser utilizada a atenuação global mas para uma escolha mais criteriosa dos protetores é necessário conhecer a frequência do ruído, pois existem diferentes tipos de protetores eficientes e específicos para cada gama de frequência (Nunes, F., 2009).

## **4.6. Acústica**

A acústica é um ramo da física que estuda a produção, transmissão e os efeitos do som, ou seja, a forma como a energia sonora se transmite através dos meios materiais de propagação, seus efeitos e interações com os meios sólido, líquido, gasoso e o plasma (Abel, 2010).

Em espaço livre, a intensidade de energia da onda diminui à medida que esta se afasta da fonte sonora. Quando existe o dobro da distância entre a fonte e o recetor, a intensidade do som cai 6 dB em espaço livre. Uma fonte sonora produz variações de pressão no ar, diminuindo a sua densidade, comprimindo-o numa onda progressiva, movendo-se a uma velocidade de 340 m/s.

Numa sala fechada, a onda sonora é refletida várias vezes pelas paredes, janelas, teto e chão e a sua intensidade fica mais ou menos invariável, exceto junto à fonte de emissão sonora, onde é maior.

### **4.6.1. Características de uma Unidade de RM**

#### **4.6.1.1. Requisitos Regulamentares**

O RRAE aprovado pelo Decreto-Lei 129/2002 com a nova redação alterada pelo Decreto-Lei 96/2008, apresenta os requisitos acústicos aplicáveis à construção, reconstrução, ampliação ou alteração de diversos tipos de edifícios, onde se determina também um conjunto de requisitos específicos para edifícios hospitalares. Estes requisitos referem-se a atualizações de parâmetros que aumentem o conforto acústico no interior dos edifícios. Em relação ao ruído emitido para o exterior, com vista à

prevenção e controlo da poluição sonora, aplica-se o Regulamento Geral do Ruído (RGR) pelo Decreto-Lei nº 9/2007 (Mateus, D., 2010).

Segundo o RGR, artigo 21º, relativamente ao caso dos Hospitais refere que estes são considerados ocupação sensível, as fontes de ruído suscetíveis de causar incomodidade. Estão sujeitas ao cumprimento dos limites de exposição no exterior indicado no artigo 11º e no artigo 13º alínea 1b).

O RRAE artigo 8º refere-se um conjunto de requisitos acústicos específicos para edifícios hospitalares e similares em que diz:

*“b) O índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea,  $D_{2m,nT,w}$ , entre locais do edifício deve satisfazer as condições indicadas no quadro V do anexo ao presente Regulamento;”*

O quadro 4.5 mostra uma adaptação do quadro V do RRAE.

Locais de receção (LR)	Blocos operatórios, gabinete médico, sala de consulta ou exame (em dB)	Enfermaria, salas de tratamento. Administrativas e de convívio (em dB)
Locais de emissão (LE)		
Blocos operatórios, gabinete médico, sala de consulta ou exame	≥ 48	≥ 40
Enfermaria, salas de tratamento	≥ 55	≥ 45
Salas administrativas de convívio	≥ 55	≥ 48

**Quadro 4.4** - Adaptação do quadro V do RRAE, “a que se refere o artigo 8º, nº1, alíneas a), b) e c)” (Adaptado: Decreto-Lei RRAE) Níveis de intensidade/pressão sonora para os quais é exigido isolamento dos sons de condução aéreos.

Assim, considerando o local de emissão (LE) a sala de exame onde se encontra o equipamento de RM e o local de receção (LR) o gabinete médico e/ou a sala de consulta, o isolamento dos sons de condução aéreos é obrigatório para níveis de pressão sonora iguais ou superiores a 48 dB.

E segundo o RRAE:

*“O edifício, ou qualquer das suas partes, é considerado conforme aos requisitos acústicos aplicáveis, quando, cumulativamente:*

- a) O valor obtido para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea,  $D_{2m,nT,w}$ , ou  $D_{nT,w}$ , acrescendo o factor  $l$  no valor de 3 dB, satisfaça o limite regulamentar;”.*

#### **4.6.1.2. Sala de RM – Blindagem**

Num Serviço de Imagiologia são efetuados exames de diagnóstico e/ou intervenção através dos diversos métodos de imagem tais como Raios X convencional, com e sem intensificador de imagem, Tomografia Computorizada (TC), Ressonância Magnética, Mamografia, Exames Especiais com Angiografia e também são executadas diversas técnicas de intervenção e são efetuadas terapêuticas invasivas guiadas por imagem. Uma das suas funções mais importantes é apoiar o diagnóstico rápido e eficaz.

A legislação existente respeitante a Serviços de Imagiologia incide basicamente na proteção contra os perigos resultantes das radiações ionizantes produzidas pelos equipamentos radiológicos que operam com radiação X.

O Decreto-Lei nº 180/2002 de 8 de Agosto constitui a atual legislação em vigor no nosso país, sobre a matéria, sendo a transposição da Diretiva do Conselho nº 97/43/EURATOM de 13 de Maio.

O Decreto Regulamentar nº 9/90, de 19 de Abril e o despacho da Ministra da Saúde nº 7191/97 (2ª série), de 5 de Setembro atribuem ao Ministério da Saúde a responsabilidade pelo desenvolvimento de ações na área de proteção contra radiações, pertencendo à Direcção-Geral da Saúde a promoção e a coordenação das medidas destinadas a assegurar, em todo o território nacional, a proteção de pessoas e bens que, direta ou indiretamente, possam sofrer os efeitos da exposição a radiações (Ministério da Saúde, 2005).

O equipamento de RM é um equipamento que produz imagens anatómicas através de um campo magnético e ondas de rádio de alta frequência, sem a necessidade de nenhum tipo de intervenção (método não-invasivo). A Ressonância utiliza os pulsos de RF para excitar os núcleos de hidrogénio das células e tecidos do corpo humano, para, por sua vez estes núcleos alinharem com o campo magnético. Os sinais de RF

são codificados pelo computador que produz a imagem anatómica correspondente ao exame realizado (Itamed, 2010).

Numa Sala de RM para além de toda a construção específica que deve existir num Hospital, devido ao magneto aí existente com um forte campo magnético, é revestida no seu interior pela Gaiola de Faraday, que impedirá a passagem de sinais de RF para o exterior e a interferência no interior, de sinais do mesmo tipo vindos de fora, (Ministério da Saúde, 2005), por exemplo, televisão, telemóveis, aparelhos médicos suscetíveis a RF (ultra-som e tomografia computadorizada). Se existisse interferência entre o exterior com o interior, as imagens geradas pelo equipamento de Ressonância seriam deformadas por múltiplos artefactos devidos aos sinais exteriores (Itamed, 2010).

A Gaiola de Faraday é constituída por um conjunto de elementos unidos entre si, fixados nas paredes, teto e chão da sala de exame, de forma a exercerem uma blindagem total de RF. Todas as portas que dão acesso à sala de exame assim como a janela que permite visualizar o interior desta a partir da sala de controlo, impedirão também a passagem desses sinais (Ministério da Saúde, 2005) com o objetivo de proteger a homogeneidade do campo magnético externo (Itamed, 2010). A Gaiola de Faraday, feita normalmente em folha de cobre, permite o isolamento eléctrico quase total com o ambiente exterior. É construída por um fabricante especializado que terá de ter em linha de conta aspetos específicos da sala e dos equipamentos aí existentes. O seu peso ronda os 6000 kg e geralmente recomenda-se um rebaixamento de cerca de 5 cm no pavimento da sala de exame para possibilitar que a gaiola fique ao mesmo nível que o piso exterior (Ministério da Saúde, 2005). Esta, para além de produzir um isolamento da RF exterior, permite também um isolamento acústico.

A performance da blindagem de RF geralmente para os equipamentos de RM tem um valor de atenuação requerido de 100 dB. Estes 100 dB correspondem a uma redução de 100.000:1 de sinal de RF.

É também de referir que para os equipamentos de RM é muito importante que a blindagem seja eletricamente isolada da estrutura existente. Normalmente, um isolamento no mínimo de 1000  $\Omega$  (ohms) é o valor exigido pelos fabricantes de RM (Itamed, 2010).

Os TR operam os equipamentos de RM e a sua localização preferencial é fora da sala de RM, na sala de comandos onde permanecem junto à consola entre 4 e 8 horas por

dia efetuando um número variável de exames dependendo dos contextos de trabalho. As sequências aplicadas em cada paciente têm a ver com a área anatómica e patologia em estudo.

## **4.7. Ruído Acústico**

Nos últimos anos, observou-se um grande aumento dos equipamentos mecânicos e eletrônicos em todas as Unidades Hospitalares levando assim a um consequente aumento na produção e emissão de ruído ocupacional. O Serviço de Radiologia não foi exceção mais propriamente a Unidade de Ressonância Magnética que é caracterizada pelo forte ruído emitido durante o exame de RM (Mateus, D., 2010; Algarvio, A., 2010). Este forte ruído pode atingir, dentro da sala de RM, cerca de 138 dB nos equipamentos de 3 T (Tesla). Assim, nos últimos anos tornou-se também uma das principais preocupações para a segurança e bem-estar dos doentes na prática clínica, principalmente em sequências de pulso eco-planares (EPI) (Simões, Z., 2009).

### **4.7.1. Formação do Ruído Acústico**

Existem várias formas de ruído acústico que são produzidas em associação com a atividade do sistema de RM. O gradiente do campo magnético é considerado a principal fonte do ruído acústico quando em funcionamento ou seja, quando ativado para a realização de um exame de RM. A rápida alteração do campo magnético produzida durante o varrimento dentro do sistema de RM é o resultado da produção das forças de Lorenz, que produzem uma vibração nas bobinas de gradiente. Esta é a principal fonte de ruído acústico produzido no sistema de RM. A presença deste ruído acústico não é completamente evitável devido ao facto das bobinas de gradiente serem responsáveis pela formação e codificação espacial da imagem de RM (McNulty, J.P. et al, 2009; Shellock, F. G. et al, 2004; McJury, M.; et al , 2000; Capstick M., et al, 2008).

#### 4.7.2. Fontes Emissoras de Ruído Acústico em RM

Na realização de exames de RM existe uma relação entre ruído acústico que ocorre com as alterações dos gradientes (amplitude ou tempo de subida) e com os diferentes parâmetros da RM. (Shellock, F. G. et al, 2004; Simões, Z., 2009)

O ruído acústico produzido pelas bobinas de gradiente é aumentado:

- quanto maior for a amplitude dos gradientes em mT/m
- quando aumenta o *Slew Rate* (ou taxa de variação de gradiente nas bobinas, o que resulta em grandes níveis de pressão sonora em torno do equipamento);
- com pulsos de RF mais curtos.
- quando se reduz a espessura de corte, o tempo de repetição, o *Field Of View* (FOV), o tempo de eco, e/ou usando técnicas de imagem tais como sequências de pulso eco planares, sequências eco de gradiente e *fast spin eco* e as técnicas de preenchimento em espiral do espaço K (Shellock, F. G. et al, 2004; McNulty, J.P. et al, 2009; Algarvio, A., 2010; Simões, Z., 2009).

A causa secundária do ruído acústico verifica-se a partir dos pulsos de radiofrequência (RF) introduzidos no início do exame para produzir um sinal. Contudo, este ruído é desprezável e completamente abafado pelos altos ruídos gerados pelas bobinas de gradiente (McNulty, J.P. et al, 2009; Algarvio, A., 2010).

A simples presença do paciente no magneto sem a ativação das bobinas de gradiente de campo afeta o ruído acústico variando este 10dB (Simões, Z., 2009).

#### 4.7.3. Características de trabalho em RM e Problemas Associados ao Ruído Acústico

O ruído acústico é um óbice para os pacientes e para toda a equipa que trabalha na unidade de RM (McNulty, J.P. et al, 2009). Os problemas relacionados com o ruído acústico para pacientes e profissionais de saúde incluem simplesmente desconforto, exaustão, dificuldades na comunicação verbal, ansiedade, perda temporária da audição e potencialmente, deficiência auditiva permanente (Shellock, F. G. et al, 2004).

O ruído acústico pode representar perigo para grupos específicos de pacientes que tenham maior risco, por exemplo, pacientes com lesões cerebrais, idosos, jovens, crianças, recém-nascidos, pacientes com transtornos psiquiátricos, com sensibilidade auditiva, pacientes anestesiados e claustrofóbicos (Shellock, F. G. et al, 2004; McNulty, J.P. et al, 2009).

O TR durante a execução de exames de RM, embora possua um intercomunicador entre a consola de trabalho e o interior da sala, o qual permite estar ligado ou desligado, ditam as regras de segurança clínica e em especial em RM que o mesmo deve estar ligado no sentido do doente para o exterior afim de prevenir qualquer incidente que ocorra decorrente da interação do método com o paciente: depósito excessivo de RF, atração de objectos pelo magneto, efeito missil ou outras reacções fisiológicas por parte do doente – doentes claustrofóbicos. Por isso e para que o TR possa controlar o funcionamento do equipamenmto e o início e término das sequências de pulso o sistema de intercomunicação deve estar accionado fazendo com que o ruído produzido no interior da sala de RM seja em parte transmitido ao TR. Por outro lado existem exames especiais e grupos de pacientes atípicos que obrigam a comunicação permanente entre o TR e o interior da sala.

O contexto de trabalho do TR está ainda pulverizado de outros sons normalmente inerentes à função e local tal como a interacção verbal com a equipa, ruído proveniente de outros equipamentos, dispositivos e telefones e o ruído de fundo característico dos ambientes hospitalares.

#### **4.7.4. Prevenção do Ruído Acústico**

As características físicas existentes numa sala de RM são compostas por um isolamento acústico específico, bem como, todo o material de construção que proporciona segurança a nível do magneto e também da transmissão de ruído acústico (Shellock, F. G. et al, 2004).

A *Food and Drug Administration* (FDA) indica que os níveis de ruído acústico relacionados com a RM devem estar dentro dos limites recomendados pelos regulamentos produzidos por outras organizações credíveis, (Shellock, F. G. et al, 2004), o Decreto-Lei nº 182/2006 de 6 Setembro de 2006, enuncia também, as

prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos provenientes do ruído.

Considera-se que o limite máximo do pico de ruído acústico seguro para os pacientes é de 140 dB, no entanto, existem indicações, por parte do fabricante dos equipamentos de RM que recomendam medidas para reduzir ou aliviar o ruído a que o paciente fica exposto, isto é, recomenda-se que o TR num exame de RM forneça aos pacientes protetores auditivos quando o ruído não ultrapasse os 99 dB (Shellock, F. G. et al, 2004; Simões, Z., 2009).

Várias estratégias têm sido descritas para atenuar o ruído e, assim, evitar problemas ou riscos associados à exposição do ruído acústico associadas à RM. O meio mais simples e menos dispendioso é o uso de tampões auriculares descartáveis geralmente comercializados com o equipamento de RM ou adquiridos pelos fornecedores de produtos médicos ou até mesmo disponíveis nas farmácias, com o objetivo de atenuar o ruído detetado. Quando devidamente utilizados podem diminuir o ruído de 10 a 30 dB, o que proporciona uma proteção adequada para este tipo de ambiente (Shellock, F. G. et al, 2004; Simões, Z., 2009; McJury, M.; et al, 2000).

Os tampões auriculares podem ser utilizados pelos profissionais ou utentes, no entanto, estes dispositivos de proteção auditiva tem uma série de limitações, como por exemplo, dificultarem a comunicação verbal entre o paciente e o Técnico de Radiologia durante a realização do exame. Este método de controlo passivo pode também causar desconforto para o paciente (Shellock, F. G. et al, 2004; McJury, M.; et al , 2000).

#### **4.7.5. Acústica e Controlo do Ruído**

A minimização dos efeitos nefastos do ruído pode ser conseguida de uma forma geral, através da redução dos níveis de ruído emitidos, do tratamento nos meios de transmissão e/ou, em casos extremos através da proteção diretamente nos recetores. No entanto, no que se refere a edifícios hospitalares, e no caso da RM em concreto, é ao nível dos meios de transmissão que surge a principal possibilidade de atuação. Esta atuação deverá abarcar quatro pontos (Mateus, D., 2010):

- Isolamento a sons aéreos;

- Isolamento a ruídos de percussão;
- Condicionamento acústico interior;
- Minimização do ruído produzido por equipamentos mecânicos do edifício.

As principais insuficiências acústicas existentes em edifícios hospitalares estão relacionadas com a produção de ruído em excesso e a falta de isolamento dos elementos de compartimentação dos edifícios. A minimização do ruído passa: 1- pelo controlo de ruído na emissão, 2 - pelo afastamento entre as zonas principais de produção de ruído e os locais sensíveis a proteger e 3 - pela implementação de soluções de condicionamento acústico, ao nível dos elementos de compartimentação e da envolvente interior do edifício. Ou seja, através da conjugação das quatro vertentes anteriormente mencionadas (Mateus, D., 2010).

Este estudo está diretamente relacionado com o condicionamento acústico interior, mais especificamente nas Unidades de Ressonância Magnética.

O estudo do condicionamento acústico interior, de um espaço fechado, depende sobretudo da geometria do espaço, do tipo de revestimentos interiores e do mobiliário e ocupação do mesmo, e visa a obtenção de um ambiente acústico adequado ao seu volume e às suas funções e/ou o controlo de ruído no seu interior (Mateus, D., 2010).

## **5. Finalidade e Objetivos**

Este projeto de investigação tem como finalidade a avaliação da adequação das condições de trabalho dos TR em Unidades Ressonância Magnética relativamente à exposição ao ruído acústico durante uma sessão de trabalho.

### **5.1. Objetivo Geral**

Verificar se existe adequação entre as medidas organizacionais, de engenharia e de proteção individual tendo em conta o ruído produzido pelo funcionamento do equipamento de RM, as quais assegurem as condições de trabalho dos TR.

## 5.2. Objetivos Específicos

Verificar se o ruído a que os Técnicos de Radiologia estão expostos no seu local de trabalho está dentro dos limites legislados;

Verificar se existe um Planeamento, Construção e Instalação dos edifícios Hospitalares, nomeadamente nas Unidades destinadas à execução de exames por RM;

Verificar se existe adequação na escolha dos materiais utilizados na blindagem das Unidades de Ressonância Magnética em função das características dos equipamentos existentes;

Avaliar o *design*, construção e isolamento dos espaços de RM tendo em consideração as especificidades dos equipamentos presentes e dos exames realizados;

Avaliar a existência de harmonização entre as infraestruturas físicas, a ergonomia dos espaços e as características dos equipamentos de RM a ser instalados;

Conhecer as medidas de proteção individual dos TR.

## 6. Objetivos Operacionais

Avaliar se a insonorização da Sala de Ressonância Magnética tem em consideração a dimensão da sala e as características espectrais do ruído emitido pelos equipamentos existentes;

Avaliar se a instalação do equipamento atende às distâncias e áreas de implantação;

Avaliar se a insonorização da Sala de Ressonância Magnética durante a construção do edifício têm em consideração o tipo de equipamento a ser posteriormente instalado - aberto/fechado;

Avaliar se a insonorização da Sala de Ressonância Magnética têm em conta a amplitude mínima e máxima dos gradientes;

Verificar se a carga de trabalho/exames realizados é programada de acordo com as condições de controlo do ruído da Sala de Ressonância Magnética proveniente do equipamento (apêndice 2).

Caracterizar com que frequência se realizam as sequências mais ruidosas - Eco Planares (EPI); sequências Eco de Gradiente (GRE) e sequência *Fast Spin Eco* ou Single Shot (apêndice 3).

Perceber quais as diferenças entre um espaço físico recém construído ou um edifício hospitalar antigo adaptado para a instalação de um equipamento de RM.

## **7. Métodos e Meios**

### **7.1. Características do estudo**

#### **7.1.1. Tipo de estudo**

O método de estudo escolhido, segundo Fortin, é um Estudo Exploratório-Descritivo com paradigma empírico misto - quantitativo e qualitativo (Fortin, M. F., 1999).

#### **7.1.2. Unidade de Análise – população e amostra**

A população alvo são as Unidades de Ressonância Magnética e os seus profissionais afetos à prática clínica e existentes na Região de Saúde de Lisboa e Vale do Tejo (RSLVT) com equipamentos de RM com amplitude de gradientes entre de 20 mT/m e 40 mT/m.

A amostra resulta de uma seleção não probabilística por critérios de inclusão da população alvo, obtida por tipicidade e conveniência.

Critérios de Inclusão das instalações e dos Técnicos de Radiologia:

1. Equipamentos Instalados em unidades hospitalares de RM em que o projeto de arquitetura contemplava a instalação de um equipamento de RM;
2. Equipamentos Instalados em unidades hospitalares de RM em que a instalação de um equipamento de RM foi adaptada e posterior ao projeto de arquitetura;
3. Técnicos de Radiologia com um mínimo de 5 anos de experiência em exames de RM;
4. Equipamentos instalados em Unidades Ressonância Magnética com menos de 10 anos de construção ou remodelação;
5. Unidade de Ressonância Magnética onde se efetue um número mínimo médio de 10 exames por sessão de trabalho.

### **7.1.3. Variáveis**

As variáveis principais são o tipo de equipamento, instalação de materiais de insonorização, número de exames e o tipo de exames realizados.

A variável secundárias é o ruído acústico produzido pelo equipamento de Ressonância Magnética a que os Técnicos de Radiologia estão expostos ao fim de uma sessão de trabalho com um mínimo de 10 sequências de pulso consideradas ruidosas.

## 7.2. Técnicas de procedimentos

### 7.2.1. Instrumentos de Recolha de Dados

Os instrumentos de recolha de dados para avaliação das variáveis principais são organizados segundo as dimensões de análise:

#### Medidas de Engenharia

1 - Para a avaliação das medidas de engenharia irão realizar-se medições com o sonómetro integrador com capacidade para análise do ruído por bandas de oitava, registando os valores numa folha de registo (apêndice 1). Deverão ser realizadas 3 medições em cada ponto marcado (anexo 1), sempre no mesmo tipo de exame e na mesma ponderação: sequências Eco Planares; sequências Eco de Gradiente e sequência *Fast Spin Eco*, e é necessário ter sempre em consideração a mesma distância ao iso-centro do magneto. O sonómetro em questão tem como características: Sonómetro analisador de precisão – integrador de classe de precisão 1, homologado pelo Instituto Português da Qualidade, marca Bruel & Kjaer, modelo 2260, n.º de série 2418337 - Controlo metrológico: Laboratório de Metrologia do Instituto da Soldadura e Qualidade; Microfone marca Brüel & Kjær, modelo n.º 4189, n.º de série 2417848; Pré-amplificador marca Brüel & Kjær, modelo n.º ZC 0026, n.º de série 2262; Calibrador sonoro classe 1, marca Brüel & Kjær, modelo n.º 4231, n.º de série 2422558.

Segundo a Norma Portuguesa NP 1730-1, 1996:

#### *“5.2.3. Medições no interior dos edifícios*

*Estas medições devem ser efetuadas em recintos fechados onde se verifica o ruído de interesse. Se não especificado em contrário, as posições preferenciais são pelo menos a 1m das paredes ou outras superfícies principais de reflexão, de 1,2 a 1,5m acima do pavimento e a cerca de 1,5m das janelas.”*

No anexo 1 encontra-se o exemplo de uma planta de uma sala de RM onde estão, segundo a orientação da NP 1730-1, marcados os pontos onde deverão ser feitas as medições de ruído.

## **Medidas Organizacionais e Medidas de Proteção Individual**

- 1 - Relativamente às medidas organizacionais e de proteção individual será necessário recolher informação através de entrevistas semi-estruturadas ao Engenheiro de uma Empresa de Equipamentos de RM, Administrador Hospitalar da área dos meios complementares de diagnóstico e terapêutica e ao TR (apêndice 2);
- 2 - Consulta e análise dos registos de construção e do projeto de construção; Consulta do Pedido de Informação Prévia (PIP); Consulta do Licenciamento da Unidade de Radiologia para verificar se têm em conta a Unidade de Ressonância Magnética e também consultar os estudos e/ou medições realizadas pelo Departamento de Higiene e Segurança no Trabalho da respetiva Instituição Hospitalar;
- 3 - Consulta do manual de utilizador do equipamento e suas características;
- 4 - Avaliação e análise do enquadramento legal existente;
- 5 - Observação não participante junto ao local com o equipamento em funcionamento, para validação das informações objetivas obtidas.

### **7.2.2. Tratamento de dados**

Numa fase inicial foi realizado um pré-teste a cada um dos 3 tipos de entrevistados com a finalidade de verificar a validade das questões que irão ser colocadas.

Numa segunda fase, depois de verificada a validade do conteúdo das questões e assim ser validado o pré-teste, estas serão colocadas em cada hospital / centro de diagnóstico a 1 profissional das diferentes categorias tendo como objetivo primordial o levantamento de informação para compreensão dos resultados obtidos nas medições do sonómetro e obtenção de resposta aos restantes objetivos.

Verifica-se que nas entrevistas se colocam algumas questões iguais aos diferentes atores. A informação daí produzida servirá como validação dos dados finais após cruzamento da informação obtida.

Nesta mesma fase, após a recolha de todos os dados obtidos através do sonómetro integrador, irá ser calculada a média de valores no mesmo ponto para cada tipo de sequências verificando assim se o ruído emitido naquele ponto ultrapassa o valor estipulado por Lei.

Caso as amostras obtidas apresentem significância estatística poderá ser caracterizado o espectro de emissão do equipamento de RM. E também através de um teste estatístico às médias averiguar se todos os equipamentos de RM são semelhantes em termos de espectro.

Através das medições realizadas será possível conferir se as médias e o isolamento acústico das salas de RM são iguais para os diferentes tipos de equipamento ou se serão diferentes consoante o equipamento instalado na sala, bem como através de toda a informação recolhida nas entrevistas e nos documentos disponibilizados. Será possível também, verificar se os 3 tipos de sequências efetuadas (EPI, GRE, FAST SPIN ECO) são significativamente diferentes, ou seja, se o ruído produzido pelo equipamento de RM quando se realizam exames nas referidas sequências é significativamente diferente entre elas. Por fim, será possível verificar se o isolamento existente é igual nos diversos pontos onde serão realizadas as medições, isto é, calcular a média de a) e b) em relação a c) e d) e a média de e) em relação a f), quando as mesmas são realizadas.

Este tratamento de dados será realizado através do programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), efetuando cálculos de médias, comparação de médias e testes não paramétricos, apresentando-se os resultados sob a forma de gráficos e tabelas com os diversos resultados obtidos.

A informação verbal obtida a partir das entrevistas será tratada pela técnica da análise do conteúdo.

### **7.3. Consentimentos**

Para a realização do estudo empírico será necessário por parte do Investigador pedir o consentimento às entidades onde se pretende realizar as medições do ruído. Assim, este terá de garantir o anonimato e confidencialidade de todos os dados dos participantes.

Aos participantes que contribuam no estudo e deem o seu consentimento informado ser-lhes-á garantido que os seus direitos estarão acima da própria investigação, podendo recusar a sua participação no estudo, sem qualquer prejuízo ou dano do mesmo.

Serão formalizados pedidos de autorização e de colaboração no estudo, para as seguintes entidades:

- Conselho de Administração do Hospital;
- Diretor Clínico e Coordenador Técnico do Serviço de Radiologia.

Será importante também ressaltar e garantir que o presente estudo não terá quaisquer fins comerciais ou financeiros que possam enviesar os resultados.

## 8. Resultados Esperados

No momento de colocar em prática e verificar a validade das questões constantes das entrevistas semi-estruturadas (pré-testes) realizados ao Engenheiro de uma empresa de equipamentos de RM, ao Administrador Hospital e ao Técnico de Radiologia, deparámo-nos com algumas dificuldades. Por questões de disponibilidade apenas se conseguiu efetuar entrevistas ao Técnico de Radiologia e ao Engenheiro. O envio das questões da entrevista para o pré-teste foi feito por e-mail por falta de disponibilidade de agenda dos profissionais acima referidos. O pré-teste relativo ao Administrador Hospitalar não foi possível ser efetuado devido ao facto de sobrecarga de trabalho do mesmo. Pensa-se, no entanto, que outras justificações poderão estar na origem da não resposta do Administrador e do evitamento da resposta direta sem intermediação dos outros dois respondentes tal como: receio de colocação de questões de opinião embaraçosas ou conflituantes com a imagem da organização ou que o conteúdo das questões fosse desconhecido do respondente. A desconsideração por se tratar de um projeto académico e não um estudo de mercado efetivo poderá ser outras das justificações.

Após a aplicação das questões ao Engenheiro verificou-se que este não respondeu às questões número 5, 12, 13, 14, 17, 18. Durante a entrevista ao TR, este não conseguiu responder às questões número 7, 8 e 9.

Relativamente às medições com o sonómetro integrador que farão parte da segunda fase do presente estudo, apontam-se alguns resultados obtidos por Algarvio, A., em 2010.

Segundo o estudo efetuado pelo autor acima referido é possível verificar que os valores de pico de ruído medidos se encontram de acordo com os valores limite indicados pela Organização Mundial da Saúde, garantindo a seguranças auditiva do Técnico de Radiologia. Este autor desenvolveu um estudo com o objetivo de avaliar a exposição ao ruído ocupacional ao qual o TR está exposto nos Departamentos de RM. Neste estudo foram efetuadas 24 observações em 3 Departamentos de Ressonância Magnética de 3 Hospitais Privados da zona Centro de Lisboa. Os diferentes equipamentos avaliados nas unidades hospitalares possuíam as seguintes características: campo magnético estático (1,5T), amplitude dos gradientes (33 mT/m) e *slew-rate* (120 T/ms e 125 T/ms). As avaliações de ruído foram efetuadas na sala de comandos dos respectivos Departamentos de Ressonância Magnética, com um sonómetro integrador. Foram inseridas no estudo as oito sequências realizadas no decorrer do exame que possuíssem as especificações técnicas e tempo de duração idênticos nos três locais avaliados. O autor com este estudo concluiu que os valores de  $LA_{eq}$ , em função da duração média da exposição ocupacional, excedem os legislados pelo RRAE *"(...) transformando-se em  $LA_{eq}$ , 8h que podem provocar desconforto psicológico e hipertensão arterial no Técnico de Radiologia. O desconforto psicológico pode evidenciar-se na execução de tarefas em que seja necessário um elevado grau de atenção e concentração podendo acarretar um aumento da probabilidade de erro por parte do Técnico de Radiologia."*

Assim, pensa-se que apenas por uma questão do acaso poderá existir adequação na escolha dos materiais utilizados na blindagem das Unidades de RM em função das características dos equipamentos existentes, bem como o *design*, construção e isolamento dos espaços de RM. As medidas de construção não têm em consideração as especificidades dos equipamentos presentes e dos exames realizados.

## **9. Discussão dos Resultados Esperados**

Depois da aplicação do pré-teste via e-mail ao Engenheiro de uma empresa de equipamentos de RM, este não respondeu a 6 questões (números 5,12,13,14,17,18).

A questão 5 não foi respondida possivelmente porque o Engenheiro não conseguiu perceber o sentido da pergunta, se esta tivesse sido feita por entrevista, como era previsto acontecer, provavelmente o Engenheiro teria percebido e teria respondido. Em relação às restantes questões que também não foram respondidas, poderá dever-se ao facto de este não ter esse tipo de conhecimentos, pois um Engenheiro Físico no seu dia-a-dia lida com situações concretas e práticas, como a reparação dos equipamentos de RM, onde poderá descorar temas que não estão diretamente relacionados com as suas funções, como por exemplo, ter conhecimentos a nível da Saúde Ocupacional na Ressonância Magnética e em Programas de Qualidade que se aplicam a uma sala de Ressonância Magnética.

Relativamente aos resultados obtidos no pré-teste as 3 questões (números 7, 8 e 9), colocadas durante a entrevista ao TR, às quais este não conseguiu responder, poderá ser uma situação relativa ao facto de este tipo de informações não se encontrar ao nível dos conhecimentos dos TR, como por exemplo, das medidas de proteção e/ou

procedimentos que se devem ter em consideração quando se pretende construir uma Unidade de Ressonância Magnética, como também, ter conhecimento dos parâmetros adequados à construção da sala em concordância com o tipo de equipamento.

Devido a impossibilidade de agendamento e sobrecarga de trabalho por parte do Administrador Hospitalar o pré-teste não foi possível de ser realizado.

O estudo realizado pelo autor Algarvio, A., 2010 faz prever que os valores que irão ser medidos não irão ultrapassar os valores legislados, no entanto, as medições do Autor poderão não ser nos mesmos Hospitais, nem nos mesmos pontos de interesse que este projeto considera, daí os resultados obtidos poderem vir a ser diferentes. Através da consulta aos diversos documentos e das entrevistas aos 3 diferentes actores, será possível perceber o porquê de obter outro tipo de resultados.

Porém, é espectável encontrarmos adequação na escolha dos materiais utilizados na blindagem das Unidades de RM em função das características dos equipamentos existentes, bem como o *design*, construção e isolamento dos espaços de RM. Porém, a escolha não têm em consideração as especificidades dos equipamentos presentes e dos exames realizados. Considerando que a tecnologia e a informação, hoje em dia, são bastante desenvolvidas, é possível que todos os materiais de construção e as características dos equipamentos, se encontrem, por mero acaso, em harmonia não existindo assim qualquer infração à legislação em vigor. Pensa-se que essa condição poderá, no entanto, não ser observada quando se trata da instalação de equipamentos recentes colocados em edifícios com vários anos de edificação. Repare-se que o estudo de Algarvio, A., (2010) registou valores de Equipamentos instalados num edifício com 55 anos de construção. Embora o estudo de Simões Z. (2009) tenha sido efectuado num hospital com as características anteriormente enunciadas, as mesmas ilacções não podem ser retiradas uma vez que o estudo teve objectivos diferentes, ou seja, avaliar o ruído a que o paciente é sujeito dentro da sala de exame durante a aquisição das imagens. Como descreve o Autor Mateus, D., (2010), relativamente aos edifícios hospitalares, hoje em dia são conhecidas as formas de minimizar os efeitos do ruído, encontrando-se os valores de  $L_p$  legislados. Inclusivamente, é através dos meios de transmissão, restringindo o campo de propagação que se controla o ruído: 1 – o isolamento a sons aéreos, quer entre espaços interiores, quer entre o exterior e o interior dos edifícios; 2 – o isolamento de ruídos de percussão, transmitidos por via sólida, provenientes do interior dos edifícios; 3 – o condicionamento acústico interior; 4 – a minimização do ruído produzido por equipamentos mecânicos do edifício. Na RM existem, ainda, formas complementares de redução do ruído acústico devido às

características específicas que os equipamentos aí existentes requerem – isolamento das bobinas de gradiente e blindagem da sala.

Será de referir também que, toda a envolvente no procedimento de construção de uma Unidade de RM requer grandes investimentos, o que, poderá ser um entrave na escolha dos materiais de blindagem das Unidades de RM em função das características dos equipamentos, recorrendo-se ao investimento de materiais de diferente qualidade que, por outro lado, poderão pôr em causa a saúde e bem-estar dos pacientes e dos profissionais de Saúde. No entanto, através do estudo do Autor McNulty, J.P. et al, (2009), é demonstrado que o ruído acústico produzido durante um exame de RM tem um efeito adverso sobre a imagem com que este fica do exame. Mas a nova tecnologia reduziu significativamente esta situação e melhorou o conforto do paciente. Neste estudo, também foi demonstrado quantitativamente que a tecnologia avançada existente no novo sistema de gradientes, em termos de níveis de ruídos associados às sequências de pulso comuns, é mais silenciosa do que nos antigos sistemas.

Embora a evolução na área do ruído acústico em RM tenha evoluído bastante até aos dias de hoje, e os equipamentos que são hoje comercializados são menos ruidosos, como foi demonstrado pelo Autor McNulty, J.P. et al, (2009), é necessária a proteção dos utentes e dos profissionais de saúde que trabalham em Ressonância Magnética. Segundo o estudo realizado por Simões. Z, (2009), a autora verificou que os diferentes tipos de protetores auriculares dependem dos valores da intensidade do ruído, mas também, da correta colocação dos protetores auditivos e do material que os constituem. Este estudo foi realizado com a finalidade de avaliar os níveis de pressão sonora (ruído acústico), produzidos por um equipamento de ressonância magnética com um campo magnético de intensidade de 1T e quantificar as diferenças de intensidade de ruído produzido pelas bobinas de gradiente ao efetuar as sequências mais ruidosas (GRE, SE, EPI). Foram também testados e avaliados vários meios de atenuação de ruído mais utilizados no mercado sendo que os mais moldáveis e de melhor adaptação ao orifício do ouvido externo, foram considerados os mais eficazes, podendo obter uma atenuação de ruído até 30dB.

O Autor McJury, M. et al, (2000), faz uma revisão sobre os vários tipos de ruído acústico e técnicas de controlo do ruído, bem como os problemas relacionados com os pacientes e profissionais de saúde que se submetem a esse ruído. O autor refere, também, que os protetores auriculares são a forma mais simples e menos dispendiosa, para evitar problemas relacionados com o ruído acústico podendo

diminuir cerca de 10 a 30dB. No entanto, este vai mais longe e menciona as limitações causadas por estes dispositivos auriculares, entre elas, a dificuldade de comunicação verbal com o paciente durante o exame que, por vezes, é essencial. Uma outra forma de reduzir o ruído acústico é, por exemplo, otimizando a escolha dos parâmetros de imagem, ou seja, utilizar uma sequência spin-eco em vez de uma sequência de eco de gradiente.

Foster, J. R. et al, (2009), desenvolveu um estudo que descreve métodos sistemáticos para medição e controlo dos níveis sonoros dentro do magneto de RM de 3T durante a sequência eco-planar com a utilização de uma bobina de crânio. Este autor chega à conclusão, tal como McJury, M. et al, (2000), que o ruído gerado encontra-se relacionado com a resolução da imagem e o tempo de eco. O autor Foster, J. R. et al, (2009), defende a utilização de tampões e protetores auriculares pois estes atenuam uma dose de ruído considerável, no entanto, sublinha que geralmente a sua eficácia varia consoante a pessoa e que pode afetar a qualidade de qualquer estímulo acústico. Devido a estas limitações, seria vantajoso a existência de um *scanner* com o objetivo de redução do ruído acústico na fonte. Esta reflexão ainda se encontra pouco explorada.

Dos resultados dos pré-testes, e da restante informação recolhida, pensa-se não haver para além do sistema de insonorização aplicado a edifícios hospitalares, qualquer planeamento prévio de adequação entre a construção do edifício e a insonorização do espaço reservado à RM, para além da implementação da Gaiola de Faraday.

Da observação efetuada constata-se que a integração de saberes e experiências, a troca de informação e as reuniões técnicas de trabalho dirigidas às especificidades do equipamento e método, entre vendedores, compradores e utilizadores não existem, considerando-se apenas os aspetos logísticos e de legislação básicos.

As medidas organizacionais são postas em prática na medida das restrições e imposições legislativas não havendo qualquer outro investimento na melhoria das condições de trabalho. A colocação dos TR nas unidades e o tempo que aí perduram, estão dependentes de fatores funcionais e de rentabilidade.

O número de exames por sessão de trabalho está subjacente a critérios económico-financeiros não atendendo aos aspetos mencionados nas medidas de proteção individual ou organizacionais deste estudo.

Embora se pense que o ruído esteja contido nos níveis admissíveis e legislados, existem, neste processo, interesses conflitantes em jogo, os quais se sobrepõem às ideais condições de trabalho em RM para os TR.

Yao, G. Z., et al, (2009), desenvolveu um estudo computacional vibro-acústico para caracterizar as propriedades acústicas do ruído da bobina de gradiente. Os resultados da simulação computacional do modelo foram verificados através da medição do ruído experimental para a bobina de gradiente inserida num equipamento com campo magnético 4T, demonstrando que, o modelo computacional prevê as propriedades e características de ruído de forma precisa. Assim, este modelo pode ser utilizado como um método eficaz para prever o ruído acústico produzido por uma bobina na fase de projeto. O autor sugere algumas alterações à estrutura da bobina de gradiente ou à modificação do pulso de excitação para permitir a redução do ruído acústico.



## 10. Recursos Materiais

Para a realização deste projeto serão necessários alguns recursos materiais, envolvidos com as atividades abaixo descritas, estimados os valores apresentados:

- Deslocação de um elemento de Saúde Ambiental à Instituição Hospitalar, (150 euros)

Este terá a necessidade de:

- Um sonómetro integrador com análise espectral em banda de oitava, (disponível na ESTeSL);
  - Calibrador de “campo” para aferição do sonómetro, antes e depois das avaliações, (40 euros);
  - Tripé para suporte do sonómetro compatível com o campo magnético.
- Deslocação do Investigador às Instituições Hospitalares, (sem honorários imputados).
  - Cópias, (10 euros).

Assim, o custo total estimado para estes recursos materiais será de aproximadamente 245 euros.



## **11. Cronograma**

<b>Fases</b>	<b>Tarefas</b>	<b>Abril 2011</b>	<b>Mai 2011</b>	<b>Junho 2011</b>	<b>Julho 2011</b>	<b>Agosto 2011</b>	<b>Setembro 2011</b>	<b>Outubro 2011</b>	<b>Novembro 2011</b>	<b>Dezembro 2011</b>
<b>Conceptual</b>	Definição e clarificação do Tema									
	Pesquisa Bibliográfica e Análise Documental									
	Entrega do Protocolo									
	Aprovação do Protocolo									
	Alteração do Tema									
	Aprovação da Alteração do Tema									
<b>Metodológica</b>	Análise do conteúdo									
<b>Empírica</b>	Entrega Projecto de Investigação									
	Reuniões com os Orientadores									

## 12. Glossário

- ❖ **Campo divergente hemisfericamente** – campo sonoro de uma fonte omnidirecional que está próximo de uma superfície refletora rígida (geralmente, o solo), mas livre de outras obstruções.
- ❖ **Campo livre** – campo sonoro numa área afastada de superfícies refletoras.
- ❖ **Campo reverberante** – porção do campo sonoro num espaço em que a influência do som emitido diretamente pela fonte é desprezável.
- ❖ **Campo semi-reverberante** – campo sonoro que prevalece num recinto amplo com superfícies moderadamente refletoras.
- ❖ **Ruído estacionário** – com flutuações de nível mínimas durante o período de observação.
- ❖ **Ruído impulso** – isolado de energia.
- ❖ **Ruído impulsivo quase estável** – verifica-se uma série de impulsos de amplitude comparável, com intervalos menores do que 0,2 segundos entre os impulsos individuais.

- ❖ **Ruído não estacionário** – com um nível variado significativamente durante o período de observação.
- ❖ **Ruído não estacionário impulsivo** – consistindo em um ou mais impulsos violentos de energia com uma duração igual ou inferior a 1 segundo e separados por mais impulsos de 0,2 segundos.
- ❖ **Ruído não estacionário intermitente** – com um nível que desce abruptamente para o nível de ruído de fundo várias vezes, durante o período de observação, mantendo-se constante durante um tempo de, aproximadamente, 1 segundo ou superior.
- ❖ **Ruído não estacionário flutuante** – com um nível que varia continuamente e numa extensão apreciável durante o período de observação.

## 13. Referências Bibliográficas

- Abel. (1 de Dezembro de 2010). *http://www.abel-acustica.com.br/acustica/nocac%C3%BAst1.htm*. Obtido em 24 de Outubro de 2011
- Agência Europeia para a Segurança no Trabalho. (2006). *O ruído em números, FACTS 67 PT*. Obtido em 12 de Setembro de 2011, de *http://osha.europa.eu*.
- Algarvio, A. (2010). Exposição Ocupacional do Técnico de Radiologia ao Ruído Acústico em Ressonância Magnética. *UC Investigação em Radiologia* .
- Capstick M., et al. (8 de April de 2008). An Investigation into Occupational Exposure to Electromagnetic Fields for Personnel Working with and around Medical Magnetic Resonance Imaging Equipment. *European Commission* .
- Fortin, M. F. (1999). *O processo de Investigação*. Loures: Lusociência.
- Foster, J. R. et al. (15 de Fevereiro de 2009). Acoustic noise in magnetic resonance imaging: An ongoing issue. *Science Direct* , pp. 320-326.
- Gaivão, F. *Imagiologia Clínica - Princípios e Técnicas*. Hospitais da Universidade de Coimbra.
- Itamed. (23 de Junho de 2010). *Itamed*. Obtido em 15 de Julho de 2011, de *http://www.itamed.med.br*.

Lei 96/2008 de 9 de Junho de 2008. *Diário da República*, 1ª série, nº110. Lisboa: Assembleia da república.

Lei nº 182/2006 de 6 de Setembro de 2006. *Diário da República*, 1ª série, nº172. Lisboa: Assembleia da República.

Macedo, R. (2006). *Manual de Higiene do Trabalho na Indústria* (3ª ed.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Mateus, D. (2010). Acústica e Controlo de Ruído em Edifícios Hospitalares. *Tecno Hospital*, pp. 20-25.

McJury, M.; et al. (18 de Janeiro de 2000). Auditory Noise Associated With MR Procedures: A Review. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, pp. 37-45.

McNulty, J.P. et al. (15 de Fevereiro de 2009). Acoustic noise in magnetic resonance imaging: An ongoing issue. *Elsevier*, pp. 320-326.

Miguel, A. (2010). *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho* (11ª ed.). Porto: Porto Editora.

Ministério da Saúde. (Dezembro de 2005). *DGIES*. Obtido em 19 de Outubro de 2011, de <http://www.acss.min-saude.pt/Portals/0/Caderno%20DGIES%20N%C2%BA%207.pdf>.

Norma Portuguesa NP 1730-1. (Outubro de 1996).

Nunes, F. (2009). *Segurança e Higiene do Trabalho - Manual Técnico* (2ª ed.). Cooptécnica Gustave Eiffel.

Seeley, R.R. et al. (2001). *Anatomia & Fisiologia*. Lisboa: Lusodidacta.

Shellock, F. G. et al. (8 de Outubro de 2004). MR Procedures: Biologic Effects, Safety, and Patient Care. *Radiology*, pp. 635-652.

Simões, Z. (2009). Avaliação dos Níveis de Pressão Sonora (LP) em Exames do Cranio por Ressonância Magnética e Optimização da sua Atenuação. *UC Investigação em Radiologia*.

Wikipédia. (s.d.). <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%BAstica>. Obtido em 24 de Outubro de 2011.

Yao, G.Z. et al. (25 de Fevereiro de 2005). Acoustic noise simulation and measurement. *Science Direct*, pp. 957-973.

## 14. Lista Bibliografia Geral

Almeida, S. I. C., et al, (April/June 2000). História natural da perda auditiva ocupacional provocada por ruído; *Revista Assoc. Med. Bras.* Volume 46 nº2, pp. 143-158, São Paulo.

Arezes, P. M., Miguel, A.S., Risco de Exposição Ocupacional ao Ruído – Percepção e Realidade, *Revista Segurança*, Ano XLI, nº 172, Maio/ Junho 2006, pp. 57-68.

Arezes, P.M., Miguel, A.S., A exposição ocupacional ao ruído em Portugal, *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, volume 20, nº1, Janeiro/Junho de 2002, pp. 61-69.

Bushong, Stewart C., Manual de Radiología para Técnicos – Física, Biología y Protección Radiológica, 5ª edição, Editora Mosby/Doyma Libros, España.

Buxton, Richard B., (2002) Introduction to Functional Magnetic Resonance Imaging – Principles e Techniques, Cambridge University Press.

Cabral, F., Veiga, R., Higiene, Segurança, Saúde e Prevenção de Acidentes de Trabalho – Um guia prático imprescindível para a sua actividade diária, volume I, unidade 8 capítulo 3.

Choiniere, D.B., (October-December 2010), The Effects of Hospital Noise, *Nursing Administration Quarterly*, Vol. 34, nº4, pp. 327–333.

Dietz, P., Basic MR Safety: Acoustic noise, Germany.

Foster, J.R., et al, (2000), Sound-Level Measurements and Calculations of Safe Noise Dosage During EPI At 3 T, *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, Volume 12 pp.157–163.

Frada, J.J.C., (2001), Guia Prático para a Elaboração e Apresentação de Trabalhos Científicos, 11ª edição, Editora Cosmos, Lisboa.

ISO 140-1:1997 (E).

ISO 140-2:1991 (E).

ISO 717-1:1996 (E).

ISO 717-2:1996 (E).

Lufkin, Robert B., Manual de Ressonância Magnética, 2ªedição, Editora Guanabara Koogan, Califórnia.

Moreira, A., Segurança e Saúde no Trabalho em Ambiente de Escritório. Lidel, pp. 122-127.

Norma Portuguesa NP 1744 (Junho de 1986).

Novelline, Robert A., (2000) Squire, Fundamentos de Radiología, Editora Masson, pp 36-38.

Steinmetz, L.G.; et al; (2009) The characteristics of tinnitus in workers exposed to noise; *Revista Bras Otorrinolaringol*, volume 75 nº1, pp.7-14.

Oteniol, M.H.; et al; (Mar./Apr. 2007), Noise level in a 222 bed hospital in the 18th health region – PR, Revista Bras Otorrinolaringol, volume 73 nº2, pp. 245-250, São Paulo.

Ogidol, R.; et all; (2009), Prevalência de sintomas auditivos e vestibulares em trabalhadores expostos a ruído ocupacional; Revista de Saúde Pública; volume 43 nº2, pp 377-380.

Pisco, João M, Imagiologia Básica, Texto e Atlas, 2ª edição, Editora Lidel, pp.39-42.

Pisco, João M; Sousa, Luís A.; (1999) Noções Fundamentais de Imagiologia, Editora Lidel, pp.75-81.

Zeferino, S.S., O impacto da aplicação da nova legislação sobre ruído, Revista Segurança Ano XLI, nº171, Março / Abril 2006, pp.51-52.

<http://www.vikingportugal.com>, Consultado em 15 de Julho de 2011.

<http://pt.scribd.com/doc/52889650/trabalho-2-1>, Consultado em 20 de Julho de 2011.

<http://www.radiology.com.br>, Consultado em 20 de Julho de 2011.

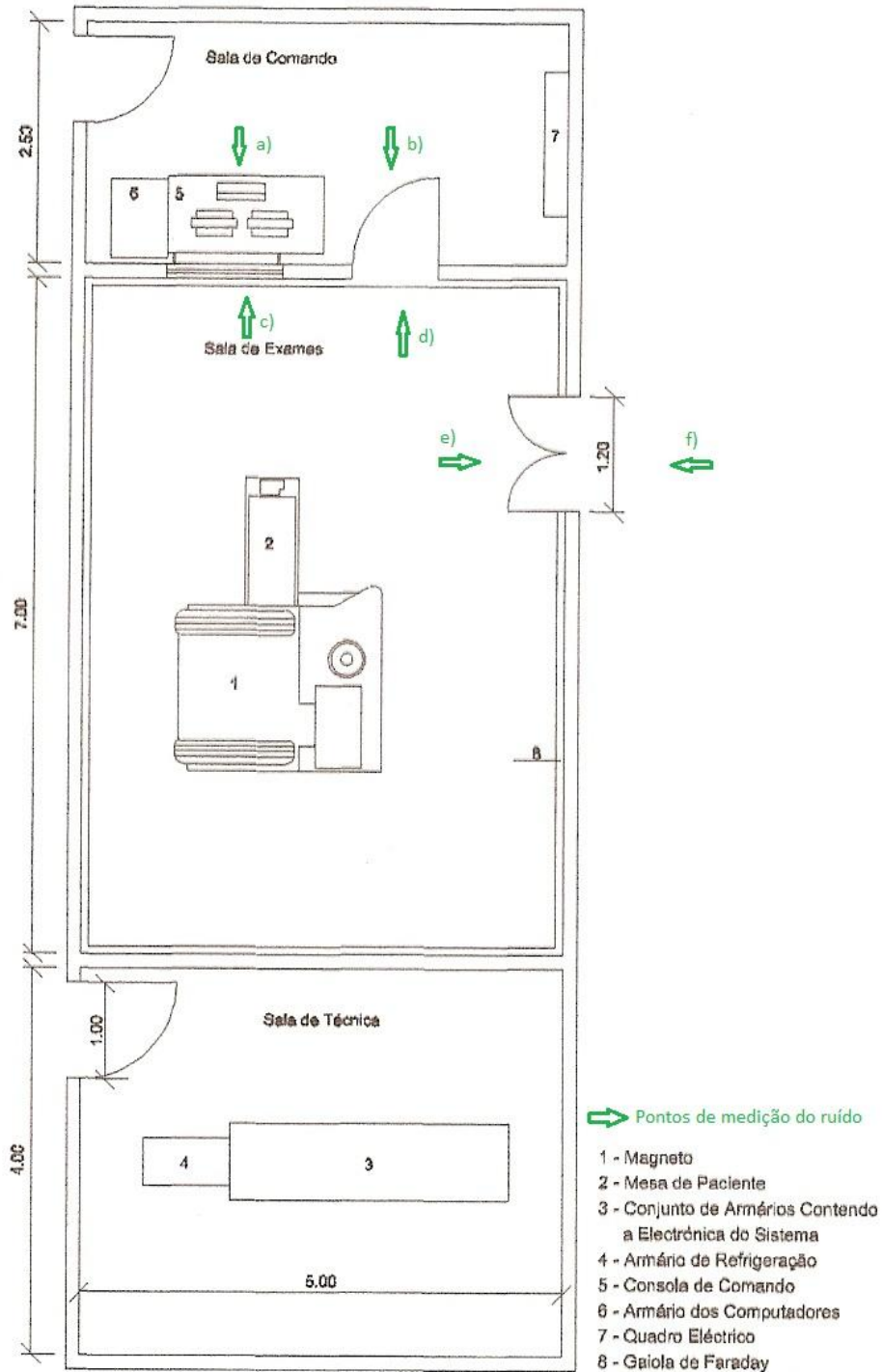
<http://www.colegioweb.com.br/fisica/acustica.html>, Consultado em 24 de Outubro de 2011.

<http://novastecnicasemradiologia.blogspot.com/2009/09/principios-fisicos-de-ressancia.html>, Consultado em 23 de Novembro de 2011.



## **15. Anexos**

**Anexo 1 - Exemplo de uma planta de uma sala de Ressonância Magnética com marcação dos pontos de medição do ruído.**



(Adaptado de: Ministério da Saúde, 2005)

## **16. Apêndices**

## Apêndice 1 – Quadro de Registo das Medições Realizadas

Média Total	Sequência Eco Planares (EP)	Sequência Eco Gradiente (GRE)	Sequência <i>Fast Spin Eco</i> ou <i>Single Shot</i>
Ponto a)			
Média Total			
Ponto b)			
Média Total			
Ponto c)			
Média Total			
Ponto d)			
Média Total			
Ponto e)			
Média Total			
Ponto f)			
Média Total			

## Apêndice 2 – Quadro de Registo dos tipos de exames realizados

<b>Tipo de Exame</b>	<b>Nº de exames por dia</b>
Abdómen	
Antebraço	
ATM	
Braço	
Cavum	
Coluna Cervical	
Coluna Dorsal	
Coluna Lombar	
Coluna Lombo-sagrada	
Cotovelo	
Coxa	
Crânio-encefálica	
Esterno e Clavícula	
Hipófise e Seio Cavernoso	
Joelho	
Mão	
Mediastino	
Ombro	
Orbitas	
Ouvidos	
Pé	
Pélvica	
Perna	
Pescoço	
Plexo-braquial	
Punho	
Seios Perinasais e Glândulas Salivares	
Tibio-társica	
Troncos vasculares supra-aortícos	
<b>TOTAL :</b>	

### Apêndice 3 – Quadro de Registo do número de sequências realizadas

	Nº de Sequências		
	Eco Planares	Eco de Gradiente	Fast Spin Eco
Hospital 1			
Hospital 2			
Hospital 3			

## Apêndice 4 – Lista de questões para a entrevista



Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa

Instituto Politécnico de Lisboa



Data: \_\_/\_\_/\_\_

Engenheiro de uma Empresa de Equipamentos de Ressonância Magnética

Formação: \_\_\_\_\_

Posição na Empresa: \_\_\_\_\_

Anos de experiência com equipamentos de Ressonância Magnética: \_\_\_\_\_

**1-** Para a instalação de um equipamento existem previamente reuniões preparatórias entre os Responsáveis do Hospital, Engenheiros das firmas e Profissionais?

---

---

---

**2-** Quando as empresas concorrem para a instalação de um equipamento pensa haver harmonização entre as infraestruturas físicas, a ergonomia dos espaços e as características dos equipamentos a ser instalados ou são as variáveis financeiras as predominantes na escolha do equipamento?

---

---

---

**3-** Já alguma vez foi necessário fazer ajustes às infraestruturas como condição necessária para a instalação de um equipamento de RM, atendendo ao ruído produzido?

---

---

---

**4-** A insonorização da Sala de Ressonância Magnética durante a construção tem em consideração o tipo de equipamento a ser instalado - aberto/fechado? Quais as diferenças?

---

---

---

---

**5-** Sabe se o equipamento de Ressonância Magnética encontra-se de acordo com todos os parâmetros adequados à construção da sala?

---

---

---

**6-** É tido em atenção durante a instalação do equipamento a distância do iso-centro à consola do operador? Como?

---

---

---

**7-** Quais as formas passivas e ativas de controlo do ruído que os equipamentos possuem dentro do magneto?

---

---

---

**8-** E as barreiras de som, ou seja, as paredes, o chão e o teto da sala de Ressonância Magnética?

---

---

---

**9-** Considerando o ruído acústico produzido pelos equipamentos de Ressonância Magnética, Quais as variáveis (medidas de proteção e/ou procedimentos) que se devem ter em consideração quando se pretende construir uma Unidade de Ressonância Magnética?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**10-** A insonorização da Sala de Ressonância Magnética tem em consideração a dimensão da sala e as características espectrais do ruído emitido pelos equipamentos a ser instalados?

---

---

---

**11-** Sabe se a insonorização da Sala de Ressonância Magnética tem em conta a amplitude mínima e máxima dos gradientes dos equipamentos.

---

---

---

**12-** O *design* e isolamento dos espaços de Ressonância Magnética têm em consideração as especificidades dos equipamentos presentes e dos exames realizados?

Existem exames mais ruidosos (sequências Eco Planares (EP); sequências Eco de Gradiente (GRE) e sequência Fast Spin Eco ou Single Shot.) é tido em atenção a quantidade de vezes que se realizam?

---

---

---

**13-** Existem diferenças nas medidas organizacionais, de engenharia e de proteção individual de acordo com as diferentes intensidades dos gradientes?

---

---

---

**14-** A manutenção da sala de Ressonância Magnética é feita de quanto em quanto tempo e por quem?

- Semanalmente       Mensalmente       Trimestralmente  
 Semestralmente       Anualmente

---

**15-** Em que consiste essa manutenção? O que é observado e que testes são feitos?

---

---

---

---

---

**16-** O que pensa do impacto da exposição ao ruído do equipamento de Ressonância Magnética pelos Profissionais de Saúde a longo prazo. Acha que o ruído emitido pelo equipamento é suficientemente atenuado na sala de forma a não se tornar prejudicial para os Profissionais de Saúde após alguns anos?

---

---

---

**17-** Sabe se existe algum tipo de proteção para os Profissionais de Saúde em relação à Saúde Ocupacional na Ressonância Magnética? O que?

---

---

---

---

---

---

**18-** Sabe se existe algum Programa de Qualidade relativamente à sala de Ressonância Magnética? Quais são?

---

---

---

---

---

**Obrigado pela sua disponibilidade.**

Hospital X

Data: \_\_/\_\_/\_\_

Técnico de Radiologia

Anos de experiência: \_\_\_\_\_

1- Sabe se existe em Portugal algum Programa de Qualidade relativamente à sala de Ressonância Magnética e que possa ser aplicado, regulado e fiscalizado?

---

---

---

2 - Qual a entidade que em Portugal regula esta matéria e de que forma?

---

---

---

3- A manutenção da sala de Ressonância Magnética é feita de quanto em quanto tempo e por quem?

Semanalmente       Mensalmente       Trimestralmente  
 Semestralmente       Anualmente

---

4- Em que consiste essa manutenção? O que é observado e que testes são feitos?

---

---

---

**5-** Existem diferenças nas decisões e medidas organizacionais, de engenharia e de proteção individual respeitantes à saúde no trabalho dos profissionais de acordo com as diferentes intensidades dos gradientes?

---

---

---

---

---

---

**6-** O *design* e isolamento dos espaços de Ressonância Magnética têm em consideração as especificidades dos equipamentos presentes e dos exames realizados?

---

---

---

---

---

---

**7-** Considerando o ruído acústico produzido pelos equipamentos de Ressonância Magnética, quais as variáveis (medidas de proteção e/ou procedimentos) que se devem ter em consideração quando se pretende construir uma Unidade de Ressonância Magnética?

---

---

---

---

---

---

**8-** Quais as formas passivas e ativas de controlo do ruído que os equipamentos possuem dentro do magneto?

---

---

---

---

---

---

**9-** Sabe se o equipamento de Ressonância Magnética se encontra de acordo com todos os parâmetros adequados à construção da sala?

---

---

---

---

---

---

**10-** Para a instalação de um equipamento existem previamente reuniões preparatórias entre os Responsáveis do Hospital/Clínica, Engenheiros das Empresas fornecedoras do equipamento e Profissionais?

---

---

---

---

---

---

**11-** Sabe se existe algum tipo de proteção para os Profissionais de Saúde em relação à Saúde Ocupacional na Ressonância Magnética? Qual?

---

---

---

---

**12-** O que pensa do impacto da exposição ao ruído do equipamento de Ressonância Magnética pelos Profissionais de Saúde a longo prazo. Acha que o ruído emitido pelo equipamento é suficientemente atenuado na sala de forma a não se tornar prejudicial para os Profissionais de Saúde após alguns anos?

---

---

---

---

---

---

**13-** Segundo a sua percepção, acha que o ruído emitido é incomodativo e/ou desconfortável? Se sim quais os sintomas?

Sim  Não  Talvez

---

---

**14-** Pensa que o ruído emitido pelo equipamento após alguns anos poderá trazer consequências para a Saúde dos Profissionais de Saúde que trabalham na Ressonância Magnética? Quais?

Sim  Não  Talvez

---

---

---

**Obrigado pela sua disponibilidade**

Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa

Instituto Politécnico de Lisboa

Hospital X

Data: \_\_/\_\_/\_\_

Administrativo Hospitalar

Anos de experiência como Administrador Hospitalar: \_\_\_\_\_

**1-** Para a instalação de um equipamento existem previamente reuniões preparatórias entre os Responsáveis do Hospital/Clínica, Engenheiros das Empresas fornecedoras do equipamento e Profissionais?

---

---

---

**2-** Quando as empresas concorrem para a instalação de um equipamento pensa haver harmonização entre as infraestruturas físicas, a ergonomia dos espaços e as características dos equipamentos a ser instalados ou são as variáveis financeiras as predominantes na escolha do equipamento?

---

---

---

**3-** Já alguma vez foi necessário fazer ajustes às infraestruturas como condição necessária para a instalação de um equipamento de RM, atendendo ao ruído produzido?

---

---

---

**4-** A insonorização da Sala de Ressonância Magnética durante a construção do edifício tem em consideração o tipo de equipamento a ser instalado - aberto/fechado? Quais as diferenças?

---

---

---

---

**5-** Sabe se o equipamento de Ressonância Magnética se encontra de acordo com todos os parâmetros adequados à construção da sala?

---

---

---

**6-** É tido em atenção durante a instalação do equipamento a distância do iso-centro à consola do operador? Como?

---

---

---

**7-** Quais as formas passivas e ativas de controlo do ruído que os equipamentos possuem dentro do magneto?

---

---

---

**8-** E as barreiras de som, ou seja, as paredes, o chão e o teto da sala de Ressonância Magnética?

---

---

---

**9-** Considerando o ruído acústico produzido pelos equipamentos de Ressonância Magnética, Quais as variáveis (medidas de proteção e/ou procedimentos) que se devem ter em consideração quando se pretende construir uma Unidade de Ressonância Magnética?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**10-** A insonorização da Sala de Ressonância Magnética tem em consideração a dimensão da sala e as características espectrais do ruído emitido pelos equipamentos a ser instalados?

---

---

---

**11-** Sabe se a insonorização da Sala de Ressonância Magnética tem em conta a amplitude mínima e máxima dos gradientes dos equipamentos.

---

---

---

**12-** O *design* e isolamento dos espaços de Ressonância Magnética têm em consideração as especificidades dos equipamentos presentes e dos exames realizados?

Existem exames mais ruidosos (sequências Eco Planares (EP); sequências Eco de Gradiente (GRE) e sequência Fast Spin Eco ou Single Shot.) é tindo em atenção a quantidade de vezes que se realizam?

---

---

---

**13-** Existem diferenças nas decisões e medidas organizacionais, de engenharia e de protecção individual respeitantes à saúde no trabalho dos profissionais de acordo com as diferentes intensidades dos gradientes?

---

---

---

**14-** A manutenção da sala de Ressonância Magnética é feita de quanto em quanto tempo e por quem?

- Semanalmente       Mensalmente       Trimestralmente  
 Semestralmente       Anualmente

---

**15-** Em que consiste essa manutenção? O que é observado e que testes são feitos?

---

---

---

---

---

**16-** O que pensa do impacto da exposição ao ruído do equipamento de Ressonância Magnética pelos Profissionais de Saúde a longo prazo. Acha que o ruído emitido pelo equipamento é suficientemente atenuado na sala de forma a não se tornar prejudicial para os Profissionais de Saúde após alguns anos?

---

---

---

**17-** Sabe se existe algum tipo de protecção para os Profissionais de Saúde em relação à Saúde Ocupacional na Ressonância Magnética? Qual?

---

---

---

---

---

---

**18-** Sabe se existe em Portugal algum Programa de Qualidade relativamente à sala de Ressonância Magnética e que possa ser aplicado, regulado e fiscalizado?

---

---

---

---

---

**19-** Qual a entidade que em Portugal regula esta matéria e de que forma?

---

---

---

**Obrigado pela sua disponibilidade.**

## Apêndice 5 - Pedido de Autorização Institucional



Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa

Instituto Politécnico de Lisboa



Lisboa, 11 de Novembro de 2011

Exmo. Presidente do Conselho de Administração do Hospital X

Ana Catarina Rodrigues Grácio Rosa, na qualidade de Investigador Principal, do Curso de Mestrado de Segurança e Higiene no Trabalho da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa - Instituto Politécnico de Lisboa, vem por este meio, solicitar a Vossa Exa. autorização para realizar no Hospital X, o Trabalho de Investigação que cujo tema é “Adequação da Acústica e Controlo de Ruído nas Unidades de Ressonância Magnética”, com o objectivo de efectuar medições de ruído na sala de exame de Ressonância Magnética durante a realização dos mesmos.

Em anexo, constará um exemplar da grelha de registos bem como do local onde serão realizadas as medições.

Comprometo-me desde já garantir a confidencialidade e anonimato da Instituição, Técnicos de Radiologia e Utentes.

Sem outro assunto,

Na esperança de ser brevemente contactada,

Os meus melhores Cumprimentos,

---

(Ana Catarina Rosa)

Contactos: Rua de Moçambique, nº18, 2º andar, 1170-245 Lisboa

rosa.anacatarina@hotmail.com

## Apêndice 6 – Termo de Responsabilidade para o Director do Serviço de Radiologia do Hospital X



Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa

Instituto Politécnico de Lisboa



Lisboa, 11 de Novembro de 2011

Exmo. Senhor Director Serviço de Radiologia do Hospital X

Ana Catarina Rodrigues Grácio Rosa, na qualidade de Investigador Principal, do Curso de Mestrado de Segurança e Higiene no Trabalho da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa - Instituto Politécnico de Lisboa, vem por este meio, solicitar a Vossa Exa. autorização para realizar no Hospital X, o Trabalho de Investigação que cujo tema é “Adequação da Acústica e Controlo de Ruído nas Unidades de Ressonância Magnética”, com o objectivo de efectuar medições de ruído na sala de exame de Ressonância Magnética durante a realização dos mesmos.

Em anexo, constará um exemplar da grelha de registos bem como do local onde serão realizadas as medições.

Comprometo-me desde já garantir a confidencialidade e anonimato da Instituição, Técnicos de Radiologia e Utentes.

Sem outro assunto,

Na esperança de ser brevemente contactada,

Os meus melhores Cumprimentos,

---

(Ana Catarina Rosa)

Contactos: Rua de Moçambique, nº18, 2º andar, 1170-245 Lisboa

rosa.anacatarina@hotmail.com

## Apêndice 7 - Termo de Responsabilidade para o Director do Serviço de Radiologia do Hospital X



Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa

Instituto Politécnico de Lisboa



Lisboa, 11 de Novembro de 2011

Exmo. Senhor Director Serviço de Radiologia do Hospital X

Ana Catarina Rodrigues Grácio Rosa, na qualidade de Investigador Principal, do Curso de Mestrado de Segurança e Higiene no Trabalho da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa - Instituto Politécnico de Lisboa, vem por este meio, solicitar a Vossa Exa. autorização para realizar no Hospital X, o Trabalho de Investigação que cujo tema é “Adequação da Acústica e Controlo de Ruído nas Unidades de Ressonância Magnética”, com o objectivo de efectuar medições de ruído na sala de exame de Ressonância Magnética durante a realização dos mesmos.

Em anexo, constará um exemplar da grelha de registos bem como do local onde serão realizadas as medições.

Comprometo-me desde já garantir a confidencialidade e anonimato da Instituição, Técnicos de Radiologia e Utentes.

Sem outro assunto,

Na esperança de ser brevemente contactada,

Os meus melhores Cumprimentos,

---

(Ana Catarina Rosa)

Contactos: Rua de Moçambique, nº18, 2º andar, 1170-245 Lisboa

rosa.anacatarina@hotmail.com

## Apêndice 8 – Termo de Responsabilidade para o Coordenador do Serviço de Radiologia do Hospital X



Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa

Instituto Politécnico de Lisboa



Lisboa, 11 de Novembro de 2011

Exmo. Senhor Coordenador do Serviço de Radiologia do Hospital X

Ana Catarina Rodrigues Grácio Rosa, na qualidade de Investigador Principal, do Curso de Mestrado de Segurança e Higiene no Trabalho da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa - Instituto Politécnico de Lisboa, vem por este meio, solicitar a Vossa Exa. autorização para realizar no Hospital X, o Trabalho de Investigação que cujo tema é “Adequação da Acústica e Controlo de Ruído nas Unidades de Ressonância Magnética”, com o objectivo de efectuar medições de ruído na sala de exame de Ressonância Magnética durante a realização dos mesmos.

Em anexo, constará um exemplar da grelha de registos bem como do local onde serão realizadas as medições.

Comprometo-me desde já garantir a confidencialidade e anonimato da Instituição, Técnicos de Radiologia e Utentes.

Sem outro assunto,

Na esperança de ser brevemente contactada,

Os meus melhores Cumprimentos,

---

(Ana Catarina Rosa)

Contactos: Rua de Moçambique, nº18, 2º andar, 1170-245 Lisboa

rosa.anacatarina@hotmail.com

## Apêndice 9 – Consentimento Informado



Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa

Instituto Politécnico de Lisboa



### Termo de Consentimento Informado

Eu, abaixo-assinado, \_\_\_\_\_.

Fui informado de que o Estudo de Investigação do Curso de Mestrado de Segurança e Higiene no Trabalho da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa - Instituto Politécnico de Lisboa, cujo tema é: “Adequação da Acústica e Controlo de Ruído nas Unidades de Ressonância Magnética”, tem como objectivo a execução de medições de ruído na sala de exame de Ressonância Magnética durante a realização do meu exame.

Foi-me garantido que todos os dados relativos à minha identificação neste estudo são confidenciais e que será mantido o anonimato.

Sei que posso recusar-me o estudo sem qualquer tipo de penalização.

Compreendi a informação que me foi transmitida, tive oportunidade de fazer perguntas e as minhas dúvidas foram esclarecidas.

Aceito participar de livre vontade no estudo acima mencionado.

Autorizo a divulgação das medições obtidas durante o meu exame para fins científicos, garantindo o anonimato.

Nome do Participante no Estudo

Assinatura

Data

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura do Investigador Responsável

\_\_\_\_\_