Escola Superior de Tecnologia da Saúde
Politécnico de Coimbra

Maria Francisca Nunes Coelho

A importância da formação e educação de técnicos de radiologia em Segurança em Ressonância Magnética

Dissertação de Mestrado em Imagem Médica e Radioterapia, orientada por Vítor Silva e apresentada à Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Instituto Politécnico de Coimbra

A importância da formação e educação de técnicos de radiologia em Segurança em Ressonância Magnética

Maria Francisca Nunes Coelho

Dissertação de Mestrado em Imagem Médica e Radioterapia, orientada por Vítor Silva e apresentada à Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Instituto Politécnico de Coimbra

Setembro, 2024

AGRADECIMENTOS

Nos últimos dois anos foram muitas as pessoas que fizeram parte deste percurso e que me motivaram a nunca desistir deste meu objetivo de longa data. Por isso, são para elas os meus agradecimentos.

Em primeiro lugar, um agradecimento à minha família, **pais e irmãos**, que sempre me apoiaram na decisão de realizar este mestrado. Sempre estiveram disponíveis para me dar o apoio que necessitei. Embora fosse um objetivo meu, é um motivo de felicidade e orgulho para todos nós.

Quero também agradecer aos meus **colegas de serviço**, do Hospital CUF Açores, que principalmente no primeiro ano de mestrado (2022/2023) nunca me dificultaram na difícil tarefa de conciliar as aulas e viagens a Coimbra com o horário de trabalho. Para além disso, todos eles mostraram, desde o início, interesse em participar no estudo. Mais que colegas, demonstraram o seu companheirismo e amizade, obrigada a todos por isso.

Aos meus **amigos que vivem em lisboa** e sempre puseram à minha disposição um lugar nas suas casas nas várias viagens dos Açores a Coimbra para a realização das avaliações, um agradecimento muito especial.

Obrigada também aos meus **colegas de mestrado** por terem permitido que um grupo de pessoas que não se conheciam se tenha tornado num grupo tão unido. Também eles nunca puseram problemas a algumas alterações que foram feitas para facilitar a minha presença, visto que me encontrava tão longe.

A todos os **Técnicos de Radiologia que aceitaram participar no estudo**, respondendo aos questionários e assistindo à formação, um grande agradecimento. Sem eles não seria possível tirar qualquer conclusão nem chegar a esta meta que há muito tempo queria ultrapassar.

Um beijinho especial a todos **os meus amigos**, que mesmo não podendo participar no estudo por não serem técnicos de Radiologia, nunca me falharam. Obrigada pelo apoio, compreensão, sorrisos, jantares e abraços que me deram alento para chegar a casa e sentar-me no computador, mesmo quando me sentia cansada.

Por último, mas um dos mais importantes, um grande OBRIGADO à pessoa que tão bem me orientou no desenvolvimento desta dissertação. **O professor Vítor Silva** que, no meio da sua agenda tão preenchida, aceitou o meu pedido de orientação e dispensou este tempo da sua vida "corrida" para me ajudar a concluir esta etapa.

RESUMO

A segurança em Ressonância Magnética é uma temática de extrema importância devido aos diferentes riscos associados aos campos eletromagnéticos que esta técnica utiliza. A atração/torção de objetos, o aquecimento e a eletroestimulação são os efeitos mais frequentes e são capazes de originar acidentes catastróficos. Desta forma, o conhecimento nesta área é de elevada importância para que este tipo de exame se realize em segurança, tanto para o doente como para os profissionais.

Diz a literatura que os profissionais de saúde que têm bem presentes os conceitos básicos da Ressonância Magnética não são, necessariamente, os mais entendidos na área da segurança relacionada com esta modalidade. Por este motivo, o objetivo deste estudo é demonstrar a importância de haver formação deste tema, avaliando o impacto que a mesma tem no nível de conhecimento dos Técnicos de Radiologia participantes. Para tal, foi feito um teste de conhecimentos antes e após a realização de uma formação de "Segurança em Ressonância Magnética".

A amostra utilizada é constituída por 30 indivíduos. Todos os participantes são Técnicos de Radiologia e um terço destes nunca exerceu funções na modalidade de Ressonância Magnética. No início do estudo, 20% da amostra considerava ter um nível fraco de conhecimento na área, enquanto que após a formação apenas 3.3% continuou com essa perceção. Verificou-se também que após a formação, houve um aumento de 10% dos técnicos a considerar que tinha um nível de conhecimento intermédio e de 6.6% dos técnicos a considerar que tinha um nível elevado.

Os resultados obtidos através dos testes aplicados antes e após a formação demonstraram que todos os participantes alcançaram uma pontuação mais elevada no segundo teste, o que nos permite concluir que a formação teve um impacto positivo em 100% dos técnicos.

Em suma, com este estudo foi possível comprovar a importância da formação e educação de Técnicos de Radiologia em segurança em Ressonância Magnética

Palavras-chave: Ressonância Magnética, segurança, formação, Técnicos de Radiologia.

ABSTRACT

MRI Safety is an extremely important topic due to the different risks associated with the electromagnetic fields that this technique uses. The attraction/twisting of objects, heating and electrostimulation are the most frequent effects and can lead to fatal accidents. Therefore, knowledge in this area is of high importance to ensure that this type of examination is conducted safely, both for the patient and professionals.

The literature says that healthcare professionals who are well aware of the basic concepts of Magnetic Resonance Imaging are not the most knowledgeable in the area of safety related to this modality. For this reason, the objective of this study is to demonstrate the importance of training in this topic, evaluating the impact it has on the knowledge level of the participating radiologic technologists. To do this, a knowledge test was conducted before and after a "MRI Safety" training session.

The sample used consists of 30 individuals. Of this group of radiographers, one-third have never worked in the Magnetic Resonance Imaging modality. At the beginning of the study, 20% of the participants considered themselves to have a low level of knowledge in the field, whereas after the training, only 3.3% still held this perception. It was also observed that after the training, there was a 10% increase in the number of radiographers who considered themselves to have an intermediate level of knowledge, and a 6.6% increase in those who considered themselves to have a high level of knowledge.

The results obtained from the tests applied before and after the training showed that all participants achieved a higher score in the second test, allowing us to conclude that the training had a positive impact on 100% of the radiographers.

In summary, this study was able to demonstrate the importance of training and educating radiographers in MRI Safety.

Keywords: Magnetic Resonance Imaging, safety, training, radiographers.

LISTA DE ABREVIATURAS/SIGLAS

ACR – *American College of Radiology*

B_0 – Campo Magnético Estático

CDI – Desfibrilador Cardíaco Implantável

DMI – Dispositivos Médicos Implantáveis

ENP – Estimulação Nervosa Periférica

IEC – *International Electrotechnical Commission*

RF – Radiofrequência

MHD – Efeito Magneto-Hidrodinâmico

RM – Ressonância Magnética

SAR – *Specific Absorption Rate*

T – Tesla

TC – Tomografia Computorizada

TR – Técnico de Radiologia

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Suscetibilidade magnética dos diferentes materiais. 7
Tabela 2 - Modos possíveis de operar, associados ao SAR, e respetivos valores limite. 14
Tabela 3 - Organização da formação. 27
Tabela 4 - Respostas à questão "Trabalha ou já trabalhou em RM?". 29
Tabela 5 - Respostas à questão "Quanto tempo de experiência tem em RM?". 29
Tabela 6 - Respostas à questão "Já frequentou alguma formação de segurança em RM?". 30
Tabela 7 - Respostas à questão "Essa formação foi dada pela sua entidade empregadora? ". .. 30
Tabela 8 - Respostas à questão "A segurança em RM foi um tema aprofundado no decorrer da sua formação académica?”. 31
Tabela 9 - Nível de conhecimento considerado pelos participantes, antes e após a formação.. 31
Tabela 10 - Respostas à questão "De 1 a 3, qual considera que seja o seu nível de conhecimento nesta área?", antes e após a formação. 32
Tabela 11 - Teste t-Student uma amostra (IBM SPSS 29.0.2.0) para "Níveis de conhecimento pré e pós formação". 32
Tabela 12 - Pontuações, de 0 a 30, dos testes de conhecimento antes e após a formação. 34
Tabela 13 -Teste t-Student uma amostra (IBM SPSS 29.0.2.0) para "Pontuação dos testes"..... 34
Tabela 14 - Respostas à questão "A realizar-se, de quantos em quantos anos deveria ser feita uma atualização desta formação?” 38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplos de acidentes (queimadura/atração)..... 3
Figura 2 - Gráfico do aumento do volume de exames vs aumento de acidentes em RM..... 3
Figura 3 - Exemplo de painel ilustrativo. 7
Figura 4 - Mapa da distribuição tridimensional do campo magnético em RM. 8
Figura 5 - Eixos em que são aplicados os gradientes de campo em RM.. 10
Figura 6 - Variação da intensidade do campo magnético e respetivo gradiente de campo linear.11
Figura 7 - Ilustração de almofadas utilizadas em RM. 12
Figura 8 - Representação da proporcionalidade do SAR entre um RM de 1,5T e 3T..... 13
Figura 9 - As diferentes áreas de um departamento de RM, no âmbito da segurança..... 17
Figura 10 - Pontuações de cada participante nos testes de conhecimento antes e após a formação. 33
Figura 11 - Gráfico de frequência das pontuações do teste de conhecimento antes da formação.35
Figura 12 - Gráfico de frequência das pontuações do teste de conhecimento após a formação.36
Figura 13 – Número de respostas corretas dadas em cada umas questões dos testes de conhecimento, antes e após a formação. 37

ÍNDICE

ÍNDICE 1
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO 2
CAPÍTULO II - ENQUADRAMENTO TEÓRICO 5
2.1 Segurança em Ressonância Magnética 5
2.2 Campos eletromagnéticos usados em Ressonância Magnética 6
Campo magnético estático – B_0 6
Gradientes de campo 10
Campos de Radiofrequência 12
2.3 Dispositivos médicos implantáveis 14
2.4 Zonas de segurança e Profissionais de Saúde 16
2.5 O papel do Técnico de Radiologia 18
2.6 Meios de contrastes à base de gadolínio 20
2.7 Situações de emergência em RM 21
2.8 Importância da formação e educação dos técnicos de Radiologia sobre segurança em RM 23
CAPÍTULO III - MÉTODO 25
3.1 Objetivos 25
3.2 Participantes 25
3.3 Metodologias e Procedimentos 26
CAPÍTULO IV- RESULTADOS 29
CAPÍTULO V - DISCUSSÃO 39
CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO 44
REFERÊNCIAS 46
ANEXOS 49

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito da realização de uma dissertação de Mestrado em Imagem Médica e Radioterapia na Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Instituto Politécnico de Coimbra, ano letivo 2023-2024.

Esta investigação sobre a importância da formação e educação de Técnicos de Radiologia em segurança em Ressonância Magnética (RM) torna-se pertinente pelo fato de, atualmente, o desconhecimento sobre o tema ainda conduzir a incidentes e/ou acidentes em RM. De forma a que estejam reunidas todas as condições de segurança no ambiente RM e sejam evitados acidentes, é importante que os profissionais envolvidos tenham formação nesta área da RM.

Estudos demonstram que apenas um em cada três acidentes em serviços de RM são reportados, sendo que alguns destes podem ter consequências catastróficas. As entidades competentes devem ser sempre informadas destas ocorrências, para que sejam analisados e documentados os acontecimentos. Os acidentes mais frequentes são as queimaduras e a projeção ou atração de objetos (figura 1) e muitas das vezes ocorrem com doentes internados, visto que são pessoas que necessitam, muitas vezes, de monitorização, cadeira de rodas para a sua locomoção, camas, garrafas de oxigénio, entre outros materiais metálicos heterólogos e não compatíveis com ambientes relacionados com RM. É crucial que, em todas os serviços onde existam equipamentos de RM, sejam desenvolvidas políticas e rotinas de segurança em RM para que sejam evitados estes acontecimentos adversos que muitas vezes provocam danos graves, morte de pessoas (casos mais graves) e interrupção do funcionamento do equipamento durante semanas ou meses, levando a resultados económicos muito negativos (De Wilde et al., 2007; Kihlberg et al., 2022; Silva, 2020).

Figura 1 - Exemplos de acidentes (queimadura/atração). Fonte: Kihlberg et al. 2022

Para além disso, a RM é um exame cada mais requisitado e, com o aumento do volume de exames realizados, deu-se também o aumento de acidentes ocorridos. Tal ocorrência pode-se verifica no gráfico da figura 2, onde se observa que com o aumento do número de volume de exames em RM ao longo dos anos (linha azul), o número de efeitos adversos observados e reportados na *Food and Drug Administration* (FDA) aumenta exponencialmente (Tobias Gilk, 2023).

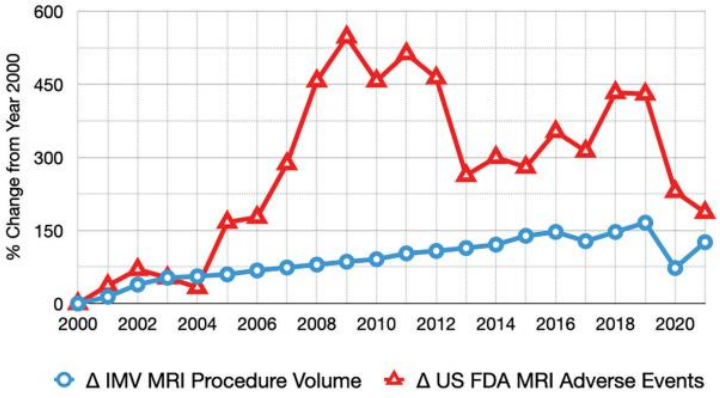

Figura 2 - Gráfico do aumento do volume de exames vs aumento de acidentes em RM. Fonte: Tobias Gilk, 2023

No desenvolvimento deste trabalho, realizou-se uma formação com avaliação de conhecimentos antes e após a realização da mesma. A formação foi realizada num formato *online* através da plataforma Microsoft Teams® e os testes de conhecimentos foram feitos com recurso à plataforma Google Forms®.

Para além destes testes foram elaborados mais dois questionários, com recurso à mesma plataforma. Um dos questionários foi respondido logo no início do estudo e foi elaborado com o objetivo de descrever e selecionar a amostra e perceber que nível de conhecimento os participantes consideravam ter nesta área. O segundo questionário foi aplicado no final do estudo e serviu para perceber se a perceção do nível de conhecimento dos técnicos tinha alterado. O objetivo foi também motivar os participantes a refletir sobre a importância da realização destas formações ao longo do seu trajeto profissional.

Para uma melhor compreensão deste estudo, o documento foi estruturado com diferentes capítulos. No presente capítulo, a introdução, é feita uma apresentação dos temas que serão abordados e de como estão organizados; o segundo capítulo corresponde ao enquadramento teórico acerca da Segurança em RM, onde foram explorados temas como os três campos eletromagnéticos utilizados em RM, dispositivos médicos implantáveis, zonas de segurança e profissionais de saúde, o papel do Técnico de Radiologia (TR), meios de contraste à base de gadolínio, situações de emergência em RM e a importância da formação e educação dos TR sobre segurança em RM; o terceiro capítulo apresenta o método que foi utilizado no desenvolvimento desta investigação, incluindo os seus objetivos, participantes e metodologias/procedimentos; os capítulos quatro e cinco consistem na análise e discussão dos resultados obtidos, respetivamente. Por último, o sexto capítulo apresenta as conclusões que este estudo permitiu formular.

CAPÍTULO II- ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1 Segurança em Ressonância Magnética

Ao contrário da Tomografia Computorizada (TC), Radiologia convencional, Fluoroscopia e Mamografia, a Ressonância Magnética (RM) não adquire imagens com recurso a radiação ionizante, pois utiliza radiação não ionizante. Para a obtenção de imagens em RM, esta requer: um campo magnético estático, gradientes de campo ou campos magnéticos variáveis no tempo e campos de radiofrequência (RF).

A radiação não ionizante tem maior comprimento de onda, menor frequência e energia que a radiação ionizante, não sendo capaz de ionizar materiais vivos. No entanto, os campos eletromagnéticos utilizados nesta modalidade têm associados a si vários efeitos biológicos e mecânicos (ou físicos), que serão abordados mais à frente (Michaelson 1991; Silva 2020). De forma muito simplificada, durante um exame de RM, o doente é sujeito a um campo magnético estático externo bastante intenso (B_0), que faz com que os núcleos de hidrogénio presentes no seu organismo se alinhem com B_0. De seguida, são transmitidas ondas de RF, na ordem dos milissegundos (ms) que, posteriormente, são "desligadas". Assim, recebe-se, no equipamento, as ondas emitidas pelo corpo do doente e, através do software existente no equipamento de RM, dá-se a conversão dos sinais do doente em imagem (Mazzola 2009).

A segurança em RM é um tema muito pertinente porque estes três campos eletromagnéticos causam, entre muitos outros, maioritariamente dois grandes efeitos que podem ter consequências bastante graves para os doentes e para os profissionais de saúde: o aquecimento e a atração. Estes efeitos podem ocorrer nos tecidos dos doentes e dos profissionais e em objetos ferromagnéticos e/ou dispositivos médicos implantáveis (DMI).

Os efeitos mecânicos e biológicos que se podem sentir num ambiente de RM resultam dos três campos eletromagnéticos que nela coexistem. Os efeitos originados pelo campo magnético estático intenso provocam, entre outros efeitos, a atração de objetos

ferromagnéticos. Os campos de RF causam aquecimento dos tecidos e os gradientes de campo podem causar estimulação nervosa periférica.

A intensidade dos efeitos está relacionada com a sensibilidade de cada doente e os tipos de interações eletromagnéticas, da intensidade dos campos eletromagnéticos, dependendo também dos diferentes biótipos dos doentes e da geometria dos materiais implantáveis, pois os DMI diferem entre si. São estas particularidades, dos doentes e dos DMI, que tornam a segurança em RM uma temática muito complexa (Mazzola et al., 2019).

2.2 Campos eletromagnéticos usados em Ressonância Magnética

Campo magnético estático – B_0

A força exercida pelos campos magnéticos estáticos implica riscos, como a atração de objetos ferromagnéticos, torção, deslocamento e o "efeito de projétil" ou "míssil". Tudo isto pode levar a acidentes com lesões graves ao doente ou profissionais e danos no sistema de RM.

No centro do magneto a força de atração é nula, mas na entrada é muito elevada, por isso o objeto é atraído e alinhado com a orientação do campo. A velocidade a que o objeto se movimenta dependerá da intensidade de B_0 e das características do próprio objeto (massa, forma e composição). De forma a evitar acidentes, a porta da sala de exames deve permanecer sempre fechada, mesmo quando não se estão a realizar exames, e devem existir painéis ilustrativos (figura 3) que chamem a atenção de quem circula no local (Panych & Madore, 2018).

Figura 3 - Exemplo de painel ilustrativo.Fonte: Mazzola et al. 2019

Os materiais podem ser classificados em três tipos, consoante a sua suscetibilidade magnética: diamagnéticos, paramagnéticos ou ferromagnéticos. A tabela 1 apresenta a diferença entre eles (Kaufman et al., 2008; Panych & Madore, 2018):

Tabela 1 – Suscetibilidade magnética dos diferentes materiais.

	Diamagnéticos	Paramagnéticos	Ferromagnéticos
Interação com o campo	reagem no sentido oposto ao campo	reagem no mesmo sentido do campo, com intensidade média	reagem no mesmo sentido do campo, com intensidade muito elevada
Efeito causado	são repelidas, causando um efeito de levitação	potenciam o efeito do campo magnético nas imagens	efeito de atração
Exemplos de materiais	água, madeira, plásticos e tecidos biológicos	quelatos de gadolínio	ferro

Associados ao campo magnético estático existem também efeitos biológicos que advêm da interação de B_0 com o corpo humano. Os efeitos biológicos possíveis de experienciar são, por exemplo, náuseas, tonturas, cefaleias, alterações visuais (magnetofosfenos) e gosto metálico na boca. Todos estes efeitos mencionados são reversíveis, temporários, cessam após a exposição e ocorrem com mais frequência nos campos de maior intensidade de campo (Ferreira et al., 2014; Silva, 2020).

Um dos efeitos bastante conhecido é o denominado Efeito Magneto-Hidrodinâmico (MHD). Este fenómeno descreve o comportamento dos iões existentes nos tecidos e fluídos do

corpo humano quando são expostos a B_0. O sangue, o conteúdo endolinfático, a saliva e a retina são exemplos de localizações anatómicas que podem aquando expostas a B_0 podem ser exercidas forças MHD. No caso do sangue, dá-se a indução de uma voltagem pelo vaso sanguíneo que altera o sinal de ECG do doente e este artefacto consiste na elevação da onda T. A explicação para tal é o facto de esta onda formar-se no momento em que o fluxo sanguíneo passa no arco aórtico, num trajeto mais perpendicular à direção de B_0 (Gregory et al., 2016; Gupta et al., 2008; Silva, 2020).

Na maioria dos magnetos utilizados o campo magnético estático é supercondutor, ou seja, está sempre ligado, mesmo que haja um corte geral de energia (Crook & Robinson, 2009; Mazzola et al., 2019). Muitos profissionais que trabalham nas instituições de saúde desconhecem este facto, tornando-se fundamental que todos os profissionais do serviço tenham esse conhecimento, por forma a terem os devidos cuidados de segurança aquando da sua entrada nas salas de exame no caso de uma falha elétrica geral. Adicionalmente, no fim de cada dia de trabalho, a porta da sala de RM deve ficar trancada para evitar que equipas de manutenção ou limpeza entrem na mesma sem os cuidados necessários e devida autorização.

O campo magnético estático projeta-se tridimensionalmente em torno do equipamento de RM e a sua intensidade diminui com o aumento da distância, como representado apresentado na figura 4 (Panych and Madore 2018).

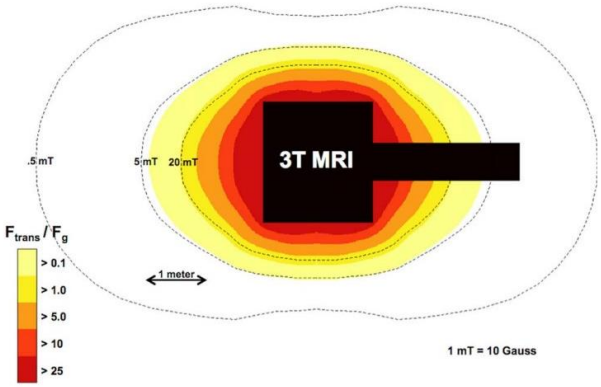

Figura 4 - Mapa da distribuição tridimensional do campo magnético em RM. Fonte: Panych and Madore 2018

A gaiola de *Faraday* é utilizada na blindagem da sala de RM e a sua maior função é impedir que os campos de RF externos interfiram com o ambiente de RM. Assim, conseguem-se obter imagens com a qualidade desejada. O campo magnético estático de elevada intensidade não é bloqueado por esta, projetando-se para os espaços externos à sala de exame. Por este motivo, é importante definir algumas linhas de isocampo, com base em valores específicos de intensidade de campo:

- A linha de 0.5 militesla (mT), mais conhecida como a "linha de pacemaker" ou "linha de 5 gauss" é a linha a partir da qual só deverá transpor doentes e profissionais devidamente autorizados, a quem foi realizado um questionário de segurança. A *International Electrotechnical Commission (IEC)* alterou, recentemente (2022) o seu valor para uma zona em que a intensidade de campo é de 0.9mT;

- A linha de 3 mT é a linha a partir da qual pode ocorrer efeito projétil;

- A linha de 20 mT encontra-se dentro da sala e poderá estar representada por uma marcação no chão, em redor do equipamento. Ao ultrapassar-se esta linha, determinados equipamentos, mesmo que sejam considerados seguros, poderão funcionar incorretamente (equipamentos de monitorização dos doentes, ventiladores, entre outros) se passarem essa linha, por influência do elevado campo magnético presente (Mazzola et al., 2019; Panych & Madore, 2018; Silva, 2020).

Outro conceito importante a reter no âmbito da segurança em RM é o denominado gradiente espacial, medido em tesla por metro (T/m). É um parâmetro que determina a força exercida sobre um objeto e é afetado pela intensidade do campo magnético estático, comprimento e design interno do magneto, tamanho e formato da cobertura do equipamento. Não pode ser alterado pelo operador e no manual do equipamento está indicado o local do magneto onde o campo de gradiente espacial é mais intenso. Nesse local há maior atração de objetos metálicos (Panych & Madore, 2018; Shellock et al., 2011). Daí ser de extrema importância aquando da realização de exames a doentes com dispositivos médicos implantáveis, quer ativos, quer passivos.

Gradientes de campo

Os gradientes de campo são variações de campo magnético que podem induzir correntes elétricas nos tecidos dos doentes. Estas correntes elétricas são capazes de originar uma despolarização das membranas celulares que, posteriormente, causa estimulação nervosa periférica (ENP) e, em casos mais extremos, sensações similares a pequenos choques elétricos. Como tal, um dos cuidados a ter é evitar que a pele do doente esteja em contato direto com as paredes internas do magneto ou cabos das bobines de RF durante o exame. Se necessário, devem-se utilizar esponjas ou almofadas próprias para criar uma separação e reduzir a impedância elétrica. Para além da ENP, podem ocorrer outros efeitos como cefaleias, vertigens, perturbações visuais (magnetofosfenos), estimulação elétrica de DMI, arritmias, indução de fibrilação ventricular e desencadeamento de epilepsia (Mazzola et al., 2019; Silva, 2020).

A velocidade de subida e descida de uma bobine gradiente, desde zero até à sua amplitude máxima é chamada de "*Slew rate*". Quanto maior for a *slew rate*, maior será a probabilidade de ocorrência de ENP (Panych & Madore, 2018). Os gradientes de campo são produzidos por pares de bobines incorporadas no equipamento, ao longo dos eixos x, y e z e a intensidade das variações do campo magnético dependem da diferença de corrente elétrica aplicada em cada um destes conjuntos de bobines (figura 5) (Bushberg, 2011).

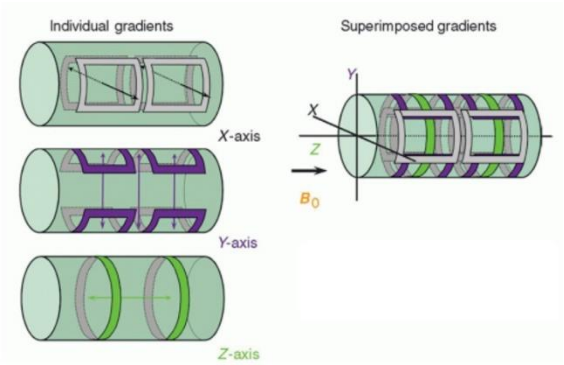

Figura 5 - Eixos em que são aplicados os gradientes de campo em RM. Fonte: Bushberg 2011

Como se pode verificar na figura 6, a intensidade do campo magnético diminui com a distância ao centro de cada bobine (gráfico superior) e com a sobreposição destas duas

curvas obtêm-se a curva representativa dos gradientes de campo (gráfico inferior). As variações do campo magnético formam uma mudança linear entre as bobines, originando um gradiente de campo linear. Desta forma, a intensidade máxima dos gradientes de campo dá-se em dois pontos que se localizam de forma simétrica em relação ao centro do par de bobines. (Bushberg, 2011).

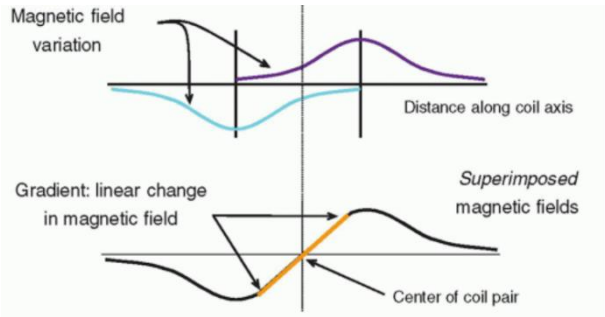

Figura 6 - Variação da intensidade do campo magnético e respetivo gradiente de campo linear. Fonte: Bushberg 2011

Os gradientes de campo são os principais produtores do ruído acústico (efeito físico) existente no ambiente RM, que pode ser bastante incomodativo e até ter um caráter prejudicial para os doentes. Por este motivo, todos os doentes deverão utilizar uma proteção auditiva durante o exame, podendo ser abafadores ou tampões auditivos. De preferência, a utilização de ambos dará ao doente uma melhor proteção e comodidade durante o exame de RM. A norma internacional da IEC sobre a segurança em RM (IEC 60601-2-33: "Requisitos particulares para a segurança básica e desempenho essencial de equipamentos de ressonância magnética para diagnóstico médico") indica que os fabricantes dos equipamentos devem indicar que tipo de proteção auditiva é mais adequada e o nível de pressão sonora que os abafadores dos equipamentos realmente permitem reduzir em termos de exposição sonora aquando da sua utilização (Ghadimi and Sapra 2022; Kanal et al. 2013; Mazzola et al. 2019; Panych and Madore 2018).

O principal efeito dos impulsos de RF é o aquecimento dos tecidos ou dos DMI. A deposição de calor provoca aquecimento, sudorese excessiva e, em casos mais severos, queimaduras. Relativamente ao aquecimento dos tecidos, existem doentes que exigem cuidados especiais devido à sua menor capacidade de regulação da temperatura corporal, tais como idosos, grávidas e diabéticos, pela sua menor capacidade de dissipação de calor, relativamente a outros doentes (Mazzola et al., 2019).

A concentração de campo elétrico é mais elevada nos pontos de contato entre duas zonas do corpo (mãos ou pernas cruzadas, por exemplo) ou entre o corpo e algum material, como os cabos das bobines de RF. Para evitar queimaduras nestes pontos deve colocar-se almofadas próprias, fornecidas pelos fabricantes dos equipamentos, a separar as estruturas, cuja função é a redução da impedância elétrica, que podem ser visualizadas na figura 7 (Mazzola et al., 2019; Silva, 2020; Wang et al., 2007).

Figura 7 - Ilustração de almofadas utilizadas em RM. Fonte: www.heltisdiffusion.com

SAR e B1+rms

O SAR (*Specific Absorption Rate*) ou taxa de absorção específica, é o termo dosimétrico dado à quantidade de RF absorvida por unidade de massa (W/Kg) e serve para descrever o potencial aquecimento dos tecidos dos doentes (Ferreira et al., 2014). Os limites foram definidos para cálculos de um SAR local e um de corpo inteiro, sendo que o segundo é o mais importante a considerar para as condições de segurança para DMI. Ambos devem manter-se com os valores o mais baixo quanto possível, para obtenção de imagens com a qualidade esperada e, principalmente, para evitar a ocorrência dos chamados "*hot spots*", que são de acúmulo excessivo e inadvertido de RF. O SAR tende a aumentar quanto mais intenso for a intensidade do campo magnético estático e, consequentemente, os impulsos de RF usados. A quantidade de energia da RF absorvida pelo corpo aumenta aproximadamente com o quadrado do aumento da intensidade de B_0. Ou seja, numa RM de 3T verifica-se quatros vezes mais SAR que numa de 1,5T (figura 8), com a mesma quantidade de RF aplicada (Mazzola et al., 2019).

Figura 8 - Representação da proporcionalidade do SAR entre um RM de 1,5T e 3T.

No entanto, o aquecimento do doente durante uma RM depende também da temperatura ambiente da sala de exame, a humidade relativa do ar e a ventilação dentro do magneto. O tipo de antena a utilizar e o biotipo do doente também têm implicações no *SAR*, por isso antes do início de cada exame é necessária a introdução dos dados relativos ao peso e altura do doente (Mazzola et al., 2019; Silva, 2020).

Segundo a IEC, existem três modos de operação de *SAR*: modo normal de operação, primeiro nível controlado (*first level*) e segundo nível controlado (*second level*). Cada um

destes modos deve ser utilizado em contextos específicos, clarificados na seguinte tabela 2 (Mazzola et al., 2019):

Tabela 2 - Modos possíveis de operar, associados ao SAR, e respetivos valores limite.

Modo		SAR corpo inteiro (W/Kg)	SAR crânio (W/Kg)	Aumento de temperatura corporal (ºC)
Normal	modo "standard"	2	3,2	0,5
	pode ser usado em todos os utentes			
First level	pequeno aumento do limite de exposição à radiofrequência	4	3,2	1
	requer a visualização do operador e médico			
Second level	valores fora dos limites normais e legalmente estabelecidos	> 4	> 3,2	>1
	requer validação dos conselhos de ética			
	só utilizado para fins de investigação			

Outro conceito importante a explorar em segurança em RM é o parâmetro dosimétrico chamado de B1+rms, que consiste no tempo médio de RF efetivo que é gerado a cada 10 segundos em cada sequência. É medido em microtesla e, ao contrário do *SAR*, não depende das características do doente, das especificidades do fabricante, nem do hardware da RM. Este índice dosimétrico depende apenas das sequências que se vão realizar ao longo do exame, variando para cada uma delas. Tanto o *SAR* como o B1+rms devem ser analisados e monitorizados cuidadosamente em doentes portadores de DMI, especialmente aqueles denominados de ativos (Boutet et al., 2020; Silva, 2020).

2.3 Dispositivos médicos implantáveis

De acordo com os critérios de segurança em RM, um DMI pode ser classificado da seguinte forma (ASTM - American Society for Testing and Materials, 2019):

- "seguro" quando foi previamente testado e pode ser submetido a um campo magnético em RM sem qualquer risco;

- "condicional" se se respeitarem determinadas condições, como por exemplo o tempo total de exame a que poderá estar exposto aos campos eletromagnéticos em RM, intensidade do campo magnético estático, amplitude máxima e *slew rate* dos gradientes, configurações específicas do dispositivo, entre muitas outras condições e especificidades que deverão estar descritas por parte do fabricante do DMI;

- "não seguro" quando não pode ser sujeito à exposição dos campos eletromagnéticos em RM porque não estão reunidas as condições de segurança para realizar o exame, havendo riscos.

Podemos ainda classificar os DMI em ativos ou passivos. Os dispositivos ativos são os que necessitam de energia externa ao corpo humano ou gravidade para funcionar, como os "*pacemakers*", desfibriladores internos e bombas de infusão implantadas. Pelo contrário, os dispositivos passivos não necessitam de energia externa. Exemplos destes são os clipes de aneurisma, próteses totais de anca e joelho e stents. Relativamente à sua exposição aos campos eletromagnéticos da RM, ambos correm o risco deslocamento, rotação, aquecimento e magnetização. No entanto, no caso dos DMI ativos existem riscos adicionais associados à sua configuração que podem por em causa a função que desempenham.

Um doente portador de um dispositivo cardíaco implantável ou outro DMI considerado ativo não deve entrar no ambiente RM, sem que haja a certeza do dispositivo em causa ser "condicional" e que sejam cumpridas todas as recomendações de segurança dadas pelo fabricante. No entanto, todos estes dispositivos podem ter constituintes metálicos que o tornam "não seguro" em RM (MHRA - Regulating Medicines and Medical Devices, 2021). Estes também têm de ser testados por normas internacionais. Para além disso, é obrigatório verificar todos os seus componentes, visto que cada um deles pode ter diferentes fabricantes e configurações para a realização da RM (Kanal et al., 2013).

A realização de RM num doente com DMI cardíaco contraindicado pelo fabricante aumenta o risco de aquecimento, torção ou vibração abrupta (MHRA - Regulating Medicines and Medical Devices, 2021). Os gradientes de campo são capazes de induzir correntes elétricas nos elétrodos ou sondas causando, por vezes, sobredeteção ou subdeteção de sinal e até arritmias que podem ser potencialmente fatais, nos casos mais extremos. Nestes casos, os elétrodos ou sondas dos DMI cardíacos poderão produzir o chamado efeito antena, pois concentram a energia da RF, formando "*hot spots*", estimulando correntes elétricas. Estes processos podem destruir os tecidos em contato com a extremidade da sonda, estimular demasiado o miocárdio e danificar o circuito do gerador de pulsos e a bateria do dispositivo.

É frequente existirem elétrodos abandonados ou fraturados que, pelo elevado risco de aquecimento nas suas extremidades, carecem muito de precaução, tendo de haver uma avaliação caso a caso (Ferreira et al., 2014). Em casos de dúvida, outros métodos de imagem poderão ajudar na pesquisa dos mesmos em alguma localização anatómica. Sempre que existam dúvidas quanto à compatibilidade e condições de uso na RM, o exame deve ser adiado, por forma a se obter mais informação e realizar o exame de forma mais segura (Kanal et al., 2013).

2.4 Zonas de segurança e Profissionais de Saúde

O departamento de RM deveria ser, idealmente, um serviço individualizado e afastado das restantes salas de outras modalidades de um Serviço de Radiologia.

É obrigatória a sinalização com painéis ilustrativos nos acessos e porta da sala de exame, assim como em zonas onde existe a presença de intensidade das linhas de isocampo. Estas sinalizações permitem que os riscos sejam corretamente identificados e limitem a entrada das pessoas nas salas de RM (Mazzola et al., 2019).

Segundo o ACR, os serviços de RM são divididos em quatro zonas, de 1 a 4. Esta organização espacial permite que seja feita uma triagem a todas as pessoas que pretendem aceder a este local, permitindo a identificação de possíveis materiais metálicos ou DMI que não devam ser expostos aos campos eletromagnéticos da RM. As zonas definidas estão representadas na figura 9 e são as seguintes (Hisham El Azem, 2022; Kanal et al., 2013; Mazzola et al., 2019; Silva, 2020)

- Zona I é acessível a todas as pessoas e normalmente fica fora do próprio ambiente de RM;

- Zona II é a interface entre o acesso público e o não controlado, onde os doentes são recebidos, preparam-se para o exame e respondem ao questionário de segurança. Nesta zona, o doente só deve circular sob a supervisão de um trabalhador do serviço. Inclui os vestiários e recobro;

- Zona III é a zona de passagem entre o local de preparação e a entrada na sala de RM, ou seja, onde se costuma efetuar a última verificação da existência de materiais ferromagnéticos. É estritamente restrito o acesso de pessoal considerado não – RM, estando apenas presente pessoas devidamente triadas (quer doentes, quer outros profissionais de saúde). É nesta zona que se localiza a sala técnica, onde estão as consolas do equipamento;

- Zona IV é a sala onde está localizado o equipamento de RM (sala de exames). É muito importante e obrigatória a correta sinalização desta área, indicando que o equipamento está sempre ligado e quais os materiais que não podem ultrapassar a porta. É onde existe o maior risco de atração, bio estimulação e aquecimento. Por isso, só pode entrar na sala o pessoal que trabalha diretamente com a RM e os doentes (e também acompanhantes dos mesmos e outros profissionais de saúde) devidamente triados.

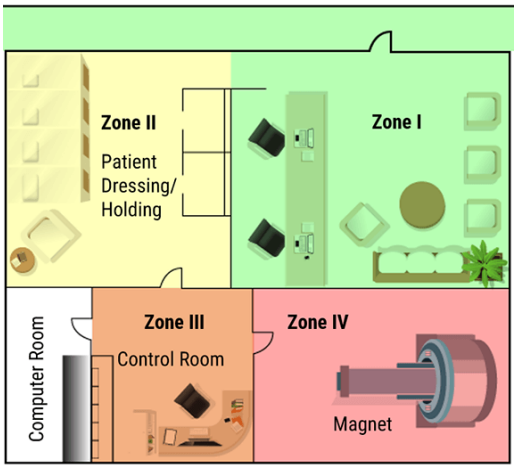

Figura 9 - As diferentes áreas de um departamento de RM, no âmbito da segurança. Fonte: Hisham El Azem 2022

Com base na experiência, responsabilidades, atividades e permissões de acesso, o pessoal que circula neste serviço pode ser divido em dois grupos, "pessoal não-RM" e "pessoal RM". O "pessoal RM" corresponde ao grupo de profissionais que estão ligados ao serviço e que, como tal, devem ter alguma formação de segurança em RM. Este grupo divide-se em dois níveis. O grupo de nível I inclui a equipa de limpeza, médicos não radiologistas e técnicos

de outros serviços e de nível II são os Técnicos de Radiologia, médicos radiologistas, enfermeiros e auxiliares de ação médica da imagiologia ou RM (estes com maior conhecimento dos conceitos relacionados com segurança em RM). Considera-se como "pessoal não-RM" os doentes e acompanhantes, estudantes ou investigadores visitantes e qualquer pessoa que não apresente características do pessoal RM (Kanal et al., 2013; Mazzola et al., 2019; Silva, 2020).

2.5 O papel do Técnico de Radiologia

O papel do TR é fundamental para que seja garantida a segurança na RM, tanto dos doentes, como dos trabalhadores. Como tal, deve ter conhecimentos desta matéria e procurar manter-se a par de novas recomendações, assim como nos desenvolvimentos na área da segurança em RM, assim como o progresso tecnológico que existe na conceção dos DMI, quer ativos, quer passivo.

O TR é responsável por aplicar o questionário de segurança em RM, que funciona como uma espécie de consentimento informado e esclarecido para realização do exame, e por fazer a triagem de de segurança em RM, tanto ao doente, como dos acompanhantes dos mesmos e outros profissionais de saúde que possam vir ao departamento de RM e que entrem na área III ou IV (Mazzola et al., 2019). O questionário deve ser assinado pelo doente/acompanhante e pelo TR.

Um questionário de segurança em RM deve conter as seguintes informações:

- Dados do doente (nome, data de nascimento, peso e altura);

- Antecedentes cirúrgicos;

- Existência de materiais ferromagnéticos implantados (próteses, parafusos, DMI, bomba de infusão de medicamentos, aparelho ortodôntico, clips de aneurismas cerebrais ou aórticos, stents coronários, entre outro tipo de materiais);

- Existência de próteses removíveis (dentárias ou auditivas);

- Existência de partículas metálicas no corpo (limalhas, estilhaços, chumbos de arma de fogo);

- Existência de tatuagens ou piercings;

- Se tem alguma patologia conhecida (diabetes, insuficiência renal ou cardíaca, epilepsia, patologia tiróidea, asma);

- Se tem análises clínicas recentes, por forma a verificar a função renal;

- Medicação diária;

- Antecedentes de alergias, ao contraste inclusive;

- Se tem claustrofobia;

- Nas doentes do sexo feminino, questiona-se a possibilidade de estar grávida ou se amamenta.

Estas questões aplicam-se a todos os doentes, conscientes ou não, porque uma triagem incompleta pode aumentar o risco de complicações. No caso de não estar consciente, será o médico prescritor que terá de assumir a responsabilidade, sendo que, por vezes, algum familiar poderá ser uma excelente ajuda no processo de triagem.

No caso de uma doente confirmar que está grávida, o TR tem que consultar e informar o médico radiologista responsável pelo exame. Mulheres grávidas podem realizar RM em qualquer fase da gravidez, desde que o radiologista avalie a relação risco-benefício deste estudo e considere que deve mesmo ser realizado e que não existe outro exame que não utilize radiação não ionizante que possa substituir a RM (Kanal et al., 2013).

Todos os doentes devem ser instruídos para remover a sua roupa e vestir uma bata ou fato hospitalar, deixando no vestiário todos os acessórios e sapatos. (Mazzola et al., 2019; Silva, 2020).

A verificação da compatibilidade dos DMI que um doente possa ter deve ser feita pelo TR ou médico radiologista, com o apoio do responsável pela segurança em RM do

departamento, se necessário. No entanto, a decisão final de avançar ou não é do médico radiologista responsável pelo exame, devendo ser sempre informado e consultado. Em casos de dúvida, o recomendado é que não se avance com o exame, até haver informação suficiente que garanta a segurança da sua realização (Mazzola et al., 2019).

O TR deve explicar ao doente todos os procedimentos que serão efetuados antes, durante e após o exame, pois na maioria das vezes a RM é um exame que causa muita ansiedade aos doentes. Também deve ser dito que o TR estará sempre a supervisionar o exame e que, em caso de necessidade, o doente pode pressionar o alarme que leva na mão para comunicar com o profissional.

Em relação aos efeitos nas profissionais grávidas, as recomendações são preventivas e indicam que a gestante deve evitar expor-se aos gradientes de campo e campos de RF. O American College of Radiology (ACR) defende que estas profissionais podem trabalhar em ambiente de RM durante todas as fases da gravidez, no entanto, devem evitar a zona IV (Kanal et al. 2013; Mazzola et al. 2019; Thomaz 2017).

2.6 Meios de contrastes à base de gadolínio

A maioria dos contrastes utilizados em RM têm como base da sua constituição o gadolínio. Esta molécula comporta-se como um pequeno magneto, ou seja, interage com as moléculas de água e acelera o relaxamento T1 e T2. Esta aceleração traduz-se num aumento de sinal em imagens ponderadas em T1. Os tecidos com maior captação de contraste apresentam uma maior concentração de gadolínio e por isso, mais intensidade de sinal (Mazzola et al., 2019).

O gadolínio é administrado em forma de quelatos, pois utilizado na sua forma livre é tóxico. Pode ser considerado contraindicado para doentes com insuficiência renal aguda ou crónica, porque a incapacidade funcional dos rins dificulta a excreção do gadolínio e este pode transformar-se na sua forma livre, com a toxicidade associada como referido anteriormente. Nestes doentes, o gadolínio também pode causar fibrose sistémica nefrogénica. Estudos mais recentes relatam outros efeitos do gadolínio, entre eles a

deposição do gadolínio nos núcleos da base cerebrais e núcleos denteados do cerebelo (Silva, 2020).

Antes de administrar contraste numa doente grávida deve-se analisar cuidadosamente se o benefício que este trará para o exame é muito superior ao risco que pode representar para o doente e para o feto. Por esta razão, na maioria dos departamentos de RM é contraindicação absoluta a administração de gadolínio em doentes grávidas (Kanal et al., 2013). Segundo a *Food and Drug Administration* (FDA) este tipo de contraste pode ser administrado a doentes lactantes, não sendo necessária ou recomendável suspender a amamentação (Mazzola et al., 2019).

É raro acontecerem eventos adversos agudos ao contraste de gadolínio. Estudos recentes referem cerca de 0,07 a 2,4% de existência de reações nas administrações de gadolínio em humanos (Mazzola et al., 2019). De acordo com o manual de meios de contraste do ACR, é maior a probabilidade de eventos adversos após injeção intravenosa de gadolínio em doentes:

- com antecedentes de reações adversas a um agente de contraste para RM;

- asmáticos ou com alergias conhecidas;

- com antecedentes de reações adversas a contraste iodado (nestes casos existe o dobro da probabilidade de ocorrer reação, em relação a doentes sem estes antecedentes).

2.7 Situações de emergência em RM

Os serviços de saúde, como todos os outros, estão sujeitos à ocorrência de catástrofes, sejam elas relacionadas com incêndios, inundações, sismos, furacões ou grandes falhas de energia. Como tal, as instalações devem estar preparadas para minimizar as perturbações causadas. Num departamento de RM isto tem uma grande importância porque o equipamento é altamente sensível a alterações bruscas de temperatura, vibrações do solo, incêndios, cortes de energia e contato com inundações ou infiltrações de água.

Depois de acontecer uma catástrofe devem-se avaliar, de imediato, as necessidades prioritárias para que o serviço fique o mínimo tempo possível sem funcionar. Estas preocupações devem-se pela suspensão de resposta às necessidades clínicas aos doentes, realização dos exames de RM e aos custos associados aos estragos do equipamento. Na resolução desta problemática devem atuar diversas áreas, nomeadamente, bombeiros, fornecedores dos sistemas instalados, especialistas em RF, especialistas de criogenia ou sistema de refrigeração do equipamento, arquitetos, empreiteiros, funcionários locais e organizações hospitalares, dependendo do tipo de calamidade que ocorreu (Kanal et al., 2013). No entanto, a conduta de situações de emergência num ambiente de RM difere de outros pela permanente presença do campo magnético. Como tal, é preciso pensar que o campo magnético estático estando sempre ligado, pode interferir num resgate, vistoria da sala ou mesmo aproximação de pessoas estranhas ao serviço. Antes de qualquer atuação, todas as pessoas envolvidas devem ser instruídas dos materiais que não podem entrar na sala e dos riscos que advém da exposição inadvertida aos campos eletromagnéticos em RM (Mazzola et al., 2019).

Num incêndio, se a origem for na sala de RM e não houver chamas de grandes dimensões deve utilizar-se extintores de incêndio não ferromagnéticos, caso existam no serviço. No caso de um incêndio mais grave associado ao equipamento de RM deve recorrer-se ao botão "*quench*" e evacuar todo o serviço. Este botão ativa o processo "*Quenching",* no qual que se dá a perda súbita de B_0, através da transformação do hélio líquido em gasoso, que faz com que deixe de haver supercondutividade. Em situações de grande perigo na sala de RM (incêndio incontrolável, atração de objeto ferromagnético que põe algum individuo em perigo, entre outros) deve pressionar-se este botão e de seguida, se possível, retirar de imediato todas as pessoas da sala. O hélio que se transforma em gás é libertado para o exterior por um tubo, mas podem haver fugas dentro da sala. Se tal acontecer, o hélio substitui o oxigénio e a sua inalação pode ser fatal para quem lá estiver (Mazzola et al., 2019; Tsai et al., 2015).

Se a emergência estiver relacionada com o doente que está a ser examinado, por paragem cardiorrespiratória, por exemplo, a assistência deve ser feita no exterior da sala. Os

elementos considerados “pessoal RM” devem estar preparados e treinados para, nestas situações, transportarem o doente para fora sala o mais rapidamente possível, onde poderá ser assistido também por profissionais externos ao serviço e com material de suporte avançado de vida que não pode entrar na sala. Desta forma, evitam-se acidentes que metem em risco a vida do doente e também dos profissionais de saúde (Mazzola et al., 2019).

2.8 Importância da formação e educação dos técnicos de Radiologia sobre segurança em RM

Um estudo realizado recentemente concluiu que o nível de conhecimento de diferentes profissionais de saúde acerca de RM e da segurança neste ambiente varia. Os médicos demonstraram ter mais conhecimento que enfermeiros e técnicos de outros serviços. Por outro lado, concluiu-se que os profissionais que têm bem presentes os conceitos básicos da RM não são, necessariamente, entendidos em segurança, cuidados a ter e riscos potenciais associados a este exame (P. Hussin et al., 2023).

Outros estudos apresentaram dados que demonstram a necessidade de os profissionais desta modalidade fazerem formação em segurança em RM, embora considerem que seja uma temática ainda com pouca oferta formativa (Kihlberg et al., 2022). Em determinados casos, os profissionais demonstram ter noção dos principais riscos existentes em RM, mas não possuem conhecimentos suficientes de física que lhes tornem capazes de responder a questões mais específicas sobre esta temática (Alyami et al., 2023). Este último estudo demonstra que a formação não deve apenas incidir na segurança, mas também nos aspetos físicos envolventes desta área da Imagiologia.

Recomenda-se que o TR faça, no mínimo, uma formação anual de segurança em RM, para que se mantenha atualizado das novas normas relativas a este tópico. A instituição deveria implementar esta medida de formação contínua e repeti-la sempre que houver a entrada de novos colaboradores na equipa (Hossen et al., 2020; Mazzola et al., 2019). Ainda que esta seja uma matéria abordada no decorrer na licenciatura, é importante que os TR aprofundem mais o tema durante o seu percurso profissional. Isto porque, como já foi

referido anteriormente, os diferentes equipamentos de RM têm muitas especificidades e os profissionais que o operam devem ter conhecimento de todas as suas particularidades, de forma a que estejam garantidas todas as medidas de segurança do equipamento em questão. Isto demonstra que é necessário implementar programas de formação contínua específicos de segurança em RM para os profissionais das instituições de saúde, principalmente TR, para uma maior segurança dos próprios e dos doentes (Hossen et al., 2020; P. Hussin et al., 2023).

CAPÍTULO III- MÉTODO

3.1 Objetivos

Os principais objetivos do presente estudo são testar o nível de conhecimento de TR antes e após terem realizado formação específica sobre os aspetos mais importantes relativos à segurança em RM e demonstrar a importância da educação e formação sobre esta temática destes profissionais.

Com este estudo pretende-se comprovar o impacto positivo que a formação tem nos TR em segurança em RM, de forma a obterem mais competência e independência na realização de exames desta modalidade imagiológica. Estas condições, essencialmente relacionadas com a segurança, aplicam-se tanto aos doentes como aos profissionais de saúde e, por isso, nunca será demais garantir que os conhecimentos destes indivíduos acompanham as indicações mais recentes.

3.2 Participantes

A recolha de participantes para este estudo foi feita através de contato direto com TR e partilha do estudo entre eles. Trata-se de uma amostra não probabilística, por conveniência, uma vez que foram selecionados os membros da população que estavam acessíveis ao investigador e que mostraram interesse em colaborar. Trata-se de um estudo exploratório e, como tal, os resultados não podem ser generalizados a toda a população, neste caso a todos os TR (Carmo H. and Ferreira M.).

A amostra incluiu indivíduos licenciados em Radiologia ou Imagem Médica e Radioterapia, do sexo feminino e masculino. Foram incluídos TR que trabalham ou já trabalharam na modalidade de RM e técnicos que nunca o fizeram, até à data do estudo. Foram excluídos da amostra estudantes da área que ainda não tinham concluído a licenciatura.

A amostra conseguida foi de 30 TR.

3.3 Metodologias e Procedimentos

Inicialmente, foi feito o enquadramento teórico sobre segurança em RM e a importância da formação acerca da mesma. Para tal, foram lidos diversos artigos, estudos anteriores e notícias relacionadas com o tema em diversas plataformas de pesquisa, tal como a *Pubmed* e Google Académico.

De seguida, foi elaborada a apresentação *PowerPoint* utilizada na formação e os questionários necessários, nomeadamente, o de inscrição, os dois questionários de avaliação de conhecimentos (antes e após formação) e o de reflexão final acerca da importância desta ferramenta educativa. Todos estes questionários foram elaborados na plataforma *Google Forms.*

De forma a caracterizar a amostra, o questionário intitulado por "Formação de Segurança em RM – inscrição" (ANEXO I) era composto por questões fechadas acerca do nível de conhecimento que os indivíduos consideravam ter acerca do tema, a experiência que têm ou não na modalidade, se já tinham tido formações na área da segurança em RM e a importância que dão à existência deste tido de formação contínua. Para além disso, este questionário incluía um campo para colocação do nome do participante e endereço de correio eletrónico, para posterior envio de informações acerca da formação. De salientar, que foi sempre acautelado sobre o uso dos dados dos participantes ser apenas para a presente investigação.

Após esta inscrição, foi enviado para o endereço de correio eletrónico de todos os participantes um documento em formato PDF intitulado de "Consentimento de participação no estudo "A importância da formação e educação de Técnicos de Radiologia em Segurança em Ressonância Magnética" (ANEXO II), com a indicação de que o participante devia assinar, digitalizar e remetê-lo ao investigador para que ficasse concluída a sua inscrição no estudo. O endereço de correio eletrónico também foi utilizado para envio do *link* de acesso à "reunião online" onde se realizou a formação.

Uma vez elaborados todos estes elementos, foi definida uma data para realização da formação e no dia anterior foi enviado para um email para os participantes com o link pelo

qual deviam aceder à reunião online no Microsoft Teams. Depois de todos os participantes estarem ligados, deu-se início à sessão que estava organizada de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 - Organização da formação.

Atividade	Objetivo	Duração prevista
Questionário pré-formação	Avaliar o nível de conhecimentos dos participantes em segurança em RM, antes da formação	10 a 15 min
Apresentação (formação)	Conteúdos abordados: Segurança em RM; Campos eletromagnéticos usados em RM; Dispositivos médicos implantáveis; Zonas de segurança e Profissionais de Saúde; O papel do técnico de radiologia; Meios de contrastes à base de gadolínio; Situações de emergência em RM; Importância da formação e educação dos técnicos sobre segurança em RM	45 min
Dúvidas	Esclarecimento de questões colocadas pelos participantes	10 min
Questionário pós-formação	Avaliar o nível de conhecimentos dos participantes em segurança em RM, depois da formação	10 a 15 min
Questionário Reflexão final	Perceber a opinião dos participantes acerca da pertinência desta formação e da inclusão deste tipo de formações no plano de formação contínua dos técnicos de radiologia	5 min

Por indisponibilidade de alguns dos inscritos assistirem à formação no dia agendado, foram realizadas mais três sessões para que fosse conseguida a amostra desejada.

A avaliação de conhecimentos pré e pós formação e a reflexão final foram realizadas no próprio dia da sessão. Os questionários de avaliação de conhecimentos (ANEXO III) eram compostos exatamente pelas mesmas questões, para que fosse realizada uma comparação direta entre as respostas dadas. Para que os questionários fossem realizados em anonimato, mas fosse possível fazer a correspondência entre os dois questionários do mesmo TR, foi pedida na primeira questão que colocassem os últimos 5 dígitos do seu Número de Identificação Fiscal (NIF). Assim, em nenhum campo foi colocado o nome do TR.

Os questionários eram compostos por 30 questões fechadas, todas elas relacionadas com matérias abordadas na formação. Por fim, o questionário de reflexão final (ANEXO IV) também era composto por questões fechadas, por forma a perceber a opinião dos participantes acerca da pertinência desta e de outras formações do mesmo género, da frequência com que deveriam acontecer, da sua inclusão num plano de formação contínua

e do impacto que a sessão teve no nível de conhecimento que consideravam ter em segurança em RM.

Após todos os questionários serem respondidos, procedeu-se à análise dos resultados com recurso ao software "*IBM SPSS Statistics*", versão 29.0.2.0. Foi realizada uma análise descritiva para analisar as respostas dadas nos questionários de inscrição e reflexão final. Para perceber o impacto da formação no nível de conhecimento de segurança em RM percecionado pelos TR e nas pontuações que obtiveram nos questionários de avaliação de conhecimentos foi aplicado o teste estatístico paramétrico *t-Student* de uma amostra. Assim, as hipóteses nulas (H_0) submetidas a análise foram "A formação não teve qualquer impacto na perceção do nível de conhecimento em Segurança em RM de cada participante" e "A formação não teve qualquer impacto na pontuação dos testes pré e pós formação".

CAPÍTULO IV- RESULTADOS

Neste estudo conseguiu-se reunir 30 TR que assistiram à formação de "Segurança em Ressonância Magnética" e responderam aos testes que permitiram a algumas conclusões que serão apresentadas posteriormente. Esta amostra compôs-se por oito indivíduos do sexo masculino (27%) e vinte e dois do sexo feminino (73%).

Destes TR, 20 (66.7%) já trabalharam ou trabalham em RM e os 10 restantes (33.3%) nunca exerceram funções nesta modalidade de imagem (Tabela 4).

Tabela 4 - Respostas à questão "Trabalha ou já trabalhou em RM?".

	N	%
Não	10	33,3
Sim	20	66,7
Total	30	100,0

De forma a categorizar com maior precisão os participantes, foi questionado o tempo de experiência aos indivíduos que responderam positivamente à questão anterior. Dos participantes que afirmaram ter esta experiência profissional, 7 (35%) indicou ter menos de um ano de experiência, 8 (40%) entre um a cinco anos e 5 (25%) mais de 5 anos (Tabela 5).

Tabela 5 - Respostas à questão "Quanto tempo de experiência tem em RM?".

Tempo de experiência em RM		
	N	**%**
Menos de 1 ano de experiência	7	35,0
Entre 1 a 5 anos de experiência	8	40,0
Mais de 5 anos de experiência	5	25,0
Total	20	100,0

Quanto às formações sobre Segurança em RM que os participantes pudessem ter feito no passado, 20 (66.7%) TR responderam que o fizeram, sendo que 10 TR (33.3%) nunca realizaram nenhuma formação no âmbito da segurança em RM (Tabela 6).

Tabela 6 - Respostas à questão "Já frequentou alguma formação de segurança em RM?".

	N	%
Não	10	33,3
Sim	20	66,7
Total	30	100,0

Dos 20 participantes que já frequentaram uma ou mais formações relativas à temática em segurança em RM, apenas 15% realizou-a através da sua entidade empregadora, sendo que a maioria (85%) realizou a formação em segurança como iniciativa própria (Tabela 7).

Tabela 7 - Respostas à questão "Essa formação foi dada pela sua entidade empregadora? ".

	N	%
Não	17	85,0
Sim	3	15,0
Total	20	100,0

Acerca da inclusão deste tema na formação académica dos Técnicos de Radiologia, as respostas dividiram-se em duas partes iguais. Ou seja, metade dos participantes indicou que estudou sobre Segurança em RM durante a licenciatura de radiologia ou imagem médica e radioterapia e a outra metade afirma que tal não aconteceu, como pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8 - Respostas à questão "A segurança em RM foi um tema aprofundado no decorrer da sua formação académica?".

	N	%
Não	15	50,0
Sim	15	50,0
Total	30	100,0

Outra questão colocada aos participantes no início do estudo foi acerca da importância que atribuíam a esta formação ou outras do mesmo género, relacionadas com Segurança a RM. A resposta foi unânime entre toda a amostra, pois 100% dos indivíduos consideraram que seja muito importante a sua realização.

Relativamente à perceção do nível de conhecimento de cada técnico acerca deste tema, a mesma questão foi colocada antes e após a realização da formação. Foi pedido que de 1 (fraco) a 3 (elevado) cada um deles indicasse o que mais se adequasse a si. Verificou-se que antes da formação a média do nível de conhecimento indicado pelos participantes do estudo foi 1.87 ± 0.51 e após a formação foi de 2.10 ± 0.40 (Tabela 9).

Tabela 9 - Nível de conhecimento considerado pelos participantes, antes e após a formação.

	N	Média (± desvio padrão)
Nível de conhecimento antes da formação	30	1,87 ± 0,51
Nível de conhecimento após a formação	30	2,10 ± 0,40

Ainda sobre o nível de conhecimento em segurança em RM, antes de realizar a formação, 20% considerou ter um nível de conhecimento fraco, 73.3% da amostra considerou ter um nível intermédio e apenas 6.7% mostrou estar mais confiante do seu entendimento na área, indicando ter um elevado nível de conhecimento.

Estes valores sofreram algumas alterações com a realização da formação, pois apenas 3.3% da amostra passou a enquadrar-se no nível fraco. Por outro lado, mais participantes

passaram a identificar-se com os níveis de conhecimento intermédio e elevado, 83.3% e 13.3% respetivamente (Tabela 10).

Tabela 10 - Respostas à questão "De 1 a 3, qual considera que seja o seu nível de conhecimento nesta área?", antes e após a formação.

	Antes		Após	
Nível de conhecimento	**N**	**%**	**N**	**%**
1 - fraco	6	20,0	1	3,3
2 - intermédio	22	73,3	25	83,3
3 - elevado	2	6,7	4	13,3
Total	30	100,0	30	100,0

Através do teste estatístico paramétrico *t-Student* de uma amostra, pudemos rejeitar a hipótese nula (H_0) "A formação não teve qualquer impacto na perceção do nível de conhecimento em Segurança em RM de cada participante", pois obteve-se um valor de significância (p) <0,001, o que pode ser observado na Tabela 11.

Tabela 11 - Teste t-Student uma amostra (IBM SPSS 29.0.2.0) para "Níveis de conhecimento pré e pós formação".

Teste de uma amostra

	Valor de Teste = 0						
			Significância			95% Intervalo de Confiança da Diferença	
	t	df	Unilateral p	Bilateral p	Diferença média	Inferior	Superior
Nível de conhecimento pré formação	20,149	29	<,001	<,001	1,867	1,68	2,06
Nível de conhecimento pós formação	28,571	29	<,001	<,001	2,100	1,95	2,25

Acerca dos testes de conhecimento que foram aplicados antes e após a formação, analisaremos as pontuações que os participantes alcançaram e as respetivas diferenças. A pontuação máxima de ambos os testes era 30 pontos, que correspondem a 30 respostas corretas visto que é atribuído 1 ponto a cada resposta correta.

A figura 10 apresenta o resultado de todos os participantes relativamente ao número de questões corretas antes e após a formação lecionada, onde se pode visualizar que em 100% da amostra ocorreu uma melhoria da pontuação no teste após a formação, relativamente ao teste realizado antes da mesma. O participante número 28 foi o que demonstrou uma maior evolução, sendo que no teste após a formação acertou em mais treze questões do que no teste anterior. Pelo contrário, o participante número 14 foi quem apresentou a diferença menos significativa entre as pontuações dos dois testes, apenas mais uma resposta correta após a formação. O aumento de pontuação mais frequente foi de seis respostas corretas, que aconteceu com 6 participantes.

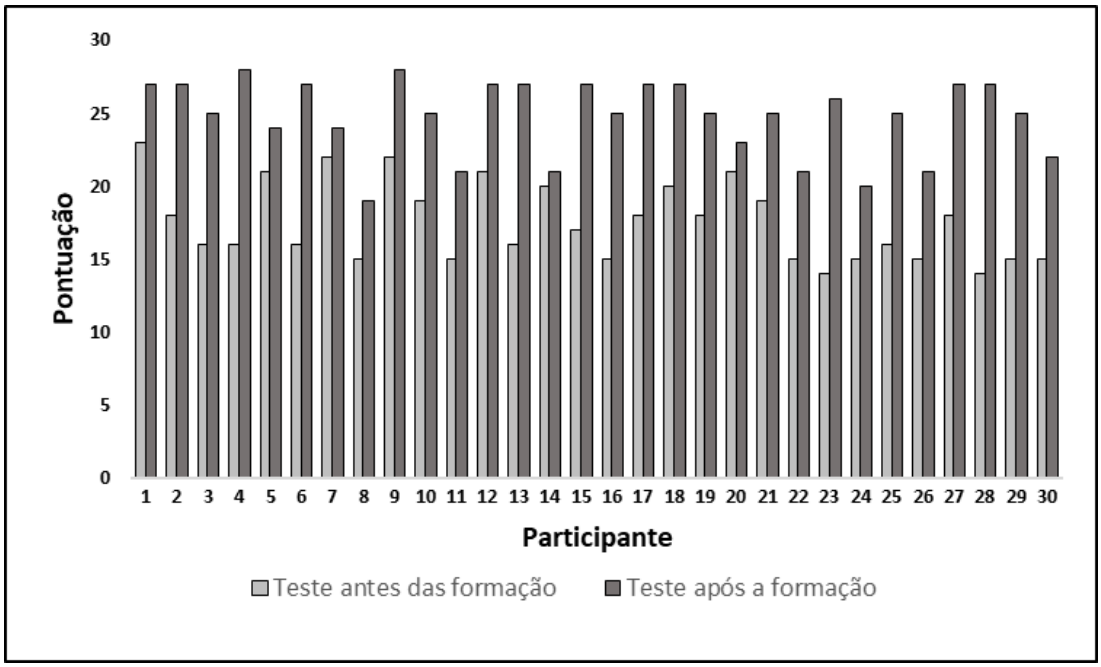

Figura 10 - Pontuações de cada participante nos testes de conhecimento antes e após a formação.

No primeiro teste obteve-se uma pontuação média 17.50 ± 2.70 e no segundo 24.80 ± 2.62, ou seja, no teste efetuado após a formação os participantes alcançaram pontuações mais elevadas (Tabela 12).

Tabela 12 - Pontuações, de 0 a 30, dos testes de conhecimento antes e após a formação.

	N	Média (± desvio padrão)
Teste antes da formação	30	17,50 ± 2,70
Teste após a formação	30	24,80 ± 2,62

Aplicou-se o teste estatístico paramétrico t-Student de uma amostra e pudemos rejeitar a hipótese nula (H0) "A formação não teve qualquer impacto na pontuação dos testes pré e pós formação", pois obteve-se um valor de significância (p) <0,001. Este resultado permite-nos validar a nossa hipótese alternativa (H1), "A formação teve um impacto positivo na pontuação dos testes pré e pós formação" (Tabela 13).

Tabela 13 -Teste t-Student uma amostra (IBM SPSS 29.0.2.0) para "Pontuação dos testes".

Teste de uma amostra

	Valor de Teste = 0						
			Significância			95% Intervalo de Confiança da Diferença	
	t	df	Unilateral p	Bilateral p	Diferença média	Inferior	Superior
Pontuação teste pt1	35,493	29	<,001	<,001	17,500	16,49	18,51
Pontuação teste pt2	51,880	29	<,001	<,001	24,800	23,82	25,78

No teste efetuado antes da formação, a pontuação mais frequente entre os participantes foi 15 pontos (N=8), seguindo-se a pontuação de 16 pontos (N=5). Ainda neste teste, a pontuação mais elevada foi 23 pontos e foi obtida apenas por um participante (N=1). Por outro lado, a pontuação mais baixa foi 14 pontos, obtida por dois indivíduos (N=2). Estes resultados são apresentados na figura 11.

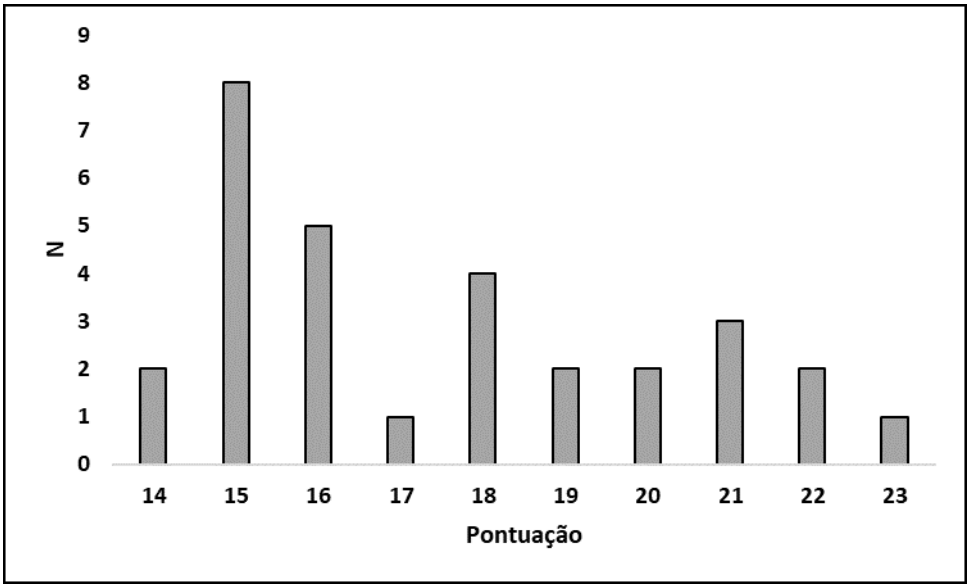

Figura 11 - Gráfico de frequência das pontuações do teste de conhecimento antes da formação.

Ao fazer a mesma análise aos resultados do teste efetuado após a formação, como se pode visualizar na figura 12, verificou-se que a pontuação com maior frequência foi 27 pontos (N=10), seguida dos 25 pontos (N=6). Relativamente à pontuação mais elevada, neste teste foi 28 pontos (N=2) e a mais baixa foi 19 pontos (N=1). Curiosamente, nenhum dos participantes obteve a nota máxima após lecionada a formação.

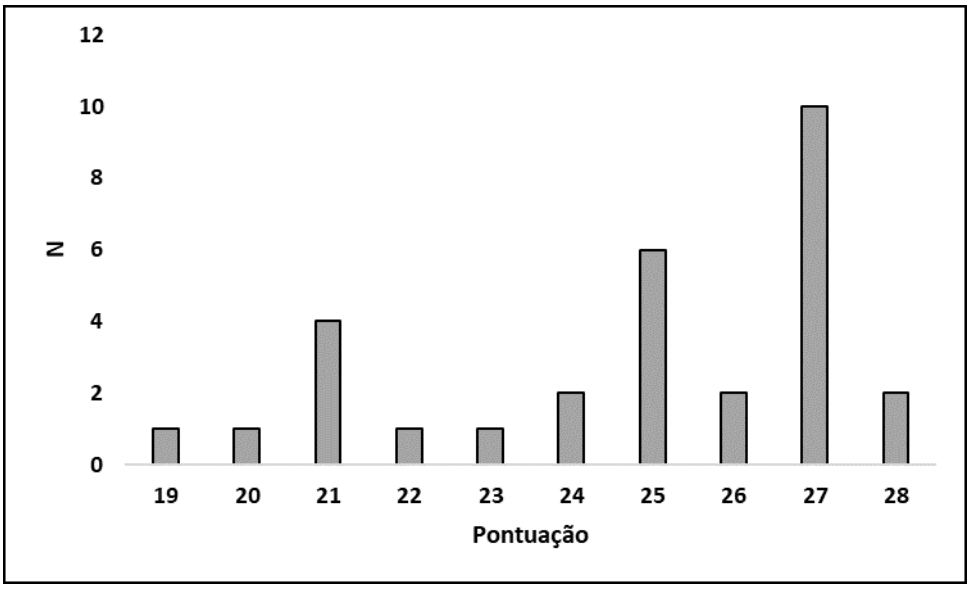

Figura 12 - Gráfico de frequência das pontuações do teste de conhecimento após a formação.

Aquando de uma análise mais direcionada a cada uma das trinta questões, verificou-se quais foram as questões que os TR mostraram maior ou menor conhecimento e por isso responderam correta ou incorretamente, respetivamente. Para isso, consideraram-se as trinta questões presentes nos dois testes, denominadas de Q2 a Q31, pois Q1 era a primeira questão e servia apenas para o participante preencher com um número que permitisse fazer a correspondência entre o primeiro e segundo teste, mantendo-se o TR em anonimato.

Verificou-se que, antes da formação, as questões em que mais erraram foram a Q6 e Q16, em que apenas dois TR acertaram em cada uma delas. A Q31 obteve 100% de respostas corretas, ou seja, todos os participantes acertaram nesta questão antes de assistir à formação. Esta foi a única questão cuja toda a amostra acertou neste teste.

A figura 13 mostra o número de respostas corretas por questão. Através da figura, verifica-se que após a formação, a Q9 foi a que os participantes mais falharam, pois apenas 5 TR escolheram a resposta correta. Por outro lado, neste teste verificou-se que existiram seis questões com 100% de respostas corretas: Q3, Q5, Q11, Q14, Q15 e Q31.

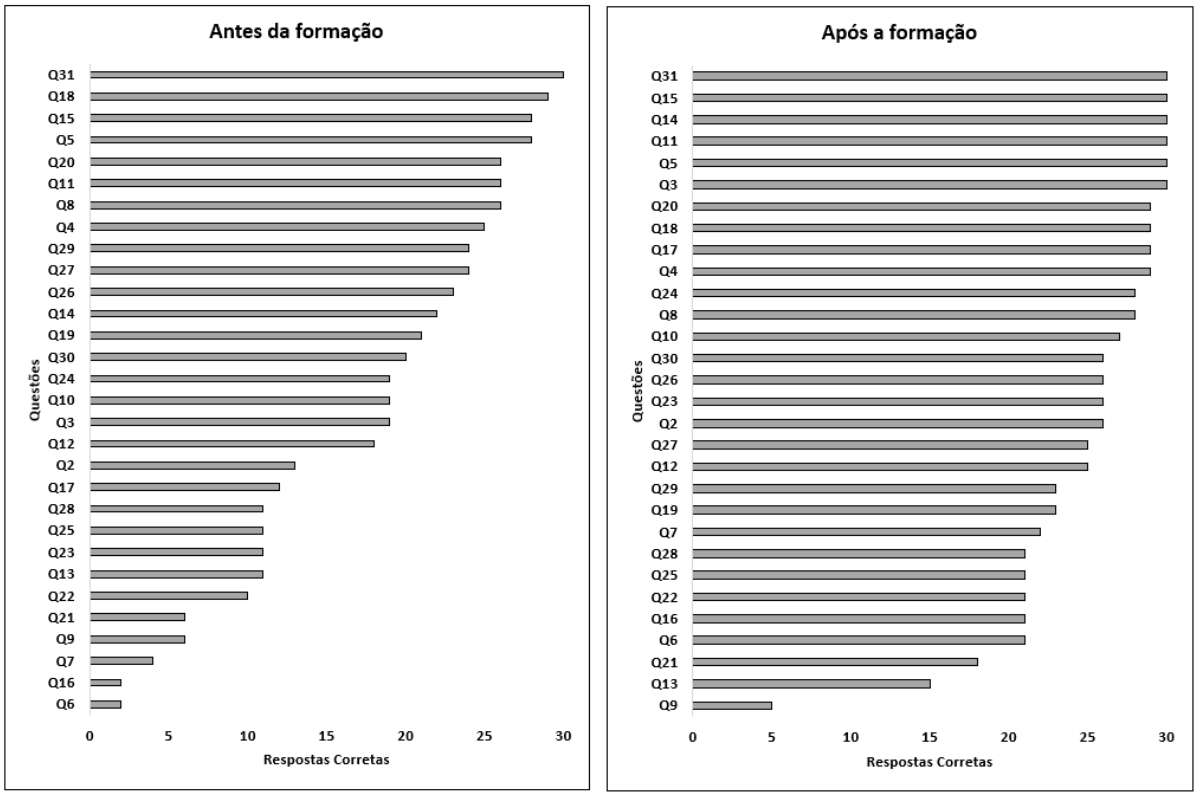

Figura 13 – Número de respostas corretas dadas em cada umas questões dos testes de conhecimento, antes e após a formação.

Outra questão colocada foi com quem periodicidade se deviam realizar estas formações, à qual 26 participantes (86.7%) responderam "anualmente". Sobre esta resposta, algumas das justificações para que esta formação devesse ser feita todos os anos foram "devido a possíveis alterações de guidelines", "para a equipa rever todo o processo de segurança implementado" e "devido à possibilidade de mecanização e esquecimento por parte dos profissionais". Os restantes 4 TR responderam que, na sua opinião, esta formação deveria realizar-se de dois em dois anos. Sobre ser a entidade empregadora a ter esta iniciativa, 29 (96.7%) participantes concorda que que assim seja, sendo que apenas um indivíduo demonstrou ter a opinião contrária.

No questionário "Reflexão Final" voltou-se a pedir a opinião da amostra em relação à utilidade e importância da formação efetuada. Todos os participantes responderam

positivamente a estas questões, indicando que consideram muito útil e importante que os TR façam formações de segurança em RM.

A Tabela 14 refere-se à opinião dos participantes quanto à periodicidade das formações sobre segurança em RM, onde 86.7% refere que essas formações devem ser anuais, enquanto os restantes 13.3% referem que deveriam ser bianuais.

Tabela 14 - Respostas à questão "A realizar-se, de quantos em quantos anos deveria ser feita uma atualização desta formação?"

	N	%
Anual	26	86,7
Bianual	4	13,3
Total	30	100,0

À questão "considera que esta formação poderá ser para os profissionais de saúde que estão em contacto com o ambiente RM para além dos Técnicos de Radiologia?", apenas um TR respondeu negativamente, o que significa que 96.67% da amostra considera que esta formação não deva ser efetuada apenas por TR e deva estender-se a todo o "Pessoal – RM".

Por último, todos os TR que participaram neste estudo (100%), indicaram que recomendariam esta formação a um colega que não tenha estado presente.

CAPÍTULO V- DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no estudo mostram que 73% da amostra tem experiência profissional em RM. Idealmente, este grupo de TR teria conhecimentos mais avançados em segurança no ambiente RM do que os restantes 27%. No entanto, apenas 6,7% dos indivíduos considerava ter um nível de conhecimento elevado em segurança em RM antes de realizar esta formação. Este era um resultado de certa forma esperado, tendo em conta que o estudo de *P. Hussin, C. Hussin, and Jaha* em 2023 concluiu que os profissionais que têm os princípios básicos de RM bem presentes não são, muitas vezes, entendidos em segurança em RM.

Curiosamente, verificou-se que o número de participantes que já fez formação nesta temática foi igual ao de TR com experiência em RM. Uma vez que os testes foram feitos em anonimato não é possível garantir que haja uma relação direta entre estes resultados. Seria interessante que estas respostas estivessem coincidentes, visto que significaria que os TR a desempenhar funções em RM recebiam formação para o fazer com as condições de segurança que este ambiente requer.

O fato desta matéria não ser muito aprofundada e explorada nos planos curriculares das licenciaturas de Imagem Médica e Radioterapia permite-nos refletir acerca da importância que é dada ao tema. Embora os campos eletromagnéticos utilizados em RM utilizem radiação não ionizante, a segurança em RM deveria ser abordada na formação inicial dos TR de uma forma similar à proteção contra as radiações ionizantes. Sabe-se que os efeitos da radiação ionizante são os mais conhecidos na área da Radiologia, causando muito efeitos deletérios, e, por isso, causam grande preocupação, para os profissionais e para os doentes. Mas, como já foi abordado anteriormente, os efeitos provocados pelos campos eletromagnéticos da RM podem também ter consequências muito preocupantes, sendo que pode levar até a mortes imediatas, como já ocorrido algumas vezes.

Todos os participantes demonstraram que, na sua opinião, é importante a implementação de formações de segurança em RM no plano de formação contínua. Pelos resultados obtidos, esta consideração pode dever-se ao fato de acharem que esta é uma lacuna, não só para o TR como para os restantes profissionais de saúde. Ao perceber que os seus conhecimentos na área não estão a um nível suficiente para garantir a segurança do exame, do doente e dos profissionais de saúde, os participantes poderão sentir-se menos confiantes na realização desta modalidade. Nesse sentido, o TR deve ser consciente das suas limitações e procurar ultrapassá-las. Estes dados reforçam outros estudos realizados anteriormente acerca da importância da formação contínua. Um estudo de 2013 mais direcionado para TC, afirma que "A formação contínua, ou seja, ao longo de toda a vida profissional, deve constituir uma preocupação constante para os técnicos de radiologia, quer porque os conhecimentos na área da saúde estão sempre a evoluir, quer porque os equipamentos que utilizam beneficiam regularmente de inovações tecnológicas." (Almeida et al., 2021; Isabel Lino Fialho & José Manuel Leal Saragoça Évora, 2013). O mesmo pode-se aplicar aos serviços de RM. A formação contínua em RM é essencial por complementar as lacunas da formação inicial e acompanhar as novas diretrizes e tecnologias que surgem nesta modalidade que se encontra em constante evolução. Só assim os TR serão capazes de resolver de forma autónoma os desafios que surgem no dia a dia da sua profissão, incluindo os relacionados com a segurança em RM (Alyami et al., 2023). Por estes motivos, alguns países começam a exigir que os TR a desempenhar funções em RM tenham uma certificação nesta área (Nugent, 2019).

Com a realização da formação, foi de realçar a forma como os TR alteraram a perceção que tinham acerca do seu conhecimento em segurança em RM. Para além de considerarem que passaram a estar mais bem informados sobre o tema, houve menos diferenças entre as respostas de todos eles relativamente ao seu nível de conhecimento. Antes da formação lecionada, 20% dos participantes considerava saber pouco de segurança em RM, mas depois da sessão apenas um participante continuou a afirmá-lo. Para além disso, o número de TR que considerava possuir um nível de conhecimento elevado sobre segurança em RM duplicou após a formação, o que demonstra a pertinência da formação desta temática. Isto

reflete que a formação teve um impacto positivo no nível de conhecimento em segurança em RM dos TR incluídos no estudo.

A pontuação média do teste após a formação foi significativamente mais elevada que a do teste realizado anteriormente, mas os participantes apresentaram evoluções diferentes entre as pontuações dos dois testes. Alguns dos TR já eram detentores de alguma informação sobre segurança em RM antes da formação e, por isso, no primeiro teste conseguiram alcançar pontuações elevadas. Nestes casos, ainda que tenham melhorado no teste após a formação, não se verificou uma evolução tão significativa. As maiores diferenças verificaram-se nos TR menos entendidos na área. Alguns dos participantes tiveram diferenças de 12 e 13 respostas corretas no segundo teste em relação ao primeiro. Esta evolução reflete o quão enriquecedora foi a formação para estes TR. Nenhum dos participantes obteve a pontuação máxima, ou seja, ninguém acertou as trinta questões. Este é um resultado que pode ser explicado pelo tempo insuficiente da formação. A sessão formativa existente neste estudo teve uma duração aproximada de 45 minutos, o que se torna demasiado limitado para explorar um tema tão vasto como a segurança em RM. Esta é uma área que carece de uma formação mais intensiva devido às diversas temáticas que necessitam ser abordadas.

As questões acerca dos tipos de materiais consoante a sua suscetibilidade magnética (diamagnéticos, paramagnéticos ou ferromagnéticos) e das causas dos acidentes mais frequentes em RM foram que levaram a mais respostas incorretas antes da formação.

A título de exemplo, na Q6 em relação aos tipos de materiais, a questão era acerca do comportamento de um material paramagnético e os participantes falharam por escolher a opção que afirmava que estes moviam-se no mesmo sentido do campo, com intensidade muito elevada, mas a verdade é que se movem com uma intensidade média (Panych & Madore, 2018). Esta questão está relacionada não só com os aspetos relacionados com a RM, mas também com física da RM. O estudo intitulado por "*Evaluation of awareness and knowledge regarding MRI safety among students in the faculty of applied medical science at Jazan University*" publicado em 2023 no *Journal of Radiation Research and Applied*

Sciences demonstra que, em determinados casos, os profissionais demonstram ter noção dos principais riscos existentes em RM, mas não possuem conhecimentos suficientes de física que lhes tornem capazes de responder a questões mais específicas sobre esta temática.

Outro exemplo na questão Q16, relativamente às causas dos acidentes em RM mais frequentes. Grande parte dos TR acreditava que seria a atração de objetos, mas é o aquecimento. Este desconhecimento sobre os acidentes em RM pode dever-se ao fato de muitos deles não serem reportados, pois algumas lesões causadas pelo aquecimento surgem várias horas após o exame e não são associadas à realização da RM. Os acidentes mais conhecidos são os que originaram consequências mais graves e muitas vezes estão associados à projeção de objetos ferromagnéticos. No entanto, não são esses os mais frequentes (Nugent, 2019).

Todos os TR demonstraram saber como agir quando há dúvida se um implante ou dispositivo é compatível com RM (Q31), pois todos acertaram na resposta que sugeria que o exame fosse adiado até estarem reunidas as condições de segurança.

No teste realizado após a formação o tema que ficou menos esclarecido para os participantes foi o local de maior exposição aos gradientes de campo, pois foi a questão onde se verificou menos respostas corretas. Mais uma vez, este dado demonstra que seria necessária uma formação mais intensiva para que fosse possível explorar todos os fundamentos de física.

As temáticas que mostraram uma melhor evolução positiva após a realização da formação foram as que os participantes mais tinham falhado no teste pré-formação, sobre os tipos de materiais consoantes a sua suscetibilidade magnética e as causas dos acidentes em RM. Para além destas duas, também Q7 (sobre a localização da "linha de pacemaker/5 gauss") apresentou um dos maiores aumentos de respostas corretas no segundo teste.

No final, todos os participantes mantiveram a sua opinião quanto à importância destas formações e a maioria concorda que devam ser feitas anualmente. Esta periodicidade será

a mais benéfica para as equipas, para que se mantenham sempre atualizadas. Esta atualização pode ser necessária por diversos motivos, entre eles, a aquisição de novos equipamentos, alterações de protocolos ou necessidades do serviço e para promover a autonomia dos TR, mesmo dos novos elementos. Atualmente, muitas das formações disponíveis para profissionais de saúde podem ser realizadas remotamente, o que permite a participação dos formandos com menos custos e de forma mais consistente (Almeida et al., 2021). Estes programas devem incluir demonstrações práticas dos efeitos de objetos ferromagnéticos para uma maior consciência da atração que pode ocorrer (Shah and Aran 2023). Para além disso, a partilha de experiências entre colegas de trabalho e pessoas mais experientes nesta área é sempre uma mais valia. A criação de documentos informativos e tabelas com informação relativa a compatibilidades de diferentes dispositivos/implantes já testados também pode ser uma estratégia bastante útil e pertinente no âmbito da segurança em RM, visto que permite uma consulta rápida. Também se deve salientar que algumas normas e informações relativas à segurança em RM estão sempre a ser atualizadas, daí a necessidade da atualização de conhecimentos na área.

Estas formações serão igualmente úteis para os restantes grupos de profissionais considerados "Pessoal-RM", uma vez que todos trabalham neste ambiente e devem participar conscientemente na prevenção dos acidentes em RM (Nugent, 2019).

CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO

A segurança em RM é um tema que nos últimos anos tem vindo a merecer cada vez mais atenção. Os acidentes que ocorrem neste ambiente, a procura crescente por este exame e a evolução tecnológica que leva ao surgimento de equipamentos cada vez mais diferenciados são algumas das justificações para esta preocupação. Visto que o TR é o profissional de saúde responsável pela realização deste exame, é essencial que esta seja uma matéria abrangida na sua educação inicial e formação contínua. Como tal, este estudo pretendia demonstrar a importância da formação e educação deste grupo profissional nesta área.

Através de uma curta formação, questionários e testes de conhecimentos, verificou-se que os TR inquiridos não tinham um nível de conhecimento em segurança em RM adequado para a responsabilidade que lhes é imposta ao realizarem este exame de diagnóstico. Nesta investigação também foi possível concluir que muitas vezes o tema "Segurança em Ressonância Magnética" não é suficientemente aprofundado na formação dos TR, seja na própria licenciatura como posteriormente nos planos de formação contínua. Isto faz-nos refletir acerca das bases teóricas com que estes indivíduos iniciam a sua vida profissional e a consequente necessidade de aumentar/atualizar os seus conhecimentos em física e segurança da RM ao longo dos anos. Para que esta lacuna deixe de ser uma das causas de acidentes em RM, como ainda acontece atualmente, é urgente que se invista nesta formação e que se dê a devida importância ao tema.

Os resultados obtidos nesta investigação comprovam o impacto positivo que a formação em "Segurança em Ressonância Magnética" teve no nível de conhecimento dos TR. Isto permite-nos acreditar que profissionais mais informados serão capazes de realizar exames com maior qualidade e com mais condições de segurança reunidas, tanto para o profissional como para o utente.

Em suma, conclui-se que é de elevada importância a formação e educação de TR em segurança em RM, devendo esta ser incluída nos planos de formação das instituições e ser do interesse dos TR no âmbito da sua formação contínua.

REFERÊNCIAS

Almeida, R., Silva, C., Vicente, B., Abrantes, A., & Miranda, D. (2021). *Desafios na educação contínua dos Técnicos de Radiologia: uma revisão narrativa Challenges in continuing education of Radiographers: a narrative review* (Vol. 2).

Alyami, A., Hakami, M. M., AboTalib, M. M., Almalki, M. A., Refaee, T., Abuhadi, N., Ageeli, W., Alwadani, B., Alomairy, N., Madkhali, Y., Shubayr, N., & Majrashi, N. (2023). Evaluation of awareness and knowledge regarding MRI safety among students in the faculty of applied medical science at Jazan University. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, *16*(4), 100669. https://doi.org/10.1016/j.jrras.2023.100669

ASTM - American Society for Testing and Materials. (2019). *Testing and Labeling Medical Devices for Safety in the Magnetic Resonance (MR) Environment Draft Guidance for Industry and Food and Drug Administration Staff (document number 1500059)*.

Boutet, A., Chow, C. T., Narang, K., Elias, G. J. B., Neudorfer, C., Germann, J., Ranjan, M., Loh, A., Martin, A. J., Kucharczyk, W., Steele, C. J., Hancu, I., Rezai, A. R., & Lozano, A. M. (2020). Improving Safety of MRI in Patients with Deep Brain Stimulation Devices. In *Radiology* (Vol. 296, Issue 2, pp. 250–262). Radiological Society of North America Inc. https://doi.org/10.1148/radiol.2020192291

Bushberg, J. T. , et al. (2011). *Magnetic Resonance Basics: Magnetic Fields, Nuclear Magnetic Characteristics, Tissue Contrast, Image Acquisition*. http://ebookcentral.proquest.com/lib/pitt-ebooks/detail.action?docID=2031899.

Carmo, H., & Ferreira, M. M. (2008). *METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO Guia para Auto-Aprendizagem 2.ª Edição*. www.univ-ab.pt

Crook, N., & Robinson, L. (2009). A review of the safety implications of magnetic resonance imaging at field strengths of 3Tesla and above. *Radiography*, *15*(4), 351–356. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.radi.2009.07.004

De Wilde, J. P., Grainger, D., Price, D. L., & Renaud, C. (2007). Magnetic resonance imaging safety issues including an analysis of recorded incidents within the UK. In *Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy* (Vol. 51, Issue 1, pp. 37–48). https://doi.org/10.1016/j.pnmrs.2007.01.003

Ferreira, A. M., Costa, F., Tralhão, A., Marques, H., Cardim, N., & Adragão, P. (2014). MRIi-conditional pacemakers: Current perspectives. In *Medical Devices: Evidence and Research* (Vol. 7, Issue 1, pp. 115–124). Dove Medical Press Ltd. https://doi.org/10.2147/MDER.S44063

Ghadimi, M., & Sapra, A. (2022). *Magnetic Resonance Imaging Contraindications*. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL). http://europepmc.org/abstract/MED/31869133

Gregory, T. S., Cheng, R., Tang, G., Mao, L., & Tse, Z. T. H. (2016). The Magnetohydrodynamic Effect and Its Associated Material Designs for Biomedical Applications: A State-of-the-Art Review. In *Advanced Functional Materials* (Vol. 26, Issue 22, pp. 3942–3952). Wiley-VCH Verlag. https://doi.org/10.1002/adfm.201504198

Gupta, A., Weeks, A. R., & Richie, S. M. (2008). Simulation of Elevated T-Waves of an ECG Inside a Static Magnetic Field (MRI). *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, *55*(7), 1890–1896. https://doi.org/10.1109/TBME.2008.919868

Hisham El Azem. (2022). *MRI Zones: A Guide for Rad Techs*.

Hossen, M., Rana, S., Parvin, T., Murad, S., Mustaque, A., & Jalali, M. (2020). *EVALUATION OF KNOWLEDGE, AWARENESS, AND ATTITUDE OF MRI TECHNOLOGISTS TOWARDS MRI SAFETY IN DHAKA CITY OF BANGLADESH INTERNATIONAL JOURNAL OF PURE MEDICAL RESEARCH*.

Isabel Lino Fialho, A., & José Manuel Leal Saragoça Évora, D. (2013). *Diagnóstico de necessidades de formação dos Técnicos de Radiologia. Estudo de Caso num Serviço de Radiologia com Tomografia Computorizada.*

Kanal, E., Barkovich, A. J., Bell, C., Borgstede, J. P., Bradley, W. G., Froelich, J. W., Gimbel, J. R., Gosbee, J. W., Kuhni-Kaminski, E., Larson, P. A., Lester, J. W., Nyenhuis, J., Schaefer, D. J., Sebek, E. A., Weinreb, J., Wilkoff, B. L., Woods, T. O., Lucey, L., & Hernandez, D. (2013). ACR guidance document on MR safe practices: 2013. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, *37*(3), 501–530. https://doi.org/10.1002/jmri.24011

Kaufman, A. A., Hansen, R. O., & Kleinberg, R. L. K. (2008). Chapter 6 Paramagnetism, Diamagnetism, and Ferromagnetism. In A. A. Kaufman, R. O. Hansen, & R. L. K. Kleinberg (Eds.), *Methods in Geochemistry and Geophysics* (Vol. 42, pp. 207–254). Elsevier. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0076-6895(08)00006-1

Kihlberg, J., Hansson, B., Hall, A., Tisell, A., & Lundberg, P. (2022). Magnetic resonance imaging incidents are severely underreported: a finding in a multicentre interview survey. *European Radiology*, *32*(1), 477–488. https://doi.org/10.1007/s00330-021-08160-w

Mazzola, A. A. (2009). *Artigo de Revisão Introdução Ressonância magnética: princípios de formação da imagem e aplicações em imagem funcional Magnetic resonance: principles of image formation and applications in funcional imaging*.

Mazzola, A. A., Stieven, K. I., Neto, G. H., & De Melo Cardoso, G. (2019). *Artigo de Revisão Segurança em Imagem por Ressonância Magnética Magnetic Resonance Imaging Safety*. https://www.asrt.org/

MHRA - Regulating Medicines and Medical Devices. (2021). *Safety Guidelines for Magnetic Resonance Imaging Equipment in Clinical Use*.

Michaelson, S. M. (1991). Biological Effects of Radiofrequency Radiation: Concepts and Criteria. *Health Physics*, *61*(1). https://journals.lww.com/health-physics/fulltext/1991/07000/biological_effects_of_radiofrequency_radiation_.1.aspx

Nugent, B. (2019). The need for MRI safety education in the NHS. In *Current Radiology Reports* (Vol. 3, Issue 10). Springer New York LLC. https://doi.org/10.1007/s40134-015-0122-z

P. Hussin, I., C. Hussin, M., & Jaha, S. S. (2023). Investigating the MRI Safety Knowledge of Healthcare Workers: A Cross-sectional Study. *International Journal of Medical, Pharmacy and Drug Research*, *7*(4), 06–22. https://doi.org/10.22161/ijmpd.7.4.2

Panych, L. P., & Madore, B. (2018). The physics of MRI safety. In *Journal of Magnetic Resonance Imaging* (Vol. 47, Issue 1, pp. 28–43). John Wiley and Sons Inc. https://doi.org/10.1002/jmri.25761

Shah, A., & Aran, S. (2023). *A Review of Magnetic Resonance (MR) Safety: The Essentials to Patient Safety*.

Shellock, F. G., Kanal, E., & Gilk, T. B. (2011). Regarding the value reported for the term "spatial gradient magnetic field" and how this information is applied to labeling of medical implants and devices. In *American Journal of Roentgenology* (Vol. 196, Issue 1, pp. 142–145). https://doi.org/10.2214/AJR.10.5004

Silva, V. (2020). *Segurança em Ressonância Magnética - REVISTA "RADIAÇÕES" da ATARP*.

Tobias Gilk, M. (MRSC™), M. (MRSC™). (2023). *MRI Safety: Prepare for New Guidance*.

Tsai, L. L., Grant, A. K., Mortele, K. J., Kung, J. W., & Smith, M. P. (2015). A Practical Guide to MR Imaging Safety: What Radiologists Need to Know. *RadioGraphics*, *35*(6), 1722–1737. https://doi.org/10.1148/rg.2015150108

Wang, Z., Lin, J. C., Mao, W., Liu, W., Smith, M. B., & Collins, C. M. (2007). SAR and temperature: Simulations and comparison to regulatory limits for MRI. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, *26*(2), 437–441. https://doi.org/10.1002/jmri.20977

ANEXOS

ANEXO I

Formação de Segurança em RM – inscrição

Nome (primeiro e último):

Endereço de correio eletrónico:

---

1. **Trabalha ou já trabalhou em RM?** (Se a resposta for "não", salte para a pergunta 4)
   a. Sim
   b. Não

2. **Quanto tempo de experiência tem em RM?**
   a. Menos de 1 ano
   b. Entre 1 a 5 anos
   c. Mais de 5 anos

3. **Em que tipo de instituição trabalha ou trabalhou em RM?**
   a. Hospital
   b. Clínica
   c. Ambos

4. **Já frequentou alguma formação de segurança em RM?** (Se a resposta for "não", salte para a pergunta 6)
   a. Sim
   b. Não

5. **Essa formação foi dada pela sua entidade empregadora?**
   a. Sim
   b. Não

6. **A segurança em RM foi um tema aprofundado no decorrer da sua formação académica?**
   a. Sim
   b. Não

7. **De 1 a 3, qual considera que seja o seu nível de conhecimento nesta área?**
   a. 1 – Fraco
   b. 2 – Médio
   c. 3 – Elevado

8. **Na sua opinião, de 1 a 3, quão importante é a formação nesta área para os técnicos de radiologia?**
   a. 1 – Pouco
   b. 2 – Médio
   c. 3 – Muito

ANEXO II

Consentimento de participação no estudo "A importância da formação e educação de técnicos de radiologia em Segurança em Ressonância Magnética"

No âmbito do desenvolvimento da tese de mestrado em Imagem Médica e Radioterapia, intitulada de "A importância da formação e educação de técnicos de radiologia em Segurança em Ressonância Magnética", será efetuada uma formação online.

O principal objetivo deste estudo é testar o nível de conhecimento de técnicos de radiologia em "Segurança em Ressonância Magnética" e avaliar a importância da formação nesta área para estes profissionais. Para tal, no momento da formação será efetuado um questionário antes e depois da apresentação efetuada pela mestranda Francisca Coelho, com a supervisão do orientador do projeto, Vitor Silva, PhD (ESTeS Coimbra). Em nenhum momento serão utilizados dados pessoais dos participantes.

Neste estudo só podem participar técnicos de radiologia, independentemente se trabalham ou não na modalidade de Ressonância Magnética. Esta formação não tem qualquer custo e não haverá certificado de participação, visto tratar-se de uma colaboração.

Eu, _____, declaro que reúno as condições para colaborar neste estudo e aceito participar no mesmo, que inclui assistir à formação online e responder ao questionário que será aplicado antes e após a apresentação.

Assinatura do participante:

_____

Data: __ / __ / ____

Assinatura da mestranda:

_____

Data: __ / __ / ____

estesc
Politécnico de Coimbra

ANEXO III

Formação de Segurança em RM – Parte 1 e 2 (pré e pós formação)

1. Identificação (últimos 5 dígitos do NIF):

_____

2. Assinale a opção correta:

a. O serviço de RM deve ser inserido no serviço de imagiologia, próximo das restantes modalidades.
b. O serviço de RM deve ser individualizado e afastado das salas das restantes modalidades na imagiologia.
c. No serviço de RM é obrigatória a sinalização com cartazes nos acessos e porta da sala de exame.
d. As respostas B e C estão corretas.
e. As respostas A e C estão corretas.

3. Quantos campos eletromagnéticos são utilizados em RM para obtenção de imagem?

a. 1
b. 2
c. 3
d. 4
e. 5

4. Quais são os campos eletromagnéticos utilizados em RM?

a. Campo magnético estático e Radiofrequência
b. Campo magnético estático e Eletricidade
c. Campo magnético estático e Gradientes de campo
d. Campo magnético estático, Radiofrequência e Eletricidade
e. Campo magnético estático, Radiofrequência e Gradientes de campo

5. Qual é o principal efeito mecânico do campo magnético estático?

a. Atração / Torção de objetos
b. Aquecimento
c. Tonturas
d. Ruído
e. Nenhuma das anteriores

6. Um material paramagnético quando é exposto ao campo magnético, tem...

a. o mesmo sentido do campo, com intensidade muito elevada.
b. o mesmo sentido do campo, com intensidade média.
c. o sentido oposto ao campo, com intensidade média.
d. nenhuma das anteriores.

7. A linha de "pacemaker" ou 5 gauss...

a. está dentro da sala e marcada no chão.
b. é a linha a partir da qual só pode circular pessoal autorizado e utentes já com verificação de metais feita.
c. é a linha a partir da qual já pode ocorrer efeito projétil.
d. é a linha que indica onde é mais elevado o campo magnético.
e. Todas as opções estão corretas

8. Qual é o principal efeito da radiofrequência?

a. Atração / Torção de objetos
b. Aquecimento dos tecidos ou DMI
c. Tonturas
d. Ruído
e. Nenhum dos anteriores

9. A zona de maior exposição aos gradientes de campo é:

a. No isocentro
b. Na entrada do equipamento
c. Próximo das margens laterais do magnete
d. Nenhuma das anteriores

10. Qual é o principal causador de ruído acústico em RM?

a. Campo magnético estático
b. Ondas de radiofrequência
c. Gradientes de campo
d. *Chiller*
e. Eletricidade de elevada potência

11. Os dispositivos médicos implantáveis podem ter diferentes classificações quanto à sua compatibilidade com RM. São elas:

a. Seguro e Não Seguro
b. Seguro e Condicional
c. Condicional e Não Seguro
d. Seguro, Condicional e Não Seguro

12. Relativamente à capacidade termorregulação corporal, pode afirmar-se que:

a. As crianças têm menos capacidade de termorregulação que os adultos.
b. As grávidas têm mais capacidade de termorregulação que o normal.
c. Os diabéticos têm mais capacidade de termorregulação que o normal.
d. Todas as opções estão corretas

13. Assinale a opção incorreta acerca do SAR:

a. É a "Specific Absorption Rate"
b. Descreve o potencial aquecimento dos tecidos
c. Não varia com a intensidade do campo magnético estático e os pulsos de radiofrequência

d. Aumenta com a intensidade do campo magnético estático e os pulsos de radiofrequência

14. É possível operar em três modos de SAR, são eles:

a. First level, Second level e Third level
b. First level, Second level e Last level
c. Normal, First level e Second level
d. Normal, Second level e Last level

15. Um doente portador de pacemaker ou CDI condicional...

a. Não pode realizar RM.
b. Só pode realizar RM de campo inferior a 1,5T.
c. Pode realizar RM, mediante algumas condições.
d. Nenhuma das opções está correta.

16. A maioria dos acidentes registados em RM são causados por:

a. Projeção de objetos
b. Claustrofobia
c. Aquecimento
d. Distração
e. Falta de conhecimento

17. Quantas zonas existem no serviço de RM, no âmbito da segurança?

a. 2
b. 3
c. 4
d. 5
e. 6

18. Assinale o grupo de profissionais que não é considerado pessoal RM:

a. Médicos
b. Acompanhante do utente
c. Técnicos de radiologia
d. Enfermeiros

19. Em RM, o técnico de radiologia é que decide se um doente com DMI pode ou não realizar o exame.

a. Verdadeiro
b. Falso

20. O questionário aplicado antes da realização de uma RM:

a. Deve incluir uma assinatura do técnico e do utente/acompanhante
b. Não é obrigatório
c. Serve apenas para rastrear os metais e dispositivos médicos implantáveis
d. Todas as opções estão corretas

21. Assinale a opção incorreta acerca do contraste à base de gadolínio:

a. Comporta-se como um pequeno magneto
b. Aumenta o sinal em imagens ponderadas em T2
c. É administrado em forma de quelatos
d. Pode ser administrado em grávidas, após avaliação dos riscos e benefícios
e. Tem um comportamento paramagnético

22. A administração de contraste à base de gadolínio em utentes lactantes implica a suspensão da amamentação.

a. Verdadeiro
b. Verdadeiro

23. Indique qual das seguintes estratégias não é recomendável utilizar em RM pediátrica:

a. Anestesia
b. Permanência de um familiar dentro da sala de exame
c. Permitir que a criança leve para o exame um peluche ou brinquedo
d. Todas as opções estão corretas
e. Nenhuma das anteriores

24. Selecione a afirmação mais correta: Numa situação de emergência, em que o utente que está a realizar a RM entra em paragem cardiorrespiratória...

a. A assistência deve ser feita no interior da sala para que a resposta seja mais rápida, tendo em atenção a entrada de metais
b. A assistência deve ser feita no interior da sala para não movimentar o utente em contexto de paragem
c. Deve transportar-se o utente para fora sala, onde poderá ser assistido por profissionais externos ao serviço e com material que não pode entrar na sala
d. Deve transportar-se o utente para fora sala e levá-lo para o serviço de urgência com a maior brevidade possível.

25. Numa situação de incêndio de grandes dimensões na sala de RM, deve-se:

a. Utilizar extintores de incêndio não ferromagnéticos
b. Pressionar o botão de "Quench"
c. Tentar apagar as chamas com água
d. Apenas evacuar o serviço e chamar os bombeiros

26. Selecione a opção correta: Ao realizar-se uma RM a um utente com pacemaker...

a. tem que ser feita uma configuração do dispositivo por um profissional de cardiologia, antes e após o exame.
b. deve manter-se no serviço pelo menos um elemento da equipa de cardiologia.
c. o utente deve ser monitorizado por ECG e oximetria durante todo o exame.
d. Todas as opções estão corretas.
e. Nenhuma das anteriores.

27. Um dispositivo considerado compatível em determinadas condições, conforme o tempo de exame, intensidade do campo magnético estático e configurações especificas é:

a. Seguro
b. Condicional
c. Não Seguro
d. Nenhuma das anteriores

28. Um utente com um implante metálico que já tenha realizado um exame num equipamento de RM 3T...

a. pode realizar RM em segurança noutros equipamentos de 3T ou campos inferiores.
b. pode não reunir as condições de segurança para realizar uma RM noutro equipamento de igual intensidade de campo.
c. pode, com total segurança, realizar uma RM num equipamento 1,5T.
d. Todas as opções estão corretas.
e. Nenhuma das anteriores.

29. Assinale a opção correta: Quando os valores de SAR estão demasiado elevados, deve-se...

a. alterar o modo para o nível seguinte.
b. fazer uma pausa no exame.
c. alterar os parâmetros e protocolo que estão a ser utilizados.
d. cancelar imediatamente o exame e reportar ao médico responsável.

30. A zona III de segurança em RM:

a. É a zona de passagem entre o local de preparação e a entrada na sala de RM
b. É acessível a todas as pessoas
c. É a interface entre o acesso público e não controlado
d. É a sala onde está localizado o equipamento de RM

31. Na dúvida se um implante ou dispositivo é compatível com RM, devemos...

a. adiar o exame até ter a certeza da segurança da sua realização.
b. arriscar avançar e informar o utente de que se algo acontecer pode pressionar o botão de alarme.
c. cancelar o exame.
d. Nenhuma das anteriores

estesc
Politécnico de Coimbra

ANEXO IV

Formação de Segurança em RM – Reflexão final

1. **De 1 a 3, quão útil sente que tenha sido esta formação?**
    a. 1 – Pouco
    b. 2- Médio
    c. 3 – Muito

2. **Considera importante a realização deste tipo de formações na nossa profissão?**
    a. Sim
    b. Não

3. **A realizar-se, de quantos em quantos anos deveria ser feita uma atualização desta formação? E porquê?**

4. **Acha que este tipo de formação deve ser dada pela entidade empregadora?**
    a. Sim
    b. Não

5. **Depois do que foi abordado nesta formação, considera que aumentou o seu nível de conhecimento de segurança em RM?**
    a. Sim
    b. Não

6. **Neste momento, de 1 a 3, qual considera que seja o seu nível de conhecimento nesta área?**
    a. 1 – Fraco
    b. 2 – Médio
    c. 3 – Elevado

7. **Considera que esta formação poderá ser para os profissionais de saúde que estão em contacto com o ambiente RM para além dos técnicos de radiologia?**
    a. Sim
    b. Não

8. **Recomendaria esta formação a um colega que não tenha estado presente?**
    a. Sim
    b. Não