

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

**NOARA THOMAZ**

**SEGURANÇA PARA PACIENTES E EQUIPE EM RESSONÂNCIA  
MAGNÉTICA: boas práticas do Tecnólogo em Radiologia na  
segurança do setor**

**FLORIANÓPOLIS, dezembro de 2017.**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

**NOARA THOMAZ**

**SEGURANÇA PARA PACIENTES E EQUIPE EM RESSONÂNCIA  
MAGNÉTICA: boas práticas do Tecnólogo em Radiologia na  
segurança do setor**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do grau de Tecnólogo em Radiologia.

Professor Orientador: Prof. Flávio Augusto Penna Soares, Dr.

**FLORIANÓPOLIS, dezembro de 2017.**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Thomaz, Noara

**SEGURANÇA PARA PACIENTES E EQUIPE EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA: boas práticas do Tecnólogo em Radiologia na segurança do setor / Noara Thomaz ; orientação de Flávio Augusto Penna Soares. - Florianópolis, SC, 2017.**  
84 p.

**Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. CST em Radiologia. Departamento Acadêmico de Saúde e Serviços.**  
Inclui Referências.

**1. Segurança em Ressonância Magnética. 2. Boas práticas em RM. 3. Tecnólogo em Ressonância Magnética. 4. Safety RM. I. Penna Soares, Flávio Augusto. II. Instituto Federal de Santa Catarina. Departamento Acadêmico de Saúde e Serviços. III. Título.**

# **SEGURANÇA PARA PACIENTES E EQUIPE EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA: boas práticas do tecnólogo na segurança do setor**

**NOARA THOMAZ**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Tecnólogo em Radiologia e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 4 de dezembro de 2017.

**SEGURANÇA PARA PACIENTES E EQUIPE EM RESSONÂNCIA  
MAGNÉTICA: boas práticas do tecnólogo na segurança do  
setor**

**NOARA THOMAZ**

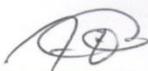
Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Tecnólogo em Radiologia e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 4 de dezembro de 2017.

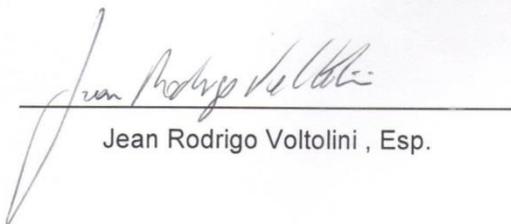
Banca Examinadora:



Flávio Augusto Soares, Dr.



Alexandre D'Agostini Zottis, Dr.



Jean Rodrigo Voltolini, Esp.

Dedico este trabalho às quatro  
mulheres da minha vida: minha vó,  
minha mãe, minha doce filha e minha  
dinda: heroínas, fortes e guerreiras.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Flávio Augusto Soares, meu orientador, pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho, que em sua genialidade e paciência, me fez compreender para além do tema escolhido e que levarei para outros momentos da minha vida profissional.

Ao Prof. Dr. Alexandre Zottis, por todas as aulas, que despertaram meu interesse e curiosidade, fazendo com que desenvolvesse maior compreensão sobre os princípios físicos das tecnologias radiológicas.

Ao Prof. Marco Pessoa, por toda ajuda, ensinamentos, bom humor, amizade e por mostrar docência de forma tão plena e inesquecível.

Ao Prof. Físico Médico e amigo Marcelo Schneider Bemvenuti, que com toda atenção possível, sanou todas minhas dúvidas e contribuiu para finalização deste Trabalho.

Aos amigos que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida.

Ao Charlie Luizelli, pai da minha amada filha, que apesar de todas as dificuldades, se manteve atento a nossa família, nos momentos da minha ausência dedicados ao estudo.

Ao Paulo Mendes, que proporcionou segurança, apoio, ombro e ouvidos, independente do tempo, do humor sem condições nem exigências, como um verdadeiro pai.

A minha dinda, que é uma guerreira, de coração grande, de sorriso largo, que cuidou durante todo esse tempo da nossa rainha, enquanto me dedicava aos estudos.

A minha mãe, que incentiva, acima de tudo, o estudo, a liberdade, a independência, a força e o conhecimento. Que me foi fortaleza e razão, quando me via imersa na emoção.

A minha rainha de olhos azuis, minha vó, meu colo, meu abraço, meu carinho, meu exemplo de força, esperança e amor. Ao seu amor infinito, que hoje é o silêncio para ouvi-la no coração.

A minha doce e linda filha, meu amor, que por suas virtudes enfeita, alegre e enche de orgulho todos os dias, que sempre me deu os melhores motivos do mundo para lutar, ser cada vez melhor e nunca desistir.

“A ciência nunca resolve um problema,  
sem criar pelo menos outros dez”.  
(George Bernard Shaw)

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar aspectos importantes a respeito das boas práticas de segurança, do Tecnólogo em Ressonância Magnética. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, integrativa, exploratória e descritiva em bibliografias. Foram utilizados dados de literatura, relatórios, artigos publicados, Ressonância Magnética, diretrizes assistenciais. Considerou aspectos sobre verificação de equipamentos, acessórios, imagens, normativas internacionais e nacionais sobre a segurança neste setor. As informações analisadas foram a presença de artefatos nas imagens, disposição de acessórios, plantas de site das salas de RM, equipamentos médicos e de RM, sinalizações de restrições e acesso as áreas próximas ao equipamento, equipamentos de urgência e emergência compatíveis, armazenamento de dispositivos também foram de extrema importância para análise e maior gama de informações a serem observadas. Desta forma, conseguiu-se proporcionar melhor esclarecimento com relação à percepção e ao conhecimento técnico abordando normas de segurança em RM, seus acessórios, riscos associados ao princípio de funcionamento dos componentes do equipamento e recursos que auxiliam efetivamente, para minimizar os riscos e que contribuem diretamente na rotina do serviço. Salienta-se que o Tecnólogo em Radiologia deve conhecer todos os procedimentos com excelência, para exercer suas funções e boas práticas durante sua rotina, garantindo a integridade física de pacientes, colaboradores e equipamentos, do setor de RM e de outros setores adjacentes, melhor qualidade e segurança a todos dentro do ambiente de RM.

**Palavras-chave:** Segurança em Ressonância Magnética. Boas práticas em RM. Tecnólogo em Ressonância Magnética. Safety RM.

## ABSTRACT

This work aims to analyze important aspects regarding the good safety practices of the Magnetic Resonance Technologist. It is a qualitative, integrative, exploratory and descriptive research in bibliographies. We used data from literature, reports, published articles, Magnetic Resonance, care guidelines. It considered aspects regarding verification of equipment, accessories, images, international and national regulations on safety in this sector. The information analyzed were the presence of artifacts in the images, the provision of accessories, site plans of the RM rooms, medical and RM equipment, signaling of restrictions and access to areas near the equipment, compatible emergency and emergency equipment, storage of devices were also of extreme importance for analysis and a wider range of information to be observed. In this way, it was possible to provide better clarification regarding the perception and technical knowledge addressing safety standards in MRI, its accessories, risks associated to the principle of operation of the components of the equipment and resources that effectively help, to minimize the risks and that contribute directly to the routine of the service. It should be noted that the Radiology Technologist must know all the procedures with excellence, to perform their functions and good practices during their routine, guaranteeing the physical integrity of patients, employees and equipment, the MRI sector and other adjacent sectors, better quality and security to all within the RM environment.

**Key-words:** Safety in Magnetic Resonance. Good habits in RM. Magnetic Resonance Technologist. Security RM .

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Orientação dos prótons de hidrogênio .....	23
FIGURA 2 – Características do sistema de imagem por RM .....	25
FIGURA 3 – Disposição dos componentes de RM .....	26
FIGURA 4 – Blindagem de RF por Gaiola de Faraday .....	26
FIGURA 5 – Zonas de segurança em RM .....	35
FIGURA 6 – Planta baixa e zonas de segurança .....	35
FIGURA 7 – Área de acesso à zona 4 .....	38
FIGURA 8 – Layout da Linha de 5 Gauss .....	41
FIGURA 9 – Sinalizações de áreas de acesso .....	43
FIGURA 10 – Rótulos de segurança para dispositivos e acessórios médicos .....	44
FIGURA 11 – Aviso de troca de maca, antes do acesso à zona 3 .....	45
FIGURA 12 – Aviso de maca específica para o setor de RM .....	45
FIGURA 13 – Aviso na sala de triagem, local da anamnese .....	46
FIGURA 14 – Aviso na porta da sala do magneto, zona 4 .....	46
FIGURA 15 – Peso excessivo, em local inapropriado .....	47
FIGURA 16 – Potencial para ferimentos .....	48
FIGURA 17 – Artefato por etiqueta de calça, de acesso proibido a partir da zona 3 .....	52
FIGURA 18 – Posição do paciente entre as bobinas de gradiente .....	54
FIGURA 19 – Grandes laços superficiais de correntes. Posicionamento inadequado .....	56
FIGURA 20 – Planta baixa da localização para emergências .....	66

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Distâncias mínimas e dispositivos afetados .....	41
QUADRO 2 – MR Inseguros .....	69
QUADRO 3 – MR Condicionais .....	70

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACR – American College of Radiology

AFIM – Assessoria em Física Médica

$B_0$  – Campo Magnético Principal

$B_1$  – Campo Magnético após pulso de RF

CBR – Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem

Co - Cobalto

Co<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

CONTER – Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia

FDA – Food and Drug Administration

Fe – Ferro

FOV – Field of View

FSN – Fibrose Sistêmica Nefrogênica

Gd - Gadolínio

IEC - International Electrotechnical Commission

IMRSER – Institute for Magnetic Resonance Safety Education and Research

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial

ISMRM – International Society for Magnetic Resonance in Medicine

ISO - International Organization for Standardization

JC – Join Commission

$M_0$  – Vetor Magnetização

m – metro

ml/min/m<sup>2</sup> – mililitro por minuto por metro quadrado

mT – miliTesla

MRI – Magnetic Resonance Imaging

MS – Ministério da Saúde

NBR – Norma Brasileira

Ni – Níquel

PADI – Programa de Acreditação em Diagnóstico por Imagem

PGRSS – Programa de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde

ppm – partes por milhão

RDC – Resolução de Diretoria Colegiada

RF – Radiofrequência

RM – Ressonância Magnética

RMC – Ressonância Magnética Cardíaca

RSR – Relação Sinal Ruído

SAR – Specific Absorption Rate

SNR – Sinal Ruído

SPR – Supervisor de Proteção Radiológica

T – Tesla

TE – Tempo de eco

TEA – Taxa de massa normal onde a energia de RF é absorvida por tecidos biológicos

TR – Tempo de repetição

T1 – Recuperação da magnetização longitudinal de 63% do seu valor inicial (ponderação)

T2 – Decaimento da magnetização transversal de 37% do seu valor inicial

U\$ - Dólar Americano

W/kg – Watts por quilograma

°C – Graus Célcius

°K – Graus Kélvín

$\omega$  – Frequência de Larmor

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA .....	19
1.2 JUSTIFICATIVA .....	20
1.3 OBJETIVO GERAL .....	21
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>22</b>
2.1 A RESSONÂNCIA MAGNÉTICA .....	22
<b>2.1.1 Características gerais de um Sistema de Imagem de Ressonância Magnética.....</b>	<b>24</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>27</b>
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	27
4 OS RISCOS ASSOCIADOS E BOAS PRÁTICAS.....	28
4.1 LIMITES DE SEGURANÇA.....	31
<b>4.1.1 Layout sugerido para ambientes de RM (zonas 3 e 4).....</b>	<b>37</b>
<b>4.1.2 Linha de 5 Gauss.....</b>	<b>40</b>
4.2 PROCEDIMENTOS NA ZONA 4 .....	42
4.3 SINALIZAÇÃO.....	42
4.4 MAGNETO SUPERCONDUTOR, CRIOGÊNIOS E QUENCH.....	48
4.5 EFEITO “MÍSSIL” DE MATERIAIS FERROMAGNÉTICOS.....	50
4.6 BOBINAS DE GRADIENTES E SEUS EFEITOS.....	53
4.7 BOBINAS DE RF SAR.....	55
4.8 MEIOS DE CONTRASTE, SEDAÇÃO E PACIENTES ESPECIAIS .....	59
4.9 CONTROLE DE QUALIDADE.....	65

4.10 PARADA DA MESA, DESLIGAMENTO DO SISTEMA E DESLIGAMENTO DO MAGNETO.....	65
4.11 QUANTO A EQUIPE TÉCNICA.....	67
4.12 CONTRA INDICAÇÕES ABSOLUTAS E RELATIVAS.....	69
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>72</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>80</b>
APÊNDICE A – ROTEIRO OBSERVAÇÃO.....	81
APÊNDICE B – FICHA DE ANAMNESE INTERNACIONAL ESPECÍFICA PARA RM.....	82

## 1 INTRODUÇÃO

O exame realizado por ressonância magnética (RM) é um método muito utilizado em diferentes especialidades médicas como complemento diagnóstico, no acompanhamento evolutivo de diversas patologias (HADDAD; ZAGO; ANDREASSA, 2005) e segundo Lufkin (1990), em seus primórdios tratava-se de uma técnica experimental.

Diante da crescente quantidade de exames realizados de RM e do avanço de sua tecnologia, foi percebido por meio de pesquisas, que há falta de regulamentação brasileira sobre a segurança neste serviço. Logo, é viável para cada instituição criar suas próprias diretrizes assistenciais baseadas em normas internacionais reconhecidas para que se mantenha a segurança necessária para conservação dos seus equipamentos e melhor qualidade em seus diagnósticos. (FERREIRA; NACIF, 2011)

A RM tem como princípio de funcionamento a aplicação de campo magnético intenso gerado pelo magneto, pares de bobinas de gradientes, bobinas de radiofrequência, condutores elétricos, e pode atrair objetos ferromagnéticos. Pode alterar o funcionamento de acessórios médicos e ainda desconfigurar acessórios elétricos que compõem tratamentos estimulantes, como coração, por exemplo. Para além desses exemplos, podem resultar em bioefeitos nas pessoas submetidas a este campo de magnetização como náuseas, estimulação periférica e estresse fisiológico. (LUFKIN, 1990)

Assim, como todos os componentes de um sistema de RM possuem sua função definida e específica, eles também são fontes de risco, caso não funcionem ou não sejam operados de forma correta, propiciam acidentes. Essa questão está diretamente relacionada às boas práticas no cuidado do equipamento, do paciente e do profissional ocupacionalmente exposto.

Além dos acidentes relacionados aos componentes do equipamento, há também os que estão associados às razões subjetivas de cada paciente, que influenciam na segurança: cita-se a claustrofobia, a ansiedade, as gestantes e pacientes pediátricos como exemplos. Tais pacientes, devido à apreensão e grau de estresse elevados, quando encaminhados ao setor de

RM, comprometem a qualidade do procedimento e das imagens, podendo até interromper o exame, resultando na necessidade de suspensão do mesmo, reagendamento, atraso no diagnóstico ou ainda o mal posicionamento, contribuindo para ocorrência de choques, artefatos na imagem, entre outras complicações. (HADDAD; ZAGO; ANDREASSA, 2005; MRI SAFETY, 2017b)

A tese de mestrado *Radiações Aplicadas às Tecnologias da Saúde*, realizada em Lisboa, por Casimiro (2015), demonstrou que a exposição ocupacional a campos eletromagnéticos em RM, poderia ser minimizada se organizassem por classificação os seus profissionais, conforme sua função e tempo de permanência nas zonas de risco. Pois as atividades de maior exposição ao campo magnético e campo elétrico são referidas por tipo de permanência na sala do magneto, no caso deste estudo, o acompanhante do paciente e o anestesista são os mais expostos. Portanto, os limites de exposição necessitam de monitoramento com frequência pré-definida, para que seja possível associar alterações biológicas às exposições nos serviços de RM (causa-efeito).

O modo de funcionamento do equipamento e seus cuidados, o princípio da formação da imagem desse método, as prevenções das possíveis intercorrências, como diminuir prejuízos, os dados sobre o espaço físico adequado para sua instalação, a melhora do SNR, a diminuição de artefatos na imagem, as influências de outros equipamentos eletrônicos, as distintas blindagens, entre outros, são pontos relevantes sobre segurança deste setor que permitem que o trabalho do Técnico em Radiologia garanta a segurança durante a permanência de todos no ambiente de RM.

Portanto este trabalho propõe, como objeto de pesquisa principal, por meio de revisão exploratória e descritiva na literatura, a busca de maiores informações e conhecimentos a respeito da exposição ocupacional e do público de RM, para que se possa comparar aspectos dos planos de segurança, programas e diretrizes, promoção e cuidados diários do equipamento, a biossegurança, o treinamento específico dos profissionais com enfoque nos riscos em um serviço de RM, quando proceder em notificações de acidentes e sinalizações existentes.

As informações de segurança, que se relacionam diretamente com a qualidade do serviço prestado, permitem que se dê foco aos riscos associados

ao equipamento. Uma das maneiras de verificar essas informações é na ficha de anamnese específica para o setor de RM. Já outras questões que envolvem a segurança são: utilização correta dos botões de emergência, perigos do campo magnético e de Radiofrequência (RF), alterações em equipamentos eletrônicos decorrentes dos campos marginais, perigos ao manusear ou utilizar o hélio, tanto para abastecimento quanto para acionamento do quench, pontos mecânicos que oferecem riscos de ferimentos, informações sobre prevenção de incêndios, manutenção, limpeza dos equipamentos, sinalizações, restrições e o uso correto do localizador de laser. (SIEMENS, 2002)

Segundo o Sistema de Segurança do Paciente da Join Comission (2016),

qualidade e segurança são indissociáveis. A *qualidade* dos cuidados de saúde é o grau em que seus processos e resultados atendem ou excedem as necessidades e desejos das pessoas atendidas. (JOIN COMMISSION, 2016,p01)

Como se trata de um sistema multiprofissional complexo, o serviço de RM tem como objetivo principal de qualidade, a segurança oferecida junto à realização dos exames. Assim essa cultura depende de fatores e processos padronizados e tecnologias integradas para que haja maior credibilidade e diminuir ou excluir riscos ao paciente. (COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA E DIAGNÓSTICO POR IMAGEM, 2014)

Por estas razões, percebeu-se a importância de ter como objeto de estudo para este trabalho a segurança no setor de RM, bem como a descrição de seus componentes, com objetivo de compreender cada item relevante na segurança durante sua operação dentro das zonas de acesso.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Quais os aspectos importantes para compor segurança de pacientes e equipe em ressonância magnética e boas práticas do Tecnólogo em Radiologia?

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A Ressonância Magnética não utiliza radiação ionizante, tem como base para a formação da imagem o campo magnético e a interação com ondas eletromagnéticas. O campo principal  $B_0$  aplicado é intenso, gera interações físicas com os átomos de hidrogênio do corpo do paciente e, então, com o auxílio de bobinas de gradiente e ondas de radiofrequência, formam o campo  $B_1$ , assim é possível a visualização da região de interesse.

Os cuidados envolvidos para além do equipamento de RM e seu funcionamento, há responsabilidades da empresa que presta o serviço deve garantir, para que seja possível evitar outros problemas relacionados a segurança do ambiente, como exemplos: disponibilizar meios para restringir a influência do campo magnético fora da sala, como os dispositivos médicos, podem sofrer problemas de funcionamento; alguns tipos de marca-passos, que podem alterar seu ritmo; risco de deslocamento de clips de aneurismas, aquecimento de implantes. Usuários de próteses metálicas tem maior probabilidade de imagens adquiridas com artefatos, e pacientes que possuem tatuagens recentes podem sofrer queimaduras induzidas.

Portanto, expor quais as contraindicações absolutas e as relativas para ser submetido à RM garante que haja maior segurança na rotina de pacientes, profissionais e empresa.

Além das contraindicações, a instalação de um equipamento de RM e o planejamento do espaço físico devem estar em conformidade com critérios estabelecidos. A engenharia clínica tem papel relevante e de suma importância quando diz respeito à segurança e à qualidade de imagem.

O custo de um equipamento de Ressonância Magnética varia em média de U\$ 1,5 milhão a U\$ 3 milhões, dependendo da sua capacidade, entre 1,5 T a 3 T e mais R\$ 1,5 milhão em manutenção anual. Esse investimento realizado pelas instituições de saúde justifica a atenção com a integridade do equipamento, dos pacientes e profissionais ocupacionalmente expostos. (GLOBO CIÊNCIA, 2013)

Não menos importante, devemos considerar que o uso de meios de contraste e o atendimento às crianças e gestantes devem seguir rigorosamente

critérios de uso, manipulação, armazenamento e injeção, que também é associado como um dos fatores primordiais de segurança no setor.

### 1.3 OBJETIVO GERAL

Analisar os aspectos importantes a respeito das boas práticas do Tecnólogo em Radiologia na segurança de ressonância magnética.

### 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Descrever as normas e diretrizes regulatórias nacionais e internacionais associadas à segurança nos serviços de ressonância magnética;
- b) Verificar as questões de segurança presentes nas fichas de anamnese, sinalizações, equipamentos, acessórios e avisos;
- c) Descrever os procedimentos adequados encontrados em registros da literatura, normas e manuais de segurança para equipamentos e acessórios.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Para que se tenha maior compreensão dos fatores que envolvem as responsabilidades do Tecnólogo, serão destacadas neste estudo algumas informações pertinentes, sobre o equipamento e seus componentes, que merecem atenção na manipulação, conservação e boas práticas mantendo a máxima segurança possível das pessoas envolvidas no procedimento, para que se mantenha a qualidade do serviço de Ressonância Magnética.

### 2.1 A RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

A ressonância magnética é uma das mais avançadas tecnologias do diagnóstico por imagem, tem como princípio de funcionamento o campo magnético e a RF. Este método está em desenvolvimento constante, dispondo de aquisições volumétricas de alta resolução, contraste e medidas precisas, (MAZZOLA,2009). Desta forma, as imagens de ressonância magnética se tornaram, nas últimas décadas, a mais sofisticada e promissora técnica de diagnóstico clínico. (LUFKIN, 1990)

O autor, Nóbrega (2006) refere-se às imagens por ressonância magnética como um fenômeno físico, onde há troca de energia entre núcleos de átomos de hidrogênio e ondas eletromagnéticas oriundos de campos magnéticos oscilatórios. Sendo a frequência oscilatória dos campos aplicados correspondente à frequência de rotação dos núcleos de hidrogênio, para que então ocorra o processo de troca de energia e os núcleos que absorveram a energia das ondas eletromagnéticas externas, mudarão de orientação em relação ao campo magnético, assumindo então um estado energizado, liberando energia em forma de sinal da ressonância magnética. O autor especifica que quanto maior for a potência do campo magnético externo, maior será a quantidade de hidrogênio alinhados a ele.

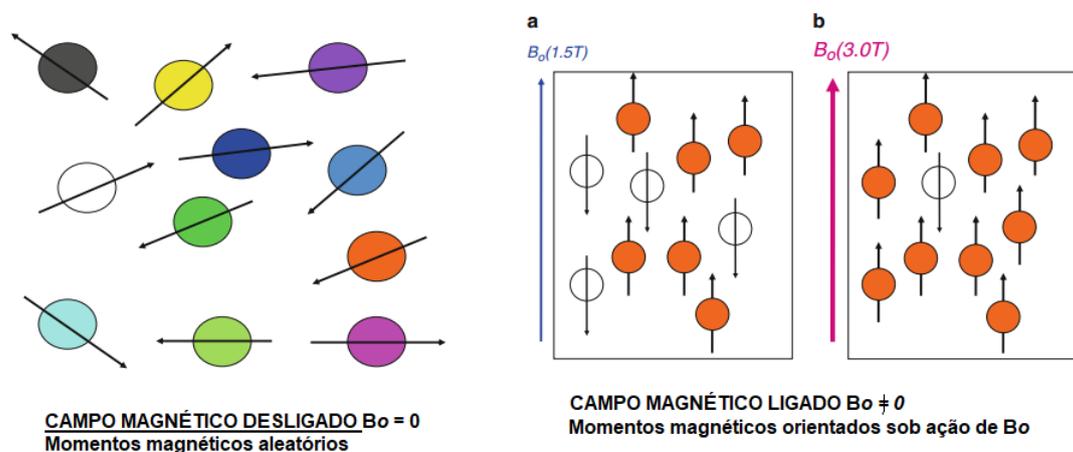
Bloch e Purcell (1946) descreveram que há ressonância a partir da troca de energia entre forças eletromagnéticas e os núcleos atômicos, em consequência do movimento entre eles.

Portanto, conclui-se que:

Quando o paciente é introduzido no equipamento de RM, uma quantidade considerável dos seus átomos de hidrogênio são orientados com as linhas de força do campo magnético principal. Nesta situação observa-se que uma grande parte de hidrogênios orienta-se em uma das direções do eixo longitudinal do equipamento – eixo Z – constituindo-se na população de hidrogênios “energizados” se orienta na direção oposta e constitui –se na população de alta energia. A magnetização longitudinal é, por consequência, a somatória vetorial das resultantes magnéticas de ambas populações e surge, inicialmente, na direção da população de menor energia. (NÓBREGA,2006,p.3)

A Figura 1 mostra que os átomos de hidrogênio são orientados com as linhas de força do campo magnético.

Figura 1: Orientação dos prótons de hidrogênio



Fonte: (ELMAOGLU; ÇELIK, 2012)

O campo magnético efetivo para os núcleos de hidrogênio, possui propriedades vetoriais cuja intensidade, direção e sentido são representados por um vetor de magnetização. Este vetor de magnetização nada mais é que o alinhamento ou a somatória dos momentos magnéticos dentro de um campo magnético e é expresso como vetor somatório. (LUFKIN, 1990)

A RM possui alta capacidade para diferenciação de tecidos e é aplicável a todas as estruturas do corpo humano, considerando relevâncias anatômicas e funcionais (MAZZOLA, 2009). Por isso, a escolha da bobina correta para cada exame, seu estado de conservação, a conexão apropriada, o posicionamento voltado ao paciente e a proximidade da superfície são fatores imprescindíveis para a determinação da razão sinal ruído (RSR) da imagem, bem como a avaliação do fluxo sanguíneo ou linfático que diminuem o vetor magnetização, conseqüentemente diminui a relação sinal-ruído. (WESTBROOK, 2010)

O pulso de radiofrequência (RF) é transmitido ao paciente e é recebido um sinal de rotações magnetizadas (prótons) no corpo. Este sinal é gerado à medida que os prótons retornam ao seu alinhamento original e, então, captado por um receptor. (HASHEMI; BRADLEY JUNIOR; LISANTI, 2004).

### **2.1.1 Características gerais de um Sistema de Imagem de Ressonância Magnética**

A American Association of Physicists in Medicine (1986) lista as características gerais de um sistema de RM e Hashemi, Bradley Junior e Lisanti (2004) descrevem suas funções garantindo o funcionamento para aquisição das imagens em RM. Resumidamente, as funções principais a serem consideradas são aquelas explicadas a seguir.

O sistema é composto pelo magneto, que é responsável pela produção do campo magnético principal; sua uniformidade e a correção da não homogeneidade são dependentes das bobinas estáticas de geração de campo, da fonte de alimentação, do sistema de refrigeração e dos mecanismos de alinhamento do magneto.

Já os conjuntos de bobinas de gradiente correspondentes aos eixos x, y e z em um sistema de coordenadas perturbam a homogeneidade do campo magnético e permitem que a informação espacial do sinal seja decodificada e localizada. Classificam-se esses gradientes como: gradiente de seleção de corte, gradiente de codificação de fase e gradiente de codificação de frequência ou de leitura.

Incluem-se também as bobinas de radiofrequência (RF), atribuídas a dois receptores presentes a  $90^\circ$  um do outro, que distinguem componentes reais do sinal recebido, promovendo assim o aumento da RSR.

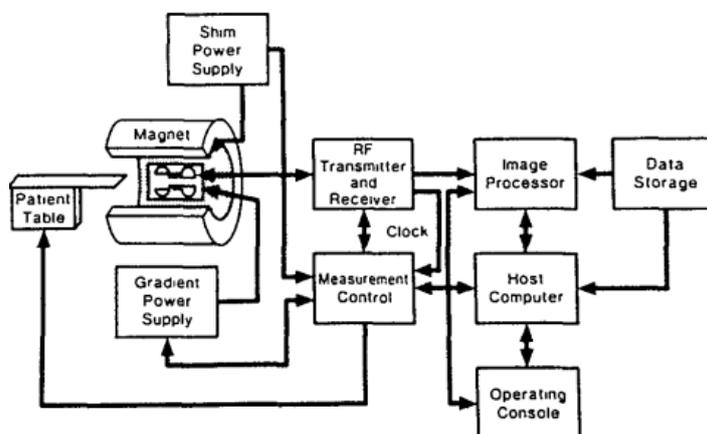
As bobinas de RF que compõem o sistema transmitem pulsos de ondas eletromagnéticas e recebem os sinais da magnetização que foi invertida no plano transversal xy e que oscila em torno do eixo z para que ocorra um sinal legível.

O campo magnético externo ( $B_0$ ) alinha os spins precessados ao longo do seu eixo z, juntamente com vetor magnetização ( $M_0$ ), para que a bobina de RF emita um pulso igual à frequência de Larmor destes spins e então precesse de forma sincronizada em torno do eixo B1 do pulso de RF. Tanto a frequência  $\omega$  do pulso de RF quanto a frequência de precessão dos prótons devem corresponder uma a outra para que ocorra a ressonância. (HASHEMI; BRADLEY JUNIOR; LISANTI, 2004; MAZZOLA, 2016)

A estrutura atenuadora de radiofrequência (Gaiola de Faraday), os sistemas controladores do envio e recebimento de RF, o sistema controlador do gradiente de campo magnético, os computadores onde a reconstrução de imagens (*raw data*) é possível e o computador de controle das operações também compõem o sistema de RM. (AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, 1986; MAZZOLA, 2016)

Na Figura 2, o diagrama de blocos demonstra o Sistema de Imagem por Ressonância Magnética.

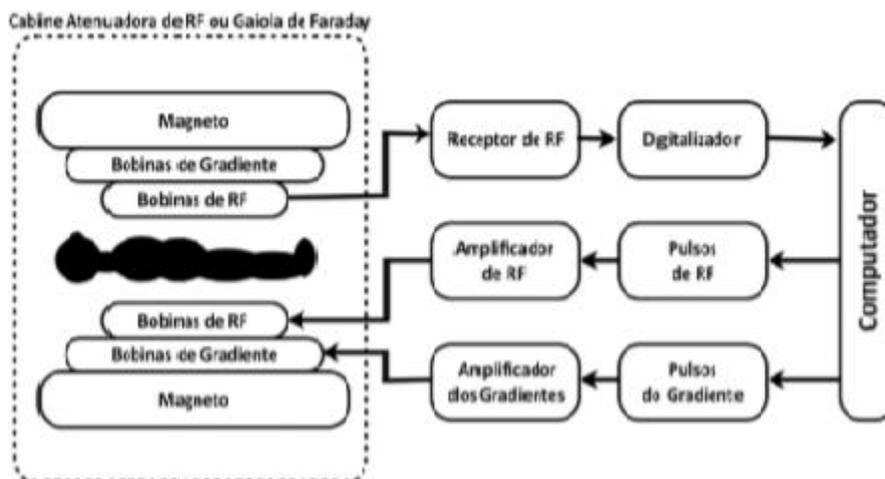
Figura 2 – Características do sistema de imagem por RM



Fonte: AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE ,1986

A Figura 3 demonstra os componentes do equipamento e a disposição da Gaiola de Faraday.

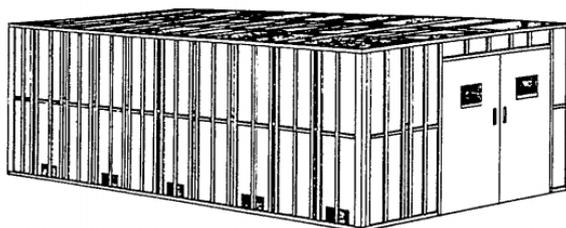
Figura 3 – Disposição dos componentes de RM



Fonte: MAZZOLA, 2016.

O material mais adequado para blindagem que também garante alto desempenho na atenuação de RF, é constituído de alumínio com baixo peso, suas adaptações de ajustes usam sistema de pressão para ligar uma extremidade a outra, formando a gaiola de blindagem (Figura 4).

Figura 4 – Blindagem de RF por Gaiola de Faraday



Fonte: AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, 1986

### 3 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada de forma integrativa, com pesquisa bibliográfica, foram utilizados dados de literatura, relatórios, artigos publicados, material de apostilas de cursos de Ressonância Magnética, diretrizes assistenciais e aulas dadas na graduação.

Trata-se de uma pesquisa exploratória, integrativa e descritiva, considerando a verificação de equipamentos, acessórios, imagens, normativas internacionais e nacionais sobre os cuidados descritos sobre a segurança neste setor.

Esta pesquisa qualitativa, utilizou o apêndice A como parâmetro e guia na seleção das informações a serem analisadas na pesquisa. A presença de artefatos nas imagens encontradas, disposição de acessórios, plantas de site das salas de RM, equipamentos médicos e de RM, fichas de anamnese, sinalizações de restrições e acesso as áreas próximas ao equipamento, equipamentos de urgência e emergência compatíveis, armazenamento de dispositivos também foram de extrema importância para análise de maior gama de informações a serem observadas.

#### 3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O roteiro de observação das referências bibliográficas teve como base os pontos considerados pelos pesquisadores mais importantes para pesquisa (Apêndice A) e a ficha de anamnese (Apêndice B) para alcançar o objetivo de análise minuciosa dos pontos mais relevantes. A ficha de anamnese escolhida como modelo foi a sugerida pelo Institute for Magnetic Resonance Safety, Education, and Research (2015), a qual procura garantir a segurança do paciente.

A análise dos dados recolhidos teve como base um comparativo de literaturas e artigos publicados, material fornecidos em cursos específicos da área de RM, normas internacionais e das diretrizes assistenciais dos locais pesquisados entre outros locais de grande importância para o segmento.

#### 4 RISCOS ASSOCIADOS E BOAS PRATICAS

Segundo o American College of Radiology (2013), em seu Guia de Boas Práticas, os riscos no ambiente de RM não são exclusivos para os pacientes, mas também para acompanhantes, profissionais do setor e outros que possam vir a frequentar o ambiente, como socorristas ou profissionais de limpeza. Portanto, após relatos na literatura médica e divulgações de incidentes envolvendo equipamentos de RM, o American College of Radiology (ACR) percebeu a necessidade da criação de uma revisão realizada por especialistas, que se tornaria padrão para as práticas no Setor de RM.

A equipe multidisciplinar que elaborou inicialmente as normas de segurança era denominada “Blue Ribbon Panel on Safety MR” (2001) e tinha como objetivo principal analisar as questões de risco e então orientar práticas seguras para indústria, ambientes clínicos e pesquisas.

A Food & Drug Administration (2016a) aprovou condutas destinadas aos tecnólogos de ressonância magnética, que salientam a obrigação de pleno conhecimento das políticas e procedimentos de segurança como fatores essenciais na administração de intercorrências, respeitando todas as normas. Ainda tem como relevante, a abordagem atenciosa aos pacientes já na triagem, no exercício da anamnese, esclarecendo dúvidas com fim de tranquilizar o paciente, explicando todo o procedimento.

Consta na norma Programa de Acreditação em Diagnóstico por Imagem (PADI), feito pelo Colégio Brasileiro De Radiologia e Diagnóstico por Imagem (2014) que, antes da realização dos exames, o Serviço deve garantir ao paciente informações claras e em linguagem acessível, durante o agendamento, sobre restrições ou instruções especiais referentes à idade, sexo, peso e para portadores de necessidades especiais. E no dia do exame, durante seu preparo, receber orientações sobre o que acontece antes, durante e depois de cada exame específico, administração de medicamentos, sedação, meios de contraste, riscos, como é necessária sua conduta durante o procedimento, quando deve informar ao Tecnólogo, utilizando o bulbo de pressão se perceber algo anormal, como será realizado, tempo que levará para

finalizar e o barulho que ouvirá. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013)

Além da identificação correta de cada paciente (pulseiras de plásticos não são aconselháveis) e do preenchimento e assinatura do paciente no consentimento informado e esclarecido para realização de medicações, também deve-se confirmar em uma nova anamnese todas as informações relevantes que possam contraindicar o exame, levando em consideração situações de claustrofobia, uso de metais e implantes, antecedentes alérgicos, o uso de anticoagulantes e patologias cardíacas (que necessitem de profilaxia com antibióticos) e insuficiência renal, qualquer condição que possa impedir a realização do exame de ressonância magnética. (COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA, 2014; AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013)

Mesmo com o avanço da tecnologia de RM, não há normas publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), nem pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) que garantiriam a segurança do serviço em RM.

Tanto para ANVISA, na RDC-50/2002, que apresenta o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde, quanto para Associação Brasileira De Normas Técnicas (1995), na NBR 13534, que se refere às normas de instalações elétricas em estabelecimentos de saúde, onde se encontram descritos os requisitos para segurança, as informações específicas para o setor de RM são escassas. Ainda assim podem ser encontradas mais informações no projeto “Programação arquitetônica de unidades funcionais de saúde: Apoio ao Diagnóstico e à Terapia (Imaginologia)”, do Grupo de Estudos em Engenharia e Arquitetura Hospitalar da Universidade Federal da Bahia, disponibilizado pelo Ministério da Saúde do Brasil (2013), que divulga uma visão generalista sobre o assunto. Mesmo assim, faltando dados precisos e diretamente associados à especificidade da RM, que garantam a segurança em nível máximo.

Portanto, é conveniente acrescentar que o Programa Normativo Brasileiro instrui que na ausência de normas nacionais publicadas serão válidas as normas internacionais reconhecidas.

Com base nos dados foram determinados itens para normatizar a qualificação do setor de RM:

O Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem (CBR), seguindo a tendência de certificação promovida pelo ACR, lançou em 2002 , um programa de qualificação dos serviços de diagnósticos de RM no Brasil que requer o cumprimento de uma série de exigências para aprovação, tais como: exigências a respeito do corpo clínico do corpo técnico e da avaliação de exames,[ ... ] todos com respectivos laudos e com os parâmetros bem discriminados. Além disso, a aprovação precisa ter cumpridas as exigências da Vigilância Sanitária também, ou seja, o Selo de Qualidade concedido pelo CBR reconhece apenas a estrutura do serviço de RM, bem como imagens e laudos. (FERREIRA; NACIF, 2011)

Quando se trata das altas intensidades de campo magnético, as correntes elétricas e a RF, o que mais preocupa é a força exercida em materiais não compatíveis dentro da zona de influência, os grampos cirúrgicos de aneurisma ou vascular, implantes metálicos como as próteses articulares e parafusos ósseos, implantes médicos ativados eletricamente ou mecanicamente, ânus artificial com fechamento magnético, glândulas artificiais para insulina e válvulas de coração artificial com peças de aço e desfibriladores cardiovasculares, que desencadeiam complicações potenciais tais como: programação inesperada ou desprogramação, alterações do dispositivo, inibição da saída do implante, falha no ritmo, arritmia cardíaca transitória, indução de fibrilação ventricular, infarto do tecido, descarregar a bateria e apagamento do dispositivo, sendo assim, pode ser necessário a substituição do implante, durante a RM dos pacientes. Também cita-se a movimentação dos implantes internos ou externos ao corpo, ferimentos de pele, queimaduras, estimulação periférica, vertigens, náuseas, ansiedade. Todas essas ocorrências fazem parte da lista de contra indicações absolutas e relativas para exames de RM. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013)

A II Diretriz de Ressonância Magnética e Tomografia Computadorizada Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia e do Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem (2014) determina, em sua tabela, as contra indicações para Ressonância Magnética Cardíaca (RMC ), os seguintes pacientes que não devem realizar o exame: portadores de marca-passos não compatíveis com RM, pacientes com stents coronários, portadores de cardiodesfibriladores implantáveis não compatíveis com RM,

portadores de próteses valvares (biológicas ou metálicas), pacientes com cliques cerebrais, pacientes com sutura metálica no esterno, pacientes com implantes cocleares, pacientes com próteses de aorta, pacientes com fragmentos metálicos nos olhos, próteses ortopédicas (por exemplo: prótese de quadril).

O Albert Einstein Hospital Israelita (2012) possui, em suas Diretrizes Assistenciais, uma lista de dispositivos que podem ser encontrados em pacientes e recomendações pertinentes a cada caso, incluindo o ano de fabricação deles.

Sendo assim, o American College of Radiology (2013) indica que pacientes com estes dispositivos tenham documento formal do médico e da empresa fornecedora de que são compatíveis com a RM, constando marca do modelo específico e tipo do objeto, salvo casos em que por meio de outros exames de imagens, é confirmado que não há risco algum que comprove seu material.

Há também a necessidade de monitoração médica ao finalizar cada sequência de imagem dos protocolos e uma rotina específica pré, durante e pós exame de RM para esses pacientes condicionais. Da mesma forma que pacientes acidentados ou feridos por corpos estranhos devem seguir o protocolo e realizar outros exames de imagens antecedentes à RM. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013)

E quando se trata das influências em outros equipamentos localizados em áreas adjacentes ao ambiente de RM, ocasionados pela força do campo magnético, pode haver o comprometimento de monitores e outros eletrônicos, se submetidos ao campo B<sub>0</sub>. (SIEMENS, 2003)

Por todas essas razões, percebe-se que é tão importante respeitar os limites de segurança e as contraindicações relacionadas a este procedimento.

#### 4.1 LIMITES DE SEGURANÇA

Hashemi, Bradley Junior e Lisanti (2004) especificam que

O padrão de 6 a 7 ppm (partes por milhão) proporciona o efeito de uniformidade do campo magnético externo. Dado que 1 Tesla (1 T) equivale a 10.000 Gauss (20.000 vezes mais intenso do que o campo magnético da Terra). Em vista disso categorizam os tipos de imãs por suas forças em campo ultra-alto (4,0 a 7,0 T); usado principalmente para a pesquisa, campo elevado (1.5 a 3.0 T), médio campo (0.5 a 1.4 T), baixo campo (0.2 a 0.4 T) e campo ultra baixo (menos de 0.2 T).

Para além dos efeitos biológicos decorrentes da intensidade do campo magnético aplicado, também é possível observar no Documento de Orientação para Práticas Seguras em RM, do American College of Radiology (2013), diretrizes que sugerem aplicações responsáveis e zelosas que considera a importância com o cuidado com outros equipamentos que podem ser influenciados pelo campo magnético. Assim são destacados preceitos quanto ao planejamento da organização de uma instalação de RM, define-se a valia da instalação em local apropriado, para que não ofereça riscos e interferências, que adulterariam os resultados esperados de um bom funcionamento da RM e de outros dispositivos eletrônicos.

O Relatório No. 20 da American Association of Physicists in Medicine (1986) demonstra que a linha de 5 Gauss deve estar restrita dentro da sala, sem que haja nenhuma possibilidade de instalação de equipamento de RM caso não esteja conforme. Ainda, se tratando de limites de segurança, a blindagem de RF permite que a sala do magneto fique completamente protegida de frequências externas de recepção do sinal de outras influências. À vista disso, a necessidade de restrições por áreas é tão importante para que se classifique as áreas de acesso ou restrição por zoneamento da seguinte maneira:

Zona I - todas as áreas de livre acesso ao público. Estacionamento, recepção, banheiros ou qualquer outra área fora do ambiente da RM.

Zona II - sala de espera onde é realizada a anamnese, esclarecimentos e o preparo do paciente para o procedimento. É a conexão controlada entre Zona I e a Zona III. Sinalização é obrigatória entre a Zona II e a Zona III.

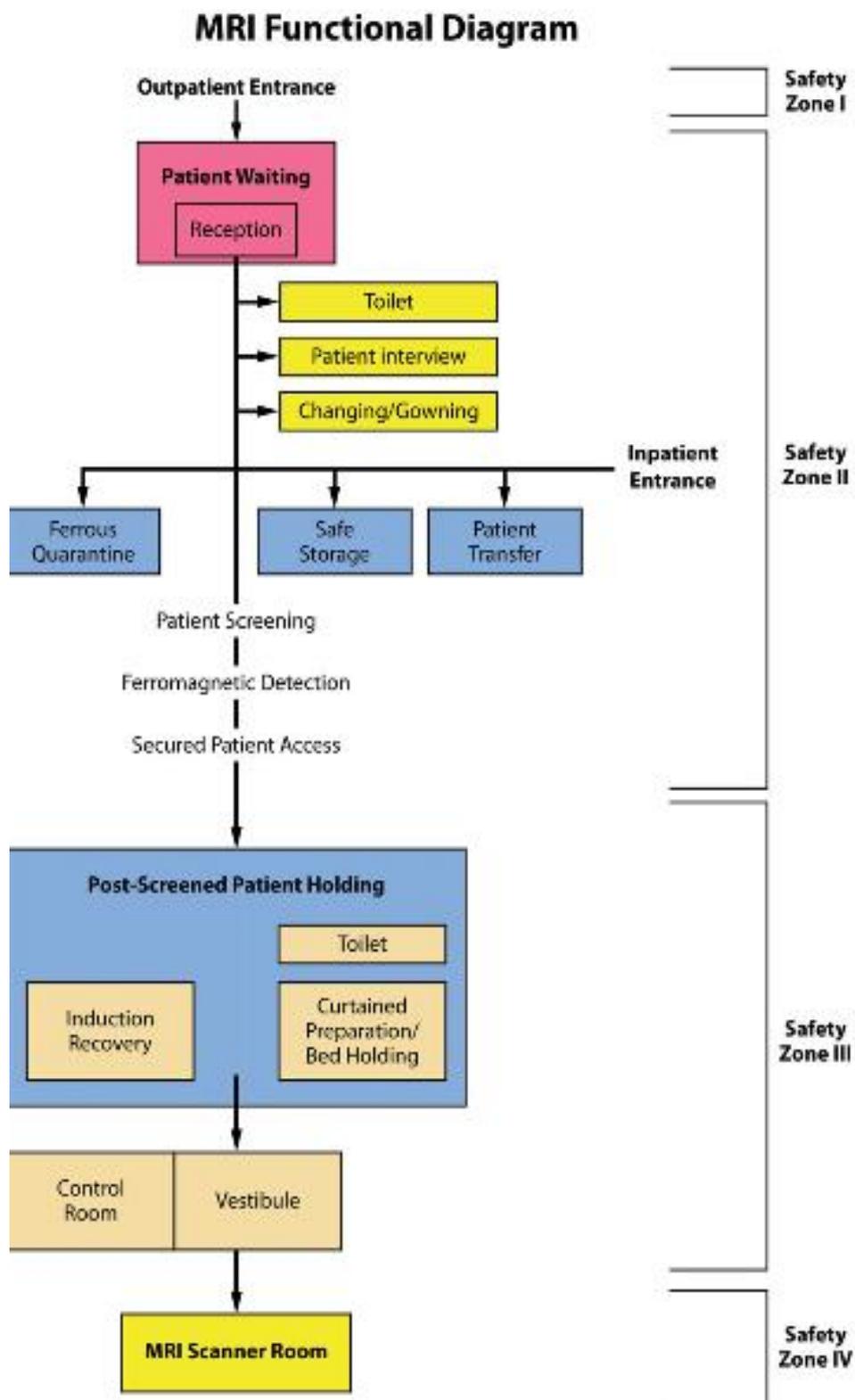
Zona III - constituída pelo vestiário e/ou sala de controle, de acesso restrito, com limitações de pessoal não autorizado ou de objetos ou dispositivos

ferromagnéticos, pois haverá interação com o campo magnético, podendo resultar em acidentes. Todo acesso a esta área deve ser monitorado.

Zona IV - sala do aparelho de RM. Acesso restrito apenas ao pessoal diretamente envolvido na execução do procedimento, pacientes pós triagem e anamnese finalizada, sob supervisão constante da equipe de RM.

Na Figura 5 a visualização do zoneamento por áreas de segurança.

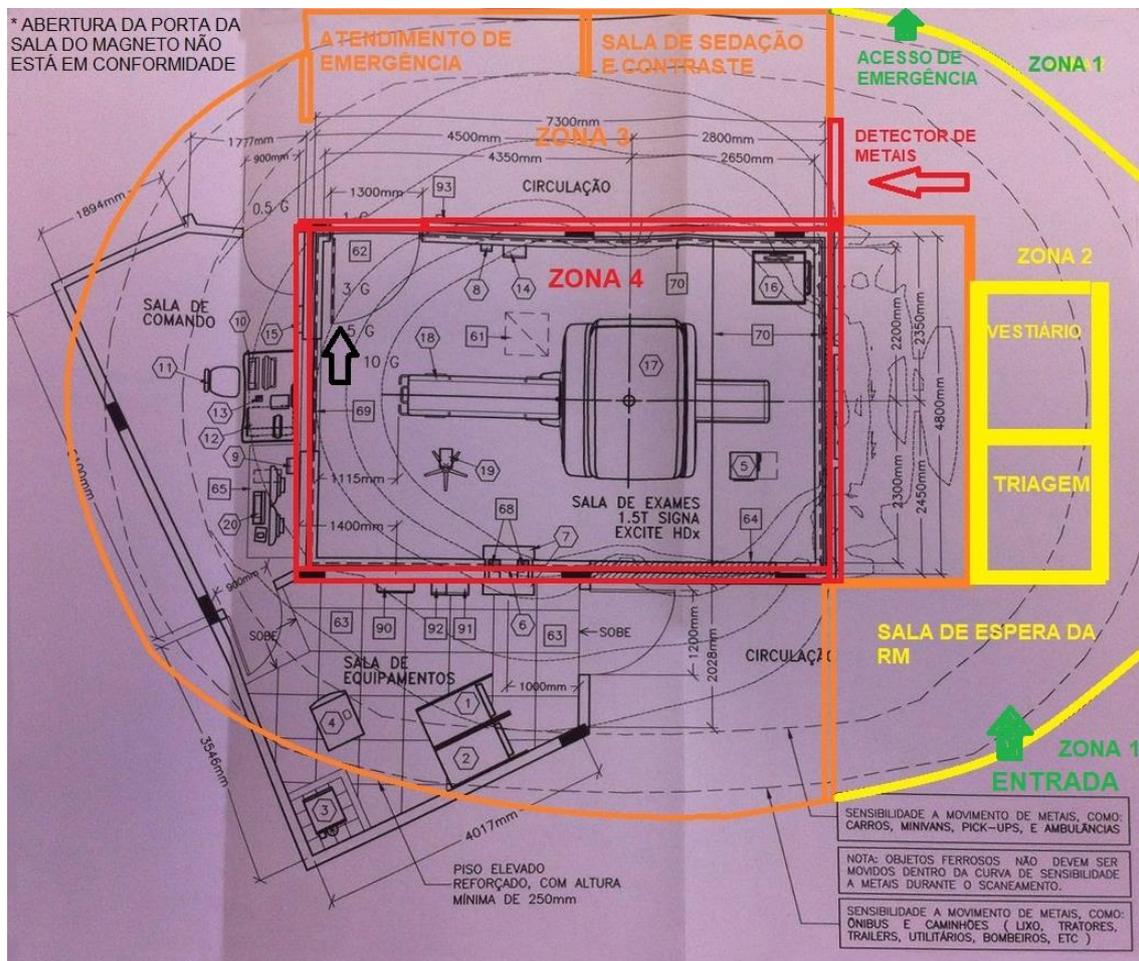
Figura 5 – Zonas de segurança em RM



Fonte: American College of Radiology (2013).

Na Figura 6, é possível associar a planta baixa, de uma instalação de RM às zonas de exclusão, para melhor entendimento.

Figura 6: Planta baixa e zonas de segurança



Fonte: Arquivo Pessoal (2017)

Além de uma política escrita de segurança, contendo contraindicações absolutas e relativas para os pacientes, é importante que haja permissão de acesso de profissionais, conforme seu grau de treinamento e conhecimento sobre segurança das zonas 3 e 4. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013)

É prudente constituir instruções que proporcionem padronização das funções dos profissionais, que detêm autorização de acesso às zonas que são restritas pela influência do forte campo magnético, conforme suas características (zona 1, zona 2, zona 3 e zona 4). A responsabilidade de acompanhamento e supervisão das zonas 3 e 4 é do Técnico e não é permitido que ele deixe o setor sem que outro profissional de mesmo nível o

substitua, bem como é obrigatória a utilização de sinalizações pertinentes e visíveis a partir da zona 2. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013)

Sempre que houver suspeita de pacientes com objetos possivelmente ferromagnéticos penetrantes, é prudente que se realizem outros exames de confirmação de área afetada e outros registros, antes de submetê-lo à zona 3 e ao exame de RM, para que não seja movido ou aquecido, colocando em risco a saúde do paciente. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013)

Pacientes com acessórios ou equipamentos médicos, para acesso a zona 3 e realização do exame, devem apresentar declaração do fabricante, garantindo sua compatibilidade com RM, para que desde o agendamento seja possível que a equipe siga protocolo diferenciado de atendimento como, por exemplo, o uso de oximetria e ecocardiograma. Para pacientes que utilizam marca-passo compatível, deve-se receber auxílio de um representante da marca do aparelho e um cardiologista desde a entrada na zona 3, antes, durante e após o procedimento e averiguação do equipamento médico (durante as próximas 6 semanas). (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013)

Para admissão de pessoas em zonas de maior exposição ao campo magnético, é indicado que na zona 2, após realizada a anamnese adequada, retirem seus objetos pessoais e os guardem em local disponibilizado. Acessórios que não puderem ser retirados devem receber sinalização (etiquetas) das cores correspondentes de RM Seguro, RM Condicional ou RM Inseguro. Vestir roupa adequada oferecida, e, após passagem pelo detector de metais, seja admitida sua permanência na zona 3.

Pacientes com implantes metálicos devem manter-se fora da área de exclusão (de 0,5 mTesla), devido ao aquecimento local. Caso seja detectado um corpo estranho ferromagnético durante o exame de RM, deve se chamar o médico para decidir se pode dar continuidade ao exame ou se retira o paciente do magneto, e como será feita sua retirada. (MRI SAFETY, 2017e; SIEMENS, 2003; AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013).

Em específico para RM, a anamnese deve incluir perguntas específicas e bem aprofundadas para maior segurança, conforme demonstrado no Apêndice B. (FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 2016b AMERICAN

COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013; INTERNATIONAL SOCIETY FOR MAGNETIC RESONANCE IN MEDICINE, 2016).

A anamnese realizada pela enfermagem deve ser confirmada pelo Tecnólogo, pois garante que não seja negligenciada nenhuma informação importante, principalmente para pacientes que requerem cuidados especiais, como os que podem desenvolver reações claustrofóbicas ou ansiosas, os que tem maior risco de parada cardíaca, os que estejam inconscientes, as grávidas e todos aqueles que não conseguem reconhecer ou comunicar sensações de estímulo periférico ou calor.

#### **4.1.1 Layout sugerido para ambientes de RM (zona 3 e 4)**

O Programa de arquitetura de unidades funcionais de saúde, volume 3, do SOMASUS (BRASIL, 2013), trata especificamente do apoio ao diagnóstico por imagem e à terapia, demonstra um layout apropriado a ser adequado no Brasil. E com base nele, para demonstração ilustrativa, segue abaixo um fluxograma das áreas de restrição a partir da zona 3, salientando a relação funcional deste setor, conforme figura 7.



austenítico, como por exemplo, o extintor de incêndios, que além do seu corpo, deve ter válvula, mangueira e bico do mesmo material. Deve-se levar em consideração o líquido químico de dentro do extintor, que garante também a redução de danos, se não for condutor elétrico. Outro exemplo relevante são as cadeiras de rodas e macas, constituídas de materiais não ferrosos, que por sua vez, deveriam ser diferenciadas visualmente com sinalização para evitar confundi-las com as de uso em áreas livres (zona 1). (SOLUTIONS, 2017)

Os acessórios médicos portáteis seguros, duráveis e compatíveis na RM são principalmente feitos de titânio. Podem ser utilizados: alumínio estruturas de aço inoxidável, espumas de poliuretano, acolchoamentos com cobertura de nylon e revestidas com vinil (pois é resistente ao fogo e fácil limpeza), fivelas ou fechamentos de plástico para proteção de feridas nos pacientes (MRIEQUIO, 2017). Carrinho de ventilação mecânica e monitores de sinais vitais, em casos de sedação, devem ser compatíveis com RM ou estarem em local fora da zona 4. Todos os equipamentos médicos, devem estar dispostos de forma correta dentro de cada zona específica permitida. (COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA E DIAGNÓSTICO POR IMAGEM, 2014).

Como as zonas onde ocorre a sedação (zona 3 ou 4) são áreas de extrema restrição, o serviço que realiza exames sob sedação ou injeção de contraste deve dispor para atendimento de emergência, no próprio local, ou em área anexada, no mínimo: eletrocardiógrafo; ponto de oxigênio ou cilindro com carrinho; aspirador portátil; esfigmomanômetro; estetoscópio; equipamentos de monitoração e desfibrilação cardíaca; materiais e medicamentos para atendimento de emergências. Todos esses devem ser monitorados periodicamente e descontaminados após o uso e antes do vencimento da validade da descontaminação, caso não tenham sido utilizados. (COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA E DIAGNÓSTICO POR IMAGEM, 2014).

Quando houver necessidade de atendimento emergencial, para que bombeiros ou socorristas possam prestar atendimento na sala de emergência, o paciente deve ser deslocado para fora da zona 4, de preferência e se possível, que após sua estabilização, seja levado para zona 2 ao encontro de bombeiros ou socorristas. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013)

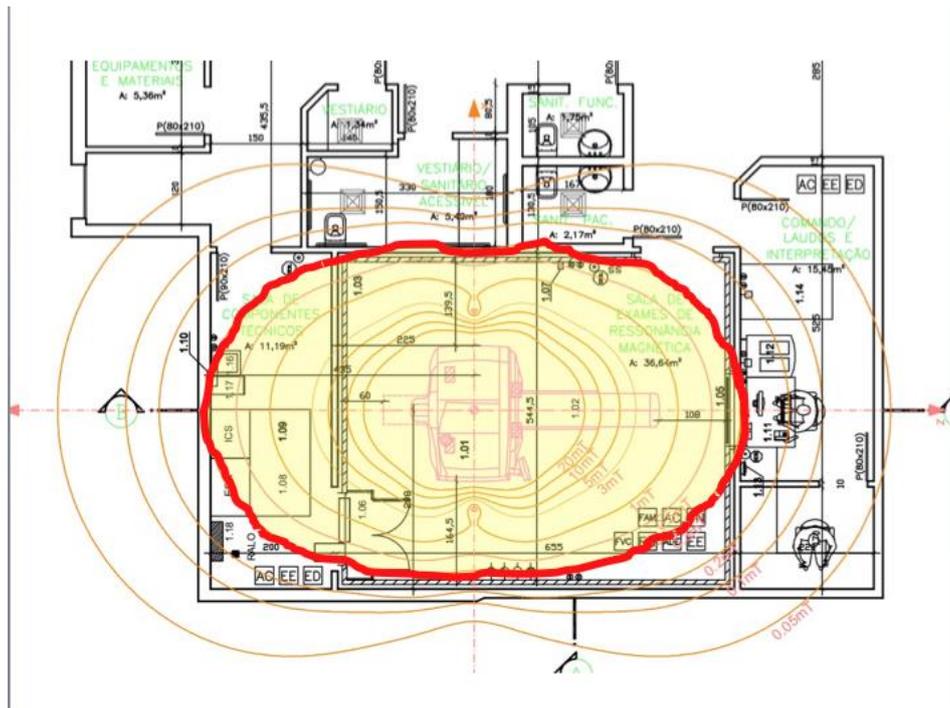
#### 4.1.2 Linha de 5 Gauss

O perímetro seguro para exposição ao campo magnético estático é considerado a Linha dos 5 Gauss. Esta área assegura a uniformidade do campo magnético e minimiza os efeitos de campos marginais do magneto em outros equipamentos de imagem ou eletrônicos, instalados em áreas próximas, inclusive equipamentos de RM localizados contiguamente, interferindo na qualidade da imagem. Portanto, é determinante que haja blindagem adequada entre a sala de exames e a mesa de comando, uma vez que estes dispositivos eletrônicos podem ser afetados. (HASHEMI; BRADLEY JUNIOR; LISANTI, 2004).

Os principais fatores que influenciam o planejamento do *layout* do serviço são o tipo do magneto, a intensidade do campo e o tipo da construção da área de ressonância magnética, que deve proporcionar ao Tecnólogo plena visão do paciente dentro do magneto e da porta de entrada da zona 4. (AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE, 1986; AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013).

Na Figura 8 demonstra-se *layout* correto para monitoramento do paciente e com inserção da representação da linha de 5 Gauss.

Figura 8: Layout da Linha de 5 Gauss



Fonte: ASSOCIADOS (2017)

Como exemplo dos efeitos do campo magnético periférico ou marginal nos dispositivos que se localizam em áreas próximas ao magneto e nas zonas de exclusão, o Quadro 1 descreve as distâncias mínimas do ponto “0” dos eixos x, y e z de acordo com a intensidade do magneto.

Quadro 1 – Distâncias mínimas e dispositivos afetados

FLUXO MAGNÉTICO	MEDIDAS MÍNIMAS	DISPOSITIVOS AFETADOS
3 mT	➤ 1,30m	Motores pequenos, relógios, câmeras, cartões de banco, portadores de dados magnéticos.
1 mT	➤ 1,50m	Osciloscópios, processadores, unidades de disco
0,5 mT	➤ 2,00m	Monitores , tubo de raios X, portadores de dados magnéticos, marca-passos cardíacos, bombas de insulina.
0,2 mT	➤ 2,10m	Instalações de CT
0,1 mT	➤ 2,60m	Monitores coloridos, aceleradores lineares.

Fonte: SIEMENS, (2005)

## 4.2 PROCEDIMENTO NA ZONA 4

Encaminhado para sala do magneto, com relação ao posicionamento do paciente e realização do exame, o paciente deve deitar-se sobre a mesa, ser acomodado com a bobina específica bem centralizada e próxima a anatomia, de acordo com o tipo de exame. A anatomia deve ser protegida do contato com a bobina com acolchoamento próprio.

O paciente deve também ser protegido do contato direto com o bore.

A luz orientadora acesa, para centralização da estrutura anatômica, a mesa desloca-se até que o centro da bobina coincida com a luz de orientação, que é então desligada para dar continuidade ao exame. Todos os exames devem ser realizados com uso de protetor auricular. (SIEMENS, 2002; AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013)

Em pacientes sem contraindicações, que realizam o exame, se ocorrer a estimulação periférica, o Técnico deve anotar os parâmetros de aquisição de imagens utilizados durante o escaneamento e o nível de estimulação sofrida pelo paciente. (SIEMENS, 2005)

## 4.3 SINALIZAÇÃO

A sinalização no ambiente de RM é essencial na educação de todas as pessoas que lá circulam, permite conhecimento do que é aceito e como deve ser o procedimento de forma fácil e direta, compreendendo as várias situações que são encontradas nas rotinas de trabalho.

A FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (2016a) e a INTERNATIONAL SOCIETY FOR MAGNETIC RESONANCE IN MEDICINE (2016) realizaram em conjunto modelos de rótulos que informam as situações possíveis de segurança e podem ser acessados gratuitamente em idiomas distintos, tornando viável a padronização da sinalização em RM.

Na figura 9 há exemplos de sinalização para o acesso das áreas do setor de RM.

Figura 9 - Sinalizações de áreas de acesso



Fonte: SOLUTIONS (2017)

Na Figura 10 é possível visualizar os rótulos de segurança que asseguram a restrição nos ambientes de risco do serviço de RM. Esses rótulos sinalizam cada tipo de dispositivo e acessório médico, como inseguros, condicionais ou seguros.

Figura 10: Rótulos de segurança para dispositivos e acessórios médicos

### Understanding MRI Safety Labeling

The MR environment has unique safety hazards for patients with implants, external devices and accessory medical devices. Implants, medical devices and other equipment used in or near the MR environment should be labeled as **MR Unsafe**, **MR Conditional**, or **MR Safe**.



**MR Unsafe** items should not enter the MRI scanner room. Patients with MR Unsafe devices should not be scanned.

**MR Conditional** items may safely enter the MRI scanner room only under the very specific conditions provided in the labeling. Patients should not be scanned unless the device can be positively identified as MR Conditional AND the conditions for safe use are met.

The conditions for safe use will be different based on the intended use of the device.

For **items intended to enter the bore of the MRI system**, the MRI Safety Labeling should be matched with the MRI system for:

- Static field strength
- Maximum spatial field gradient
- dB/dt limitations (usually only applicable to active implants)
- SAR limits
- Any other conditions needed for safe use of the device, for example restrictions on the types of coils that may be used

When present, information about expected temperature rise and artifact extent may inform the risk/benefit decision of whether or not a patient should undergo an MRI examination. Expected temperature rise and artifact extent information are not conditions that must be met.

**Items NOT intended to enter the bore of the MRI system** usually have gauss line positioning restrictions or requirements to tether or affix the device to an immovable part of the room.

**MR Safe** items pose no safety hazards in the MR environment. They may be placed anywhere in the MRI environment. Patients with MR Safe devices have no scanning restrictions.

FDA U.S. FOOD & DRUG ADMINISTRATION | SMRT | IAWORLD

### MRI BURN PREVENTION

Tips for Keeping Patients Safe



- Screen patients for implants, devices, and other metallic objects. Assume anything unknown is MR Unsafe.
- Screen objects to ensure that anything entering the scan room is MR Conditional or MR Safe. Match conditions on MR Conditional devices with your scanner. All metals, even non-ferromagnetic ones, have the potential to heat up and cause burns.
- Have patients change out of street clothes whenever possible.
- Position patients to avoid skin-to-skin contact (e.g. no hands on hips, no crossed arms, no crossed legs, etc.).
- Always use the manufacturer-provided padding to insulate the patient. Sheets and blankets may be added for patient comfort but are not a substitute for manufacturer-provided padding.
- Route cables out of the scanner in a straight line. Don't coil cables or allow them to touch the patient.
- Use only Normal Operating Mode and the lowest SAR, whenever possible.
- Keep your eyes and ears on the patient at all times. Stay in communication with patients to identify warming. Monitor sedated patients using MR Conditional monitoring equipment.

Lowest SAR Possible

FDA | SMRT | IAWORLD

### Magnetic Resonance Imaging

#### Tips for Scanning Patients with Implants

- Follow your site's process for screening the patient
- Identify the manufacturer and model of any implanted devices
- Locate the MRI safety information in the device manufacturer's labeling

Look for one of these icons:

**MR Safe.** Patients with MR Safe devices have no scanning restrictions.

**MR Conditional.** For patients with MR Conditional devices, implant conditions should be matched with the MR system information.

- Consult your MR system manual for MR system information
- Ensure that the MR system meets all conditions provided in the MR Conditional labeling
- If conditions are not met, the patient should not be scanned

**MR Unsafe.** Patients with MR Unsafe devices should not be scanned. Assume any unidentified implant is MR Unsafe.

- Document device information in the medical record
- Consult a physician for any risk/benefit decisions

**For MR Conditional devices:**

- Follow all pre-scan conditions, such as special programming modes

**DURING**

- For MR Conditional devices, follow all scan conditions such as specific absorption rate (SAR) restrictions or patient positioning instructions
- Monitor the patient at all times

**AFTER**

- Assess the patient for discomfort or injuries
- Follow any post-scan conditions, such as device checks or programming

FDA U.S. FOOD & DRUG ADMINISTRATION | SMRT | IAWORLD

Fonte: FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (2016c); INTERNATIONAL SOCIETY FOR MAGNETIC RESONANCE IN MEDICINE, (2016)

As macas de áreas comuns devem ser trocadas antes de entrar em zona restrita para macas compatíveis com RM. Na Figura 11, há sinalização pertinente para segurança. (SIEMENS, 2003)

Figura 11: Aviso de troca de maca, antes do acesso a Zona 3



Fonte: Arquivo Pessoal, 2017.

Na Figura 12, exemplo da utilização de sinalização dos equipamentos compatíveis com a RM.

Figura 12: Aviso de maca específica para o setor de RM

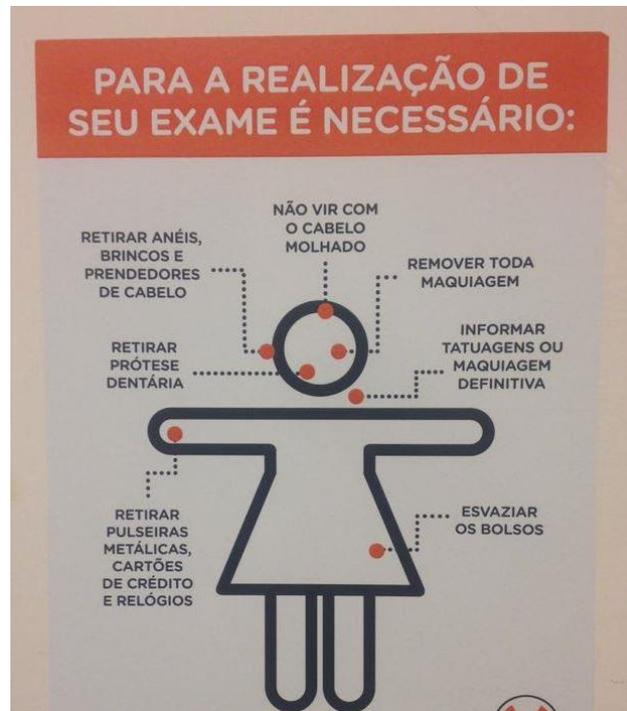


Fonte: Arquivo Pessoal, 2017.

Assim, quando é realizada anamnese, é importante que seja informado ao paciente os locais para retirar qualquer objeto ou acessório que

terá interferência no exame ou que coloque em risco a segurança. Na Figura 13, é possível entender de forma clara, instruções para acesso à zona de acesso restrito.

Figura 13: Aviso na sala de triagem, local da anamnese.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2017.

A sala do magneto é a zona de maior risco e deve estar sinalizada em todos seus acessos, como mostra a Figura 14.

Figura 14: Aviso na porta da sala do magneto, Zona 4.



Fonte: Arquivo Pessoal , 2017

A capacidade de peso da mesa pode comprometer o equipamento e eventualmente machucar o paciente, caso esteja estendida e quebre, deve ser sinalizada. Na Figura 15, demonstra-se um aviso do fabricante do equipamento que há uma área crítica, onde há risco aos pacientes acima do peso e que devem sentar somente no centro da mesa, sem deslocamento longitudinal. (SIEMENS, 2005)

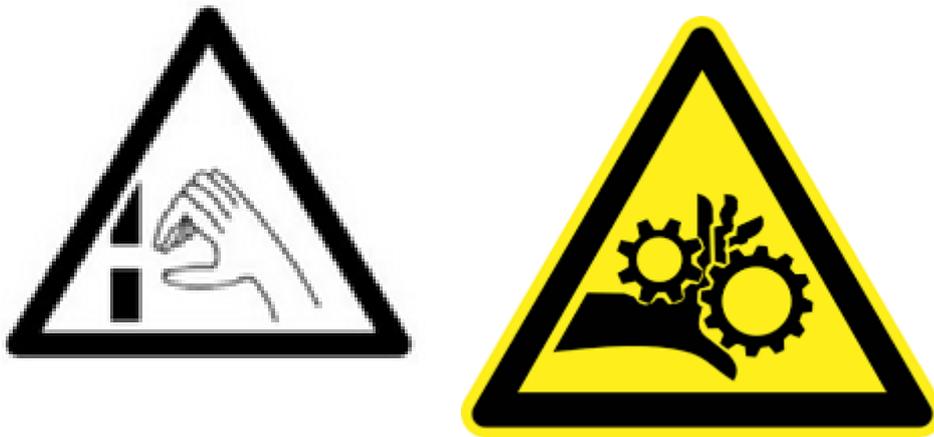
Figura 15: Peso excessivo em local inapropriado



Fonte: SIEMENS, 2005

Onde houver locais de possíveis ferimentos, deve ser sinalizado e utilizado acessórios na prevenção de acidentes, como por exemplo: cabelos longos devem ser amarrados com lenços para evitar que fiquem presos na mesa devido sua movimentação, espaços abertos onde poderá conter dispositivos mecânicos como rolamentos, que podem causar ferimentos ou esmagamentos em contato com o paciente ou profissional. Por isso, os equipamentos são cobertos com material adequado em suas extremidades, evitando espaços vazios ou aberturas desnecessárias, que é possível entender na Figura 16, que demonstra pontos potenciais de ferimento. (SIEMENS, 2005)

Figura 16: Potencial para ferimentos



Fonte: SIEMENS, 2005

#### 4.4 MAGNETO SUPERCONDUTOR, CRIGÊNIOS E QUENCH

Os magnetos supercondutores, que são disponibilizados no mercado, têm como princípio de funcionamento eletroímãs que operam perto da temperatura zero absoluto ( $4,2 \text{ }^\circ\text{K}$  ou  $-270 \text{ }^\circ\text{C}$ ), com pouca resistência em seus fios. Correntes elétricas muito fortes geram um campo magnético alto sem estimular calor significativo, tornando fundamental o uso de criogênicos (hélio líquido e nitrogênio) para atingir as temperaturas ultrabaixas necessárias. Os equipamentos de RM de campo aberto, em sua maioria, são do tipo magneto permanentes ou resistivos e não requerem criogênicos. Com isso, são de baixa manutenção e intensidades de campo também mais baixas, gerando menos sinal. (HASHEMI; BRADLEY JUNIOR; LISANTI, 2004)

Hélio é um elemento gasoso incolor, insípido e inodoro que não pode ser detectado antes que ocorra sintomas em pessoal exposto, por reações fisiológicas. Ele substitui o oxigênio da sala se houver escape e torna-se muito perigoso ao ser inalado, levando à asfixia e ulcerações. (SIEMENS, 2003). É usado como agente refrigerante, para manter a supercondutividade do magneto, queima em contato com a pele (ulceração produzida pelo frio) (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013). O hélio não é inflamável,

mas, se condensado dentro da sala e em contato com outras substâncias do ambiente, há risco de incêndio.

Quando refere-se ao criogênio, Lufkin (1990) caracteriza que a segurança depende de que a taxa de ebulição seja considerada normal. A área para o armazenamento dos recipientes de criogênio deve ser bem ventilada, evitando o aumento da concentração do gás inerte nesta sala a um nível perigoso. Papoti (2011) corrobora com a tese de que pode ocasionar sufocamento e queimaduras, caso esteja dentro da sala.

O “quench”, definido por Ferreira e Nacif (2011) como a ebulição descontrolada do hélio líquido, tem como finalidade cessar o campo magnético, rompendo-se um ou mais selos de segurança, com o vapor sendo removido para o exterior do criostato. Assim que acionado, todas as pessoas das zonas 2 e 3 devem ser afastadas se não houver indivíduos presentes na sala do magneto. Já em situações em que há pessoas presentes, é prudente abrir e manter a porta aberta, remover o paciente da sala. Caso não seja possível sair da zona 4, todos devem posicionarem-se próximos ao chão, onde permanece a maior concentração de oxigênio. O American College of Radiology (2013) descreve que, quando ocorre um acidente com o quench dentro da sala de RM, há chance de que haja grande pressão causada por ele, impedindo até a abertura das portas de saída da sala do magneto.

O acionamento do *quench*, quando for necessário, deve ser autorizado por um superior devidamente pré-determinado para tal comando, não cabe o Técnico decidir sozinho, a menos que alguém esteja em risco iminente de morte. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013)

A ventilação da sala deve ser construída para o lado de fora da área física, os refrigeradores de ar devem estar funcionando e avisos de saída de emergência dispostos para visualização de todos. A ventilação deve ser monitorada continuamente, em temperatura e fluxo de ar adequados.

Identificar falhas no escape do gás hélio faz parte da conduta diária de vistoria. Os recipientes pressurizados que armazenam o hélio, devem ser feitos de material compatível com a RM, precisam ser inspecionados diariamente, e quando necessário seu abastecimento, não pode haver realização de exames, nem ninguém na sala do magneto. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013).

As instalações e tubos de criogênios devem ser inspecionadas pelo menos uma vez ao ano e seu ponto de descarga deve ser acima do teto, com aberturas pequenas para impedir sua obstrução devido a animais e sujeiras presas nele. Este ponto de descarga é constituído a uma distância de 8 metros distante da zona de exclusão. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013).

Desta forma, caso ocorra um acidente, que exponha pessoas ao gás, os primeiros socorros são indicados: que se retirem as roupas com cautela, não coce nem esfregue as áreas sensíveis, enxague com água corrente e cubra com roupas esterilizadas, contatar um médico imediatamente. (FERREIRA; NACIF, 2011) Nas situações de pessoa inconsciente, removê-lo para local com ar puro, iniciar ressuscitação e contatar um médico com urgência.

Em casos de incêndio, o extintor de CO<sub>2</sub> e respirador independente devem ser antimagnético e macacão próprio para contato com fogo e produtos químicos. (SIEMENS, 2005)

#### 4.5 EFEITO “MÍSSIL” DE MATERIAIS FERROMAGNÉTICOS

O campo magnético exerce uma força proporcional à distância, e à massa do objeto, ou seja, se intensifica, fica mais forte conforme a distância diminui e a massa (o peso) de objetos magnéticos seja maior. Por exemplo: ferramentas, chaves, equipamento hospitalar, dispositivos de tração, tanques de gás, grampos de papel, canetas esferográfica, cadeiras de rodas, cilindros de oxigênio não compatíveis com a RM. (SIEMENS, 2005)

A força exercida sobre objetos ferromagnéticos, que faz com que este objeto seja atraído em direção ao campo magnético é denominado “efeito míssil”, (WESTBROOK, 2010). Quando introduzidos nas proximidades do magneto podem causar graves ferimentos ao paciente, pessoal operacional e terceiros. (LUFKIN, 1990; SIEMENS, 2005)

Os principais materiais ferromagnéticos existentes são o Ferro, o Níquel, o Cobalto e as ligas formadas por estes elementos. Existem ligas formadas quase que exclusivamente por materiais ferromagnéticos que não apresentam características magnéticas, ao passo que existem ligas de metal

compostas por materiais não ferromagnéticos e que apresentam propriedades ferromagnéticas - essas ligas recebem o nome de Ligas de Heusler. (CLEMENTE,2016 ; FERROMAGNETISMO, 2016).

Alguns tipos de materiais reagem ao campo magnético, sendo atraídos pelo imã, mesmo quando o campo magnético se ausenta ocorre a magnetização (ímãs permanentes). Em vista disso, certifica-se que:

As substâncias ferromagnéticas são fortemente atraídas por um campo magnético. Eles ficam permanentemente magnetizados mesmo depois que o campo magnético foi desligado. Eles têm um  $\chi$  grande positivo, ainda maior do que o das substâncias superparamagnéticas. São conhecidos três tipos de ferromagnetos: ferro (Fe), cobalto (Co) e níquel (Ni). (HASHEMI; BRADLEY JUNIOR; LISANTI, 2004, p.213)

Ferreira e Nacif (2011) evidenciam o efeito míssil como um acidente habitual em um serviço de RM, que pode ser provocado por pequenos ou grandes objetos, que foram indevidamente conduzidos para o interior da sala por pacientes ou por profissionais, como por exemplo, cilindro de oxigênio, cadeira de rodas, macas e carrinho de anestesia.

O American College of Radiology (2013) estabelece que dispositivos ferromagnéticos devem ser adequadamente protegidos e restritos por todo o tempo que permanecerem na zona 3, garantindo que não haverá aproximação do equipamento de RM ou que acidentalmente sejam expostos ao campo magnético estático e gradientes. Desta maneira, evita-se que se transformem em projéteis perigosos.

Foi preconizado que seja realizada uma busca criteriosa por metais, fazendo o uso de detector de metais ferromagnéticos, com propósito de bloquear a entrada deste tipo de material nas zonas restritas. (FERREIRA;NACIF,2011)

Todos os objetos ou dispositivos externos desconhecidos para admissão para além da zona 2, devem ser testados pelo detector de metais, controlando o acesso à zona 3. Os resultados destes ensaios, a data, a hora e o nome do dispositivo de teste, bem como a metodologia usada para esse dispositivo em particular, devem ser documentados por escrito. Nos casos de dispositivos não testados ou de compatibilidade desconhecida, seu acesso não

será permitido. Os itens ferromagnéticos devem ser identificados como “inseguros” e rotulados na cor vermelha de forma adequada. Já os objetos que podem ter acesso condicional devem conter sua classificação especificada com etiqueta amarela triangular. Todas essas normas sugeridas para segurança em RM garantem que, com esta prática de condicionamento dos materiais categorizados como de risco, também reduzam o número de ocorrências de artefatos nas imagens produzidas. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013)

Na Figura 17 é possível perceber que um artefato na imagem foi causado por erro na admissão à zona 3, a anamnese e triagem também foram falhas. Artefato causado por uma etiqueta de calça, não permitida para realização de exames de RM. É uma intercorrência de menor consequência diante do que poderia ter passado para zona restrita.

Figura 17: Artefato por etiqueta de calça de acesso não permitido a partir da zona 3.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2017.

Em casos de acidentes deve-se realizar a verificação de pessoas feridas ou presas no magneto. Caso não haja possibilidade de remoção, é justificado o acionamento da liberação do Hélio (*quench*), atender o paciente ferido, prontamente contatar o engenheiro de campo para averiguações técnicas do equipamento, reportar a direção da instituição, registrar o procedimento no livro de ocorrências e divulgar pelos meios pertinentes. (FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 2016a)

#### 4.6 BOBINAS DE GRADIENTE E SEUS EFEITOS

Além do campo magnético principal ( $B_0$ ), os equipamentos de RM possuem componentes que permitem variar a intensidade linear do campo magnético na direção da sua aplicação, sob influência de corrente elétrica, que ligam e desligam durante a aquisição das imagens, o que proporciona alto ruído acústico e se localizam ao longo dos três eixos (x, y e z) (NÓBREGA, 2006), considerando que:

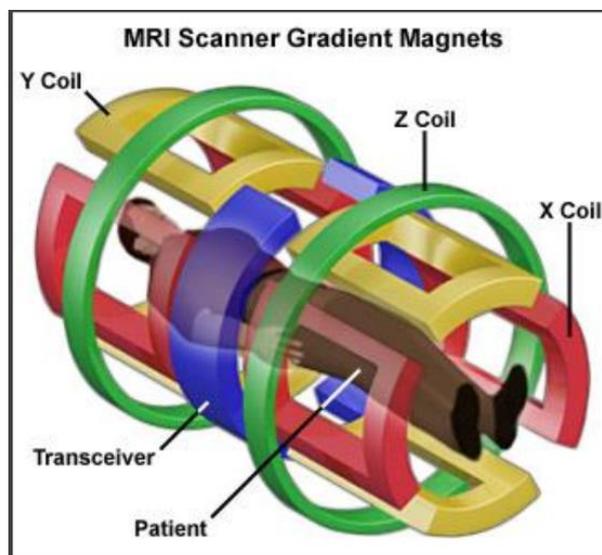
As bobinas de gradiente causam uma perturbação intencional na homogeneidade do campo magnético (geralmente de forma linear), que permite decifrar a informação espacial do sinal recebido e localizá-la no espaço. Esta perturbação ou variação no campo magnético é várias ordens de magnitude menor do que o campo magnético externo, mas é suficientemente significativa para permitir a codificação espacial. Para conseguir isso, são usadas três bobinas de gradiente ortogonais correspondentes aos eixos x, y, z em um sistema de coordenadas tridimensional. Isto então permite a codificação (ou decifração) dos dados em três coordenadas. Estes gradientes são referidos como: 1. O gradiente de corte de seleção 2. O gradiente de codificação de fase 3. O gradiente de codificação de frequência ou leitura. (HASHEMI; BRADLEY JUNIOR; LISANTI, 2004,p.213)

Em registros da Food and Drug Administration (2016a) e MR Safety (2017a), constam determinações sobre os limites de ruído acústico que estão associados à ativação e desativação das bobinas de gradiente e que são intensificados com os ciclos de pulsos de transições mais frequentes, seleção de cortes menos espessos, menor FOV e redução dos tempos de repetição (TR) e tempos de eco (TE).

As bobinas de gradiente podem induzir tensões, provocar choques elétricos nos pacientes, alterar dispositivos médicos, estimular nervos periféricos, magnetofosfeno, entre outros problemas. Aqueles que possuem implantes em áreas sensíveis devem ser considerados de maior risco, especialmente para protocolos com sequências de pulso mais rápidas, e necessitam de supervisão médica para realização do exame. Problemas de ordem auditiva são evitados com o uso de protetores auriculares. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013; PAPOTI, 2011)

Na Figura 18 é possível visualizar como o paciente é posicionado entre as bobinas para melhor aplicação das intensidades de campo magnético, melhor relação sinal ruído e melhor qualidade da imagem.

Figura 18: Posição do paciente entre as bobinas de gradiente



Fonte: CASIMIRO; FERREIRA; TEIXEIRA, 2015.

Nacif e Ferreira (2011) propõem critérios de condicionalidade dos implantes e dispositivos biomédicos, divididos em 7 categorias, que encontram-se descritos em seu manual, embasadas em suas características físicas e anatomia onde está inserido.

Os tecidos biológicos também são meios condutivos de correntes e campos elétricos. A indução de corrente é proporcional à condutividade do tecido e à taxa de alteração da densidade do fluxo magnético (Lei de Faraday). As maiores densidades de correntes serão produzidas nos tecidos periféricos e diminuirão linearmente em direção ao centro do corpo. Tecidos de baixa condutividade (adiposo e ósseo) irão alterar o padrão da corrente induzida. Os possíveis efeitos das correntes induzidas são estimulação de células nervosas ou musculares, indução de fibrilação ventricular, espaço cerebral aumentado pelo manitol, potencial convulsivo e sensação de flashes visuais por estimulação elétrica da retina (LUFKIN, 1990)

A International Electrotechnical Commission (2010) prescreve normas direcionadas aos aspectos técnicos para segurança de pacientes, funcionários

do setor de RM e trabalhadores da indústria, incluindo as fases de desenvolvimento, fabricação, instalação e manutenção de todo o sistema. Entre todas as normas é importante citar os limites estabelecidos para exposição do campo eletromagnético, formação, qualificação, treinamento e atualização dos funcionários, regras de acesso às zonas e, por fim, modos de operação.

#### 4.7 BOBINAS DE RF E SAR

As bobinas de radiofrequência transmitem e recebem o sinal e produzem dois efeitos nos núcleos dos prótons de hidrogênio: transferem energia, o que faz com que os núcleos mudem de um estado de baixa energia para um de alta energia, e faz os núcleos precessarem em “fase”. (MAZZOLA, 2014)

Hashemi, Bradley Junior e Lisanti (2004) descrevem que, em consequência do pulso de RF enviado, os prótons são inseridos e alinhados no campo magnético  $B_1$ , assim entram em estado de fase, propiciando a magnetização transversal. A partir daí o sinal é transmitido, e por fim, são recebidos na região da bobina de superfície com maior magnitude, favorecendo a relação sinal-ruído (RSR), viabilizando melhora na qualidade de imagem na região de interesse.

A recepção do sinal pelas bobinas, tem maior intensidade se estiver o mais próximo possível da estrutura de interesse, e se esta estrutura tiver um volume pequeno, menor sinal emitirá. Portanto quanto maior o volume e mais adaptada a anatomia, maior será o sinal recebido.(SIEMENS,2005)

A corrente através da bobina de estimulação gera um pulso magnético de alta intensidade, que, aplicada a um meio condutor, como o corpo humano, produzem as correntes de Foucault por indução eletromagnética, resultando em estimulação do tecido. (LIMITED, 2000). A Food and Drug Administration (2016b) garante que essa estimulação magnética cortical não é uma possibilidade que não descarta a indução de convulsões. A resposta do sinal da bobina, que será permitida pela condução,

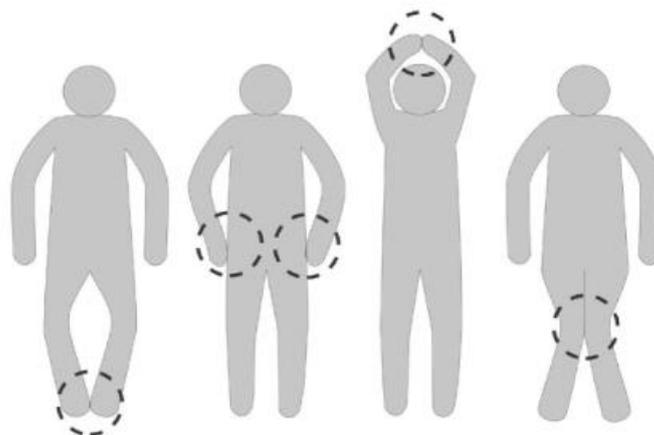
estimulação e forma de onda, conforme sua intensidade de corrente, pode estimular nervos e músculos. (LIMITED, 2000)

As bobinas também são dignas de atenção especial, visto que Weestbrook (2012) descreve que os cabos que são conectados ao sistema de RM conduzem corrente e durante um procedimento a maioria deles ficam dentro do campo de radiofrequência. Se estiverem em contato direto com o corpo, podem ocasionar acúmulo de calor e transmiti-lo ao paciente, provocando queimaduras. Em concordância, Papoti (2011) aponta que este aquecimento é favorecido pelo ajuste a anatomia do paciente. (HASHEMI; BRADLEY JUNIOR; LISANTI, 2004)

No Guia de Boas Práticas do American College of Radiology (2013), descreve-se que para evitar lesões graves associadas ao contato pele com pele, é conveniente instruir ao paciente que não forme laços de correntes com o próprio corpo, pois deve manter distância entre os braços e as pernas minimizando a irradiação por radiofrequência e, quando o paciente estiver realizando o exame, todo material eletricamente condutor (fios e cabos da bobina de RF não podem estar em contato direto com o mesmo.

A Figura 19 demonstra posicionamentos inadequados, que ocasionam choques decorrentes de correntes elétricas superficiais.

Figura 19: Grandes laços superficiais de correntes – Posicionamento inadequado



Fonte: SIEMENS (2003)

O peso exato do paciente deve ser conhecido antes de realizar o exame, pois as taxas específicas de absorção (SAR) devem cumprir a norma IEC 60.601-2-33. (SIEMENS, 2002).

Lufkin (1990) explica que a taxa de massa normal, onde a energia de RF é absorvida por tecidos biológicos (TEA) é mensurada em watts por quilograma (watts/kg) e se considera um parâmetro para dosimetria de energia de RF. A potência do campo magnético estável, o tipo de pulso de RF, o tempo de repetição (TR), a largura do pulso, o tipo de bobina de RF, o volume de tecido envolvido pela bobina, a resistividade do tecido e a densidade da região de interesse estabelecem a taxa produzida durante a realização de um exame por RM. Em resumo, a absorção de RF depende do tamanho do tecido em relação ao comprimento de onda que está incidindo. Portanto, a radiofrequência promove aumento da temperatura corporal e, em alguns órgãos, como exemplo, olhos e testículos, proporcionam maior sensibilidade. Desta forma, pacientes com alterações da função termorreguladora devem ser avaliados antes de serem submetidos aos procedimentos de RM.

Um fator imprescindível que está diretamente elencado com a intensidade aplicada às bobinas de RF é a taxa de absorção específica de radiação (SAR), conforme descrito:

Os equipamentos possuem sistemas de monitoramento (hardware e/ou software) que limitam a potência de RF levando em consideração o peso do paciente e limites estabelecidos internacionalmente para a taxa de absorção específica (SAR). A taxa de absorção específica conhecida pela sigla SAR (do inglês, Specific Absorption Rate) é uma medida da quantidade de energia da RF depositada por unidade de massa do corpo do paciente. Os limites do SAR levam em consideração que a temperatura do tecido não ultrapasse 1,0 °C e os limites existem para corpo inteiro e regiões específicas. (MAZZOLA, 2016, p. 108)

Nos Estados Unidos, foram estabelecidos limites de exposição dos pacientes à campos magnéticos, para controlar o depósito de energia de RF e diminuir o risco de sobrecarga térmica sistêmica e lesões térmicas locais oriundas da absorção da energia de RF. Estes limites estabelecidos de aumento corpóreo, ao se realizar um exame de RM, é de 1° C, não excedendo SAR de 3 W/kg na região da cabeça em até 10 minutos e de 4 W/kg no corpo inteiro em até 15 minutos, salientando que o aquecimento nestas regiões não

deve ultrapassar 38 °C e 39 °C respectivamente. (FOOD & DRUG ADMINISTRATION, 2016b; MRI SAFETY, 2017b).

Então é correto afirmar que:

O SAR aumenta com o quadrado da frequência e depende da força do campo magnético, aumenta também com o quadrado do ângulo de inclinação (*flip angle*), com o tamanho do paciente e com o ciclo de pulsos de RF. Dessa maneira, o operador do sistema de RM pode minimizar o depósito de calor aumentando o tempo de repetição (TR). Diminuindo o número de seções para um determinado TR, aumentando o espaçamento entre os ecos e/ou diminuindo o número de ecos de uma sequência rápida spin-eco (SE) ou reduzindo o ângulo de inclinação. Em geral, para se reduzir o SAR deve-se diminuir a intensidade e o ciclo de pulsos de RF[...] (FERREIRA; NACIF, 2011, p. 139)

Quando a temperatura e a umidade da sala não estiverem em conformidade com os limites máximos, pode haver um aumento da temperatura corporal acima de 1 °C, que é o limite máximo sugerido pelo American College of Radiology (2013). Já no manual da marca Siemens (2005), a informação é que pode ser aplicada, como limite máximo 3 W/kg para SAR de corpo inteiro.

Segundo o American College of Radiology (2013), os pacientes devem ser instruídos a avisar imediatamente caso haja sensação de calor excessivo ou pequenos choques. Na triagem, questionar sobre o uso de cremes, cabelos úmidos, tatuagens, entre outros que podem acarretar em aumento de temperatura maior que o permitido.

Mazzola (2016) explica que ao usar avental ou roupas de tecido natural, não se deve cobrir o paciente excessivamente, retirar plásticos e qualquer tipo de material que possa produzir transpiração, atentar-se a suor ou líquidos acumulados no corpo do paciente, descruzar mãos e pés, evitar contato direto da bobina com a pele, certificar se os cabos das bobinas estão íntegros, orientar quanto ao uso da campainha; comunicar-se constantemente com o paciente durante o exame auxilia no conforto e segurança e identificar peso e idade antes de iniciar a aquisição das imagens permite determinar as limitações de SAR.

O paciente não pode usar roupas que estejam molhadas ou umedecidas por transpiração, desta forma, o serviço deve sempre dispor de

roupas que são trocadas na zona 2 (onde encontra-se o vestiário). (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY,2013)

O Institute for Magnetic Resonance Safety, Education and Research (2015) propõe orientações preventivas de aquecimento excessivo e queimaduras associadas a procedimentos de RM e aborda como um dos fatores para cuidado e atenção, os materiais eletricamente condutores, que fazem parte do seu sistema. Orienta-se que esses materiais sejam mantidos com devido isolamento térmico e/ou elétrico entre o material condutor e o paciente.

As bobinas de RF e seus cabos, portanto, devem ter atenção especial diariamente e é de responsabilidade do Tecnólogo realizar inspeção visual dos seus componentes antes de iniciar o serviço, pois podem causar aquecimento extra. Ainda assim, deve-se afastá-las de anestésicos possivelmente inflamáveis e produtos explosivos. Mantê-las sempre em ambiente climatizado e manipulados apenas por profissionais autorizados, bem como sua desinfecção, que deve ser realizada com produto determinado pelo fabricante, e em períodos regulares para evitar contaminações cruzadas. (SIEMENS, 2016)

Seu armazenamento deve ocorrer em ambiente seco e protegido de radiações de qualquer tipo. Após seu desuso, deve ser devolvida ao fornecedor para descarte adequado. (SIEMENS, 2005)

Quanto ao paciente, é de suma importância salientar que o cuidado em garantir que os cabos e a bobina não estejam em contato direto com a anatomia do paciente, que estejam desenrolados e íntegros, mas sim, protegida com acolchoamento específico, pois pode resultar em queimaduras. (SHELLOCK; CRUES, 2004)

#### 4.8 MEIOS DE CONTRASTE, SEDAÇÃO E PACIENTES ESPECIAIS

O meio de contraste utilizado em RM para o realce das estruturas é o Gadolínio (Gd), um elemento químico, metal pesado nobre, que pode ser encontrado como terra rara em rochas, manipulado em forma de solução composta, possui o maior número de elétrons pareados, característica de um

forte elemento paramagnético, que podem ser divididos em duas categorias, extracelular inespecífico e intracelular específico, sendo que a principal diferença está na molécula quelante que carrega o Gd para sua administração. De modo geral, considera-se que os agentes de contraste à base de Gd são muito mais seguros, devido a sua baixa osmolalidade e viscosidade. Também possuem propriedades paramagnéticas, que alteram o campo magnético local, reduzem o tempo de relaxação dos núcleos de hidrogênio, resultando em hiperintensidade dos sinais emitidos pelos tecidos em ponderação T1. ( ELIAS JÚNIOR, 2008; HASHEMI; BRADLEY JUNIOR; LISANTI, 2004; NÓBREGA, 2006)

Diante disto, compreende-se que:

Quando introduzido no corpo, presença provoca o aumento das flutuações nos campos magnéticos dos prótons da água de modo que eles se movem próximo a frequência de Larmor. Como resultado disso existe uma transferência de energia para o meio (lattice) circundante e há redução dos tempos de relaxamento de T1, assim como de T2. Visto que o relaxamento de T2 é muito menor que o de T1, uma concentração elevada do agente é necessária para provocar um encurtamento significativo de T2. Todavia, doses bem menores efetivamente reduzem o tempo de relaxamento em T1. O gadolínio é, portanto, conhecido como um agente de realce para T1.(WESTBROOK, 2010, p.57)

Elias Júnior (2008) discorre em seu artigo que os elementos expressivos, que também contribuem para segurança no uso deste meio de contraste, estão correlacionados ao volume de injeção, à toxicidade do composto, à estabilidade na circulação e ao seu grau de refinação no corpo humano, se sua estrutura molecular é iônica *ou* não-iônica, além da osmolalidade e a viscosidade já citados por Nóbrega (2006).

É baixa a ocorrência de reações adversas por hipersensibilidade aos meios de contraste derivados do Gadolínio e quando ocorrem, são divididas em: leves (breves, moderadas e graves (raras e potencialmente fatais). (ALMIRO et al., 2016).

Pacientes com asma, histórico de alergia respiratória, doenças renais e reações adversas à contraste iodado ou à base de gadolínio são comprovadamente mais suscetíveis a desenvolver reações graves e devem ser supervisionados durante todo o procedimento. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013; MRI SAFETY (2017f).

A Fibrose Sistêmica Nefrogênica (FSN), é uma condição que ocorre apenas em pacientes expostos ao Gadolínio, se apresenta em diversas formas, como lesões cutâneas, fibrose de músculo esquelético, articulações, fígado, pulmão e coração e podendo levar a óbito. (LEITE, 2010)

A maior preocupação dos serviços de RM quanto à administração dos meios de contraste é a Fibrose Sistêmica Nefrogênica. Por isso, é recomendado pelo MRI Safety (2017f), que se faça uma avaliação da taxa de filtração glomerular (nas últimas seis semanas antecessoras ao exame), análise da anamnese quanto ao histórico de doenças renais, hepáticas, diabetes e considerar a idade para aqueles maiores de 60 anos.

A injeção de contraste deve ser administrada por enfermeiros aptos para trabalhar na zona 3 e 4 de RM e sua solicitação pode ser feita pelo Tecnólogo quando achar conveniente, desde que tenha em mãos o teste de creatinina; sendo assim, dependendo do seu resultado, antes de administrá-lo, deve ser chamado o médico radiologista para autorização prévia quando seus níveis não estiverem em conformidade com os requisitos de permissão. O nome do agente de contraste administrado, a dose e via de administração, reações adversas devem ser registradas no prontuário do paciente. Nos casos de pacientes que já desenvolveram alguma reação a qualquer meio de contraste, pode ser indicado pelo médico, uma profilaxia com antihistamínicos e corticóides antes de uma nova aplicação. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013).

Estudos demonstram que exames de contagem de creatinina podem auxiliar na diminuição dos riscos ao uso deste meio de contraste, pois cada valor estimado determina um protocolo de administração do mesmo. Para valores de creatinina muito altos, podem ser sugeridos tipos específicos de marcas de Gd e dosagens menores. Pacientes que fazem hemodiálise, quando não há outro exame que possa ser realizado pelo paciente, é considerada refazer a hemodiálise, logo após a injeção do Gd e repeti-la após 24 horas. Levando em consideração a severidade da contagem de creatinina muito elevada (15 mL/min/1,73 m<sup>2</sup>a), a administração do meio de contraste deve ser descartada totalmente. (LEITE, 2010)

Para que seja possível a administração de Gd em mulheres, é necessário que sejam respondidos e analisados criteriosamente dados

pontuais quanto à data da última menstruação, gravidez definida ou possível, uso de contraceptivos orais ou terapia hormonal e medicação de fertilidade ou ainda em período de aleitamento materno, pois os exames de RM só devem ser realizados em pacientes gestantes para o auxílio em tratamentos de questões clínicas importantes. (SHELLOCK; CRUES, 2004)

Lufkin (1990) não aconselha a administração dos meios de contrastes em mulheres grávidas, pois se ampara em demonstrações de estudos, onde há comprovação que o Gadolínio penetra a barreira hematoplacentária pouco tempo após a aplicação endovenosa, evidenciando a bexiga do feto, que posteriormente é excretado no líquido amniótico. Portanto, o autor se posiciona a favor de uma abordagem conservadora até que se justifique o risco de tal procedimento.

É recomendado que estas pacientes evitem a realização de RM até finalizarem o primeiro trimestre de gestação, período este de maior divisão celular do feto e mais suscetível a alterações e devem realizar o exame somente comprovada pela avaliação médica que não há outro procedimento que lhes beneficiem mais que a RM. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013) Quando houver indicação para o exame, devem ser posicionadas confortavelmente, de preferência em decúbito lateral para evitar a compressão da veia cava superior. (FERREIRA; NACIF 2011)

Já a funcionária grávida deve evitar a exposição quando os gradientes de campo e de RF estiverem funcionando, independente do tempo de gestação. (FERREIRA; NACIF,2011) Em contra partida, o American College of Radiology, aconselha que as profissionais do setor, que forem gestantes, podem trabalhar desde o primeiro trimestre, evitando a Zona 4.

O Institute for Magnetic Resonance Safety, Education and Research (2015) aponta que a RM tem sido utilizada para avaliar anormalidades obstétricas, graças ao fato do desenvolvimento de sistemas de gradiente de alto desempenho e sequências de pulso rápidas, mas ainda assim, considera possíveis bioefeitos do campo magnético estático do sistema, os riscos associados à exposição aos campos magnéticos e absorção energia de radiofrequência (RF). O American College of Radiology (2013) identifica que grávidas, a partir do segundo trimestre de gravidez, devidamente monitoradas podem utilizar do exame, inclusive para estudos do feto.

Os pacientes com transtornos psicológicos têm maior incidência de reações de ansiedade e claustrofobia, segundo o Institute for Magnetic Resonance Safety, Education, and Research (2016), atribui-se essas reações ao desing do bore dos equipamentos de campo fechado, em sua maioria supercondutores e o medo da injeção do meio de contraste. Estas reações são comuns em ambientes de RM, podendo haver manifestações leves, moderadas e graves. Identificá-las o quanto antes permite que os profissionais possam gerenciar melhor os pacientes afetados, para que seja feita intervenção e contorno da situação. Sintomas de aparecimento abrupto de pelo menos quatro dos seguintes sintomas: náuseas, parestesias, palpitações, dor torácica, desmaio, dispnéia, sensação de asfixia, sudorese, tremor, vertigem, despersonalização e medo de perder o controle ou de morrer, podem ser confundidos com atividades do sistema nervoso simpático, que são responsáveis por arritmias cardíacas ou isquemia e se manifestam de maneira semelhante. (MRI SAFETY 2017c)

Sujeitos à ansiedade e não colaboração durante o procedimento, também incluem-se pacientes pediátricos, que necessitam de atenção especial, pois trata-se de uma preocupação para além do meio de contraste, há também a sedação. Que deve ser realizada seguindo rigorosamente os protocolos aprovados pelos padrões normatizados dos anestesiólogos, pediatras e serviço de RM, que levam em consideração o histórico médico do paciente, guias de jejum apropriados para idade, acompanhamento e monitoração, durante toda a sedação, de temperatura e sinais vitais. Antes de entrarem na Zona 3, deve ser realizada triagem e as roupas devem ser trocadas juntamente com um adulto responsável e a assinatura de consentimento deve ser feita por responsável legal do menor. O acompanhamento da criança é condicional ao médico do local e, se autorizado, também deve ser submetido a triagem de materiais ferromagnéticos e ser fornecido protetores auriculares. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013)

Os pacientes pediátricos submetidas à injeção de contraste e/ou sedação precisam ser monitoradas antes, durante e depois, e ,havendo necessidade de cuidados de emergência, que segue protocolo adequado pelo anestesista e equipe médica. Já os neonatos têm atenção especial em monitoramento da temperatura corporal, para hipo ou hipertermia, e devem ter

acesso a zona 3 apenas em encubadoras compatíveis com RM. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013)

Quando houver exames sob sedação, em qualquer paciente, sendo este pediátrico ou não, o médico anestesista tem que permanecer junto ao setor até a alta anestésica e somente ele pode informar sua liberação, mediante registro. Este paciente deve ter disponível, em casos de efeitos adversos, um carrinho de ventilação mecânica e monitor de sinais vitais compatíveis com o campo magnético. (COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA E DIAGNÓSTICO POR IMAGEM, 2014)

Deve haver um plano operacional padrão para tratamento de emergências fora da influência do magneto, e quando os equipamentos eletrônicos de ressuscitação e outros dispositivos não forem compatíveis, seria conveniente que o resgate do paciente em condição de emergência, pela equipe de socorro externa do serviço de RM, não seja feito dentro da zona 3. Portanto, quando possível, o paciente deve ser levado até a zona 2, visto que a troca de macas e a triagem dos profissionais de socorro é mais segura neste local. (COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA, 2014, AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013 ; INTERNATIONAL SOCIETY FOR MAGNETIC RESONANCE IN MEDICINE, 2016)

É indispensável que se proporcione um ambiente de confiança a todos os pacientes, principalmente aqueles que já adentram ao serviço de RM ansiosos. Informar de maneira objetiva, clara e atenciosa sobre como será realizado o procedimento, o posicionamento em que ele será submetido, os ruídos normais do equipamento e o tempo em que ele estará dentro do equipamento auxilia para que o exame seja finalizado. (HADDAD; ZAGO; ANDREASSA, 2005)

Shellock e Crues (2004) descrevem que a realização de exames de RM, com pacientes com tatuagens e maquiagens definitivas, é condicionado pelo serviço, tendo em vista que há inúmeras contradições quando se refere ao material da tinta usada, dependendo da concentração de metal pesado que a compõe, e cita que foram poucos relatos de reações associadas ao calor e queimaduras decorrentes do produto submetido ao exame, mas deve se ter cautela e alguns cuidados, e já na anamnese, questionar sobre quando foi

realizada a maquiagem ou a tatuagem, e então decidir se será realizado ou não o exame.

#### 4.9 CONTROLE DE QUALIDADE

Segundo a empresa alemã Siemens (2005), que fabrica equipamentos de RM, os testes e verificações diárias, que devem ser realizados são os seguintes: testes de função após iniciação do sistema, a verificação da caixa de alarme e seus displays, as linhas de led, bateria, nível de hélio, parada do magneto, advertência de água, campo ligado, refrigeração do equipamento, temperatura da sala, sinais de advertência do software, fluídos no piso, material magnetizável, grade de filtro, abertura do escape do hélio (válvula), resíduos de meios de contraste e bulbo de pressão da injetora.

Essas normas de garantia de qualidade obedecem ao ISO 9001 e ISO 13485, que trata da periodicidade e requisitos a serem testados, onde se destacam as conformidades com o nível de pressão acústica, taxas específicas de absorção e as taxas de variação do campo magnético, classe de proteção, proteção contra explosões, compatibilidade eletromagnética, com base em limites de interferência emitida, descarga eletrostática, descarga de contato, descarga no ar, radiação de RF, distúrbios transitórios, cabos de alimentação, outros tipos de cabos e elevação de tensão.

#### 4.10 PARADA DA MESA, DESLIGAMENTO DO SISTEMA E DESLIGAMENTO DO MAGNETO

Em caso de falta de energia ou após o botão de parada da mesa ser pressionado, as travas elétricas da mesa do paciente serão soltas e então a mesa com o paciente pode ser retirada manualmente da abertura do magneto. Para esta finalidade, utiliza-se a alça de mão na extremidade dos pés da mesa.

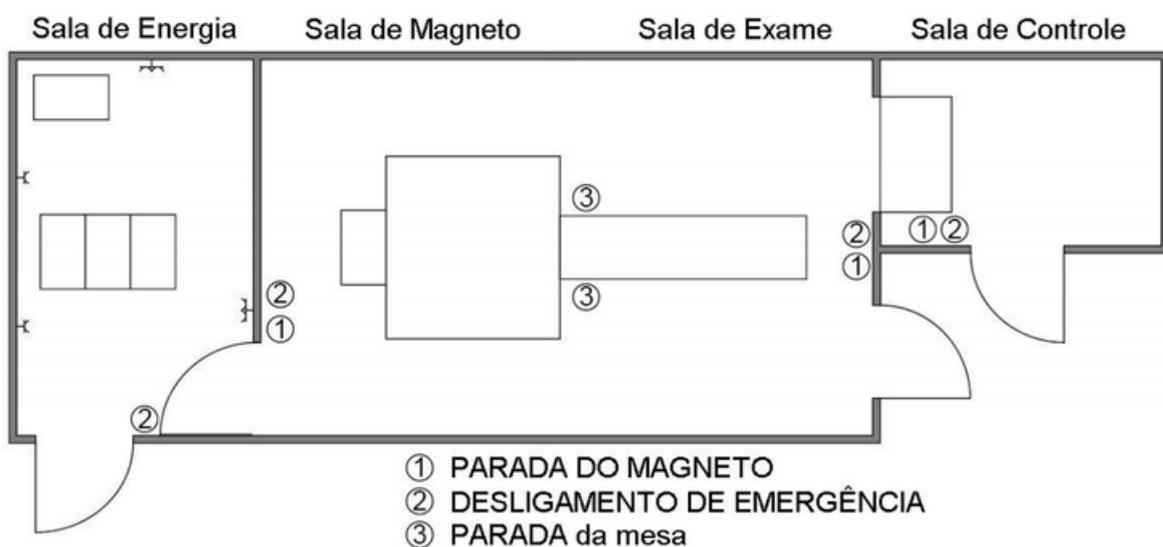
O desligamento de emergência do sistema se dá apenas em casos de extremas emergências, como incêndios, acidentes elétricos ou se o botão da mesa falhar e tem como objetivo prevenir ferimentos ou danos ao sistema. Ainda assim, há condutas a serem seguidas, de registro e de medidas a serem

tomadas por equipe responsável e apta nesses casos. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013; SIEMENS 2005).

Já a parada do magneto somente deve ser utilizada para proteção em casos de riscos iminentes decorrentes do campo magnético. Em casos de incêndio, aguarda-se até que o campo tenha diminuição para um valor que não seja de alto risco (20mTesla), o que leva aproximadamente 3 minutos. Protocolos de segurança devem ser tomados, rigidamente, pois no momento em que o magneto cessa, há evaporação do hélio. O evento deve ser registrado e a comunicação aos superiores ocorre imediatamente. O equipamento só será colocado em atividade novamente por pessoal autorizado do Serviço Técnico do fabricante, sendo proibido o contato com os escapes de hélio por qualquer outra pessoa. (SIEMENS, 2005)

A Figura 20, demonstra locais adequados para instalação de botões de desligamento de emergência.

Figura 20: Planta baixa da localização adequada para emergências



Fonte: Siemens, 2005.

#### 4.11 QUANTO A EQUIPE TÉCNICA

Todo pessoal que transita pelo setor deve receber título ou se enquadrar em uma definição. Público sem treinamento de até 12 meses se define como “Não RM”. Pessoal de RM de Nível 1 é composto por pessoas que tiverem um treinamento mínimo, que garante sua própria segurança enquanto trabalham nas zonas do ambiente; já o pessoal de RM de Nível 2 teve treinamento mais específico e contingente com a segurança do setor sobre riscos associados ao equipamento, princípio de funcionamento, formas de prevenção e atendimento de emergência, inclui-se neste nível os Tecnólogos de RM, Médicos Radiologistas, Enfermeiros de RM, Físicos Médicos e Engenharia Clínica. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013)

O serviço de RM deve estar legalmente habilitado junto aos órgãos públicos e ao conselho regional profissional e ter um responsável técnico habilitado, registrado no Conselho Regional de Medicina, mais um profissional legalmente habilitado para substituí-lo, ambos pertencentes ao Colégio Brasileiro de Radiologia, intitulados especialistas, bem como o supervisor de proteção radiológica (SPR), profissional habilitado pelo CONTER. (COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA E DIAGNÓSTICO POR IMAGEM, 2014)

A Anvisa/MS deve dispor do registro regulamentando de todo equipamento e produto adquiridos pela empresa que presta o serviço, constando identificação individual, nome do fabricante e número de série; nome do contato e telefone do fabricante e da assistência técnica responsável; data de recebimento e local da instalação; registro do histórico do equipamento e sua condição de aquisição (novo, usado, recondicionado); registros dos testes realizados na instalação e registros de manutenção e limpeza do equipamento. (COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA E DIAGNÓSTICO POR IMAGEM, 2014)

A Joint Commission (2016) já se atenta à importância dos registros sobre as lesões de pacientes e profissionais dentro do setor, incidentes de danos a sua propriedade, materiais perigosos ou que possam causar intercorrências às pessoas, problemas de gestão dos equipamentos ou falhas em seu uso, para que assim possam ser investigados e corrigidos a tempo de minimizar os riscos.

A manutenção, calibração, controle de qualidade, mensurações devem ser disponibilizadas pelo serviço periodicamente, assim como nível da pressão acústica mensurada em acordo com a norma IEC 60.601-2-33 (Europa), ou com as diretrizes Occupational Safety and Health Administration (EUA) para que os pacientes e profissionais não sofram efeitos adversos decorrentes do barulho intenso do equipamento ativo. (SIEMENS, 2003; AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013)

A empresa deve dispor cadeiras de rodas, andadores, cilindros de oxigênio e outros aparelhos compatíveis com RM, no acesso a zona 3, bem como de uma sala de espera exclusiva na zona 2, para pacientes apenas da RM. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013)

No PADI, do Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem, (2014), é possível verificar a descrição se a empresa dispõe dos equipamentos de atendimento a emergências, suas condições de uso e se são compatíveis com RM. Os registros de monitoramento dos equipamentos e da validade dos materiais e medicamentos também devem ser acompanhados periodicamente.

A supervisão de fármacos e tecnologias deve ser contínua, com o objetivo de constatar eventos adversos, correspondentes a tratamentos equivocados, efeitos adversos graves relacionados à injeção de medicamentos ou equipamentos e principalmente alterações neurológicas ou cardíacas.

A empresa assegurará que o uso das injetoras seguirá de forma padrão às normas do fabricante, e que os dados do preparo dos meios de contraste realizados no local do serviço, constarão em seus rótulos: como nome, concentração, número do lote, data de preparo, identificação do responsável pelo preparo, data de validade, condições de armazenamento, além de informações referentes a riscos potenciais, precauções de segurança e descarte. (COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA E DIAGNÓSTICO POR IMAGEM, 2014)

O pessoal autorizado a trabalhar no setor de RM deve ser instruído regularmente, com programa de educação continuada relacionada aos perigos e regulamentos de segurança associados ao sistema de RM.

Utilizar política escrita de segurança sobre as contraindicações absolutas, relativas e sem contraindicações como parâmetros de exclusão ou

inclusão de pessoas no setor. (ALBERT EINSTEIN HOSPITAL ISRAELITA, 2012; AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013; COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA E DIAGNÓSTICO POR IMAGEM, 2014).

O serviço tem responsabilidade de dar instruções escritas que orientem sobre o atendimento, formulários de consentimento informado esclarecido e informações pós-procedimentos, quando houver sedação e administração de meios de contraste, até a alta anestésica. (COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA E DIAGNÓSTICO POR IMAGEM, 2014).

Deve ser definido o Programa de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS), usando a RDC 306/2004, bem como a troca contínua de papéis, roupas e protetores de cada paciente.

A classificação e sinalização de risco dos diferentes setores é importante para prevenir a entrada de materiais não compatíveis.

Para utilização de produtos de desinfecção do ambiente é sugerido que a empresa utilize os que estão autorizados pela Anvisa, e a cada processo de limpeza, é essencial que haja sinalização própria e visível, com objetivo de evitar acidentes.

#### 4.12 CONTRAINDICAÇÕES ABSOLUTAS E RELATIVAS

Para evitar problemas maiores associados à execução dos exames de RM, segue abaixo a lista disponibilizada pelo Albert Einstein Hospital Israelita (2012), destinada aos profissionais da área.

No Quadro 2, são descritas as contra indicações absolutas de dispositivos médicos (MR Inseguro).

##### Quadro 2 – RM Inseguros

Bombas de infusão (inclusive implantáveis)

Cápsula endoscópica e monitor de medida de pH

Cateter de Swan-Ganz e qualquer outro cateter com eletrodos ou dispositivo eletrônicoClamp carotídeo do tipo Poppen-Blaylock

Todos os Clipes de aneurisma cerebral ferromagnéticos implantados antes de 1995

Desfibrilador implantável

Fios guias intravasculares

Fios metálicos de localização pré-cirúrgica mamária (exceto os compatíveis)  
 Fixadores ortopédicos externos metálicos não-removíveis  
 Halos cranianos  
 Holter  
 Implantes dentários magnéticos  
 Marcapasso (cardíaco e outros)  
 Monitor de PIC (ressão intracraniana)  
 Neuroestimuladores e moduladores (espinhais/medulares, intestinais, vesicais e outros)  
 Prótese coclear metálica, implantes otológicos e aparelhos auditivos não removíveis  
 Próteses internas ortopédicas em pacientes sedados, com baixo do nível de consciência, ou conscientes com perda de sensibilidade no local da prótese.

Fonte: (ALBERT EINSTEIN HOSPITAL ISRAELITA, 2012)

As contraindicações relativas são dependentes de situação, risco x benefício e instrução médica e técnica. No Quadro 3, podemos averiguar as descrições dos dispositivos condicionais para exames de RM, do Albert Einstein Hospital Israelita (2012)

#### Quadro 3 – RM condicionais

Aparelhos auditivos (necessário remover).  
 Implantes otológicos, como tubos de ventilação, feitos de titânio, teflon ou silicone dependendo da marca e modelo.  
 Amamentação: suspender aleitamento por 24 horas, retirando previamente o volume de duas mamadas  
 Cabos de marcapasso epicárdico sem o aparelho conectado são considerados seguros.  
 Cabos de marcapasso intravenosos, mesmo isolados, são contraindicados  
 Cânula de traqueostomia metálica (trocar por cânula plástica)  
 Claustrofobia (depende do tipo de exame, possibilidade de sedação e tamanho do tubo)  
 Clipes de aneurisma cerebral (checar data de colocação, modelo), é permitido no 1,5 T os modelos Phynox, Elgyloy, Mp35N, aço inox austenítico, titânio alloy ou titâni puro  
 Clipes Hemostáticos: alguns modelos são liberados, porém os modelos a seguir são contra indicados:  
 The resolution (Boston Scientific Corp),  
 Long Clip (HX-600-90L Olympus)  
 Quick clip 2 (HX-201LR-135, HX-201UR-135 Olympus),  
 Quick clip 2 (HX-201LR-135L, HX-201UR-135L Olympus),  
 TriClip Endoscopic Clipping Device (TRICLIP).  
 Clipe Hemostático gastrointestinal: após 2 meses da colocação do implante é considerado seguro. Caso necessário fazer antes deste período, submeter o paciente a uma radiografia e

mostrar para o radiologista

que os expansores para mamas são seguros, exceto os dos tipo Infall e Mentor (Santa Barbara). Os expansores do tipo McGhan devem ter a especificação complementar, como o modelo para possível consulta e liberação da realização do exame. O McGhan modelo 150 é compatível e está liberado para realização do exame no 1,5T

Filtro de veia cava (checar modelo, se não for testado - e considerado seguro- não realizar, antes de 8 semanas). Somente realizar no 1,5T

Gestantes:

1. Evitar no primeiro trimestre
2. Pode ser realizado nos equipamentos de 1,5 e 3T.
3. A realização do exame e do contraste dependerá de cada indicação clínica

Indicações:

Para realizar exames em gestantes no 1o trimestre: Lesões cerebrais ou medulares maternas; pacientes oncológicas; pacientes com doenças aguda torácica, abdominal ou pélvica sem diagnóstico pelo USG; casos específicos

Uso do contraste em gestantes: Não há outros métodos diagnósticos? RM sem contraste é suficiente? A dúvida é relevante? O médico responsável pela paciente não acha prudente esperar resolver a gestação para obter a informação do exame? O médico responsável, radiologista e a paciente precisam preencher a documentação sobre os riscos

Material metálico na órbita:

1. Se externo (pálpebra, supercílio, etc), pode realizar no 1,5 T consciente.
2. Se for intraorbitário (exceto prótese para glaucoma, que está liberada), não pode realizar
3. Não realizar com anestesia/sedação e não realizar no 3T.

Se necessário radiografar antes

Molas de embolização (checar modelo, se não for testado e considerado seguro - não realizar antes de 8 semanas)

Patch transdérmico com material metálico, ou qualquer eletrodo que não seja de fibra de carbono (necessário remover)

Piercing (necessário remover, a remoção deve ser feita pelo próprio paciente)

Projéteis ou rastilhos metálicos por ferimento de arma de fogo (depende da localização - avaliar com radiografias)

Próteses valvares cardíacas (mesmo metálicas), realizar somente no 1,5T

Próteses penianas:

1. Sem contra indicação no 1,5 T , se consciente.
2. Não fazer sob anestesia e não colocar no 3T.

Existem duas marcas: Duraphase e Omnipphase que não podem ser submetidas ao campo magnético tanto 1,5 T quanto no 3.0 T

Sonda gastrointestinal com ponta metálica (remover se exame de abdome superior)

Suturas metálicas cutâneas são seguras (exceto pontos de agraff em pacientes anestesiados ou com rebaixamentos do nível de consciência)

Tatuagem ou maquiagem definitiva

Válvulas de DVP podem tanto no 1,5 T quanto no 3T. Nas válvulas de pressão programável é necessário o ajuste após exame de RM e não realizar no 3T

Fonte: (ALBERT EINSTEIN HOSPITAL ISRAELITA, 2012)

Mesmo quando se trata de implantes considerados seguros para realização da RM, o procedimento deve ser interrompido quando houver relato do paciente sobre qualquer desconforto. (AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY, 2013)

Dando continuidade as listas do Albert Einstein Hospital Israelita (2012), são citados a seguir, os tipos de dispositivos seguros, são eles: acessos venosos centrais (port-o-cath, Hickman), exceto Swan-Ganz ou com eletrodos, aparelhos ortodônticos, banda escleral ao redor do globo ocular (silicone), cateteres urinários "duplo J", diafragma contraceptivo, DIU e oclisor tubário "Essure", esternorrafia inclusive em exames com anestesia, material de osteossíntese (fixação) de craniotomia, implantes dentários (exceto os magnéticos), próteses internas ortopédicas em pacientes conscientes e com sensibilidade no local, independente do tempo de instalação do material.

É descrita também uma relação de implantes seguros, mas que estão condicionados a consciência do paciente para realização do exame de RM, refere-se às próteses foraminais cardíacas, próteses vasculares, sementes de braquioterapia, stents vasculares (mesmo coronarianos), traqueobrônquicos e biliares, suturas metálicas cutâneas, marcadores de radioterapia e mamotomia (titânio ou aço inoxidável (clipes cirúrgicos extra cranianos). (ALBERT EINSTEIN HOSPITAL ISRAELITA, 2012)

## **5 CONCLUSÃO**

Esta pesquisa proporcionou melhor esclarecimento, mais informações e maior conhecimento técnico sobre as normas de segurança em RM, envolvendo acessórios, riscos associados ao princípio de funcionamento dos componentes do equipamento, zoneamento, sinalizações, condutas de emergências, entre outras que são de responsabilidade do Tecnólogo em

Radiologia de RM. Detalhou alguns recursos que auxiliam com efetividade o aumento da segurança, diminuindo consideravelmente a probabilidade de acidentes, o que contribui diretamente na rotina do serviço.

Isso foi possível porque, com o levantamento desses dados pesquisados, adaptou-se às boas práticas sugeridas por normatizações internacionais e nacionais, desde a execução dos procedimentos até as responsabilidades da empresa que presta o serviço, contrata seus responsáveis técnicos e acolhe seus pacientes.

Foram relevantes também dicas para manter a integridade física dos pacientes, colaboradores e equipamentos neste setor e outros setores adjacentes.

Definiu-se que as diretrizes encontradas estão de acordo com as normas internacionais e nacionais, bem como com as regras de acreditação e qualidade, viabilizando a comparação entre suas diferenças e semelhanças.

Espera-se que com este trabalho, os Tecnólogos em RM e outros trabalhadores, possam conhecer boas práticas deste serviço para maior segurança e qualidade no atendimento, pois foram abordados todos os aspectos considerados mais relevantes para um melhor entendimento durante a execução da rotina de serviço dos profissionais de RM.

## REFERÊNCIAS

ABDEL-KADER, K. et al. Nephrogenic Systemic Fibrosis: A Survey of Nephrologists' Perceptions and Practices. **Clinical Journal Of The American Society Of Nephrology**, [s.l.], v. 5, n. 6, p.964-971, 18 mar. 2010. American Society of Nephrology (ASN). <http://dx.doi.org/10.2215/cjn.00140110>. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2879309/>>. Acesso em: 25 out. 2017.

AGUIAR, Luís. **Ressonância Magnética**. 2013. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/waddancoelhodacruz/aula-de-rm-prof-luis-aguiar>>. Acesso em: 02 jul. 2016.

ALBERT EINSTEIN HOSPITAL ISRAELITA (São Paulo). **Diretrizes Assistenciais: Segurança em Ressonância Magnética**. 2012. Disponível em: <<http://alberteinstein/8765093/darm.-Diretrizes-assistenciais-seguranca-em-ressonancia-magnetica.html>>. Acesso em: 12 jul. 2017

ALMIRO, Maria Miguel et al. Reações de hipersensibilidade a meios de contraste em idade pediátrica. **Nascer e Crescer**, Porto, v. 2, n. 25, p.90-98, jun. 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0872-07542016000200006&lang=pt](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0872-07542016000200006&lang=pt)>. Acesso em: 14 jul. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. **RDC N° 185/01**: RDC nº 185, de 22 de outubro de 2001a. 1 ed. Brasília: Anvisa, 2001. 1 p. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/resol/2001/185\\_01rdc.htm](http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/resol/2001/185_01rdc.htm)>. Acesso em: 17 jul. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **RDC-50/2002**: RESOLUÇÃO-RDC Nº 50, DE 21 DE FEVEREIRO DE 2002. Brasília: Ministério da Saúde, 2002b. 1 p. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/res0050\\_21\\_02\\_2002.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/res0050_21_02_2002.html)>. Acesso em: 17 jul. 2017.

AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE. **Report n 20**: site planning for magnetic resonance imaging systems. New York: American Institute Of Physics, Inc, 1986. 59 p.

AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE. **Report n 100**: acceptance testing and quality assurance procedures for magnetic resonance imaging facilities. New York: American Institute Of Physics, Inc, 2010. 38 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13534**: Instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde - Requisitos para segurança. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 1995. 14 p. Disponível em: <[https://www.faneesp.edu.br/site/documentos/instalacoes\\_eletricas\\_residenciais](https://www.faneesp.edu.br/site/documentos/instalacoes_eletricas_residenciais)>

s/normas/nbr\_13534\_instalacoes\_eletricas\_saude\_requisitos\_seguranca.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2017.

ASSOCIADOS, Badermann Arquitetos. **10 DICAS PARA INSTALAÇÃO DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA (RM)**. 2017. Disponível em: <<http://www.badermannarquitetos.com.br/tag/ressonancia-magnetica/>>. Acesso em: 31 out. 2017.

BENNETT, C. L. et al. Gadolinium-induced nephrogenic systemic fibrosis: the rise and fall of an iatrogenic disease. **Clinical Kidney Journal**, [s.l.], v. 5, n. 1, p.82-88, 1 fev. 2012. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/ckj/sfr172>. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3341839/>>. Acesso em: 22 out. 2017.

BLOCH, Félix. **The principle of nuclear induction**. 1852. Disponível em: <[http://mriquestions.com/uploads/3/4/5/7/34572113/bloch-nobel\\_lecture.pdf](http://mriquestions.com/uploads/3/4/5/7/34572113/bloch-nobel_lecture.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2017.

BLOCH, Félix; HANSEN, William Webster; M, Packard. **The Nuclear Induction Experiment**. 1946. Disponível em: <[http://mriquestions.com/uploads/3/4/5/7/34572113/bloch.\\_nuclear\\_induction\\_experiment\\_1946.pdf](http://mriquestions.com/uploads/3/4/5/7/34572113/bloch._nuclear_induction_experiment_1946.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Grupo de Estudos em Engenharia e Arquitetura Hospitalar/ufba (Org.). **Programação arquitetônica de unidades funcionais de saúde: Apoio ao Diagnóstico e à Terapia (Imaginologia)**. Brasília: Ministério da Saúde, 2013. 3 p. Disponível em: <[www.saude.gov.br/editora](http://www.saude.gov.br/editora)>. Acesso em: 1 jul. 2017.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. **II Diretriz de Ressonância Magnética e Tomografia Computadorizada Cardiovascular a Sociedade Brasileira de Cardiologia e do Colégio Brasileiro de Radiologia**. 6. ed. Rio de Janeiro: Sbc - Tecnologia da Informação e Comunicação Núcleo Interno de Publicações, 2014. 103 p. Disponível em: <<https://cbr.org.br/wp-content/uploads/2017/06/DIRETRIZ-RM-TC-SBC-CBR.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2017.

CASIMIRO, João Daniel Santo; FERREIRA, Hugo; TEIXEIRA, Nuno. **Exposição ocupacional a campos electromagnéticos em Ressonância Magnética**. 2015. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Radiações Aplicadas às Tecnologias da Saúde, Instituto Politécnico de Lisboa Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Lisboa, 2015. Disponível em: <[http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/4861/1/Exposição ocupacional a campos electromagnéticos em RM.pdf](http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/4861/1/Exposiç%C3%A3o%20ocupacional%20a%20campos%20electromagn%C3%A9ticos%20em%20RM.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2016.

CLEMENTE, Isaac. **Ferromagnetismo**. 2016. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/fisica/ferromagnetismo/>>. Acesso em: 4 jun. 2016.

COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA E DIAGNÓSTICO POR IMAGEM (Brasil). **Programa de Acreditação em Diagnóstico por Imagem**. 3. v. São Paulo: Cbr, 2014. 76 p.

ELIAS JUNIOR, Jorge et al . Complicações do uso intravenoso de agentes de contraste à base de gadolínio para ressonância magnética. **Radiol Bras**, São Paulo , v. 41, n. 4, p. 263-267, Aug. 2008 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-39842008000400013&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842008000400013&lng=en&nrm=iso)>. access on 14 July 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-39842008000400013>

ELMAOGLU, Muhammed; ÇELIK, Azim. **MRI Handbook: MR Physics, Patient Positioning, and Protocols**. New York: Springer Science+business Media Springer Science+business Media, 2012. 331 p.

FERREIRA, Fernanda Meireles; NACIF, Marcelo Souto. **Manual de Técnicas em Ressonância Magnética**. Rio de Janeiro: Rubio, 2011. 431 p.

FERROMAGNETISMO. Disponível em: <<http://fge.if.usp.br/~oliveira/ime8.pdf>>. Acesso em: 3 maio 2016.

FOOD & DRUG ADMINISTRATION. Department Of Health And Human Services. (Org.). **Information for Professionals: MRI Technologists**. Silver Spring: Fda, 2016a. Disponível em: <<http://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/RadiationEmittingProductsandProcedures/Medicallmaging/MRI/ucm482773.htm>>. Acesso em: 10 out. 2016.

FOOD & DRUG ADMINISTRATION. Department Of Health And Human Services. (Org.). **Safety parameter action levels**. Silver Spring: Fda, 2016b. Disponível em: <<http://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/RadiationEmittingProductsandProcedures/Medicallmaging/MRI/default.htm>>. Acesso em: 13 set. 2016b.

FOOD & DRUG ADMINISTRATION. Department Of Health And Human Services. (Org.). **MRI Safety Posters**. Silver Spring: Fda, 2016c. Disponível em: <<https://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/RadiationEmittingProductsandProcedures/Medicallmaging/MRI/ucm482788.htm>>. Acesso em: 18 jul. 2017

GLOBO CIÊNCIA, (Ed.). **Custo e manutenção dos aparelhos de imagem encarecem exames**. 2013. Disponível em: <<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2013/06/custo-e-manutencao-dos-aparelhos-de-imagem-encarecem-exames.html>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

HADDAD, Maria do Carmo Lourenço; ZAGO, Efigênia; ANDREASSA, Flávio José. Desconfortos referidos por indivíduos submetidos à ressonância magnética. **Ciência, Cuidado e Saúde**, Maringá, v. 4, n. 2, p.149-155, maio 2005

HASHEMI, Ray Hashman; BRADLEY JUNIOR, William G; LISANTI, Christopher J. **MRI: The Basic**. 2. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2004.

INSTITUTE FOR MAGNETIC RESONANCE SAFETY EDUCATION AND RESEARCH. **Guidelines for screening patients for mr procedures and individuals for the mr environment**. Disponível em: <[http://imrser.org/PaperPDFRecord.asp?WebRecID=82&PgName=Guidelines&WebRecID=&sb;\\_SummaryTitle=&](http://imrser.org/PaperPDFRecord.asp?WebRecID=82&PgName=Guidelines&WebRecID=&sb;_SummaryTitle=&)>. Acesso em: 20 out. 2016.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC GUIDE 107:2014**: Electromagnetic compatibility - Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications. Disponível em: <<https://webstore.iec.ch/publication/7518>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

INTERNATIONAL SOCIETY FOR MAGNETIC RESONANCE IN MEDICINE (Usa). International Society. **FDA/SMRT MRI Burn Prevention poster at three different sizes and in three languages**. Concord: Fda, 2016. Disponível em: <<http://www.ismrm.org/mr-safety-links/mri-burn-prevention-poster/?cx=010324412810830893301:rcnzpqrss04&cof=FORID:11&q=safety>>. Acesso em: 18 jul. 2017.

KANAL, Emanuel et al. ACR guidance document on MR safe practices: 2013. **Journal Of Magnetic Resonance Imaging**, [s.l.], v. 37, n. 3, p.501-530, 23 jan. 2013. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/jmri.24011>.

LEITE, Claudia da Costa. Fibrose nefrogênica sistêmica: novas diretrizes. **Radiol Bras**, São Paulo , v. 43, n. 2, p. V-VI, abr. 2010 . Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-39842010000200001&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842010000200001&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 30 out. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-39842010000200001>

LIMITED, The Magstim Company. **Magstim MRI Coil: Operating Manual**. United Kingdom: The Magstim Company Limited, 2000. 12 p.

LUFKIN, Robert B. **Manual de ressonância magnética**. 2. ed. Califórnia: Mosby-year Book, Inc, 1990. 338 p.

MAZZOLA, Alessandro A. Ressonância magnética: princípios de formação da imagem e aplicações em imagem funcional. **Revista Brasileira de Física Médica**. 2009; 3(1): 117-29

MAZZOLA, Alessandro André. **Princípios Físicos da Ressonância Magnética**. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/1959997-Introducao-fisica-da-rmn-principios-fisicos-da-ressonancia-magnetica-alessandro-a-mazzola-1-2.html>>. Acesso em: 07 set. 2016.

MRIEQUIP. **MRI Safety**. Disponível em: <<http://www.mriequip.com/store/pc/viewPrd.asp?idproduct=1312&idcategory=57>>. Acesso em: 10 set. 2017.

MRI SAFETY (Estados Unidos). **Acoustic Noise and MRI Procedures.**

Disponível em:

<[http://www.mrisafety.com/SafetyInfov.asp?s\\_keyword=acoustic+noise&s\\_Anywords=&SafetyInfoID=252](http://www.mrisafety.com/SafetyInfov.asp?s_keyword=acoustic+noise&s_Anywords=&SafetyInfoID=252)>. Acesso em: 24 jul. 2017a.

MRI SAFETY(Org.). **Bioeffects of Radiofrequency Fields.** Disponível em:

<<http://www.mrisafety.com/SafetyInfov.asp?SafetyInfoID=251>>. Acesso em: 04 out. 2017b.

MRI SAFETY (Org.). **Claustrophobia, Anxiety, and Emotional Distress.**

Disponível em: <<http://www.mrisafety.com/SafetyInfov.asp?SafetyInfoID=253>>. Acesso em: 02 nov. 2017c.

MRI SAFETY (Org.). **Pregnant Patients and MRI Procedures.** Disponível em:

<<http://www.mrisafety.com/SafetyInfov.asp?SafetyInfoID=195>>. Acesso em: 07 out. 2017d.

MRI SAFETY (Estados Unidos). **Extremity MR System Safety**

**Considerations.** Disponível em:

<<http://www.mrisafety.com/SafetyInfov.asp?SafetyInfoID=176>>. Acesso em: 13 out. 2017e.

MRI SAFETY (Estados Unidos). **Guidelines for Screening Patients for MRI Procedures and Individuals for the MRI Environment.** Disponível em:

<<http://www.mrisafety.com/SafetyInfov.asp?SafetyInfoID=166>>. Acesso em: 23 jun. 2017f.

MUNDIM, Juliano Sacramento et al . Fibrose sistêmica nefrogênica: uma complicação grave do uso do gadolínio em pacientes com insuficiência renal. **Rev. Assoc. Med. Bras.**, São Paulo , v. 55, n. 2, p. 220-225, 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-42302009000200030&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-42302009000200030&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 31 Out. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-42302009000200030>.

NÓBREGA, Almir Inacio da. **Técnicas em Ressonância Magnética Nuclear.** São Paulo: Atheneu, 2006. 134 p.

PAPOTI, Daniel. **Desenvolvimento de bobinas de RF transmissoras e receptoras do tipo phased arrays para experimentos de imagens por ressonância magnética em ratos.** 2011. 144 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/76/76132/tde-25052011-162055/pt-br.php>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

PURCELL, Edward M. **Electricity and Magnetism.** 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2011.

RADIOLOGY, American College Of. **Quality & Safety**. Disponível em: <<http://www.acr.org/Quality-Safety/Radiology-Safety/MR-Safety>>. Acesso em: 04 out. 2016.

SHELLOCK, Frank G.; CRUES, John V.. MR Procedures: Biologic Effects, Safety, and Patient Care. **Radiology**, [s.l.], v. 232, n. 3, p.635-652, set. 2004. Radiological Society of North America (RSNA). <http://dx.doi.org/10.1148/radiol.2323030830>. Disponível em: <<http://www.imrser.org/PDF/Shelllock.Cruet.Radiology.2004.rev.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2017.

SIEMENS AG (Alemanha). Divisão Eletromedicina Siemens Medical Solutions. **Instruções de uso**: Equipamento de Ressonância Magnética. São Paulo: Siemens, 2005. 136 p. Disponível em: <[http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/REL/REL\[11100-1-2\].PDF](http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/REL/REL[11100-1-2].PDF)>. Acesso em: 02 jun. 2017.

SIEMENS AG (Alemanha). Divisão Eletromedicina Siemens Medical Solutions. **Instruções de uso**: Equipamento de Ressonância Magnética. São Paulo: Siemens, 2003. 112 p.

SIEMENS AG (Alemanha). **8-Ch Multifunctional Coil Clothespincoil (CPC)**: Operator's Manual Revision 05. Alemanha: Noras Mri Products, 2016. 58 p.

SOLUTIONS, Imaging (Ed.). **MRI Equipment and Accessories**. Disponível em: <<https://www.imagingsol.com.au/products/3/MRI-Equipment-and-Accessories.html>>. Acesso em: 05 ago. 2017a.

SOLUTIONS, Imaging. **MRI Zone Sign Combo Pack (Small)**. Disponível em: <<https://www.imagingsol.com.au/product/2858/MRI-Zone-Sign-Combo-Pack-Small-.html#>>. Acesso em: 09 set. 2017b.

UNITED STATES DEPARTMENT OF LABOR. Occupational Safety and Health Administration. **OSHA Law & Regulations**. 2017. Disponível em: <<https://www.osha.gov/law-regs.html>> . Acesso em: 15 ago.2017.

USA. ECRI. . **Patient Death Illustrates the Importance of Adhering to Safety Precautions in Magnetic Resonance Environments**. Disponível em: <[http://www.bic.mni.mcgill.ca/~mferre/fmri.html/hazard\\_MRI\\_080601.pdf](http://www.bic.mni.mcgill.ca/~mferre/fmri.html/hazard_MRI_080601.pdf)>. Acesso em: 07 out. 2016.

WASHINGTON. THE JOINT COMMISSION. **Patient Safety Systems (PS)**. 2016. Disponível em: <[https://www.jointcommission.org/assets/1/18/PSC\\_for\\_Web.pdf](https://www.jointcommission.org/assets/1/18/PSC_for_Web.pdf)>. Acesso em: 03 nov. 2016.

WESTBROOK, Catherine. **Manual de Técnicas de Ressonância Magnética**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan Ltda, 2010.

## APÉNDICES

## APÊNDICE A - ROTEIRO - OBSERVAÇÃO

- 1) Construção, local (metragem) e disposição das instalações.
- 2) Portas são mantidas fechadas? Abrem para dentro ou para fora da sala do magneto.
- 3) Condições ambientais
- 4) Ventilação e iluminação
- 5) Equipamentos eletrônicos próximos
- 6) Artefatos nas imagens ocorrem e são notificadas?
- 7) Como é realizada a análise das imagens com suspeita de artefatos?
- 8) Em caso de dúvidas sobre artefatos, é realizada uma segunda sequência de imagens?
- 9) Os componentes de segurança foram substituídos por outras peças?
- 10) As conexões elétricas na sala não cumprirem as especificações das normativas e instruções?
- 11) Testes de qualidade periódicos
- 12) Acessórios guardados em locais seguros
- 13) Detector de metais
- 14) Disposição dos fios e bobinas
- 15) Acessórios compatíveis
- 16) Tipo de equipamento
- 17) Condições do equipamento e suas funções
- 18) Conservação e manutenção do equipamentos
- 19) Blindagens
- 20) Limpeza do setor
  - 20.1) Tipo de material utilizado para limpeza
- 21) Sinalização
  - 21.1) Tipo de sinalização
  - 21.2) Locais onde estão colocadas (pontos suscetíveis a esmagamentos, zonas, materiais restritos e livres de acesso, ...)
  - 21.4) Faltou alguma das sinalizações estabelecidas em diretrizes?
- 22) Materiais ferromagnéticos
- 23) Cadeiras de rodas
- 24) Acessórios hospitalares não metálicos
- 25) Cilindros de oxigênio
- 26) Fichas de anamnese
- 27) Avisos de emergência e medidas de segurança?



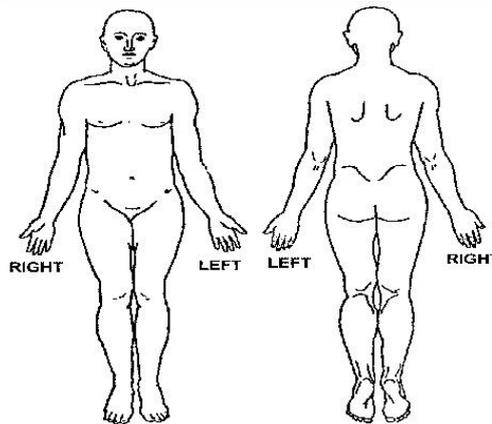


**WARNING:** Certain implants, devices, or objects may be hazardous to you and/or may interfere with the MR procedure (i.e., MRI, MR angiography, functional MRI, MR spectroscopy). Do not enter the MR system room or MR environment if you have any question or concern regarding an implant, device, or object. Consult the MRI Technologist or Radiologist BEFORE entering the MR system room. The MR system magnet is ALWAYS on.

**Please indicate if you have any of the following:**

- Yes  No Aneurysm clip(s)
- Yes  No Cardiac pacemaker
- Yes  No Implanted cardioverter defibrillator (ICD)
- Yes  No Electronic implant or device
- Yes  No Magnetically-activated implant or device
- Yes  No Neurostimulation system
- Yes  No Spinal cord stimulator
- Yes  No Internal electrodes or wires
- Yes  No Bone growth/bone fusion stimulator
- Yes  No Cochlear, otologic, or other ear implant
- Yes  No Insulin or other infusion pump
- Yes  No Implanted drug infusion device
- Yes  No Any type of prosthesis (eye, penile, etc.)
- Yes  No Heart valve prosthesis
- Yes  No Eyelid spring or wire
- Yes  No Artificial or prosthetic limb
- Yes  No Metallic stent, filter, or coil
- Yes  No Shunt (spinal or intraventricular)
- Yes  No Vascular access port and/or catheter
- Yes  No Radiation seeds or implants
- Yes  No Swan-Ganz or thermodilution catheter
- Yes  No Medication patch (Nicotine, Nitroglycerine)
- Yes  No Any metallic fragment or foreign body
- Yes  No Wire mesh implant
- Yes  No Tissue expander (e.g., breast)
- Yes  No Surgical staples, clips, or metallic sutures
- Yes  No Joint replacement (hip, knee, etc.)
- Yes  No Bone/joint pin, screw, nail, wire, plate, etc.
- Yes  No IUD, diaphragm, or pessary
- Yes  No Dentures or partial plates
- Yes  No Tattoo or permanent makeup
- Yes  No Body piercing jewelry
- Yes  No Hearing aid  
*(Remove before entering MR system room)*
- Yes  No Other implant \_\_\_\_\_
- Yes  No Breathing problem or motion disorder
- Yes  No Claustrophobia

Please mark on the figure(s) below the location of any implant or metal inside of or on your body.



**IMPORTANT INSTRUCTIONS**

Before entering the MR environment or MR system room, you must remove all metallic objects including hearing aids, dentures, partial plates, keys, beeper, cell phone, eyeglasses, hair pins, barrettes, jewelry, body piercing jewelry, watch, safety pins, paperclips, money clip, credit cards, bank cards, magnetic strip cards, coins, pens, pocket knife, nail clipper, tools, clothing with metal fasteners, & clothing with metallic threads.

Please consult the MRI Technologist or Radiologist if you have any question or concern BEFORE you enter the MR system room.

**NOTE: You may be advised or required to wear earplugs or other hearing protection during the MR procedure to prevent possible problems or hazards related to acoustic noise.**

I attest that the above information is correct to the best of my knowledge. I read and understand the contents of this form and had the opportunity to ask questions regarding the information on this form and regarding the MR procedure that I am about to undergo.

Signature of Person Completing Form: \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Signature

Form Completed By:  Patient  Relative  Nurse \_\_\_\_\_  
Print name Relationship to patient

Form Information Reviewed By: \_\_\_\_\_  
Print name Signature

MRI Technologist  Nurse  Radiologist  Other \_\_\_\_\_



**APÊNDICE C** – Declaração de finalização de trabalho de curso



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS

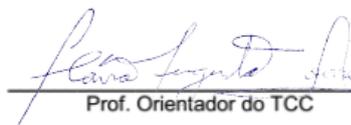
**DECLARAÇÃO DE FINALIZAÇÃO DE TRABALHO DE CURSO**

Declaro que o(a) estudante Noara Thomaz,  
matrícula n° 151004498-1, do Curso Superior de  
Tecnologia em Radiologia, defendeu o trabalho intitulado

**SEGURANÇA PARA PACIENTES E EQUIPE EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA: boas práticas do Tecnólogo em Radiologia na Segurança do setor.**

o qual está apto a fazer parte do banco de dados da Biblioteca Hercílio Luz do Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis.

Florianópolis, 04 de dezembro de 2017.

  
Prof. Orientador do TCC



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA

### **ATA DA DEFESA FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC/RADIOLOGIA)**

Ata da Banca Final de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC/Radiologia) do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, na qual o(a) aluno(a) **Noara Thomaz**, apresentou o seu trabalho para julgamento diante da Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

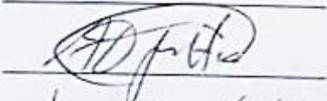
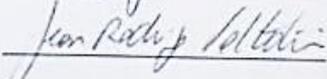
<b>Flávio Augusto P. Soares, Dr.</b>	Presidente Orientador	IFSC
	Coorientador	IFSC
<b>Alexandre D' Agostini Zottis, Dr.</b>	Membro	IFSC
<b>Jean Rodrigo Voltolini</b>	Membro	IFSC

A sessão pública de defesa foi realizada no dia 04/12/2017, às 20:00 horas. A abertura da sessão foi feita pelo presidente da banca que apresentou a Banca Examinadora e deu continuidade aos trabalhos, fazendo uma breve referência ao TCC que tem como Título: **"Segurança para pacientes e equipe em Ressonância Magnética: boas práticas do Tecnólogo em Radiologia na segurança do setor"**. Na sequência, o(a) aluno(a) teve no mínimo, 20 e, no máximo, 30 minutos para exposição do seu trabalho e, após esse ato, cada integrante da Banca Examinadora dispôs de 10 minutos para arguição. Finalmente foi aberto um espaço aos presentes para eventuais perguntas ou comentários sobre o trabalho apresentado.

A banca examinadora em caráter sigiloso conclui por:  Aprovar [ ] Não Aprovar o Trabalho de Conclusão do Curso. Foi dada ciência a(o) aluno(a) que ele(a) só poderá entregar a versão final, mediante a aprovação do(a) professor(a) – orientador(a) e coorientador(a). O envio da nota obtida, para a coordenação do Curso Superior Tecnologia em Radiologia do IFSC, ficará condicionado à entrega de dois CD-ROM com os arquivos digitais do seu TCC no formato PDF para Biblioteca, num prazo máximo de 20 dias. Nada mais havendo a tratar, a sessão foi encerrada às 20 h 15 min, dela sendo lavrada a presente ata, que uma vez aprovada, será assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pela aluna.

Florianópolis, 04 de dezembro de 2017.

Assinaturas:

<b>Flávio Augusto P. Soares, Dr</b>	Presidente Orientador	
	Coorientador	
<b>Alexandre D' Agostini Zottis, Dr.</b>	Membro	
<b>Jean Rodrigo Voltolini</b>	Membro	
<b>Noara Thomaz</b>	Aluna	