

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

SOELIN MAYSA ROCHA BARBOSA

**PROPOSTA DE SIMULADOR COMPUTACIONAL DE EXAMES DE
JOELHO EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA PARA FINS DIDÁTICOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2017

SOELIN MAYSA ROCHA BARBOSA

**PROPOSTA DE SIMULADOR COMPUTACIONAL DE EXAMES DE
JOELHO EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA PARA FINS DIDÁTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação,
apresentado à disciplina Trabalho de diplomação,
do curso de Tecnologia em Radiologia da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do
título de Tecnóloga.

Orientador: Prof. Dr. Charlie Antoni Miquelin.

CURITIBA

2017



FOLHA DE APROVAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO INTITULADO

“Proposta de simulador computacional de exames de joelho em ressonância magnética para fins didáticos”

por

Soelin Maysa Rocha Barbosa

Este trabalho foi apresentado como requisito parcial à obtenção do título de TECNÓLOGO EM RADIOLOGIA pelo Curso Superior de Tecnologia em Radiologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Curitiba, às 10h00min do dia 07 de julho de 2017. O trabalho foi aprovado, conforme a **Ata 218**, pela banca examinadora, composta pelos seguintes professores:

Prof. Charlie Antoni Miquelin, Dr

UTFPR. Presidente

Prof. Edney Milhoretto, Dr

UTFPR

Prof. Walmor Cardoso Godoi, Dr

UTFPR

Visto:

Prof. Danyel Scheidegger Soboll, Dr

Coordenador de TCC do CSTR

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família. Principalmente a minha filha.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter concedido sabedoria em todos os caminhos concluídos até aqui, por ter colocado pessoas maravilhosas em meu caminho que me ajudaram a concluir essa etapa.

Agradeço aos meus pais e meu marido por todo apoio e incentivo durante o curso. Agradeço minha filha por ter sido meu alicerce e ter me dado força e vontade de concluir o curso.

Agradeço ao meu orientador por ter aceitado esse desafio, me incentivado e me ajudado durante a elaboração do trabalho, agradeço ainda mais por toda a paciência que teve.

Agradeço a todos os professores do curso, e aos profissionais que contribuíram muito durante o estágio para minha formação.

Agradeço a todos os amigos, principalmente a Caroline Kretezel Bandeira, a Jaqueline Chiodi e ao Max Souza, que foram presentes e me ajudaram muito com sua dedicação e amizade.

RESUMO

Barbosa, Soelin Maysa Rocha. Proposta de simulador computacional de exames de joelho em Ressonância Magnética para fins didáticos. 2017. 65f. Trabalho de Conclusão de Curso –Tecnologia em Radiologia – Departamento acadêmico de Física. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Levando em consideração a crescente utilização das tecnologias computacionais e a utilização cada vez maior de programas em realidade virtual para a complementação do ensino de estudantes, o trabalho tem o objetivo de elaborar um *software* para simulação dos passos e parâmetros para a prática da realização de exames de joelho em Ressonância Magnética (RM). Para a execução deste objetivo foram pesquisadas e utilizadas sequências de imagens adquiridas em exame de RM de joelho em diferentes ponderações e planos anatômicos. A construção da simulação fez uso dos *softwares* do conjunto Adobe (Adobe flash cs3 e Adobe Photoshop cs3), para elaboração de *layouts* e programação. Foram programados botões variáveis dos parâmetros utilizados na aquisição das imagens em RM (tempo de repetição, tempo de eco, Field of View e número de cortes). A programação dos botões possibilitou ao usuário a seleção de diferentes combinações dos parâmetros resultando em diferentes sequências de imagens com ponderações diferentes. Na construção do aplicativo foram empregadas apenas parâmetros e imagens adquiridas na sequência de pulso Spin Eco (SE) tendo como resultado imagens ponderadas em T1, T2 e densidade de prótons. Com a elaboração deste aplicativo espera-se oportunizar novas práticas didáticas nas aulas de Ressonância Magnética auxiliando o processo de ensino e aprendizagem dos acadêmicos dos cursos de radiologia, melhorando sua prática profissional.

Palavras-chave: Aplicativo didático, Software Didático, Ressonância Magnética, joelho.

ABSTRACT

Barbosa, SoelinMaysa Rocha. Proposal of a computational simulator of Magnetic resonance knee exams for didactic purposes. 2017. 65 f. Course Conclusion Work - Radiology Technology - Academic Department of Physics. Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2017.

Taking into account the increasing use of computational technologies and the increasing use of virtual reality programs to supplement student education, the work has the objective of elaborating software that simulates the steps and parameters for the practice of performing Magnetic Resonance (MRI) knee exams. For the accomplishment of this objective we searched and used sequences of images acquired in Knee MRI examination in different weights and anatomical planes. The construction of the simulation made use of Adobe software packages (Adobe Flash CS3 and Adobe Photoshop CS3) for design and programming. Variable buttons of the parameters used in the acquisition of the RM images (repetition time, echo time, Field of view and number of cuts) were programmed. Button programming enabled the user to select different combinations of parameters resulting in different sequences of images with Different weights. In the construction of the application, only parameters and images acquired in the SE pulse sequence were used, resulting in T1, T2 and proton density-weighted images. With the elaboration of this application it is expected to provide new didactic practices in Magnetic Resonance classes Assisting the teaching and learning process of radiology students, improving their professional practice.

Keywords: Didactic application, Didactic Software, Magnetic Resonance, knee.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Planos anatômicos.....	20
Figura 2:	Anatomia do Fêmur.....	21
Figura 3:	Anatomia da Tíbia e Fíbula.....	21
Figura 4:	Anatomia da patela.....	22
Figura 5:	Anatomia do joelho flexionado em 90°.....	22
Figura 6:	Anatomia do joelho em sua porção posterior.....	23
Figura 7:	Anatomia do joelho demonstrada em corte transversal.....	24
Figura 8:	Anatomia do joelho em corte sagital.....	25
Figura 9:	Anatomia do joelho em corte coronal.....	26
Figura 10:	Anatomia na imagem de Raio X de joelho, incidência ântero posterior.....	27
Figura 11:	Anatomia na imagem de Raio X de joelho, incidência lateral.....	27
Figura 12:	Anatomia na imagem de RM de joelho corte coronal.....	28
Figura 13:	Anatomia na imagem de RM de joelho corte coronal em diferentes posições anatômicas.....	29
Figura 14:	Anatomia na imagem de RM de joelho corte sagital.....	30
Figura 15:	Anatomia na imagem de RM de joelho corte sagital em sua porção mais medial.....	31
Figura 16:	Anatomia na imagem de RM de joelho corte axial.....	32
Figura 17:	Marcação das sequências, sagital, coronal, axial e ligamento.....	35
Figura 18:	Alinhamento no momento magnético dos prótons.....	36
Figura 19:	Alinhamento dos prótons.....	37
Figura 20:	Esquema de funcionamento de uma sequência <i>Spin Eco</i>	40
Figura 21:	Importação das imagens para o Adobe <i>Flash</i>	43
Figura 22:	Página inicial do simulador.....	49

Figura 23:	Interface da terceira etapa da simulação do exame.....	49
Figura 24:	Interface em que o usuário define um tempo de repetição curto.....	51
Figura 25:	Interface em que o usuário define um tempo de repetição longo.....	51
Figura 26:	Etapa que o usuário é redirecionado após a seleção do TR e TE...	52
Figura 27:	Seleção do FOV.....	53
Figura 28:	Mensagem de seleção do FOV mínimo.....	53
Figura 29:	Definição do número de cortes e botão para simular o exame.....	54
Figura 30:	Seleção do número de cortes.....	55
Figura 31:	Resultado da simulação.....	55
Figura 32:	Definição dos parâmetros em uma sequência coronal.....	56
Figura 33:	Simulação de uma sequência em corte coronal.....	56
Figura 34:	Simulação de uma sequência em corte axial.....	57
Figura 35:	Resultado da simulação em axial.....	57
Figura 36:	Interface da simulação da sequência ligamento.....	58
Figura 37:	Resultado final da simulação do ligamento.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Tabela de valores de referencia de T1 e T2.....	38
-----------	---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:	Tempo de repetição e eco em diferentes sequências.....	40
-----------	--	----

LISTA DE SIGLASE ABREVIATURAS

AP:	Ântero posterior
CONTER:	Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia
DICOM:	<i>Digital Imaging and Communication in Medicine</i>
FOV:	<i>Fiel of View</i>
GB:	Gigabyte
GE:	Gradiente Eco
GHZ:	Gigahertz
HD:	Disco rígido
Jpeg:	<i>Joint photographics expert group</i>
Kv:	Quilo-volt
LD:	Lateral direita
LE:	Lateral esquerda
NEX:	Número de excitações
mAs:	Mili Ampere x Segundo
MHz:	Megahertz
PD:	Ponderação de prótons
Psd:	<i>Photoshop</i>
RM:	Ressonância magnética
RF:	Radiofrequência
SE:	Spin Eco
TE:	Tempo de Eco
TR:	Tempo de repetição
2 D:	Duas dimensões
3 D:	Três dimensões

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1.1 OBJETIVOS	15
1.1.2 Objetivo Geral	15
1.1.3 Objetivos Específicos	15
2 REVISÃO DA LITERATURA	16
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1.1 Modelagem Computacional	16
2.1.2 Simulação	17
2.1.3 Layouts	18
2.1.4 Planos anatômicos.....	19
2.1.5 Anatomia do joelho	20
2.1.6 Anatomia do joelho nas imagens médicas.....	26
2.1.7 Protocolo.....	32
2.1.7 Ponderações.....	35
3 METODOLOGIA	41
3.1.1 Materias e métodos.....	41
4 RESULTADOS	45
5 DISCUSSÃO	59
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia computacional vem mudando a prática de várias atividades, tanto de negócios, como científicas, empresarias e educacionais. Através destes avanços estão disponíveis diversos *softwares* que auxiliam no ensino e aprendizagem, inclusive *softwares* que auxiliam no ensino de diversas áreas da saúde, programas computacionais que conseguem reproduzir situações práticas, facilitando, por exemplo, o ensino de cirurgias que conseguem aprender através da virtualização de cirurgias (VALENTE J. A1999;OLIVEIRA,2012; OLIVEIRA,2013).

O ensino de Ressonância Magnética (RM) no Brasil vem sendo exposto aos estudantes através de literatura, exercícios práticos, experimentos em laboratórios e através da utilização de ferramentas como *softwares* de apresentação. Tais metodologias auxiliam no ensino das bases físicas da RM entretanto não suprem a necessidade de correlação com a parte prática desta modalidade de exames radiológicos. Desta forma, nem sempre se consegue deixar evidente a influência dos parâmetros físicos nas imagens de RM. Atualmente faltam recursos didáticos para tal.

É possível observar as dificuldades que docentes da área possuem em acessar ferramentas didáticas para apresentar a relação dos parâmetros técnicos com o exame propriamente dito. Sabendo que a utilização de ambientes informatizados, que o uso de ferramentas de *softwares* educativos previamente avaliados pelo docente, e acompanhados de uma didática construtiva e evolutiva, pode ser uma importante ajuda para as aulas de RM, surgiu à oportunidade do desenvolvimento de um *software* didático que possibilitará aos discentes a oportunidade de melhorar e ou facilitar o entendimento de como os parâmetros técnicos influenciam nas imagens de RM, o que trará melhor assimilação de importantes bases dos exames de RM, especificamente dos exames de joelho. (MAGEDANZ, 2004).

1.1 OBJETIVOS

A seguir estão apresentados os objetivos gerais e específicos deste trabalho.

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma ferramenta computacional que simule a escolha de parâmetros em exames de joelho, e exiba imagens resultantes destas escolhas.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho estão apresentados a seguir:

- Realizar pesquisa em uma Clínica de exames radiológicos situada em Curitiba para saber qual protocolo de exames é utilizado (A clínica prefere não ser identificada);
- Desenvolver uma interface gráfica para o *software*;
- Desenvolver um sistema de interação com o usuário que permita a escolha de parâmetros básicos de aquisição de imagens em exames de joelho em RM;
- Demonstrar através das imagens resultantes da escolha dos parâmetros função dos parâmetros TR e TE na definição da imagem de RM;

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

Para melhor compreensão do desenvolvimento do trabalho, inicialmente serão apresentados conceitos relacionados aos modelos computacionais, simuladores, layouts e planos anatômicos, a anatomia do joelho e a anatomia na imagem de RM do joelho. Finalmente serão apresentadas as informações sobre o protocolo usualmente utilizado para realização do exame de joelho, dissertando posteriormente com maiores detalhes sobre as sequências utilizadas.

2.1.1 MODELAGEM COMPUTACIONAL

O conceito de modelagem computacional é definido por ser um conjunto de informações a cerca de um determinado processo ou sistema. O modelo é algo novo, um novo 'mundo' que tem por finalidade representar fatos, eventos, objetos ou processos que acontecem em nossa realidade ou ainda em uma realidade imaginária. Comumente a representação é mais simples do que a realidade a ser modelada. Os modelos computacionais geralmente servem para que o usuário interaja com esse modelo com a finalidade de compreender melhor o fato que foi representado (SAMPAIO, 2009; COUTO, 2003).

Os modelos computacionais podem ser desenvolvidos através de *softwares* matemáticos ou ainda de *softwares* de ambientes virtuais, ambos que permitam a inclusão dessa representação em sistemas computacionais (SAMPAIO, 2009).

Esse tipo de representação computacional é uma ferramenta de auxílio para que o usuário procure achar soluções aos seus problemas, exemplo um estudante com dificuldade em determinada área do ensino que vai a busca de ferramentas computacionais para melhor entendimento da matéria em que tem dúvida, ou ainda um estudante que resolve produzir um modelo computacional e para isso precisa se aprofundar em determinado assunto. Ou seja, esse tipo de modelo é uma ótima

ferramenta no auxílio do processo ensino-aprendizagem, pois exige de alguma forma que o discente coloque seus conhecimentos teóricos em prática.

Os modelos podem ser subdivididos de diversas formas, como o enfoque do trabalho é um simulador computacional didático serão apresentados os conceitos mais relevantes para a educação. Pode ser classificado em: modelos dinâmicos ou estáticos, quantitativos e qualitativos.

Os modelos dinâmicos são representações que permitem alterações com o passar do tempo, caso não permitam são modelos estáticos. Os quantitativos são baseados em variáveis matemáticas e suas relações, como, por exemplo, as planilhas do programa Excel. Os qualitativos são baseados em representação de objetos e sua relação com a realidade a ser representada, como, por exemplo, modelos que prevêm fenômenos (SAMPAIO, 2009).

Na área da saúde as representações computacionais vêm sendo utilizadas para reproduzir fenômenos biológicos, ensino de anatomia, biomecânica (para se compreender os movimentos corporais), mais especificamente na radiologia pode-se citar como exemplo os modelos computacionais utilizados em desenvolvimento de fantasmas virtuais para cálculo de dose e simulação de imagens (NEVES; FIOCCO; GODOY, 2011).

2.1.2 SIMULAÇÃO

Segundo Sampaio (2009), a simulação se descreve por ser uma ferramenta computacional que tem como objetivo a replica da realidade de determinado objeto ou situação, ou seja, *softwares* com objetivo de simulação focam em resultados que são gerados através da execução de programas por modelos computacionais.

Os *softwares* de simulação são o grande êxito do computador utilizado em sala de aula, afinal através deste tipo de programa são representadas ao estudante situações que o professor não consegue demonstrar na teoria, exemplo experiências químicas que são perigosas para os estudantes (VALENTE, 1998).

A simulação é classificada em aberta ou fechada. O que caracteriza a simulação aberta é a possibilidade de o usuário elaborar hipóteses através da simulação. No caso da simulação aberta o aprendiz compreende o fenômeno simulado através do ciclo: descrição – execução – reflexão – depuração – descrição (VIEIRA, 1999).

Já a simulação fechada é aquela que apenas reproduz a realidade sem a interação do usuário, nesse caso o utente não reflete nem cria hipóteses sobre o objeto simulado, nesse caso o usuário pode ainda definir poucos parâmetros (VIEIRA, 1999).

Para Valente (1998) o que diferencia uma simulação de aberta ou fechada é que a aberta o usuário define praticamente todos os parâmetros e na fechada a interação é limitada.

2.1.3 LAYOUTS

O termo *layout* é um termo mais sofisticado para elaboração de um *design*. No caso do desenvolvimento do *software* proposto neste trabalho foram realizados *designs* das páginas inicial, página de escolha do corte, ajustes de parâmetros e pagina com o resultado final.

Levou-se em conta para a elaboração dos *layouts* algumas recomendações. O tamanho, cor e disposição dos elementos são de extrema importância para cativar a atenção do usuário, devem estar bem dispostos na pagina para que assim o usuário se localize com facilidade. As páginas devem ter elementos grandes que sejam facilmente localizados e os elementos devem fazer contraste com o fundo da tela, por isso a importância das cores, exemplo as cores preto e branco que contrastam e acabam deixando a página e seus elementos com maior evidencia (KRUG,2005).

Na elaboração do *layout* das páginas deve-se tomar cuidado com a sobrecarga de itens, páginas muito sobrecarregadas acabam fazendo com que o usuário perca o interesse. É importante deixar uma boa quantidade da página vazia. O alinhamento dos componentes da página deve-se ser realizado de modo que facilite a leitura, objetos desalinhados causam desconforto para o usuário afinal

exigem que o usuário movimente de maneira exagerada os olhos (REATEGUI, 2007).

Para a execução de *softwares* com fins didáticos é importante que todos os elementos listados acima sejam executados, além de uma organização dos itens do *software* em uma ordem que faça o discente pensar em conceitos anteriormente adquiridos (REATEGUI, 2007).

2.1.4 PLANOS ANATÔMICOS

São três os planos de corte comumente utilizados para obter-se as imagens em exames de RM: o plano coronal, sagital e axial. É importante observar e saber diferenciar estes planos de corte, para se compreender as imagens obtidas em exames de RM(WESTBROOK,2010).

O sagital é um plano de corte que se delimita nas partes esquerda e direita. O axial também conhecido como transversal é o plano que se delimita entre superior e inferior. O plano coronal ou frontal é um plano longitudinal que se delimita em anterior e posterior (SOBOTTA, 2000) como se observa na Figura1.

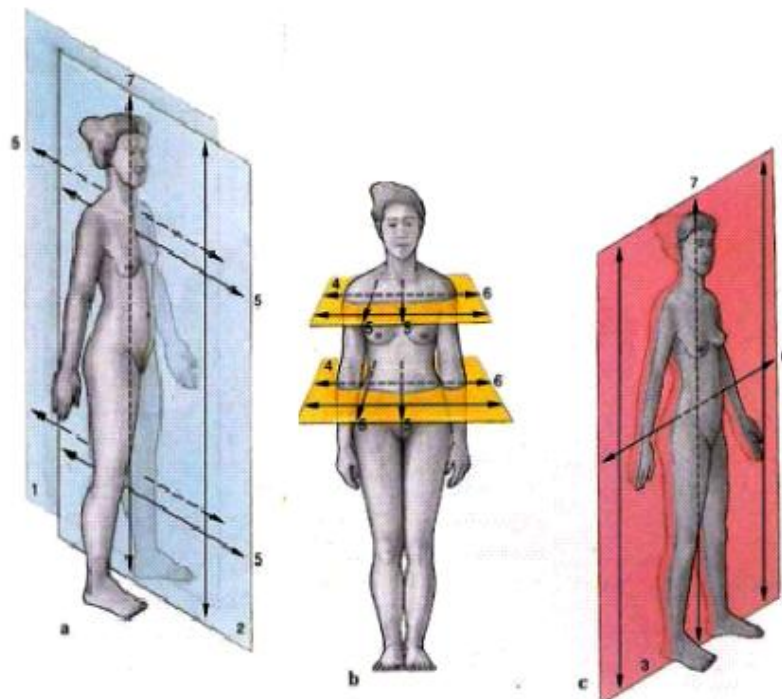


Figura 1: Em (a) nota-se o plano sagital, em (b) o plano axial ou transverso e em (c) o plano coronal. Em 1 plano sagital, 2 plano sagital mediano, 3 plano frontal ou coronal, 4 plano transversal ou axial, 5 eixo sagital, 6 eixo transversal e 7 eixo longitudinal.

Fonte: Sobotta, 2000.

2.1.5 ANATOMIA DO JOELHO

O joelho é uma articulação móvel, por isso pode-se movimentá-lo. Denominam-se essas articulações móveis do corpo humano de juntas sinoviais ou Diartrose, nessas juntas têm-se estruturas que são recobertas por uma cartilagem articular e unidas através de ligamentos. O joelho é a estrutura articular mais completa do corpo humano, permitindo movimentos de flexão, extensão e alguns movimentos de rotação.

O joelho está localizado entre dois dos ossos mais importantes do corpo humano, o fêmur e a tíbia. O fêmur em sua anatomia óssea na parte mais distal contém os epicôndilos lateral e medial, o tubérculo do músculo adutor, a face patelar e a face poplíteia, côndilos lateral e medial, linha intercondilar, a fossa intercondilar e o sulco poplíteo. Na Figura 2 tem-se a representação do fêmur (SOBOTTA, 2000).



Figura 2: Nota-se em diferentes posições o fêmur. Na primeira imagem tem-se a estrutura em sua vista anterior, na segunda em sua vista posterior e na terceira sua vista distal.

Fonte: Sobotta (2000) adaptada.

Na porção proximal da fíbula percebem-se as seguintes estruturas: cabeça, ápice da cabeça da fíbula, colo, crista medial, face articular da cabeça e margem posterior. Na porção proximal da tíbia nota-se a face articular superior, côndilo lateral, área intercondilar anterior, côndilo medial, tuberosidade da tíbia, eminência intercondilar, tubérculo intercondilar medial, tubérculo intercondilar lateral, área intercondilar posterior e face articular fibular. Estruturas descritas na Figura 3. (SOBOTTA, 2000)

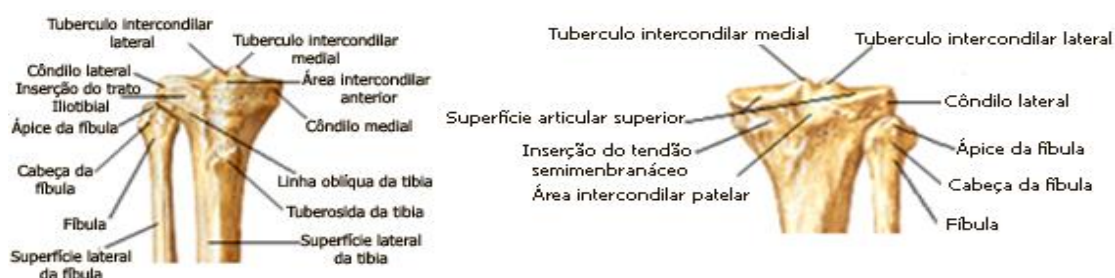


Figura 3: Vistas anterior e posterior das porções proximais da tíbia e da fíbula.

Fonte: Netter (2000) adaptada.

Ainda se tratando da anatomia óssea, tem-se a patela o maior osso sesamóide (pequenos ossos que se desenvolvem em tendões) do corpo humano. As estruturas presentes na patela são: base da patela, face anterior, face articular e ápice da patela. (SOBOTTA, 2000). Verificam-se as estruturas listadas na Figura 4.



Figura 4: Vista anterior e posterior da patela.

Fonte: Sobotta(2000) adaptada.

Com o joelho flexionado em 90° são evidenciadas as seguintes estruturas: Côndilo lateral, côndilo medial, menisco lateral, menisco medial, face patelar, cabeça da fíbula, tuberosidade da fíbula, os ligamentos: cruzado anterior e cruzado posterior, transverso do joelho e anterior da cabeça da fíbula. Clinicamente as estruturas mais importantes são os ligamentos cruzado posterior e anterior, pois são os ligamentos do joelho com maior índice de rompimento em traumas. (SOBOTTA, 2000) Na figura 5 percebem-se as estruturas estudadas.



Figura 5: Joelho flexionado em 90°, estruturas descritas após a remoção da capsula articular e dos ligamentos laterais.

Fonte: Sobotta, 2000.

Os músculos encontrados na estrutura são: adutor magno, gastrocnêmio, semimembranoso, plantar, bíceps femoral, poplíteo. (SOBOTTA, 2000). Na Figura 6 são evidenciados os músculos e as seguintes estruturas: fêmur, tíbia e a fíbula

Ligamentos: poplíteo oblíquo, colateral fibular, poplíteo arqueado, além da membrana interóssea da perna

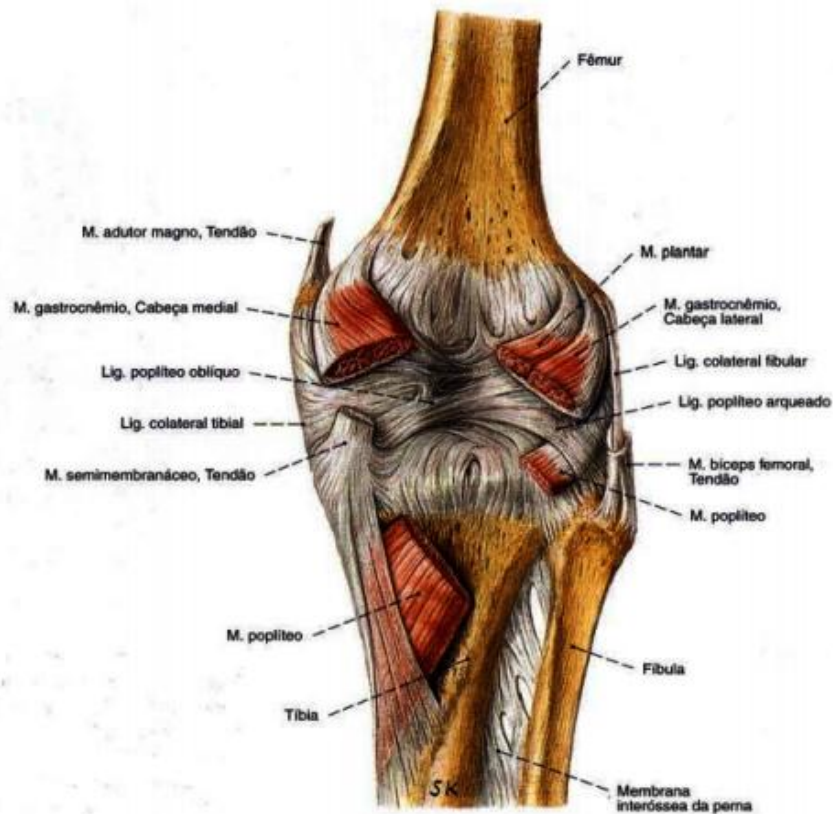


Figura 6: Vista posterior do joelho, evidenciando os músculos e ligamentos.

Fonte: Sobotta , 2000 , adaptada

Nota-se com maiores detalhes a anatomia do joelho no plano axial (corte no meio da estrutura), descrevendo as estruturas presentes na patela e no fêmur, sendo elas a bolsa subcutânea pré-patelar, a patela, articulação do joelho, retináculo lateral da patela, face patelar e cartilagem articular, prega sinovial mediopatelar, face articular e cartilagem articular e face anterior, retináculo medial da patela, fêmur, epicôndilo lateral, epicôndilo medial, músculo bíceps femoral, músculo gastrocnêmio (cabeça lateral), músculo gastrocnêmio (cabeça medial), músculo semitendíneo (tendão), músculo semimembranáceo (tendão), músculo grácil (tendão), músculo sartório (tendão), ligamento colateral tibial, artéria poplíteia, veia poplíteia, veia safena

parva, veia safena magna e nervos isquiático (incluindo nervo fibular comum e nervo tibial) (SOBOTTA, 2000). Na Figura 7 estão representadas as estruturas listadas.

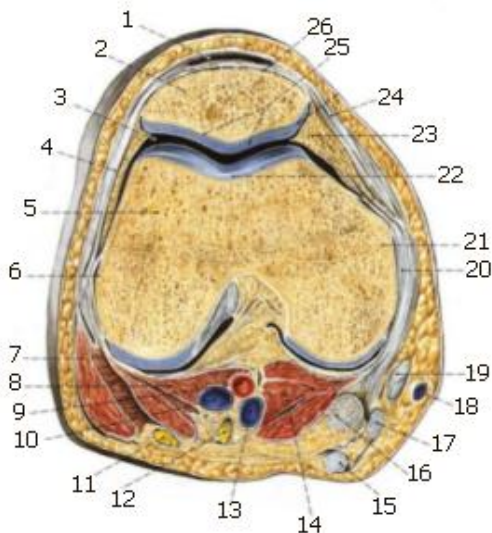


Figura 7: Em **(1)** bolsa subcutânea pré-patelar, **(2)** patela, **(3)** articulação do joelho, **(4)** retináculo lateral da patela, **(5)** fêmur, **(6)** epicôndilo lateral, **(7)** músculo biceps femoral, **(8)** músculo gastrocnêmio – cabeça lateral, **(9)** artéria poplítea, **(10)** veia poplítea, **(11)** nervo fibular comum, **(12)** nervo tibial, **(13)** veia safena parva, **(14)** músculo gastrocnêmio – cabeça medial, **(15)** músculo semitendinêo, **(16)** músculo semimenbranáceo, **(17)** músculo grácil, **(18)** veia safena magna, **(19)** músculo sartório, **(20)** ligamento colateral tibial, **(21)** epicôndilo medial, **(22)** face patelar, **(23)** prega sinovial mediopatelar, **(24)** retináculo medial da patela, **(25)** face articular – cartilagem articular e **(26)** face anterior.

Fonte: Sobotta, 2000.

Em um corte Sagital (no meio da estrutura), são realçadas as seguintes estruturas: bolsa suprapatelar, músculo quadríceps femoral no tendão, fêmur (face patelar), a patela (base, face anterior, face articular e ápice), corpo adiposo intrapatelar, menisco lateral (corno anterior), ligamento da patela, tíbia (côndilo lateral), músculo tibial anterior, fêmur (côndilo lateral), cápsula articular e ligamento poplíteo arqueado, menisco lateral (corno posterior), músculo poplíteo (tendão), recesso subpoplíteo, ligamento posterior da cabeça da fíbula, articulação tibiofibular e músculo sóleo. (SOBOTTA,2000). Na Figura 8verificam-se as estruturas listadas.

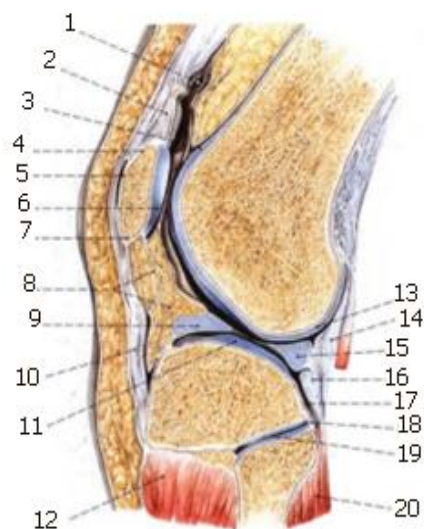


Figura 8: Em **(1)** bolsa suprapatelar, em **(2)** músculo quadríceps femoral e tendão, **(3)** fêmur e face patelar, **(4)** base da patela, **(5)** face anterior da patela, **(6)** face articular da patela, **(7)** ápice da patela, **(8)** corpo adiposo infrapatelar, **(9)** menisco lateral (corno anterior), **(10)** ligamento da patela, **(11)** tíbia e côndilo lateral, **(12)** músculo tibial anterior, **(13)** côndilo lateral do fêmur, **(14)** cápsula articular, **(15)** menisco lateral (corno posterior), **(16)** músculo poplíteo, **(17)** recesso subpoplíteo, **(18)** ligamento posterior da cabeça da fíbula, **(19)** articulação tibiofibular e **(20)** músculo sóleo.

Fonte: Sobotta, 2000.

Já na vista em coronal (meio da estrutura) nota-se o músculo vasto lateral, epicôndilo lateral, ligamento cruzado anterior, músculo poplíteo (tendão), fêmur (côndilo lateral), cápsula articular, menisco lateral, tíbia (côndilo lateral), eminência intercondilar, músculo tibial anterior, músculo vasto medial, músculo adutor magno (tendão), epicôndilo medial, ligamento colateral tibial, ligamento cruzado posterior, fêmur (côndilo medial), menisco medial, tíbia (côndilo medial) e músculo sóleo. (SOBOTTA, 2000). Observa-se na Figura 9.



Figura 9: Em **(1)** músculo vasto lateral, **(2)** epicôndilo lateral, **(3)** ligamento cruzado anterior, **(4)** músculo poplíteo, **(5)** côndilo lateral do fêmur, **(6)** cápsula articular, **(7)** menisco lateral, **(8)** côndilo lateral da tíbia, **(9)** eminência intercondilar, **(10)** músculo tibial anterior, **(11)** músculo vasto medial, **(12)** músculo adutor magno, **(13)** epicôndilo medial, **(14)** ligamento colateral tibial, **(15)** ligamento cruzado posterior, **(16)** côndilo medial do fêmur, **(17)** menisco medial, **(18)** côndilo medial da tíbia e **(19)** músculo sóleo.

Fonte: Sobotta, 2000.

2.1.6 ANATOMIA DO JOELHO NAS IMAGENS MÉDICAS

As imagens obtidas através da RM são imagens que auxiliam no estudo com maiores detalhes da estrutura, evidenciando músculos e ligamentos. Além da evidencia das chamadas estruturas moles, na RM obtém-se imagens nos diferentes planos (WEIR; ABRAHAMS; SPRATT; SALKOWSKI, 2011).

Nas radiografias convencionais são usualmente realizadas duas incidências (ântero posterior [AP] e lateral), onde se obtém com maior detalhamento a parte óssea. (BONTRAGER,2005). Notam-se destacadas as estruturas do joelho demonstradas nas imagens de Raios-X nas Figuras 10 e 11.

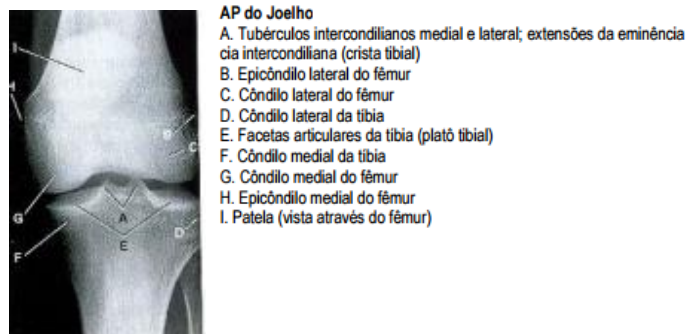


Figura 10: Radiografia em incidência Antero posterior de joelho. Anatomia na imagem destacada com legenda ao lado da figura.

Fonte: Bontrager, 2005.

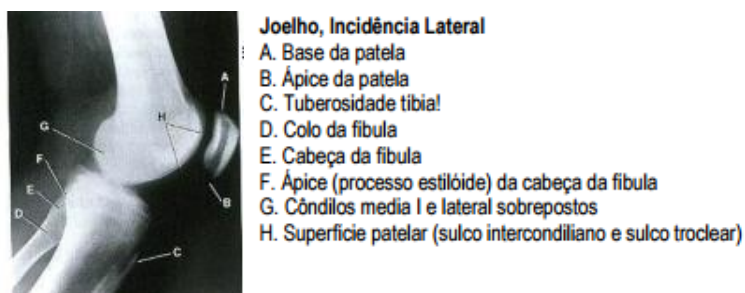


Figura 11: Radiografia em incidência lateral de joelho. Anatomia na imagem destacada com legenda ao lado da figura.

Fonte: Bontrager, 2005.

Em comparação com as imagens de radiografias convencionais nota-se que as imagens de RM são mais detalhadas, e fornecem maiores informações das partes denominadas de partes moles da estrutura, tendões, músculos e parte venosa. Nos próximos parágrafos será detalhada a anatomia na imagem de RM de joelho.

Notam-se no corte coronal em sua posição mais posterior as seguintes estruturas: côndilo femoral medial, côndilo femoral lateral, cabeça da fibula, articulação tibiofibular proximal, ligamento colateral lateral, trato iliotibial, tendão do músculo poplíteo, músculo poplíteo, veia safena, músculo sartório, tendão do músculo reto, artéria poplíteia, nervo fibular, músculo gastrocnêmio, músculo semimembranoso, corno posterior do menisco medial, corno posterior do menisco

lateral, cabeça lateral do músculo gastrocnêmio, músculo bíceps femoral, músculo sóleo, músculo fibular, músculo extensor dos dedos, ligamento cruzado anterior (WEIR; ABRAHAMS; SPRATT; SALKOWSKI, 2011) Nota-se na Figura 12.

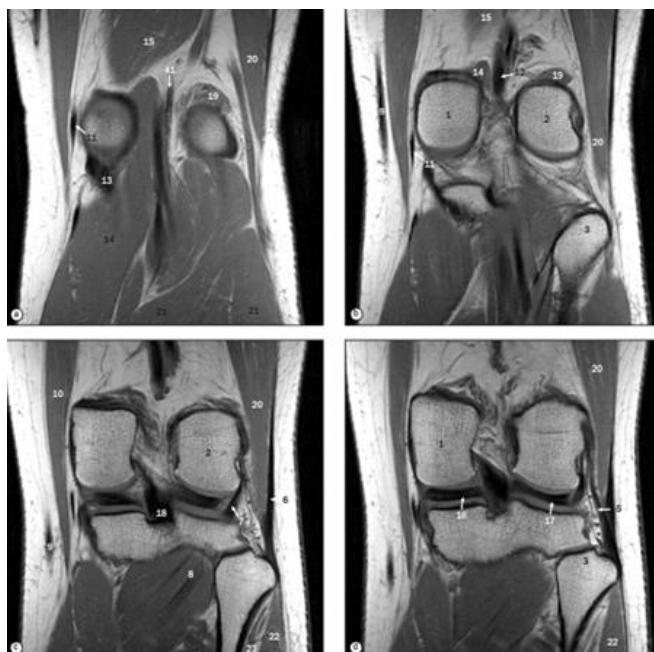


Figura 12: Corte coronal em sua posição mais posterior, percebe-se a anatomia na imagem.

Em **(1)** côndilo medial femoral, **(2)** côndilo femoral medial, **(3)** cabeça da fíbula, **(4)** articulação tibiofibular proximal, **(5)** ligamento colateral lateral, **(6)** trato iliotibial, **(7)** tendão do músculo poplíteo, **(8)** músculo poplíteo, **(9)** veia safena, **(10)** músculo sartório, **(11)** tendão do músculo reto, **(12)** artéria poplíteia, **(13)** nervo fibular, **(14)** músculo gastrocnêmio, **(15)** músculo semimenbranáceo, **(16)** corno posterior do menisco medial, **(17)** corno posterior do menisco lateral, **(18)** ligamento cruzado anterior, **(19)** cabeça lateral do músculo gastrocnêmio, **(20)** músculo bíceps femoral, **(21)** músculo sóleo, **(22)** músculo fibular, **(23)** músculo extensor dos dedos e **(24)** ligamento cruzado anterior.

Fonte: Atlas de anatomia humana por técnicas de imagen, 2011.

Em sua porção mais anterior notam-se as seguintes estruturas: menisco medial, menisco lateral, tuberosidade tibial, côndilo medial e lateral da tibia, músculo vasto medial, artéria superior do joelho, artéria superior medial do joelho, ligamento colateral medial, ligamento colateral lateral, inserções musculares, artéria inferior medial do joelho, músculo vasto lateral, músculo vasto lateral, músculo tibial posterior, menisco medial, músculo tibial anterior e nervo tibial (WEIR; ABRAHAMS; SPRATT; SALKOWSKI, 2011). Percebe-se a anatomia da imagem na Figura 13.

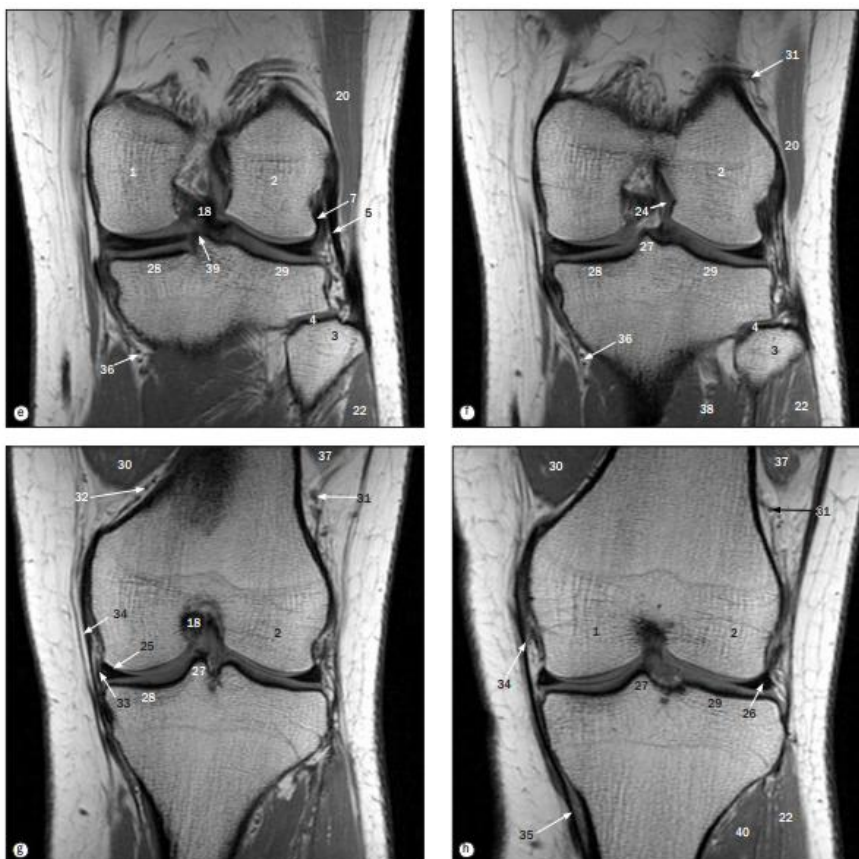


Figura 13: Em **(25)** menisco medial, **(26)** menisco lateral, **(27)** tuberosidade tibial, **(28)** côndilo medial e lateral da tibia, **(29)** músculo vasto medial, **(30)** artéria superior do joelho, **(31)** artéria superior medial do joelho, **(32)** ligamento colateral medial, **(33)** ligamento colateral lateral, **(34)** incursões musculares, **(35)** artéria inferior medial do joelho, **(36)** músculo vasto lateral, **(37)** músculo vasto lateral, **(38)** músculo tibial posterior, **(39)** menisco medial, **(40)** músculo tibial anterior e **(41)** nervo tibial

Fonte: Atlas de anatomia humana por técnicas de imagen,2011.

No corte Sagital em sua posição lateral notam-se as estruturas: ligamento cruzado anterior, ligamento cruzado posterior, corno anterior do menisco medial, corno posterior do menisco medial, corno anterior do menisco lateral, corno posterior menisco lateral, côndilo femoral medial, côndilo femoral lateral, artéria e veias lado superior do joelho, divisória intermuscular mediana medial, artéria superior do joelho, tendão músculo quadríceps, tendão patelar, patela, linha epifisária, linha tibial lateral, linha medial tibial, cabeça da fíbula, articulação tibiofibular proximal, tendão poplíteo,

músculo poplíteo, cabeça lateral do músculo gastrocnêmio, músculo sóleo músculo vasto medial(WEIR; ABRAHAMS; SPRATT; SALKOWSKI, 2011).



Figura 14: Em **(1)** ligamento cruzado anterior, **(2)** ligamento cruzado posterior, **(3)** corno anterior do menisco medial, **(4)** corno posterior do menisco medial, **(5)** corno anterior do menisco lateral, **(6)** corno posterior menisco lateral, **(7)** côndilo femoral medial, **(8)** côndilo femoral lateral, **(9)** artéria e veias lado superior do joelho, **(10)** divisória intermuscular mediana medial, **(11)** artéria superior do joelho, **(12)** tendão músculo quadríceps, **(13)** tendão patelar, **(14)** patela, **(15)** linha epifisária, **(16)** linha tibial lateral, **(17)** linha medial tibial, **(18)** cabeça da fíbula, **(19)** articulação tibiofibular proximal, **(20)** tendão poplíteo, **(21)** músculo poplíteo, **(22)** cabeça lateral do músculo gastrocnêmio, **(23)** músculo sóleo e **(24)** músculo vasto medial

Fonte: Atlas de anatomia humana por técnicas de imagen,2011.

Em sua parte mais medial notam-se as seguintes estruturas: músculo tibial anterior, gordurainfrapatelar, músculo semimembranoso, tendão semimembranoso, tendão do músculo semitendíneo, tendão do músculo sartório, cabeça medial do músculo do gastrocnêmio, tubérculo do adutor, artéria poplíteo, cabeça medial tendão gastrocnêmio, retináculo patelar medial, retináculo patelar lateral, cápsula articular posterior, ligamento transverso, ligamento menisco femoral, tuberosidade

tibial, músculo bíceps femoral, músculo plantar, tuberosidade tibial e nervo fibular comum (WEIR; ABRAHAMS; SPRATT; SALKOWSKI, 2011).



Figura 15: Em **(25)** músculo tibial anterior, **(26)** gordura infrapatelar, **(27)** músculo semimembranáceo, **(28)** tendão semimembranáceo, **(29)** tendão do músculo semitendíneo, **(30)** tendão do músculo sartório, **(31)** cabeça medial do músculo do gastrocnêmio, **(32)** tubérculo do adutor, **(33)** artéria poplítea, **(34)** cabeça medial tendão gastrocnêmio, **(35)** retináculo patelar medial, **(36)** retináculo patelar lateral, **(37)** cápsula articular posterior, **(38)** ligamento transverso, **(39)** ligamento meniscofemoral, **(40)** tuberosidade tibial, **(41)** músculo bíceps femoral, **(42)** músculo plantar, **(43)** tuberosidade tibial e **(44)** nervo fibular comum.

Fonte: Atlas de anatomia humana por técnicas de imagen,2011.

No corte axial percebem-se as seguintes estruturas: tendão patelar, retináculo lateral da patela, retináculo patelar medial, trato iliotibial, tendão do músculo semitendíneo, ligamento colateral médio, veia safena magna, músculo sartório, tendão do músculo reto, tendão de músculo semimembranáceo, ligamento colateral lateral, tendão do músculo bíceps femoral ,ligamento cruzado posterior, ligamento cruzado anterior, cabeça do músculo gastrocnêmio medial, bíceps femoral, cabeça lateral do gastrocnêmio, menisco medial ,artéria poplítea ,veia poplítea,músculo poplíteo , tendão poplíteo, nervo peroneal comum, côndilo

lateral da fossa patelar, veias safenas, gordura infrapatelar, falácia lata, linha tibial , cômulo femoral medial e cômulo femoral lateral (WEIR; ABRAHAMS; SPRATT; SALKOWSKI, 2011)Nota-se na Figura 16.

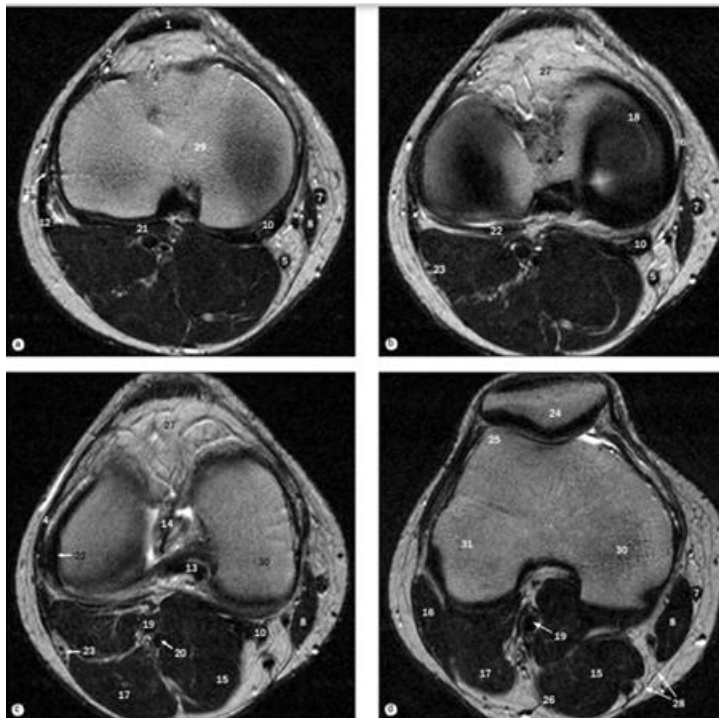


Figura 16: Em (1) tendão patelar, (2) retináculo lateral da patela, (3) retináculo patelar medial, (4) trato iliotibial, (5) tendão do músculo semitendíneo, (6) ligamento colateral médio, (7) veia safena magna, (8) músculo sartório, (9) tendão do músculo reto, (10) tendão de músculo semimembranáceo, (11) ligamento colateral lateral, (12) tendão do músculo bíceps femoral, (13) ligamento cruzado posterior, (14) ligamento cruzado anterior, (15) cabeça do músculo gastrocnêmio medial, (16) bíceps femoral, (17) cabeça lateral do gastrocnêmio, (18) menisco medial, (19) artéria poplítea, (20) veia poplítea, (21) músculo poplíteo, (22) tendão poplíteo, (23) nervo peroneal comum, (24) cômulo lateral da fossa patelar, (25) veias safenas, (26) gordura infrapatelar, (27) falácia lata, (28) linha tibial. (29) cômulo femoral medial e (30) cômulo femoral lateral.

Fonte: Atlas de anatomia humana por técnicas de imagen,2011.

2.1.7 PROTOCOLO

A RM vem se consagrando nos últimos tempos, como o exame para fim de diagnóstico por imagem mais relevante na investigação de doenças osteoarticulares, dentre elas as diferentes classificações de artrite, osteoartrite, entre outras. As imagens obtidas através da RM são imagens de alta definição, e nos três diferentes

planos anatômicos, o que torna o exame abundante em detalhes, com informações detalhadas da estrutura (WESTBROOK, 2010).

A análise das articulações é uma das grandes aplicações da RM. O estudo do joelho através da RM é comumente solicitado pelos médicos, dados coletados no período de aproximadamente dois anos, no Hospital de Clínicas da Faculdade de Ribeirão Preto, demonstram que nesse período realizou-se cerca de 520 RM de joelho, uma média de quase um exame / dia (MUGLIA; SIMÃO; JÚNIOR; TRAD, 2001).

O exame de joelho é comumente solicitado devido ao grande número de incidentes traumáticos, acidentes no esporte além das doenças degenerativas que acometem em grande número aos idosos (MUGLIA; SIMÃO; JÚNIOR; TRAD, 2001).

Para se iniciar o exame o profissional responsável deverá preencher uma ficha de cadastro para identificação do paciente e exame realizado, além de definição de parâmetros. Existem algumas normas pré-estabelecidas para realização do exame, como o correto preenchimento de dados do paciente na hora da realização do exame, posição da mesa de exame e paciente se no momento de realização do exame estava em Decúbito dorsal (*Supino*), decúbito ventral (*prone*), lateral direita (LD) ou lateral esquerda (LE). Outra informação importante a ser descrita é se o paciente entrou com a cabeça em direção ao magneto (*HeadFirst*) ou com os pés (*FeetFirst*) (FELIX, Acesso em 2016).

Com as identificações realizadas, o profissional irá escolher um protocolo de exame, este geralmente já pré-estabelecido na máquina (realizado por médicos radiologistas e profissionais da radiologia). O protocolo consiste nas sequências que deverão ser realizadas para o estudo de determinada estrutura.

No caso do estudo do joelho são realizadas usualmente (cada clínica ou hospital tem seu protocolo, há pequenas diferenças na realização das sequências, principalmente nas ponderações utilizadas), uma série de imagens nos três planos para demarcação do exame, uma série Sagital T1 ou ponderação de prótons (PD), uma série T2 ou com supressão de gordura, séries no plano coronal T1 ou T2. (na

clínica que se realizou estudo do protocolo é feito a sequência coronal PD) e uma série no plano axial para avaliação da patela e cartilagens (NÓBREGA, 2007).

A série em axial tem como objetivo demonstrar a articulação do joelho permitindo então um estudo da posição da articulação. A série sagital demonstra de forma clara a anatomia da articulação com enfoque nos músculos, tendões, ligamentos, menisco e cartilagem. A série coronal é de extrema relevância para a avaliação dos ligamentos e menisco (NÓBREGA, 2007).

No trabalho foram simuladas as sequências realizadas na clínica, Sagital T1, Sagital PD com supressão da gordura, Coronal PD com supressão da gordura, Axial PD com supressão da gordura e Coronal T2 para ligamento.

Para marcação das sequências de joelho, segundo a literatura, para marcação da sequência sagital o FOV (*Field of view*) deve estar posicionado na imagem em sagital, na sequência coronal os cortes devem ser alinhados perpendicularmente ao platô tibial e o axial alinhado com os côndilos. Já para adquirir uma sequência em coronal o FOV é alinhado à imagem em coronal, o plano sagital é alinhado perpendicularmente à articulação propriamente dita, acompanhando uma linha imaginária do eixo fêmur / tibia, o axial alinhado com os côndilos. Já para adquirir uma sequência axial o FOV deve estar no plano axial, às linhas de corte do plano sagital, são alinhadas paralelamente com a patela, para o plano coronal as linhas de corte são alinhadas paralelamente com o platô tibial. Para adquirir as sequências sagital do ligamento cruzado anterior, o FOV deve estar em plano sagital e nas sequências coronal e axial, as linhas de corte devem ser alinhadas acompanhando o ligamento do interesse percebe-se na Figura 17 (WESTEBROOK, 2008).

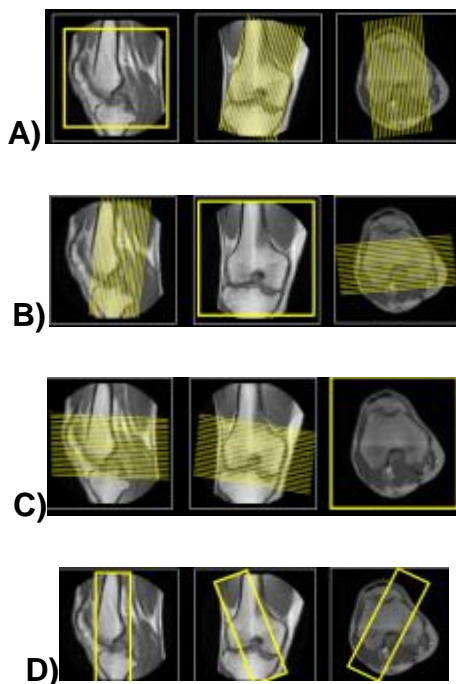


Figura 17: Em **(A)** Marcação da sequência sagital, em **(B)** marcação da sequência coronal, em **(C)** marcação da sequência axial e em **(D)** marcação da sequência ligamento.

Fonte: Autória própria.

2. 1.8 PONDERAÇÕES

Para se compreender melhor as ponderações nas imagens de RM, é necessária uma breve explicação sobre a formação da imagem.

Em uma breve explicação pode-se afirmar que a imagem de RM é a consequência da relação do campo magnético (produzido pela máquina) e dos prótons de hidrogênio. No corpo humano os prótons de hidrogênio são presentes em abundância, cerca de 10% do peso corporal, presentes no tecido do paciente, isso cria uma situação favorável para se enviar um pulso de radiofrequência (RF) e após esse pulso sofrer modificação através da bobina utilizada para exame e assim se ter um sinal processado e por fim a imagem (WESTEBROOK, 2010 ; MAZZOLA, 2009).

O hidrogênio é um átomo simples, em seu núcleo há uma partícula carregada positivamente denominada próton, os prótons possuem uma propriedade denominada de *spin* ou ainda momento angular, ou seja, possui um movimento

elíptico em torno de seu próprio eixo, através desse movimento o próton gera ao seu redor um campo magnético, e então irá se comportar como um pequeno ímã, associando a partícula um momento magnético (medida da intensidade da fonte magnética). Adota-se então que o *spin* é o movimento do próton ao redor do seu eixo. Para esse próton há duas possibilidades de valores de *spin* $+1/2$ ou $-1/2$ que basicamente irá definir que o próton gire para um lado ou para o outro lado (WESTEBROOK,2010 ; MAZZOLA, 2009).

Sem contato com um campo magnético externo, ou ainda em contato com um campo magnético de fraca intensidade os momentos magnéticos dos prótons de hidrogênio não possuem uma orientação, ou seja, ficam desalinhados, contudo com a presença de um campo magnético externo (B_0) de grande intensidade, por exemplo, uma RM de 1,5 T. O momento magnéticos desses prótons irá se alinhar conforme a direção do campo aplicado. Porém esses momento magnético não terá apenas uma direção, serão alinhados paralelamente ao campo e antiparalalmente, essas orientações representam dois níveis de energia que o próton poderá ter, o nível baixo (organizados em direção paralela ao campo) e o nível alto (organizados em direção antiparalela ao campo)(MAZZOLA, 2009) Nota-se esse alinhamento na Figura 18.

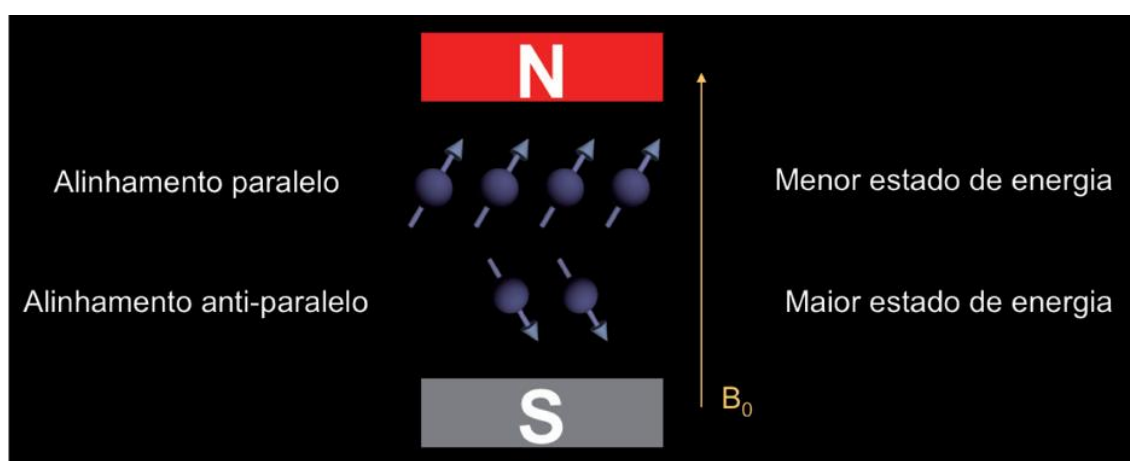


Figura 18: Alinhamento do momento magnéticos dos prótons, alinhamento paralelo ao campo externo (B_0) sendo o estado de menor energia e anti-paralelo ao campo sendo o estado de maior energia.

Fonte: Mazolla,2009.

São três coordenadas presentes no espaço utilizadas na RM o eixo x, y e z, além do vetor que irá representar o momento magnético em torno desses eixos, realizando um movimento denominado de precessão (tentando se alinhar, o próton acaba por fazer um movimento, como se fosse o movimento de um peão) em torno do eixo z (WESTEBROOK,2010 ; MAZZOLA, 2009).

Cada imagem tem sua unidade mínima denominada de *voxel*, o interesse para a imagem de RM é os resultados combinados dos *spins* do próton de hidrogênio, sendo a magnetização resultante de cada *voxel* a somatória dos vetores de todos os *spins*, que resultam do cancelamento dos *spins*. Pensando nas coordenadas se imagina, por exemplo, um *voxel* contendo onze *spins*, se sete destes são alinhados paralelamente e três antiparalelamente obtém-se a seguinte informação um componente de magnetização resultante através do cancelamento dos prótons de alta e baixa energia, sendo assim sete prótons menos quatro prótons tendo assim três *spins*, e se tem um vetor M_0 definido. Contudo ainda não há a formação da imagem pois para formação da imagem necessita-se que o momento magnético e a frequência de precessão possuam a mesma fase (WESTEBROOK,2010 ; MAZZOLA, 2009) Figura 19.

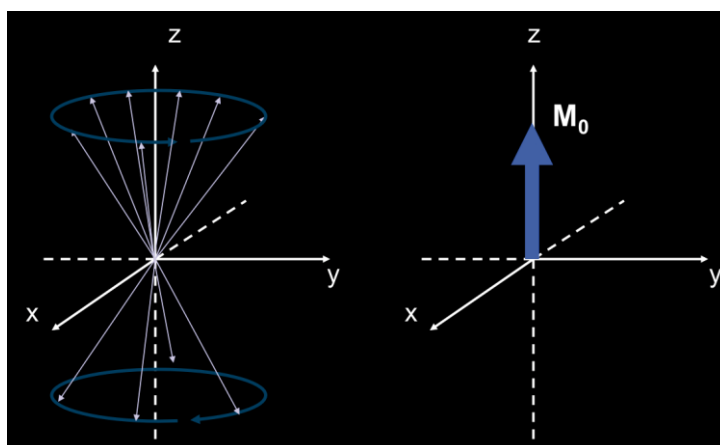


Figura 19: Na primeira figura os prótons alinhados paralelamente e antiparalelamente, formado assim um vetor M_0 .

Fonte: Mazolla, 2009.

Para a aplicação de uma corrente elétrica em uma bobina precisa-se que a bobina seja posicionada de forma perpendicular ao eixo transversal (z) além de que o vetor de magnetização M_0 esteja colocado no eixo transversal, com coerência de

fase entre ambos, explicando com detalhadamente se o vetor de magnetização estiver desviado a 90° do plano transversal e todos os vetores estejam realizando o momento de precessão em uma mesma fase (em uma mesma posição) se obterá o máximo de sinal induzido na bobina. Para modificar a orientação do M_0 deve-se aplicar um campo de curta duração, denominado de pulso de (RF), esse campo deve estar alinhado ao campo externo e na mesma posição ou fase do movimento de precessão do próton (WESTEBROOK,2010 ; MAZZOLA, 2009).

A RF é emitida normalmente pela bobina denominada, bobina de corpo, do equipamento e a bobina local deverá receber o sinal, exemplo a bobina de corpo emite a RF e a bobina de joelho irá coletar o sinal. Quando a bobina de corpo para de emitir a RF ocorre o chamado relaxamento do vetor de magnetização (ocorrem nos vetores longitudinal e transversal). O relaxamento dos *spins* ocorre graças à troca de energia entre os spins e spins próximos. A dois tempos de relaxamento ou decaimento o T1 que é o retorno do vetor para o eixo longitudinal e o T2 que é o retorno do vetor para o eixo transversal, através dessas constantes de relaxamento é possível se diferenciar os tecidos. Na tabela 1 nota-se valores utilizados como referencia de T1 e T2 em diferentes tecidos (em um campo de 1,5 T) (WESTEBROOK,2010 ; MAZZOLA, 2009).

Tabela 1: Tabela com valores de referencia de T1 e T2 em diferentes tecidos

Tecido	T1 (ms)	T2 (ms)
Substância Branca	790	90
Substância Cinzenta	920	100
Líquido Cefalorraquidiano (Líquor)	4000	2000
Sangue (Arterial)	1200	50
Parênquima Hepático	490	40
Miocárdio	870	60
Músculo	870	50
Lipídios (Gordura)	250	80

Fonte: <http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br>, acesso em 2017.

O físico nuclear Otto Hahn, descreve que se o próton for excitado com um pulso de RF em um determinado tempo (T1) e após algum tempo for enviado um segundo pulso de RF (T2), irá ocorrer um sinal na bobina depois do primeiro pulso e após um segundo sinal (denominado de eco). O eco é um processo que deve ocorrer sempre nessa situação por ser um processo natural, esse processo ocorre devido à refasagem que o momento magnético sofre no segundo pulso de RF. Porém é possível se definir o momento que o eco irá aparecer através dos tempos de pulso (WESTEBROOK,2010 ; MAZZOLA, 2009).

As imagens em RM são formadas através de seqüência de pulso, sendo que são usadas geralmente duas seqüência de pulso a Spin eco (SE)(define-se o TR e TE) ou a gradiente eco (GE) (além dos parâmetros TR e TE define-se o *Flip-angle*) (WESTEBROOK,2010 ; MAZZOLA, 2009).

Além dos conceitos descritos, é necessário compreender o denominado espaço K, que não é um espaço físico e sim abstrato, utilizado para melhor compreensão das sequências de pulso. Este espaço é definido como uma matriz, com diversas linhas, cada linha é preenchida com ecos resultantes das sequências de pulso.

As imagens utilizadas nesse trabalho são de sequências de pulso spin eco ou FSE (sequência *spin eco* com o fator turbo), esta que se caracteriza pela aplicação de um pulso no início da RF de 90°, seguidamente de um pulso de RF de 180° assim coleta um eco. No conceito de SE uma linha do espaço K é preenchida a cada tempo de repetição. A ponderação da imagem em SE é controlada pelos tempos de repetição e tempo do eco (TE) (MAZZOLA, 2009) Nota-se essa interação na Figura 20.

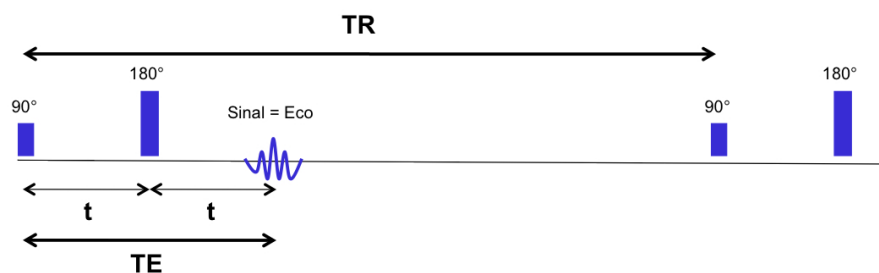


Figura 20: Esquema de funcionamento de uma sequência SE, em que um pulso de RF é aplicado a 90° seguidamente de uma RF em 180° coletando assim o eco.

Fonte: Mazolla, 2009.

Após saber-se como se dá as frequências de pulso de RF e consequentemente como ocorre as ponderações na imagem (através de TR e TE) evidencia-se que com diferentes combinações de TR e TE obtêm diferentes ponderações nas imagens, no Quadro 1 notam-se as combinações e as ponderações resultantes (WESTEBROOK,2010 ; MAZZOLA, 2009).

Tempo de repetição (TR)	Tempo de eco (TE)	Ponderação
TR Curto (< 500 ms)	TE Curto (5 a 25 ms)	T1
TR Longo (> 1500 ms)	TE Longo (> 90 ms)	T2
TR Longo (> 1500 ms)	TE Curto (5 a 25 ms)	DP

Quadro 1 : Tempos de repetição e eco resultando em diferentes ponderações.

Fonte: Mazzola,2009.

Nas imagens ponderadas em T1 a gordura será visualizada com densidade hiperintensa e os líquidos hipointensos. Já em T2 acontece o contrário, a gordura se visualiza hipointensa e os líquidos hiperintensos. Em PD é muito variável afinal depende da quantidade de prótons do tecido, utiliza-se um TR longo para diminuir a ponderação T1 e um TE curto para diminuir a ponderação T2 (WESTEBROOK,2010 ; MAZZOLA, 2009).

3 METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho realizado faz uso de ferramentas computacionais já existentes que possibilitam a construção de programas e seus *layouts*. O desenvolvimento do *software* que serve como proposta de simulador para avaliação da influência da escolha dos parâmetros de joelho nas imagens de RM foi realizado utilizando o *Photoshop* para elaboração do *layout* e o *Adobe Flash* para programação das interações como o usuário. A escolha do conjunto *Adobe* foi feita por afinidade e conhecimentos pré-adquiridos do idealizador do trabalho com os *softwares*.

O computador utilizado para a execução do simulador é uma máquina considerada básica, com processador da marca *AMD Sempron* (tm) 145, de 2800MHz, memória RAM de: 4 GB, HD de 465 GB e um monitor com uma tela de 19 polegadas, da marca LG® modelo *Flatron E1941* e com uma resolução máxima de 1366 x 768 *pixels*.

Para a criação do *layout* do simulador, e tratamento das imagens utilizadas foi aplicado o *Adobe Photoshop CS3*®. Com o *Photoshop* é possível se criar *layouts*, tratar a imagem e com essa versão há a opção de utilização dos filtros não destrutíveis, ou seja, é possível 'recortar' da imagem o que não é desejado com uma ferramenta denominada 'laço mágico' com facilidade e sem perda de informação (ADOBE, 2009).

Para o desenvolvimento do simulador foi adotado o *Flash*, utilizou-se o *Adobe Flash CS3*®, por afinidade da executante do trabalho e por ser um programa em que há conhecimentos pré-adquiridos da autora. O *Flash* também tem algumas vantagens tais como a facilidade de sua utilização, portabilidade, tamanho reduzido do arquivo final, velocidade na programação, opção de integração com HTML, opção de organização por frames. Utilizou-se o *Flash CS3* por ser um programa já adquirido anteriormente pela planejadora do simulador, por ser um programa em que

há um investimento financeiro preferiu-se adotar uma versão mais antiga (ADOBE, 2009).

Durante a realização do simulador necessitou-se a utilização de imagens de RM de joelho. Uma clínica que preferiu manter o sigilo de seu nome cedeu imagens de um exame de joelho realizado em sua rotina diária, o exame foi escolhido aleatoriamente, apenas conferindo a sua qualidade, o exame cedido foi realizado em um equipamento para extremidades da marca ONI, modelo extreme, de 1,5 Teslas, sendo suas dimensões de: comprimento: 518 mm; diâmetro externo: 683 mm; diâmetro interno: 285 mm, bobinas de 180 mm, 160 mm e 123 mm, possui um FOV mínimo de 4 cm e máximo de 16 cm, espessura de corte de 0,5mm a 10mm, e com a possibilidade de aquisição de imagens em 2D ou 3D. Para aquisição das imagens foi utilizado contraste nesse estudo do joelho.

Para retirar as anotações presentes nas imagens e salvá-las em um formato diferente utilizou-se o *software* livre *RadiAnt*. Afinal as imagens vieram em arquivo no formato *dicom*, que é utilizado em imagens com objetivo de diagnóstico, este formato respeita uma série de normas para tratamento, armazenamento e transmissão de imagens com finalidade diagnósticas. Para tratamento e utilização no simulador utilizou-se as imagens no formato *jpeg*, por ser um formato de melhor resposta e usualmente utilizado em layouts. O *software RadiAnt*, permite a visualização de imagens no formato *dicom* e possui ferramentas para *zoom* e deslocamento da imagem, alteração de brilho e contraste, para girar e inverter imagens, para reconstruções em 3 dimensões das imagens, além da ferramenta utilizada no desenvolvimento do trabalho para retirar as informações da imagem.

Para elaboração do simulador fez-se necessário o estudo do protocolo de exame realizado em uma clínica em Curitiba, para tanto se precisou acompanhar a rotina de exames, isso foi realizado no período de estágio.

Após a definição dos materiais que seriam utilizados iniciou-se a construção do *layout* do simulador. Previamente decidiram-se os parâmetros que seriam variáveis no programa, sendo eles a sequência de exame, TR, TE, FOV e número de cortes.

Considerou-se a elaboração de um *layout* simples e funcional, para que o usuário do simulador tenha interesse na ferramenta. Para atrair a atenção do utente se utilizou uma imagem na primeira página do simulador (página inicial, primeiro contato do usuário com o *software*), foi realizada uma busca em acervos digitais e se definiu a imagem de uma representação gráfica de um esqueleto humano em 3D (três dimensões), a imagem foi retirada do site 3dscience.com sendo uma imagem de caráter livre, para poder programar a imagem escolhida foi necessário através do *Adobe Phostoshop CS3* recortar o fundo da imagem e transformá-la em um arquivo de extensão *psd* (arquivo *photoshop*), possibilitando assim a modificação de alguns parâmetros da imagem no *Flash* (tamanho da imagem).

Com o *design* da página inicial do simulador já definido começou-se a manipulação e criação de botões no *Flash CS3*. Primeiramente foi necessária a importação da imagem da representação do corpo humano para o *Flash*, a imagem quando importada tem como destino uma pasta dominada '*library*'. Então realizou-se a coloração do fundo do *layout*, optando pela cor preta, através da seleção da cor preta na paleta de cores e utilizando a ferramenta *Rectangle Tool* para elaboração de um retângulo preto para o fundo do *desing*, Figura 21.

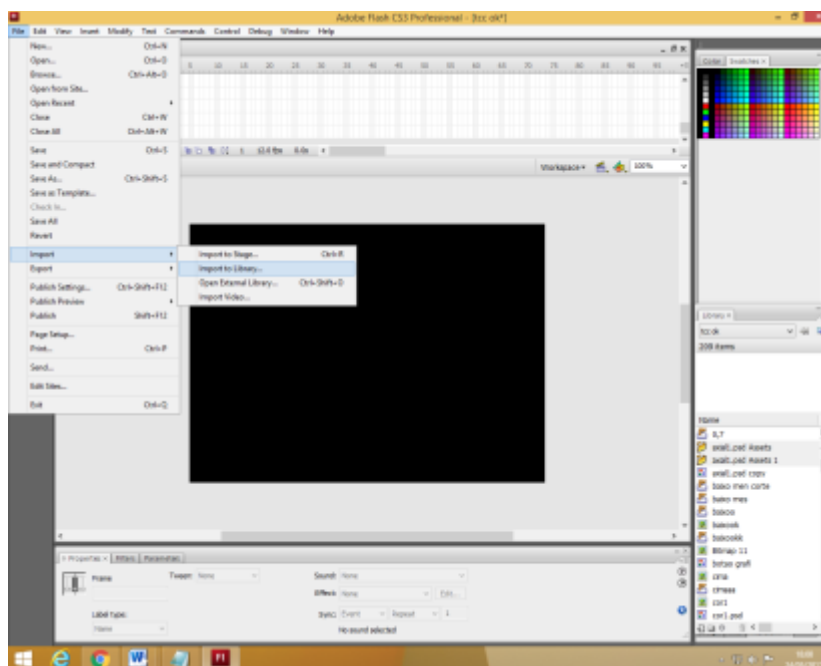


Figura21 : Figura indicando como é feita a importação de imagens para a chamada *library*.

Fonte: Autoria própria.

Centralizou-se a imagem da representação do corpo humano, e criou-se um *layer* para o fundo com a imagem, este que foi denominado como “Simulador didático Ressonância Magnética”. Inseriu-se então um *layer* para a colocação do nome da elaboradora do projeto, em formato de texto estático.

Para a elaboração do simulador, optou-se por deixar visível para o utente apenas estruturas do sistema ósseo.

Com o *design* pronto, iniciou-se a programação, em cada estrutura do corpo foi criado um botão invisível (para criação do botão criou-se um retângulo sem preenchimento em cima de cada estrutura, para ativar a função do botão foi selecionado o retângulo e com o atalho F8 do teclado ativou-se a função do botão) de modo que a imagem apareça, e o botão seja útil, redirecionando o usuário a próxima etapa. Foi realizada uma programação para que o usuário passe o *mouse* em cima da estrutura e o nome da estrutura apareça (exemplo quando o usuário passa o botão em cima do tórax da representação gráfica aparece o nome Tórax), para isso foi necessário ‘entrar’ no botão, com dois *clicks* em seu meio para que assim o *Flash* redirecione para a página de propriedades do botão, nela pode-se mudar a cor do botão, por exemplo, existem 4 opções para alteração das propriedades do botão, para o simulador usou-se a opção *Over*, opção que permite que quando o utilizador passe o *mouse* no botão outro evento ocorra, exemplo o botão mude de cor ou apareça uma palavra, em *over* selecionou-se a tecla F8 do teclado e se escreveu o nome da estrutura. Criou-se então um *layer* para cada estrutura do corpo e após um botão para cada estrutura (sempre denominando o *layer* conforme o nome da estrutura a ser programada).

Com a criação dos *layers* e botões finalizada, construiu-se uma nova cena (para melhor organização na programação, o *Flash* tem a opção de dividir as páginas do *software* em diferentes cenas, cada cena com uma nova linha de trabalho, cada cena é nomeada conforme a necessidade do programador), para construção de uma nova cena clica-se no atalho *Shift + F2* do teclado.

3 RESULTADOS

Com toda a parte inicial de layout definida e realizada iniciou-se então a programação do botão Joelho (único botão habilitado no desenvolvimento do simulador) para que ao ser clicado redirecionasse o usuário a próxima etapa da simulação. O roteiro utilizado é para que uma mesma programação fosse utilizada em todos os botões do simulador, através dos conhecimentos já adquiridos pela programadora foi possível fazer o simulador usando apenas uma programação, sendo a seguinte:

```
on (release){  
  
    gotoAndStop(botão na mesma cena, apenas número do frame)(caso o  
    botão redirecione para outra cena, nome da cena acompanhada do número do  
    frame)  
  
}
```

É uma programação específica para botões e significa que ao clicar no botão será realizada a função de redirecionar o usuário para a página desejada, se a página estiver na mesma cena é necessária apenas a inserção do número do *frame* na programação (como é denominado cada segundo na linha de trabalho), caso esteja em outra cena é necessário a inserção do nome da cena e número do *frame*.

O *layout* da segunda página possui um design simplório, com imagens dos três planos e o nome do plano anatômico, além de um botão que redireciona o usuário a primeira página. Para isso decidiu-se utilizar imagens de um *scout* (primeira imagem adquirida) da RM no três planos. Primeiramente utilizou-se o *software RadiAnt* para transformar as imagens da extensão *dicom* para a extensão *jpeg*, após as imagens foi inserida no *Adobe Photoshop* para salvá-las em formato *.psd* (photoshop). Importaram-se as imagens para o *Flash*, foi criado então um retângulo preto que serve como fundo do *layer*, as imagens foram organizadas em

ordem definida aleatoriamente, colocou-se um texto estático em baixo da figura com o nome do plano anatômico representado na imagem. Selecionou-se o texto e a Figura de cada respectivo plano anatômico e criaram-se três diferentes botões (Sagital, Coronal e Axial). Foi utilizada a programação padrão para botões (programação descrita nos parágrafos acima), redirecionando cada um dos três botões para uma nova cena (cena Sagital, cena Coronal e cena Axial), cena definida através da escolha do plano anatômico. Foi inserido um texto estático, que foi transformado em botão para que o usuário volte ao início da simulação. O fundo ficou em um *layer*, os botões em um segundo *layer* e o botão que redirecionará o utente a página inicial em um terceiro *layer*.

A primeira cena a ser programada foi a cena Sagital (a programação das outras duas cenas é a mesma, com modificações nas imagens apenas).

Criaram-se então o *layout* da cena da simulação, com imagens dos três planos anatômicos, botões para redirecionar o usuário a página inicial ou a página de escolha das sequências e botões de seleção do TR. Para tanto se utilizou as imagens já utilizadas na página dois (dos três planos anatômicos), ordenou-se as imagens de forma aleatória. Inseriu-se um texto estático para seleção do TR e dois botões com as opções longo ou curto.

Os botões inseridos foram programados, cada botão foi programado separadamente e cada um redireciona o usuário a uma página diferente. Os botões Curto e Longo irão levar o utente a uma página de seleção do TE (foi inserido nessa página um texto estático que indica para o usuário a escolha do TE e mais dois botões com curto e longo, além de uma seta para que o utilizador volte a escolha do TR), nessa página o utilizador tem a opção de escolher um TE curto ou longo, ou ainda de voltar a página de escolha do TR. A diferença dos botões de seleção de TR é que quando se clica em curto o botão longo irá ser excluído e o usuário só poderá determinar o TE, se clicando em longo o botão curto é excluído e pode-se apenas selecionar o TE.

Na página de seleção do TE foram programados os botões curto, longo e a flecha que indica que o usuário pode voltar para seleção do TR. Selecionando o TE o utente é levado à próxima etapa da simulação, a escolha do FOV.

A programação da página de escolha do FOV foi um pouco diferente das outras, como o FOV é escolhido numericamente (de 0 a 1) aumentando em ordem crescente se resolveu criar um texto estático que indica a escolha do FOV com uma elipse ao lado indicando o número e duas setas em que o usuário pode aumentar ou diminuir o FOV, as setas foram desenhadas em um programa bem básico o *paint* (escolheu-se a forma de um triângulo e com um fundo da cor preta se desenhou um triângulo) a figura foi salva em formato jpeg e importada para a *'library'*, posicionou-se as setas e as transformou em botões, a programação propriamente dita é a mesma dos demais botões contudo foi necessário criar 4 *Keyframes* para o FOV. Como se está dissertando sobre a cena Sagital, foi criado um quadrado apenas com as bordas (no próprio flash) com cor amarela (para destaque) e posicionado em cima da imagem do plano Sagital (representando o FOV), conforme o usuário aumenta ou diminui na seta o número o quadrado diminui também.

Foi necessário a criação de 4 *Keyframes* na opção FOV para que em cada frame houvesse um tamanho de FOV. O primeiro *Keyframe* representa o FOV máximo (1), o segundo o FOV indicado pelo número 0,9 sendo um pouco menor, o terceiro 0,8 e o quarto o 0,7 sendo o limite mínimo por questões de ser um FOV muito pequeno caso o usuário selecione um FOV menor perderia qualidade na imagem, para indicar isso ao utente foi necessário acessar as propriedades do botão e utilizar a mesma ferramenta utilizada na primeira página para indicação das estruturas quando o utilizador passar o mouse em cima da estrutura, porém nessa página do FOV o botão deve mostrar uma mensagem indicando que um tamanho de FOV menor resultará em uma baixa qualidade da imagem. Após escolher o FOV o usuário deverá clicar em um botão OK que indica que a escolha foi definida, após ter indicado a escolha o utilizador é redirecionado a próxima etapa de simulação.

Criou-se então o *layer* número de cortes, nesse *layer* inseriu-se marcação dos outros planos, para tanto se utilizou a ferramenta *Line tool*, ferramenta para

criação de linhas (também da cor amarela para contraste com as imagens dos planos anatômicos) e a ferramenta *subselection tool* para girar as linhas criadas, para a programação do parâmetro número de cortes seguiu-se o mesmo raciocínio utilizado no parâmetro FOV, contudo foi necessário a criação de 44 *Keyframes*, para cada tamanho de FOV e cada combinação de TR e TE criou-se 3 *Keyframes* com números de corte, três pois afinal no simulador o usuário pode selecionar de 18 (número mínimo de cortes para que não se perca estrutura de interesse) a 20 cortes, selecionando 18 cortes o usuário não consegue mais diminuir o número de cortes e ao passar o *mouse* no botão deve-se aparecer a mensagem indicando que com um número menor de cortes perde-se qualidade no exame.

Escolhendo os parâmetros descritos anteriormente o usuário poderá selecionar o botão SIMULAR , botão criado com a ferramenta *Rectangle Tool*, ao selecionar o botão para simulação o usuário é redirecionado a uma nova cena com as imagens na ponderação resultante (definidas através da combinação TR e TE).

Criou-se então a cena ligamento, para a realização da programação dessa sequência usou-se uma lógica diferente, como o ligamento é uma sequência T2 não habilitou-se nem a variável TR e nem TE, como o número do FOV e do corte também não são alterados nessa sequência, deixou-se os botões inativos, sendo que o usuário somente pode interagir com o botão Simular, sendo redirecionado a página com as imagens da sequência ligamento, podendo então passar a imagem para um corte mais medial ou lateral. Para a programação dessa cena utilizou-se a programação utilizada em todos os botões com a diferença que não se criou uma cena para o resultado da sequência das imagens, criando apenas um *layer* e 13 *frames* (12 *frames* com imagens e um com a indicação da ponderação).

Para a elaboração do simulador criou-se 10 cenas e 77 *layers* no *Adobe Flash CS3*. Em todas as cenas e *layers* foi utilizado um mesmo fundo da cor preta. Na Figura 22 nota-se a página inicial do simulador, página em que o utente escolhe a parte do corpo a ser simulada, ao passar o mouse na imagem percebe-se o nome da estrutura indicada.

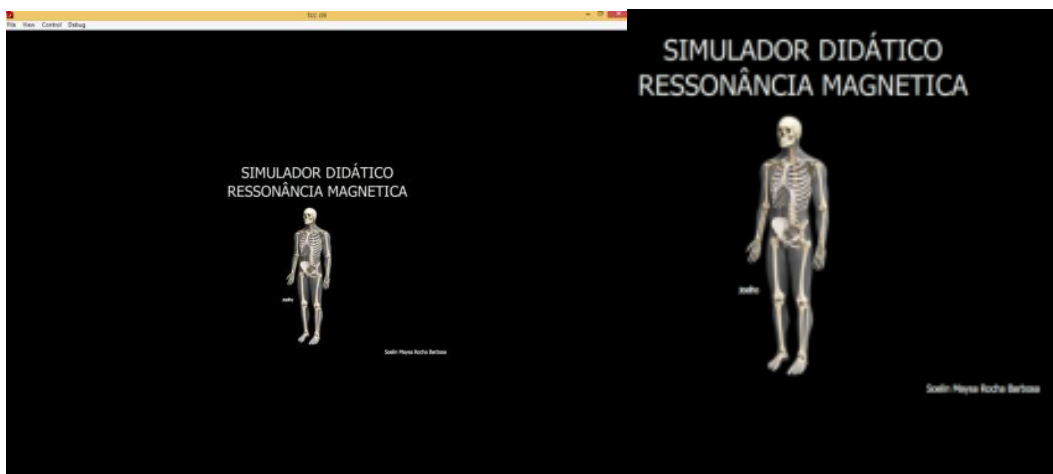


Figura 22: Página inicial do simulador, página em que o usuário decide a estrutura a ser simulada.
Fonte: Autoria própria.

Clicando no Joelho da figura de representação gráfica o usuário é redirecionado a uma segunda página, em que escolhe a sequencia que deseja simular. Na Figura 23 percebem-se imagens dos três planos anatômicos com suas respectivas nomenclaturas, ao se clicar na imagem ou nome do plano anatômico o usuário é levado a próxima etapa para simulação, além de um botão de texto simples que fará com que o usuário retorne a página inicial.

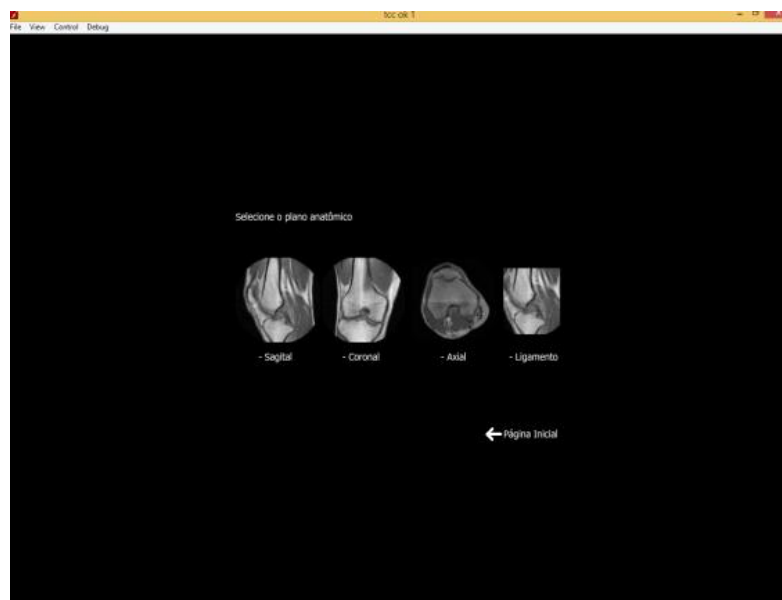


Figura 23 : Primeira interface da terceira etapa da simulação do exame de joelho;
Fonte: Autoria própria.

Na terceira etapa, é a página em que o usuário pode mudar os parâmetros utilizados nas imagens em RM. Em um primeiro momento nota-se apenas o parâmetro TR, além das imagens dos três planos anatômicos, incluindo o ligamento em sagital, um botão simples que leva o usuário a página inicial e um botão que redireciona o utente a página de escolha das sequências. Figura 23.

Na terceira etapa foi necessário a criação de de 10 *layers* e em cada *layer* a criação de 34 *keyframes*, na sequência Sagital, 10 *layers* e 17 *keyframes* nas sequências Coronal, Sagital e ligamento. Foram criados os *layers*: Sequência (botão para retornar a segunda etapa), sag (imagem em sagital), cor (imagem em coronal), axial (imagem em axial), FOV, cortes (criação das linhas de cortes), simular (botão simular), TR e TE (botões de seleção do TR e TE), inicial (botão que leva a primeira página) e volta (seta que com a escolha de um parâmetro faz com que o usuário volte a esse parâmetro para uma nova escolha).

Após a escolha do TR (curto ou longo) o usuário é levado a escolha do TE. O usuário pode selecionar um TE Curto ou Longo ou ainda através da seta retornar a escolha do TR. Se o usuário escolher um TR curto irá excluir na próxima página a opção de escolha de um TR longo, idem ao inverso, nota-se nas Figuras 24 e 25.



Figura 24: Escolhe de um TR Curto.

Fonte: Autoria própria.

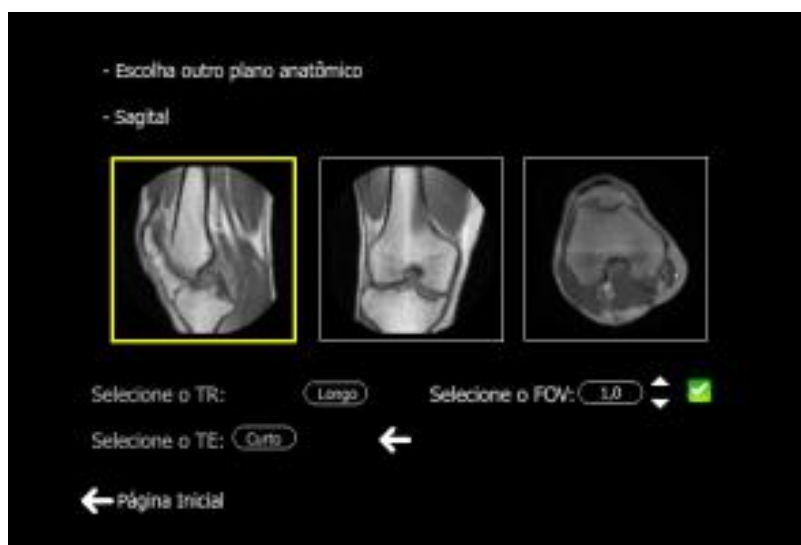


Figura 25: Escolha de um TR longo.

Fonte: Autoria própria.

Com a escolha do TR definida o usuário tem o TE já definido e se libera a escolha do FOV. Percebe-se na Figura 26.



Figura 26: Com a combinação do TR e TE o utilizador é encaminhado a próxima escolha, o FOV.
Fonte: Autoria própria.

Para definir o FOV o usuário tem duas setas uma que aumentara e outra que irá diminuir, o FOV máximo equivale ao número 1 e o mínimo ao número 0,7. Nota-se na Figura 26. Percebe-se um quadrado de linhas amarelas em volta da sequência sagital (FOV) e como ele diminui conforme a seleção do usuário (Comparação das Figuras 26 e 27).

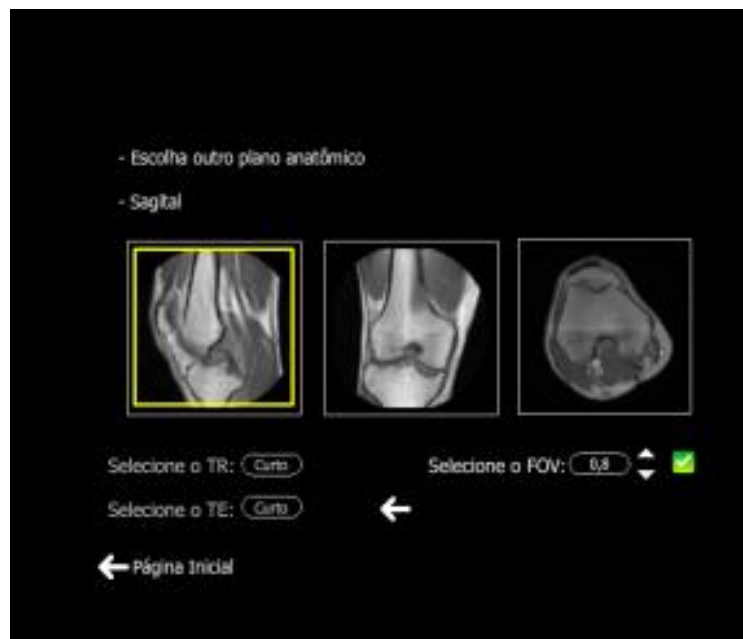


Figura 27: Em comparação com a Figura acima a seleção de um FOV menor.

Fonte: Autoria própria.

Ao selecionar o FOV 0,7, o menor FOV o possível, a opção para diminuir ainda mais esse parâmetro é desativada e ao passar o *mouse* em cima do botão que desempenha essa função uma mensagem é colocada na tela "Opção desativada! Você perderá qualidade na imagem!". Figura 28.



Figura 28: Botão de diminuir o FOV desabilitado, mensagem exibida sobre o motivo desse número de FOV ser mínimo.

Fonte: Autoria própria.

Com a seleção do FOV definida é liberado para o usuário que se escolha o número de cortes, sendo o máximo 20 cortes e o mínimo de 18 cortes. Além disso as linhas de corte (linhas amarelas) são colocadas nos outros planos, representando como é realizada a marcação de um exame de joelho, Figura 29.

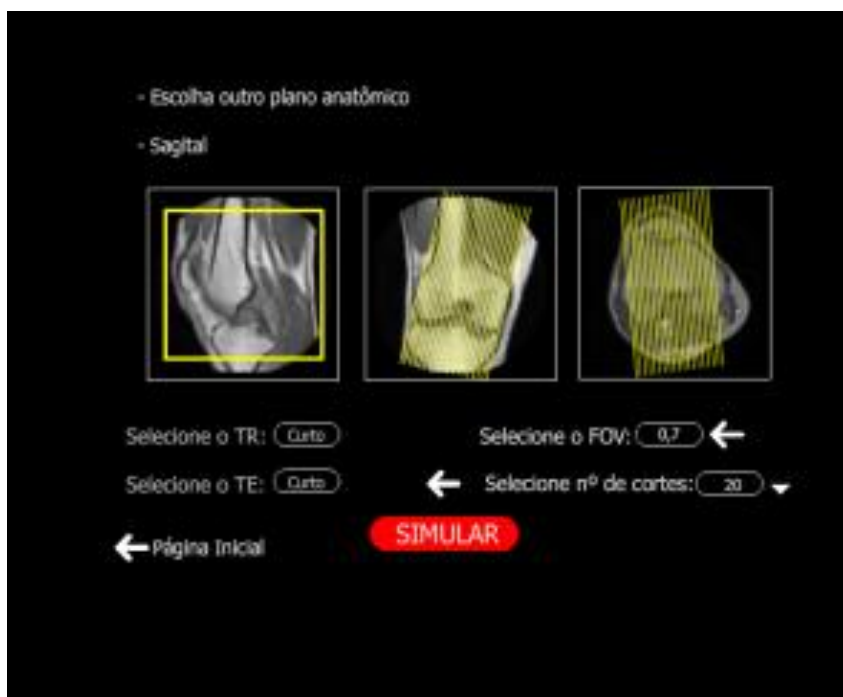


Figura 29: Tela em que o utente define o número de cortes e também pode simular o exame;
Fonte: Autoria própria.

Com a escolha do usuário o número de linhas de corte dos planos anatômicos também diminui ou aumenta, alterando no número total de imagens, como na opção de escolha do FOV quando se tem o número mínimo de cortes há uma mensagem ao usuário em que a opção esta desabilitada, Figura 30.



Figura 30: Seleção do número de cortes.

Fonte: Autoria própria.

Com a escolha do número de cortes definida, o usuário pode simular o exame, clicando no botão simular. O usuário será direcionado para a imagem com a ponderação escolhida através do TR e TE e também com o número de cortes escolhidos, exemplo se escolheu 20 cortes terá 20 imagens, Figura 31.

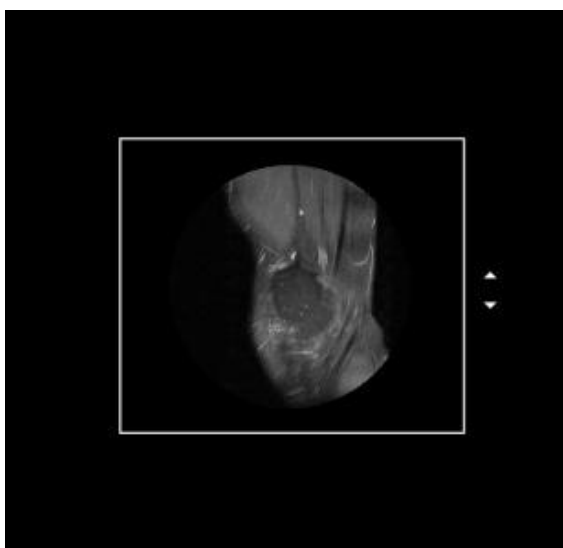


Figura 31: Resultado final do simulador.

Fonte: Autoria própria.

Obteve-se resultados satisfatórios com a elaboração do simulador, todos os parâmetros que deveriam ser variáveis tem uma variação e no final o utente tem o resultado que ele definiu através das combinações realizadas, Figuras 32, 33 ,34, 35, 36 e 37.

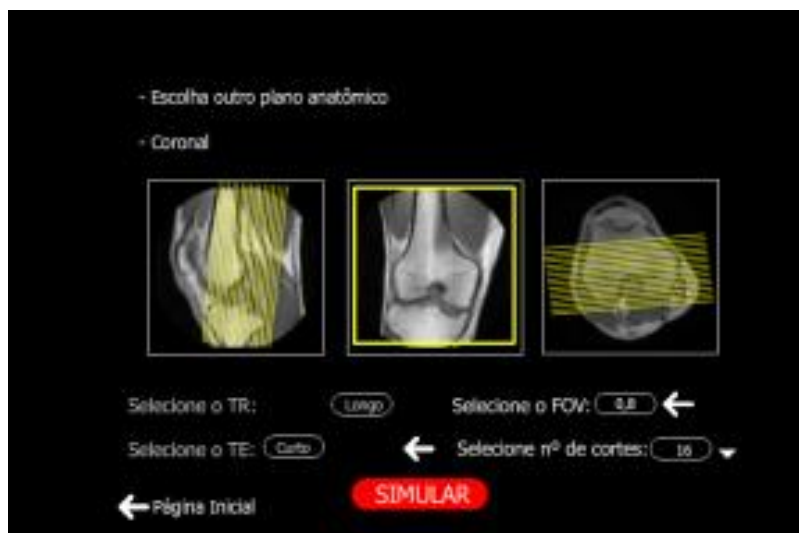


Figura 32: Escolha dos parâmetros em uma sequencia coronal.

Fonte: Autoria própria

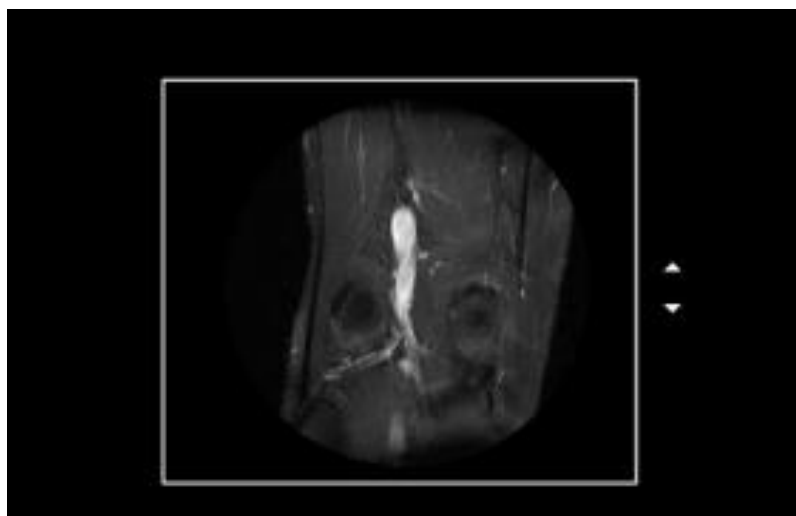


Figura 33: Resultado da simulação do corte coronal

Fonte: Autoria própria.

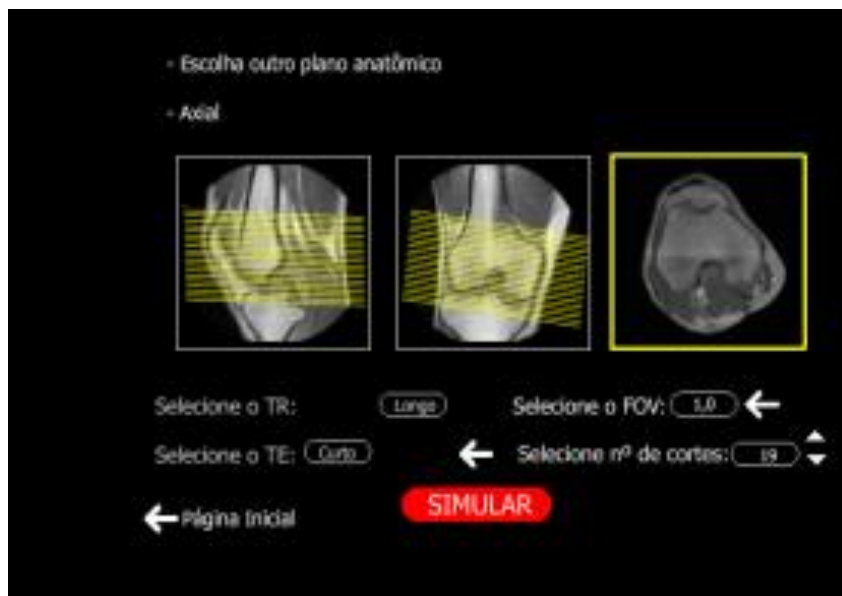


Figura 34: Simulação do corte axial.

Fonte: Autoria própria.

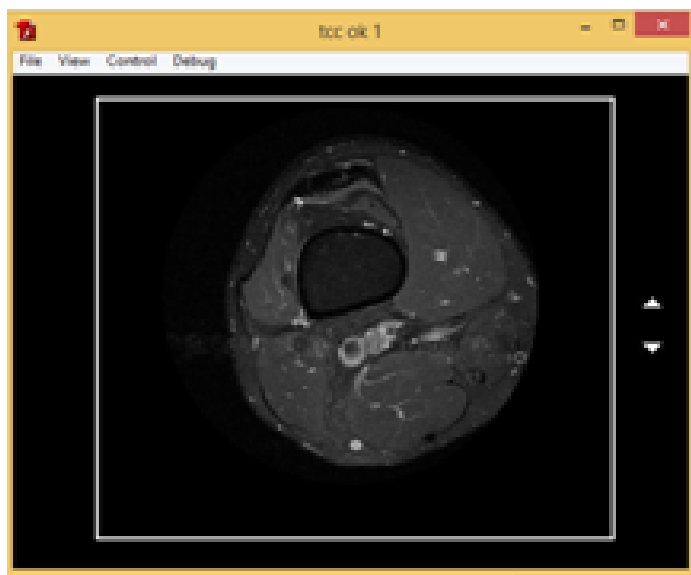


Figura 35: Resultado da simulação em axial.

Fonte: Autoria própria.

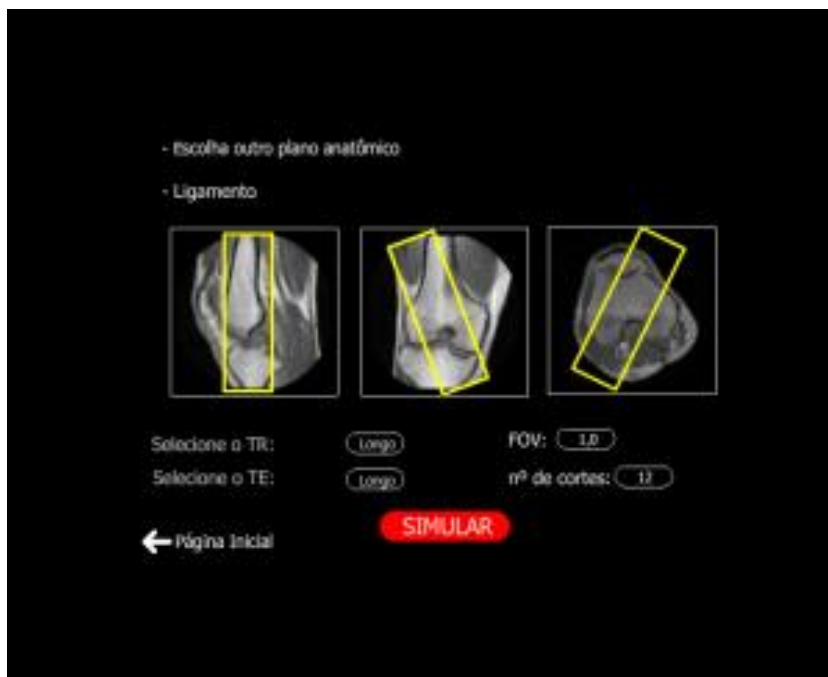


Figura 36: Simulação da sequencia ligamento.

Fonte: Autoria própria.

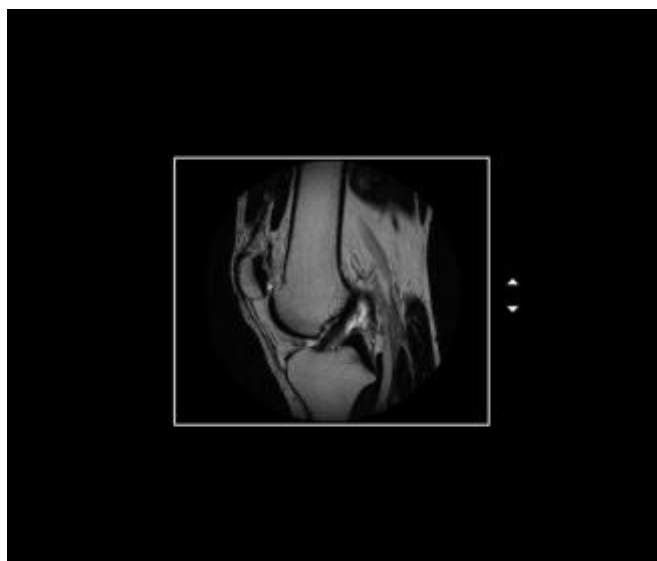


Figura 37: Resultado da sequencia ligamento.

Fonte: Autoria própria.

4 DISCUSSÃO

Os diferentes *softwares* utilizados em sala de aula recebem diversas classificações, segundo a definição descrita por Valente (1998) o *software* desenvolvido nesse projeto é um software do tipo simulação aberta, em que o estudante tem poder de definir parâmetros.

Apesar de existirem *softwares* na área do ensino da radiologia, como o *Mamografiapp* (aplicativo que auxilia no aprendizado dos posicionamentos do exame de mamografia), Simulador raios X Cimas (auxilia no cálculo do kV e do mAs) e na área da RM RadioFacil (*software* que demonstra tópicos e anatomia sobre exames de tomografia, RM, raios X, mamografia, cintilografia e radioterapia) foi grande a dificuldade em se desenvolver o protótipo de simulação de exame de RM é um *software* que não se assemelha a nada desenvolvido nacionalmente. Existe um simulador de RM, Virtual MRI, contudo é um simulador que habilita apenas a alteração dos parâmetros, porém não fornece imagens como o protótipo desenvolvido nesse trabalho. A vantagem da elaboração desse protótipo é que além de modificar os parâmetros o estudante consegue verificar na imagem o resultado que a modificação causou, nota-se que evidentemente existem diversas melhorias a serem realizadas principalmente a habilitação de simulação de sequências por pulso RF gradiente eco e ainda mais a simulação dos outros exames de RM realizados. Ao finalizar o protótipo notou-se que, por exemplo, em uma simulação de um exame de Abdome total o estudante terá muita informação a ser adquirida, conseguirá em um mesmo exame verificar diversas sequências, verificar, por exemplo, a utilização do contraste, pois no exame de joelho simulado não se consegue perceber a utilização do contraste (a rotina da clinica que cedeu as imagens é de utilizar o contraste em todas as sequências do exame de joelho, então antes mesmo do paciente ir para o aparelho de RM já é injetado o contraste).

A presidente do Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia, Valdelice Teodoro, afirmou em meados de 2015 sobre o desenvolvimento de aplicativos que auxiliam os profissionais das técnicas radiológicas que

“Sempre que há mobilização conjunta, seja na busca de aperfeiçoamento das técnicas radiológicas ou na luta de direitos trabalhistas, a classe ganha. O CONTER surgiu desse processo de união. Portanto, toda ferramenta que a possibilita é extremamente bem vinda”,

A declaração demonstra a importância do desenvolvimento de novas ferramentas tecnológicas com intuito do aprendizado ou atualização dos estudantes ou profissionais da área.

O protótipo desenvolvido pode ser uma ferramenta muito útil, pois o mercado de trabalho busca profissionais com conhecimentos na prática da realização de exames de RM, muitas vezes o estudante sai da universidade sem ter contato com a realização do exame de RM (por não ter a oportunidade da realização de estágio na área) e com melhorias no protótipo desenvolvido e disponibilização gratuita para utilização abrirá a oportunidade do futuro profissional ou ainda do profissional ter contato com algo parecido com a realidade da realização do exame de RM, logicamente que nada pode substituir o conhecimento adquirido na prática ou teoria e que o *software* não possibilitará ao usuário o conhecimento do equipamento e nem da rotina de um serviço de radiologia.

Outra finalidade do protótipo pode ser a atualização de profissionais que já trabalham com a realização de exames de RM, alguns exames são pouco requisitados e os profissionais que são recém contratados ou ainda que não realizaram determinado exame, muitas vezes precisam de uma atualização ou ainda um aprendizado mais específico, sabe-se que há literatura disponível e também ferramentas em que o profissional tem como se atualizar contudo o protótipo pode vir a ser mais uma ferramenta que facilitará a rotina e atualização dos profissionais que trabalham com RM.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que o desenvolvimento do *software* atingiu o objetivo principal, que é simular um exame de RM de joelho nos três planos anatômicos, selecionando uma combinação de variáveis (parâmetros utilizados na aquisição de imagens em RM) obtendo como resultado diferentes sequências de imagens.

No simulador Virtual MRI o usuário pode modificar os parâmetros TR, TE, FOV, número e espessura do corte (estes que afetam na relação sinal ruído e que o simulador demonstra), *Flípe-Angle*, NEX, além da opção do usuário escolher o momento da coleta do eco, o que determina a ponderação da sequência de imagens. Além destas opções o Virtual MRI mostra o tempo que é necessário para a aquisição da imagem. A diferença do virtual MRI e do *software* desenvolvido é que o Virtual MRI trás mais opções para simulação, contudo não demonstra imagens reais do exame, o resultado final são imagens de protótipos. Outra vantagem da execução do protótipo desenvolvido para este trabalho é a linguagem, ele está todo em português enquanto o Virtual MRI exige do usuário o conhecimento da língua inglesa.

O simulador desenvolvido é uma ferramenta que pode ser muito útil no ensino e aprendizagem de exames de RM, apesar de ser considerado um protótipo (cabem melhorias no simulador), o seu desenvolvimento é um grande passo para inserção da tecnologia no ensino da prática da RM. Parâmetros como o TR, TE, FOV, número de cortes, fisiologia e anatomia em imagens de RM de joelho já são demonstrados no simulador, com alguns testes e aceitação de docentes e estudantes o simulador pode ser inserido em aulas de RM.

Futuramente podem-se habilitar botões para simulação de exames de outras estruturas do corpo humano, além de adicionar outras variáveis, tais como o NEX e o *Flípe-Angle* (para assim se simular sequências de imagens com a ponderação Gradiente Eco). O simulador pode receber a inserção de outras variáveis, além do

cálculo do tempo do exame e a possibilidade do estudante através da marcação do exame obter os planos anatômicos.

Com as melhorias propostas realizadas e a disponibilização gratuita do simulador computacional desenvolvido, o futuro profissional e ou o profissional já habilitado poderão obter uma ótima ferramenta que auxilie nas dúvidas práticas do exame de RM. Sempre ressaltando que a introdução de novas tecnologias virtuais não substitui a importância do docente ou ainda do aprendizado prático.

REFERENCIAS

Adobe Flash CS3 Professional (2009), Disponível em: <http://www.adobe.com/br/products/flash>. Acessado em 2016. Acesso em: 2016.

BONTRAGER, Kenneth L.; LAMPIGNANO, John P. Tratado de posicionamento radiográfico e anatomia associada. 6ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

COUTO, E. O. A utilização da simulação computacional nas empresas do Brasil. Monografia (graduação em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Ouro Preto, 2003.

FELIX, José Eduardo dos Reis; Ressonância Magnética (RM) Abordagem, Dados Técnicos e Posicionamento do Usuário. Disponível em <http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/hipermidia/images/documentos/Ressonancia_magnética_dados_técnicos_posicionamento_do_usuario.pdf> Acesso em 2016.

KRUG, S. (2005). Don't Make Me Think: A Common Sense Approach to Web Usability (2nd Edition). New Riders Press, 2005.

NETTER, Frank H. Atlas de Anatomia Humana. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

NEVES LA, Fiocco DL, Godoy MF. Modelagem computacional das tûnicas cardíacas para processamento e controle de qualidade. Revista Brasileira de Física Médica. 2011; 4(3):35-8.

NÓBREGA, Almir Inácio da. Técnicas em Ressonância Magnética Nuclear. São Paulo, Atheneu, 2007.

MAZZOLA, Alessandro A. Ressonância Magnética: Princípios da formação de Imagem e Aplicações em Imagem Funcional. Revista Brasileira de Física Médica, São Paulo, v 3, n 1, pg 117 – 129. Março de 2009.

MAGEDANZ, Adriana. Computador: Ferramenta de trabalho no Ensino (de Matemática).2004.14f.Disponível em http://ensino.univates.br/~magedanza/pos/artigo_final_adriana_magedanz.pdf Acesso em: 2015.

MUGLIA VF, Simão MN, Elias Jr J, Trad CS. Erros comuns de interpretação da ressonância magnética de joelho: como reconhecê-los e evitá-los. *RadiolBras*2001;34:161–166.

OLIVEIRA, Ana C. G. de, *et al.* Simulação da deformação realista em aplicações de treinamento médico virtual. In: SYMPOSIUM ON VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY, 15. 2013. Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso, 2013.

OLIVEIRA, Sarah S. de. Utilização de conteúdo 3D para experiência em telemedicina. 2012. 63 f. Monografia (Graduação em Ciência da Computação) - Bacharelado em Ciência da Computação, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

REATEGUI E. (2007). “Interfaces para softwares educativos”. *Revista Novas Tecnologias na Educação (Renote)*, v.5, n.1, pág. 1-10. Porto Alegre, 2007.

SAMPAIO, Fábio F. A modelagem dinâmica computacional no processo de ensino-aprendizagem: algumas questões para reflexão. *Ciência em Tela*, v. 2 n. 1, p. 1-11, 2009.

SOBOTTA, Johannes. Atlas de Anatomia Humana. 21ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000.

VALENTE, José Armando. O computador na sociedade do conhecimento. Campinas, SP: NICAMP/NIED, 1999. 49 p.

VIEIRA, Fábila Magali Santos. Avaliação de Software Educativo: Reflexões para uma Análise Criteriosa, 1999. Disponível em: www.edutec.net/Textos/Alia/Misc/edmagali2.htm. Acesso em: 2017.

WEIR J, Abrahams PH, Spratt JD, Salkowski LR. Atlas de Anatomía Humana por técnicas de imagen. 4ª ed. Barcelona: Elsevier; 2011.

WESTBROOK, C; KAUT, C. Ressonância Magnética Aplicações - práticas. 3ª. Edição - Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

WESTBROOK, C; KAUT, C .Handbookof MRI Technique . 3ª Edição – UK: Cambridge, 2008.