

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO (FAAC)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MÍDIA E TECNOLOGIA**

MARCELO SALVADOR CELESTINO

**APLICABILIDADE DE *SOFTWARES* DE SIMULAÇÃO PARA O
ENSINO DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA PARA TÉCNICOS E
TECNÓLOGOS EM RADIOLOGIA**

Bauru
2019

MARCELO SALVADOR CELESTINO

**APLICABILIDADE DE *SOFTWARES* DE SIMULAÇÃO PARA O ENSINO DE
TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA PARA TÉCNICOS E TECNÓLOGOS
EM RADIOLOGIA**

Trabalho de conclusão de Mestrado, apresentado ao PPGMiT da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do título de Mestre em Mídia e Tecnologia, sob a orientação da Prof.^a Assoc. Vânia Cristina Pires Nogueira Valente, e co-orientação do Prof. Dr. Matheus Alvarez.

Bauru

2019

Celestino, Marcelo Salvador.

Aplicabilidade dos softwares de simulação para o ensino de Tomografia Computadorizada para técnicos e tecnólogos em Radiologia. / Marcelo Salvador Celestino, 2019.

Total de folhas: 183 f.

Orientadora: Vânia Cristina Pires Nogueira Valente

Co-orientador: Matheus Alvarez

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2019.

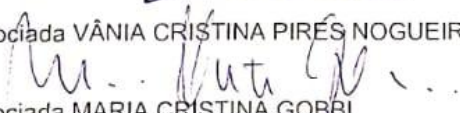
1. Tecnologias Midiáticas. 2. Simulação. 3. Software. 4. Educação Profissional. 5. Syllabus. I. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. II. Aplicabilidade dos softwares de simulação para o ensino de Tomografia Computadorizada para técnicos e tecnólogos em Radiologia.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE MARCELO SALVADOR CELESTINO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MÍDIA E TECNOLOGIA, DA FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO - CÂMPUS DE BAURU.

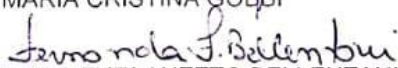
Aos 20 dias do mês de fevereiro do ano de 2019, às 14:00 horas, no(a) Auditório da Secretaria de Pós-Graduação da FAAC, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof^ª. Associada VÂNIA CRISTINA PIRES NOGUEIRA VALENTE - Orientador(a) do(a) Departamento de Artes e Representação Gráfica / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação - UNESP/Bauru, Prof^ª. Associada MARIA CRISTINA GOBBI do(a) Departamento de Comunicação Social / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação - FAAC - UNESP - Bauru/SP, Profa. Dra. FERNANDA FURLANETTO BELLENTANI do(a) Ciências Médicas; Biomedicina / Universidade do Sagrado Coração de Bauru, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de MARCELO SALVADOR CELESTINO, intitulada **APLICABILIDADE DE SOFTWARES DE SIMULAÇÃO PARA O ENSINO DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA PARA TÉCNICOS E TECNÓLOGOS EM RADIOLOGIA**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovado. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.



Prof^ª. Associada VÂNIA CRISTINA PIRES NOGUEIRA VALENTE



Prof^ª. Associada MARIA CRISTINA GOBBI



Profa. Dra. FERNANDA FURLANETTO BELLENTANI

A todos os estudantes, docentes e profissionais da Radiologia.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à minha orientadora, Prof.^a Assoc. Vânia Cristina Pires Nogueira Valente, por ter me aceitado como seu orientando, também em virtude de sua paciência e expertise em lidar com a minha vontade exacerbada de conhecer e escrever, direcionando-me para o que realmente era relevante, e, assim, exercendo o papel docente como a mais bela expressão de arte.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Matheus Alvarez, por me auxiliar no que se refere à aparar arestas e a clarificar melhor os objetivos de um curso de mestrado; e à amiga e Prof.^a Dr.^a Amanda Bravim de Oliveira, por toda a sua contribuição com a pesquisa.

À Prof.^a Assoc. Maria Cristina Gobbi por todo o critério e detalhamento utilizado na correção deste relatório, e pela compreensão com questões pontuais pertinentes a horário e, especialmente, pelo aceite em participar da minha banca de Qualificação.

À toda minha família, especialmente às minhas irmãs Sônia Regina Schiavo, Gersoni de Lourdes Schiavo e a minha tia Maria Laís Celestino de Toledo, por todo o suporte prestado em cada fase superada.

À minha mãe Elizete (*In memoriam*) por me deixar exemplos de humildade e dedicação ao próximo, pelo incentivo aos estudos, e por respeitar todas as minhas escolhas, ainda que não fossem as mais assertivas.

Ao Prof. Dr. João Fernando Marar (*In memoriam*), pelas excelentes aulas e por todo o ensinamento sobre a complexidade das coisas, e pelo estímulo e incentivo para o desenvolvimento do “olhar para fora da caixa”.

Aos Professores Associado João Pedro Albino e Dr.^a Regilene Aparecida Sarzi Ribeiro por o todo suporte e ensinamentos prestados.

À minha prima Luiza Gorete Pereira Gomes, por ter sido um exemplo em diversos momentos em questões didáticas, pedagógicas e pessoais, aconselhado-me sempre a tomar as mais sábias e sensatas decisões.

À equipe da secretaria da pós-graduação, especialmente ao Helder Cavalcanti do Carmo e à Camille, por toda a presteza e suporte para resolução de assuntos acadêmicos.

Aos meus amigos e profissionais da Radiologia Maria Clara Pereira e Cláudio Anderson Rodrigues de Souza pelas valiosas opiniões e leituras dos meus trabalhos e sobre a minha carreira em geral.

Aos colegas de profissão Eraldo Carvalho, Elton Borges, Sandro Salles, Alex Sandro da Costa Aguiar, Felipe Numagire, Solange Monteiro, Marcelo Valente dos Santos, Bruno Alexandre, Vinícius Martins Dias Batista, e todos àqueles que me sempre me incentivaram e acreditaram em meu potencial.

À Prof.^a Dr.^a Fernanda Furlanetto Bellentani, pelo aceite em participar da banca de defesa.

Aos amigos Renan Fontoura e Rachel Baumhardt pelo apoio, incentivo e amizade verdadeira, nunca deixando de acreditar nos meus projetos.

À amiga Gislene Victoria Silva, minha primeira professora de piano, por me apresentar o PPGMiT e pelas considerações ao longo dessa caminhada.

À equipe gestora do Centro de Diagnósticos Unimed, Ediana Melchiades, Clarice Rodrigues, Márcia Roda e Patrícia Sanches, por todo o auxílio e compreensão com as necessidades de ajustes de horários, para com as atividades do programa.

Ao colega de trabalho (CDU) Raphael Vieira Rodrigues por toda a paciência e ensinamento sobre protocolos e, principalmente, pós-processamento de imagens médicas em Tomografia Computadorizada.

Aos médicos do CDU Dr. Marcelo Janini, Dr.^a Viviane Nakamura, Dr. Allan e Dr. Robson por cada ensinamento técnico valioso, que agregou valor ao meu trabalho e contribui para elevação do meu patamar técnico-operacional.

À equipe da RMScan Carlos Alberto Duarte, Roniere Braga Cardoso e Leandro Italiano pela troca de experiências profissionais e pelo oportunidade do uso de sua *Workstation* para realização de pós-processamento de imagens.

À empresa IMEX *Medical Group*, nas figuras da Sr.^a Lourdes Tojilo e do Sr. Charles Gesser Fernandes, pela pelas oportunidades de aprendizagem, pela compreensão com as questões referentes às atividades do mestrado e flexibilização de horários.

*As fortalezas podem ser derrubadas, mas os humanos são
aceitos.*

Maria Cristina Gobbi

*A repressão não é o caminho da virtude. Quando as pessoas se
privam por medo, suas vidas são, por necessidade, diminuídas. Somente
através da disciplina livremente escolhida, a vida pode ser apreciada e ainda
mantida dentro dos limites da razão.*

Mihaly Csikszentmihalyi

*Os pacientes devem ser protegidos sempre que possível e eles
não são commodities para serem usados como conveniências de treinamento.*

Ziv et al. (2006, p. 252)

CELESTINO, Marcelo Salvador. **Aplicabilidade de *softwares* de simulação para o ensino de Tomografia Computadorizada para técnicos e tecnólogos em Radiologia**, 2019, 183 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado Profissional em Mídia e Tecnologia) – FAAC – UNESP, orientação da Prof.^a Assoc. Vânia Cristina Pires Nogueira Valente, e co-orientação do Prof. Dr. Matheus Alvarez, Bauru, 2019.

RESUMO

A simulação pode ser compreendida como uma prática de imitação, que permite estudar sistemas reais, de modo a sugerir alterações e melhorias nos processos. Os *softwares* de simulação despontam como objetos de aprendizagem envolventes, que por sua vez auxiliam no treino e desenvolvimento de habilidades e competências por parte dos usuários, em diversos níveis e tipos educacionais, sobretudo na área da Saúde. Diversos são os benefícios relatados pela literatura a respeito da aplicação de *softwares* e processos de simulação, dentre os quais se destacam: a possibilidade de repetir uma tarefa exaustivamente - sem prejuízo ou aumento de custos -; o engajamento entre estudantes e professores; possibilidade de correção de erros, sem prejuízo aos pacientes; e melhora na contextualização de conceitos abstratos. Neste contexto, os *softwares* de simulação são percebidos como objetos de aprendizagem capazes de auxiliar na inserção dos estudantes da Educação Profissional e Tecnológica em Radiologia no campo de estágio, bem como no mercado de trabalho, uma vez que podem minimizar o impacto do primeiro contato com a realidade a ser enfrentada pelos discentes e auxiliar no desenvolvimento de habilidades práticas, além de corresponderem às necessidades de uma geração de estudantes conectada e integrada aos diversos meios e objetos digitais.

Palavras-chave: Tecnologias Midiáticas. Simulação. *Software*. Educação Profissional. Tomografia Computadorizada. *Syllabus*.

ABSTRACT

The simulation can be understood as a practice of imitation, that allows to study real systems, in order to suggest changes and improvements in the processes. Simulation software emerge as enveloping learning objects, which in turn aid in the training and development of skills and competences by users, at different levels and types of education, especially in the area of Health. Several benefits are reported in the literature respect to the application of software and simulation processes, among which we highlight: the possibility of repeating the task exhaustively - without any loss or increase of costs; engagement between students and teachers; possibility of correction of errors, without prejudice to patients; and improvement in the contextualization of abstract concepts. In this context, simulation software is perceived as a learning object capable of assisting the insertion of students of professional and technological education in Radiology in the field of internship, as well as in the labor market, since they can minimize the impact of the first contact with the reality to be faced by the students and help in the development of practical skills, in addition to meeting the needs of a generation of students connected and integrated to the various digital media and objects.

Keywords: Media Technologies. Simulation. Software. Professional Education. Computed Tomography. Syllabus.

RESUMEN

La simulación puede ser entendida como una práctica de imitación, que permite estudiar sistemas reales, para sugerir cambios y mejoras en los procesos. Los softwares de simulación despiertan como objetos de aprendizaje envolventes, que a su vez auxilian en el entrenamiento y desarrollo de habilidades y competencias por parte de los usuarios, en diversos niveles y tipos educativos, sobre todo en el área de la Salud. Varios son los beneficios relatados por la literatura a el respeto de la aplicación de softwares y procesos de simulación, entre los cuales se destacan: la posibilidad de repetir la tarea exhaustivamente - sin perjuicio o aumento de costos -; el compromiso entre estudiantes y profesores; posibilidad de corrección de errores, sin perjuicio de los pacientes; y mejora en la contextualización de conceptos abstractos. En este contexto, los softwares de simulación son percibidos como objetos de aprendizaje capaces de auxiliar en la inserción de los estudiantes de la educación profesional y tecnológica en Radiología en el campo de prácticas, así como en el mercado de trabajo, ya que pueden minimizar el impacto del primer contacto con la realidad a ser enfrentada por los alumnos y auxiliar en el desarrollo de habilidades prácticas, además de corresponder a las necesidades de una generación de estudiantes conectada e integrada a los diversos medios y objetos digitales.

Palabras clave: *Tecnologías Mediáticas. Simulación. Software. Educación Profesional. Tomografía Computarizada. Syllabus.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Correlação das áreas temáticas da dissertação.....	19
Figura 2 – Componentes do tubo de raios X.....	38
Figura 3 – Comparativo de imagens radiográficas.....	39
Figura 4 – Interação direta e dano celular.....	40
Figura 5 – Interação indireta e dano celular.....	41
Figura 6 – Câncer no joelho de uma das <i>Radium Girls</i>	44
Figura 7 – Mão de um jovem Radiologista.....	45
Figura 8 – Tomógrafo Toshiba Aquilion CX 128.....	47
Figura 9 – Esquema de formação da imagem em TC.....	48
Figura 10 – Pixel e voxel representados em uma matriz.....	49
Figura 11 – Planos de secção anatômica.....	49
Figura 12 – Reformatação multiplanar de uma Tomografia de Face.....	50
Figura 13 – Interface do tomógrafo Siemens Perspective.....	52
Figura 14 – Interface do tomógrafo GE Brivo	53
Figura 15 – Reformatações multiplanares para estudo da artéria hepática direita.....	54
Figura 16 – Reformatações para estudo da artéria coronária direita.....	55
Figura 17 – Jogo de realidade virtual.....	58
Figura 18 – Prática <i>in situ</i> na sala de TC.....	62
Figura 19 – Imagem seccional do crânio em Realidade Aumentada.....	64
Figura 20 – Imagem dos pulmões, traqueia e brônquios em Realidade Aumentada.....	64
Figura 21 – Sistema nervoso visto em uma apostila de Anatomia Humana.....	65
Figura 22 – Manipulação da mesa virtual 3D.....	66
Figura 23 – Arco de Maguerez.....	67
Figura 24 – Simulador de voo.....	69
Figura 25 – Boneco humano estático.....	71
Figura 26 – Fantoma utilizado em Tomografia Computadorizada.....	72
Figura 27 – Simulação da realização de um exame em TC.....	77
Figura 28 – Simulação da programação de um exame de TC.....	77
Figura 29 – Treinamento para manuseio de Arco em C.....	78
Figura 30 – Exame de Raios X.....	78

Figura 31 – Prática <i>in situ</i> na sala de TC.....	88
Figura 32 – Sistema de classificação de <i>softwares</i> MS	91
Figura 33 – Tela do AdvantageSim MD.....	101
Figura 34 – Aplicação do <i>Set Smooth</i>	102
Figura 35 – Fantomas humanos computacionais.....	104
Figura 36 – Tela do IACI CT Simulator Training.....	105
Figura 37 – Programação de um exame de TC de crânio.....	106
Figura 38 – Tela do CT Sim.....	107
Figura 39 – Tela do DentalSlice.....	108
Figura 40 – Distribuição de dose.....	110
Figura 41 – Uso da ferramenta <i>Growing</i>	111
Figura 42 – <i>Volume Rendering</i> no RadiAnt.....	112
Figura 43 – Renderização de Volume - Aorta Abdominal.....	113
Figura 44 – Capa do <i>Syllabus</i>	118
Figura 45 – Tela de abertura do InVesalius 3.1.....	122
Figura 46 – Tela de trabalho do InVesalius 3.1.....	124
Figura 47 – TC de crânio por <i>Cinematic Rendering</i>	150
Figura 48 – TC cardíaca por <i>Cinematic Rendering</i>	150
Figura 49 – <i>Curved MPR</i> de ureter sem contraste.....	151
Figura 50 – <i>Curved MPR</i> do osso esterno.....	152
Figura 51 – Uso da ferramenta <i>Growing</i> para segmentação do osso esterno.....	152
Figura 52 – Osso esterno em 3D.....	153

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descritores gerais e seus conceitos.....	22
Quadro 2 – Características das tendências pedagógicas liberais.....	24
Quadro 3 – Conceitos de simulação.....	32
Quadro 4 – Doses de exposição.....	42
Quadro 5 – Instrumentos de simulação.....	71
Quadro 6 – Benefícios sobre o uso de simuladores.....	73
Quadro 7 – Resultado da 1ª busca no site ScienceDirect (artigos de revisão)	79
Quadro 8 – Resultado da 2ª busca no site ScienceDirect (artigos de pesquisa)	80
Quadro 9 – Resultado das buscas na Pubmed.....	83
Quadro 10 – Resultado das buscas na base de dados da CAPES.....	84
Quadro 11 – Resultado das buscas em áreas de avaliação correlatas.....	84
Quadro 12 – Títulos na área de Biotecnologia com Qualis B1.....	84
Quadro 13 – Resultado das buscas na área de Biotecnologia.....	85
Quadro 14 – Síntese dos artigos selecionados.....	85
Quadro 15 – <i>Softwares</i> selecionados na pesquisa 1 da Google.....	97
Quadro 16 – <i>Softwares</i> selecionados na pesquisa 2 da Google.....	98
Quadro 17 – <i>Softwares</i> selecionados em artigos.....	99
Quadro 18 – Sugestão de folha de rosto para o <i>Syllabus</i>	119
Quadro 19 – Atividades preparatórias para o <i>Syllabus</i>	121
Quadro 20 – Atividades para a Aula 1.....	123
Quadro 21 – Atividades para a semana de treinamento.....	124
Quadro 22 – Atividades para a aula 2.....	125
Quadro 23 – Atividades preparatórias da semana 3.....	126
Quadro 24 – Atividades para a aula 3.....	127
Quadro 25 – Atividades preparatórias da semana 4.....	128
Quadro 26 – Atividades para a aula 4.....	129
Quadro 27 – Atividades para a aula 5.....	130
Quadro 28 – Síntese do cronograma.....	131
Quadro 29 – Correlação das estratégias utilizadas.....	132
Quadro 30 – <i>Syllabus</i> consultados.....	149

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

^{14}C	Isótopo radioativo do Carbono
AN	Anatomia
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
Angio-TC	Angiotomografia
Art.	Artigo
AT	Atendimento
BaSo ₄	Sulfato de Bário
BIOE	Banco Internacional de Objetos Educacionais
BVS	Biblioteca Virtual em Saúde
C	Coulomb
CAVE	<i>Cavern Automatic Virtual Environment</i>
CD-ROM	<i>Compact Disc Read-Only Memory</i>
CHESS	<i>The Clinical Health Economics System Simulation</i>
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNS	Conselho Nacional de Saúde
DDP	Diferença de Potencial
DeCS	Descritores em Saúde
DM	Dosimetria
DNA	Ácido Desoxirribonucléico
DR	Radiologia Digital Direta
EJA	Educação de Jovens e Adultos
ENACT	<i>The Emory Neuro Anatomy Carotid Training</i>
ENIAC	<i>Electronic Numerical Integrator and Computer</i>
eV	Elétron-volt
FAO	Organização e Alimento e Agricultura
FMC	Física Moderna e Contemporânea
FTC	Física da Tomografia Computadorizada
GE	General Eletric
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GPSS	<i>Global Purpose Simulation System</i>
Gy	Gray
H	Hidrogênio

H ₂ O	Água
H ₂ O ₂	Peróxido de Hidrogênio
HU	Hounsfield
IACI	The Institute for Advanced Clinical Imaging
IAEA	Agência Internacional de Energia Atômica
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICRP	Comissão Internacional de Proteção Radiológica
IRM	Imagem por Ressonância Magnética
ISSN	<i>International Standard Serial Number</i>
J/kg	Joule por kilograma
kV	Kilovoltagem
kVp	Kilovoltagem pico
mA	Miliampère, corrente elétrica
MaxIP	<i>Maximum Intensity Projection</i>
MC	Meios de Contraste
MDTC	Multidetectores
MeanIP	<i>Mean Intensity Projection</i>
mGy	Miligray
MIDA	<i>Maximum Intensity Difference Accumulation</i>
MinIP	<i>Minimum Intensity Projection</i>
MIP	<i>Maximum Intensity Projection</i>
MITIE	<i>Medical Imaging Training Immersive Environment</i>
MMG	Mamografia
MPR	Reformatação Multiplanar
MS	Ministério da Saúde
N	Nitrogênio
NCBI	National Center for Biotechnology Information
O	Oxigênio
OECD/NEA	Agência de Energia Nuclear
OH	Hidroxila
OH	Ohio
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OMS	Organização Mundial da Saúde
OP	Organização Pan-americana da Saúde

PACS	<i>Picture Archiving and Communication System</i>
PE	Programação de Exames
PET	Tomografia por Emissão de Póstrons
PL	Patologia
PPI	Pós-processamento de Imagens
PR	Proteção Radiológica
PUC	Pontifícia Universidade Católica
R	Roentgen (unidade)
RA	Realidade Aumentada
RB	Radiologia Brasileira
RD	Radiografia Digital
RM	Ressonância Magnética
ROI	<i>Region of Interest</i>
RT	Radioterapia
SBME	<i>Simulation-Based Medical Education</i>
SEO	<i>Search Engine Optimization</i>
SIAAC	Sistema Interdisciplinar de Análise de Casos Clínicos
SimDeCS	Simulador Inteligente para a Tomada de Decisão em Cuidados na Saúde
SPECT	<i>Single Photon Emission Computed Tomography</i>
SVS	Secretaria de Vigilância em Saúde
TC	Tomografia Computadorizada
Th	Tório
TNR	Tecnólogo em Radiologia
TR	Técnico em Radiologia
U	Urânio
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
USG	Ultrassonografia
VR	Realidade Virtual ou <i>Volume Rendering</i>
W	Tungstênio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
2 REVISÃO TEÓRICA.....	28
3 RADIAÇÕES E TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA: CONCEITOS GERAIS..	36
3.1 PRODUÇÃO DE RAIOS X.....	37
3.1.1 Radiografias.....	38
3.2 DANOS CELULARES.....	40
3.2.1 Efeitos das radiações ionizantes na Saúde.....	41
3.3 APLICAÇÕES DAS RADIAÇÕES IONIZANTES NA ÁREA MÉDICA: A TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA.....	46
3.4 A FORMAÇÃO DA IMAGEM TOMOGRÁFICA.....	47
3.5 A INTERFACE E A PROGRAMAÇÃO DE EXAMES.....	51
3.6 O PÓS-PROCESSAMENTO DE IMAGENS.....	53
4 A SIMULAÇÃO POR INTERMÉDIO DE COMPUTADORES E SOFTWARES: FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	56
4.1 ENSINO E APRENDIZAGEM POR MEIO DOS SOFTWARES DE SIMULAÇÃO.....	56
4.2 A APLICAÇÃO DE SOFTWARES DE SIMULAÇÃO NOS PROCESSOS DE ENSINO- APRENDIZAGEM EM DIFERENTES CONTEXTOS.....	59
4.2.1 O uso de <i>softwares</i> de simulação na área da Saúde.....	60
4.3 A SIMULAÇÃO COMO IMITAÇÃO DA PRÁTICA.....	69
4.3.1 Benefícios da simulação por computador e <i>software</i> na aprendizagem.....	72
4.4 SOFTWARES DE SIMULAÇÃO REALÍSTICA EM DIAGNÓSTICO POR IMAGEM.....	76
5 O USO DE SOFTWARES DE SIMULAÇÃO NA ÁREA DE RADIOLOGIA: REVISÃO SISTEMÁTICA.....	79
5.1 PESQUISAS NO SITE SCIENCE DIRECT.....	79
5.2 PESQUISAS PELA PUBMED.....	82
5.3 PESQUISAS NA BASE DE DADOS DA CAPES.....	83
5.4 DISCUSSÃO.....	86
6 SELEÇÃO E ANÁLISE DE SOFTWARES COM APLICABILIDADE EM TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA.....	90
6.1 METODOLOGIA E ESCOPO DA PESQUISA.....	90

6.2 SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DOS <i>SOFTWARES</i>	90
6.3 RESULTADOS.....	96
6.4 DESCRIÇÃO DOS <i>SOFTWARES</i> SELECIONADOS.....	100
6.5 PERSPECTIVAS DE APLICAÇÕES DOS <i>SOFTWARES</i> SELECIONADOS.....	114
7 DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO SYLLABUS PARA O ENSINO DO PÓS-PROCESSAMENTO DE IMAGENS MÉDICAS EM TC.....	115
7.1 ESTRUTURA DO SYLLABUS.....	117
7.1.1 PARTE I - AMBIENTAÇÃO E INTRODUÇÃO AO PÓS-PROCESSAMENTO.....	120
7.1.2 PARTE II - ESTENDENDO O CONHECIMENTO.....	127
7.1.3 PANORAMA GERAL DAS ATIVIDADES.....	131
7.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTE SYLLABUS.....	133
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	134
9 PERSPECTIVA DE TRABALHOS FUTUROS.....	135
REFERÊNCIAS.....	137
APÊNDICE I.....	149
APÊNDICE II.....	150
APÊNDICE III.....	154

1 INTRODUÇÃO

A atual geração de estudantes é marcada pela conectividade, destacando-se as mídias, facilidade de acesso à informação, ambientes virtuais e pela mudança do papel docente enquanto autoridade do conhecimento dentro da sala de aula (FERREIRA; CARVALHO J.; CARVALHO F., 2015). Vive-se em um momento de facilitação para que os estudantes encontrem suas próprias respostas de aprendizagem por meio de diversas plataformas digitais, tornando-se, em grande parte, protagonistas da construção do próprio conhecimento.

Estar inserido em uma sociedade fundamentada em uma cultura voltada para mídias, *softwares* e tecnologias emergentes, colabora para que os atuais estudantes não encontrem interesse em métodos tradicionais de aula, sendo um desafio para os docentes o de inovação em metodologias criativas, buscando, para isso, auxílio no uso de objetos de aprendizagem variados, como, por exemplo, os *games* e os simuladores (PRENSKY, 2001).

Diante de um contexto de tecnologias emergentes, e do uso de novas tecnologias na educação, em uma sociedade cada vez mais imagética, conectada e envolvida por uma tendência da quebra de paradigmas dos métodos tradicionais de ensino, foram escolhidos os *softwares* de simulação como objeto de estudo por reunirem atributos, que serão discutidos no decorrer do trabalho, capazes de promover uma nova e resolutiva experiência de Educação Profissional.

Os simuladores e *softwares* de simulação têm sido estudados como métodos ativos de aprendizagem, e são vistos como recursos atrativos para a reprodução de tarefas e situações, podem representar uma atividade real ou caso fictício relacionadas ao ambiente profissional, permitindo aos estudantes observarem, ainda que de maneira digital, situações que poderão ocorrer em sua prática de estágio, ou no mercado de trabalho (FLORES; BEZ; BRUNO, 2014; (FAUQUET-ALEKHINE; PEHUE, 2016).

Os simuladores têm sido utilizados por diversas áreas como objetos de treino e aprendizagem, dentre elas: simulação de voo, operação de reatores nucleares, treinamento de técnicas de anestesia, simulação cirúrgica virtual e em operadores de indústrias de metal (FAUQUET-ALEKHINE; PEHUE, 2016).

Este trabalho consiste em uma abordagem interdisciplinar e correlata três áreas distintas, conforme é ilustrado na figura 1.

- a) Educação: com ênfase na Educação Profissional (nível médio profissionalizante) e Tecnológica (nível superior);
- b) Tecnologias: Tecnologias Digitais ou Tecnologias Midiáticas, com ênfase nos *softwares* de simulação e processos de simulação realística;
- c) Saúde: com ênfase em Diagnóstico por Imagem, especificamente em Tomografia Computadorizada (TC).

Figura 1 – Correlação das áreas temáticas da dissertação



Fonte: Elaborado pelo autor.

O delineamento da pesquisa partiu da pergunta “De que maneira os *softwares* de simulação poderiam contribuir para o ensino da TC nos cursos de Educação Profissional e Tecnológica em Radiologia?”.

Os *softwares* de simulação aplicáveis ao ensino da TC foram escolhidos como objeto de estudo por configurarem uma ferramenta de suporte capaz de motivar os estudantes, inovar na abordagem metodológica para os cursos de Educação Profissional e Tecnológica em Radiologia e por estarem inseridos em uma sociedade em que o uso de recursos digitais e de *softwares* se torna cada dia mais acentuado.

A justificativa do tema encontra motivações em três pontos distintos:

- 1) Observações e experiências pessoais prévias na prática e no ensino da TC para curso de especialização de nível médio, também chamada de especialização pós-técnica;
- 2) Percepção sobre a influência acentuada de duas tendências pedagógicas liberais na Educação Profissional e Tecnológica em Radiologia: a tendência liberal tradicional e a tendência liberal tecnicista;
- 3) Entendimento do atual cenário em que Educação e Tecnologias (digitais e midiáticas) fundem-se cada vez mais, originando a necessidade da busca por propostas metodológicas inovadoras, centradas nas tecnologias emergentes e nas metodologias ativas de ensino, focadas no estudante como sujeito central e autônomo da sua aprendizagem.

No decorrer do processo de profissionalização dos Técnicos (TR) e Tecnólogos em Radiologia (TNR), o estágio curricular é uma prática importante e imprescindível para a formação de tais profissionais (CONTER, 2011b). Em TC¹, geralmente, o estágio é o momento em que os estudantes têm o primeiro contato efetivo com a interface de um tomógrafo², com o setor de Diagnóstico por Imagem, com a equipe multidisciplinar e com os pacientes.

De acordo com minha experiência enquanto estagiário em TC, o primeiro contato com o método me fez experimentar certa frustração, porque, embora tivesse conhecimento teórico suficiente para realizar exames e protocolos básicos de rotina, eu desconhecia a plataforma e a interface do equipamento. Isso ocasionava demora, erros de processo e grande estresse no desenvolvimento das atividades. Em conversas informais com diversos estudantes e ex-alunos dos cursos de Radiologia, pude perceber que esta era uma situação quase que de unanimidade vivenciada também por eles.

Além da falta de intimidade com a interface, outra situação que atrapalhava a minha aprendizagem e ocasionava ansiedade, referia-se ao fato de que os profissionais que se encontravam a realizar exames, nem sempre podiam parar o que estavam fazendo para explicar detalhes básicos da interface do equipamento e, por esta razão, por diversas vezes, eu terminava o dia de estágio com dúvidas.

¹ Algumas instituições permitem que o estudante selecione a(s) modalidade(s) que deseja estagiar. Logo, nem todos os estudantes passam por um estágio em TC, exceto em cursos específicos de especialização.

² Equipamento utilizado para a realização dos exames de TC.

Abundantes também são os relatos informais de estudantes, em sala de aula ou em mídias sociais, afirmando que o estágio, ou parte dele, se resumiu apenas em observar outro profissional trabalhando, de modo que não se aprendia na prática a manusear o equipamento e realizar exames. Isso acabou se tornando um fator de desmotivação para vários discentes, que chegavam a questionar sua capacidade e aptidão para realizar exames de TC.

Sob o influxo de uma perspectiva behaviorista, o estudante adquire a excelência por meio da prática e do reforço de tarefas, conforme a epígrafe de Amanda Lemos (2018): “Para o mínimo de perfeição, o máximo de repetição.” A um estagiário de TC, bem como de qualquer método de Diagnóstico por Imagem, sobretudo que faça uso de radiações ionizantes, faz-se necessário o treinamento e a repetição para atingir a excelência técnica, porém, aprender por meio da tentativa e erro significa colocar em risco a integridade da saúde de outras pessoas.

A partir deste pressuposto, como objetivo primário pretende-se verificar a aplicabilidade de *softwares* de simulação no ensino da TC para os cursos de Educação Profissional e Tecnológica em Radiologia e, de forma secundária, elencar os benefícios da aplicabilidade dos simuladores e *softwares* de simulação em um contexto geral; selecionar, descrever e analisar *softwares* com aplicabilidade no ensino da TC, e elaborar um documento *Syllabus*³, com sequência didática, para aplicação dos *softwares* selecionados, como estratégia de apoio ao docente.

Para o levantamento inicial de referencial teórico, foi realizada uma breve revisão não sistemática de artigos publicados a partir de 2014, período este ampliado de acordo com os desdobramentos da pesquisa. Os trabalhos foram selecionados pela sua aderência ao tema central desta pesquisa, de modo que abordassem o tema: “Educação por meio de simuladores ou por meio de *softwares* de simulação”, com o objetivo de compreender de modo generalista os benefícios relatados pelos autores, acerca dessa tecnologia enquanto objeto de aprendizagem, em diferentes contextos e no contexto da Radiologia.

Por se tratar, inicialmente, de uma pesquisa exploratória, as buscas foram estendidas a livros e dissertações para pesquisa sobre o tema central e temas

³ O *Syllabus* é um documento técnico que consiste na explanação detalhada de um determinado conteúdo programático, elaborado por um docente e com aplicabilidade em diversas áreas e níveis de ensino. Também neste documento, são especificados aspectos como competências e habilidades a serem trabalhadas, objetivos do plano de ensino, dados gerais como carga horária, dias das aulas, dados do professor responsável, dentre outros.

subjacentes a este trabalho, e também documentos que não passaram por um tratamento científico, como por exemplo, sites, vídeos, legislações, entre outros. Assim, a primeira parte da pesquisa pode ser considerada exploratória e documental, de natureza básica (FREGONEZE *et al.*, 2014). Embora nem todo o material consultado tenha sido utilizado como parte do referencial teórico, este serviu para uma compreensão inicial e panorâmica a respeito do assunto.

Após a seleção inicial do material de referência, foi realizada a caracterização dos descritores na Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), sendo escolhidos os termos Radiologia, Tomografia Computadorizada⁴, Educação Profissionalizante, Educação Tecnológica, Educação em Saúde, *Software* e Simulação. Na pesquisa também foi identificado o descritor *Tomografia*, de maneira isolada, utilizado para descrever o método de interpretação das imagens tomográficas.

Posteriormente, os descritores selecionados para compor o *corpus* geral do trabalho e palavras-chaves da pesquisa foram definidos como: simulação; *software*; Educação e Tomografia, com as variações Educação Profissionalizante, Educação em Saúde, Tomografia por Raios X e Radiologia, como pode ser visto no quadro 1, que correlaciona as definições dos descritores encontradas e extraídas do site da BVS.

Quadro 1 – Descritores gerais e seus conceitos

DESCRIPTOR	CONCEITOS
Educação em Saúde	A educação em Saúde objetiva desenvolver nas pessoas um sentido de responsabilidade, tanto como indivíduo, membro de uma família, quanto de uma comunidade, para com a Saúde, tanto individual como coletivamente.
Educação Profissionalizante	Educação convencional e treinamento para a prática de uma profissão.
Radiologia	Especialidade voltada para o uso de raios X e outras formas de energia radiante, no diagnóstico e no tratamento de doenças.
Simulação	Uso de modelos em situações em que a experiência é impraticável com o objetivo de determinar os efeitos produzidos em algum resultado, dependendo das condições (fatores, variáveis, parâmetros).
<i>Software</i>	Programas de Computação; programas para computadores.
Tomografia	Método de avaliação por imagem, que resulta em imagens nítidas de objetos localizados num plano escolhido e imagens desfocadas, localizadas acima ou abaixo do plano.

⁴ Sinônimo do descritor Tomografia Computadorizada por Raios X.

Tomografia por Raios X	Tomografia utilizando transmissão por raios x e um computador de algoritmo para reconstruir a imagem.
------------------------	---

Fonte: Elaborado pelo autor, com base no site da BVS.

O termo Educação Tecnológica, embora não tenha sido encontrado nos descritores da BVS, está descrito no Capítulo 3, art. 39, § 1º da LDB (BRASIL, 1996, [n.p.]): "A Educação Profissional e Tecnológica, no cumprimento dos objetivos da educação nacional, integra-se aos diferentes níveis e modalidades de educação e às dimensões do trabalho, da ciência e da tecnologia".

Todos os descritores foram pesquisados e testados na Base CAPES. Em seguida, foi elaborado o sumário provisório da dissertação, para delineamento e recorte do *corpus* da pesquisa.

A viabilidade do estudo se deu após considerar e perceber os simuladores e *softwares* de simulação como potenciais objetos de aprendizagem para serem aplicados ao ensino da TC, levando em consideração resultados positivos em trabalhos correlatos e diversos benefícios relatados na literatura consultada, em diferentes áreas, a serem expostos no desenvolvimento desta pesquisa.

Inicialmente, pretendia-se analisar e descrever 30 *softwares*. Foram encontrados 32 *softwares* potenciais de simulação para o ensino em TC, escolhidos aleatoriamente - com base em pesquisas de repositório, sites específicos e *softwares* referenciados na literatura de fundamentação deste trabalho -, dos quais 10 foram analisados e descritos, *software* livre InVesalius 3.1 selecionado como objeto para a elaboração do *Syllabus*.

A análise seguiu uma forma padronizada e sistematizada, de modo que foi possível encadear as informações e facilitar o entendimento; de forma também que pudesse ser replicada e/ou servir de apoio aos docentes dos cursos de Educação Profissional e/ou Tecnológica em Radiologia, ou outras áreas, servindo, ainda, como um norte para pesquisas futuras.

Percebe-se que a maior parte da literatura e das pesquisas sobre o tema, bem como os *softwares* propriamente ditos são de origem estrangeira, evidenciando uma abertura para estudo aprofundado do tema no cenário brasileiro. Desta forma, o método inicial que originou a pesquisa foi o método indutivo que, segundo Fregoneze *et al.* (2014), consiste em uma observação generalizada dos fatos a partir de uma observação particular.

No campo da Pedagogia e da Educação, é perceptível que se vive em um momento transitório, no qual a tendência liberal tradicional - cujas principais características são o verbalismo e o professor como figura autoritária -, e a tendência liberal tecnicista - em que os alunos não são participativos na elaboração do programa educacional -, cederão cada vez mais espaço à tendência liberal renovada não diretiva, cujas principais características são: a autonomia dos estudantes na construção do seu conhecimento, enquanto o professor atua como agente facilitador da aprendizagem (LUCKESI, 2005).

Independentemente da tendência pedagógica abordada, o professor assume um papel de mediação entre o processo de ensino e aprendizagem, e cabe a ele perceber se os resultados estão sendo alcançados ou se é necessária uma intervenção e/ou mudança de abordagem, durante o desenvolvimento do processo.

O quadro 2 elenca as principais características das tendências pedagógicas citadas, enfatizando os métodos e o relacionamento entre professor e alunos.

Quadro 2 – Características das tendências pedagógicas liberais

LIBERAL TRADICIONAL	LIBERAL TECNICISTA	LIBERAL RENOVADA NÃO DIRETIVA
Verbalismo; Apresentação e associação; Exercícios de repetição; Professor é uma autoridade; Alunos são receptivos.	Uso de diversas tecnologias; Comunicação técnica; Professor é mediador; Alunos são responsivos e não participativos do programa educacional.	Ruptura com métodos tradicionais de ensino; Metodologia própria; Autodesenvolvimento do aluno; Professor é facilitador e não interventivo; Alunos são autônomos.

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Luckesi (2005).

As teorias que mais se aproximam dos ideais deste trabalho são o Cognitivismo e o Behaviorismo. No campo do Cognitivismo, Ausubel e Novak abordam a chamada “aprendizagem significativa”, em que um conhecimento novo se relaciona a um anterior, de forma não arbitrária, por meio de subsunções⁵. Já no campo do Behaviorismo, Skinner defende a aprendizagem por repetição ou reforço, características do treino de determinada habilidade que se pretende adquirir (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2010).

Os *softwares* de simulação são vistos, então, como objetos capazes de integrar as teorias do Cognitivismo e do Behaviorismo. Apesar de trazerem uma abordagem diferenciada, e romperem com métodos convencionais de ensino, eles

⁵ Conhecimento prévio sobre determinado assunto, e que serve de base ou “gancho” para um novo aprendizado.

ainda mantém alguns aspectos tradicionais, como os exercícios de repetição citados na tendência pedagógica liberal tradicional.

Como aspecto relacionado ao Cognitivismo, entende-se que por se tratar de um ambiente digital e virtual, que pode trazer sentido aos conceitos teóricos, como por exemplo, a dinâmica de atendimento ou disposição de equipamentos em um ambiente de trabalho na área hospitalar, os *softwares* de simulação possam facilitar a integração do estudante no campo de estágio, e possibilitar o encadeamento de conteúdos a serem assimilados, de forma gradativa e correlacionada.

Por outro lado, sob a óptica do Behaviorismo, entende-se que por meio destes objetos (os *softwares* de simulação), seja possível ao estudante a repetição de tarefas por meio de simulações, como por exemplo, a exposição de uma paciente virtual aos raios X, promovendo a aquisição e o desenvolvimento de habilidades sem prejuízo a um paciente real, devido aos efeitos das radiações ionizantes.

Ainda no contexto de Diagnóstico por Imagem, outro exemplo seria o treinamento repetitivo de sequências para a programação de um exame ou a aplicação de técnicas de pós-processamento de imagens médicas, dentro das atribuições dos profissionais que trabalham com TC e Ressonância Magnética (RM), também conhecida por Imagens por Ressonância Magnética (IRM), ou outra modalidade digital.

Para atingir os objetivos propostos, a dissertação foi dividida em duas partes. Sempre que necessário, em cada capítulo ou seção, descreveu-se o(s) método(s) de coleta de dados e de seleção dos materiais, já que foram utilizadas bases de dados e descritores diferentes e personalizados de acordo com o objetivo pontual a ser trabalhado.

Na primeira parte da dissertação, são apresentadas a fundamentação teórica da pesquisa e uma contextualização geral de conceitos fundamentais e necessários para o entendimento do escopo do projeto, explanadas em três capítulos. O capítulo 1 trata-se de uma “Revisão teórica”, em que são elencados conceitos fundamentais de simulação e simulacros, bem como um panorama geral sobre os estudantes no atual contexto de sociedade da informação.

O capítulo 2, intitulado “Radiações e Tomografia Computadorizada: conceitos gerais”, aborda a contextualização e fundamentos necessários para compreender o cenário sobre a qual se refere a aplicação do objeto de estudo pesquisado, e traz aspectos gerais sobre a profissão e os profissionais TR e TNR, os efeitos biológicos

das radiações ionizantes e a modalidade de TC. Nele procura-se clarificar que a submissão de um paciente a um exame de TC pode ocasionar efeitos danosos provenientes da exposição à radiação ionizante empregada pelo método diagnóstico, por isso, é preciso de um profissional consciente e treinado para atuar com assertividade na realização de exames de TC. De modo geral, os tópicos abordados são:

- a) Breve histórico da Radiologia;
- b) Efeitos das radiações ionizantes: danos causados pela exposição descuidada às radiações ionizantes;
- c) Caracterização da TC enquanto método de Diagnóstico.

Em seguida, “A simulação por intermédio de computadores e *softwares*: Fundamentos teóricos” (capítulo 3) introduz e conceitua os temas relacionados aos simuladores e às práticas de simulação, além de apresentar um breve histórico e exemplos sobre o uso de tais objetos e práticas em processos de ensino-aprendizagem. Também, afim de sustentar e viabilizar este trabalho, traz evidências dos benefícios da aplicabilidade dos *softwares* e processos de simulação em diferentes contextos educacionais e de formação profissional, em específico da área da Saúde.

Busca-se, então, a perspectiva de que os benefícios validados pelo uso destes objetos, em diferentes contextos de ensino-aprendizagem, possam ser úteis ao ensino da TC para cursos de Educação Profissional e Tecnológica em Radiologia.

Já a segunda parte da dissertação traz uma abordagem específica, e consiste na seleção de material por meio de uma revisão sistemática, seleção e análise de *softwares* de simulação, sendo finalizada com a elaboração de um documento *Syllabus*, com uma sequência didática, para aplicação de um *software* selecionado para o ensino do pós-processamento de imagens médicas em TC, o InVesalius 3.1.

O capítulo 4, “O uso de *softwares* de simulação na área da Radiologia: Revisão sistemática” traz artigos resultados de diferentes buscas, e procura evidenciar a aplicabilidade de *softwares* ou processos de simulação no ensino da TC e temas correlatos. Foram realizadas revisões (buscas) sistemáticas no motor de buscas ScienceDirect, e no site de pesquisas NCBI (National Center for Biotechnology Information, em Português Centro Nacional para Informação Biotecnológica), e na plataforma Sucupira, da CAPES, com ênfase a periódicos de Qualis A1, A2 e B1. Em cada busca ou grupo de buscas foram descritos os métodos

de pesquisa, os critérios de seleção, bem como a inclusão e exclusão de determinados trabalhos.

Prosseguindo para o capítulo 5, intitulado “Seleção e análise de *softwares* com aplicabilidade em Tomografia Computadorizada”, são apresentados os *softwares* selecionados por meio de busca no site Google, também por meio de sites especializados e encontrados ao longo da leitura dos trabalhos utilizados para fundamentação desta dissertação, e será realizada a descrição de *softwares* designados com ênfase para sua aplicabilidade no ensino da TC.

Em “Desenvolvimento de um modelo *Syllabus* para o ensino do pós-processamento de imagens médicas em Tomografia Computadorizada” (capítulo 6), foi elaborado e apresentado um plano de aulas para abordagem do pós-processamento de imagens, o qual foi baseado no *software* livre InVesalius 3.1, escolhido e descrito no capítulo 5, além de outros recursos pertinentes para a abordagem do conteúdo. A versão piloto do *Syllabus* desenvolvido é apresentada no Apêndice III. Por fim, são apresentadas as considerações finais do trabalho, e a perspectiva para a continuidade da pesquisa.

2 REVISÃO TEÓRICA

Os nascidos na era tecnológica são conhecidos pela expressão nativos digitais. Os estudantes desse período geralmente aprendem em tempo heterogêneo, e trazem como características principais: a leitura rápida e dinâmica; o desenvolvimento de multitarefas simultâneas; a preferência por *games* a livros; e o interesse por tudo o que possa remeter às novas tecnologias. Sobre o perfil dos estudantes da geração digital, Prensky (2001, p. 1) afirma que:

Os alunos de hoje - até a faculdade - representam a primeira geração a crescer com novas tecnologias. Eles passaram toda a vida cercados e usando computadores, videogames, leitores de música digital, câmeras de vídeo, celulares e todos os outros brinquedos e ferramentas da era digital. Os graduados médios da universidade de hoje gastaram menos do que 5.000 horas de vida lendo, mas cerca de 10.000 horas jogando videogames (para não mencionar 20 mil horas assistindo TV). Jogos de computador, email, Internet, celulares e mensagens instantâneas são partes integrantes de suas vidas (tradução livre)⁶.

Já os que nasceram antes desse período, vivenciaram um período de transição e adaptação aos avanços tecnológicos, e são conhecidos por imigrantes digitais (PRENSKY, 2001). A diferença é que os imigrantes digitais utilizam, na maioria das vezes, as novas tecnologias e *softwares* para realizar tarefas, mas continuam presos aos modelos tradicionais, sem desfrutar da fluência digital dos nativos, que aprendem a usar as tecnologias na prática e por descoberta (CARNIELLO; RODRIGUES; MORAES, 2010; PRENSKY, 2001).

Carniello, Rodrigues e Moraes (2010) fazem uma descrição complementar à de Prensky (2001) sobre o perfil dos estudantes da era digital, e afirmam que eles são capazes de realizar tarefas simultâneas enquanto

⁶ *Today's students – K through college – represent the first generations to grow up with this new technology. They have spent their entire lives surrounded by and using computers, videogames, digital music players, video cams, cell phones, and all the other toys and tools of the digital age. Today's average college grads have spent less than 5,000 hours of their lives reading, but over 10,000 hours playing video games (not to mention 20,000 hours watching TV). Computer games, email, the Internet, cell phones and instant messaging are integral parts of their lives (texto original).*

navegam pela Internet, e que métodos que requeiram atenção única provocam efeito contrário neles, levando ao desinteresse e à dispersão.

Atualmente, os *softwares* são vistos como uma camada que permeia toda a sociedade, bem como objetos de estudo que auxiliam no entendimento de toda a humanidade, da sua cultura e das ciências tecnológicas, e que em sinergia com os equipamentos eletrônicos, permitem a movimentação da sociedade no todo (MANOVICH, 2013).

Por meio dos *softwares* chega-se à convergência e integração das mídias, e abrem-se possibilidades para aplicações inovadoras das novas tecnologias, em diferentes contextos e setores, como, por exemplo, o educacional, contribuindo como recurso transformador, ao passo em que possibilitam o desenvolvimento de uma sociedade mais autônoma (STRAUBHAAR; LAROSE, 2004; MANOVICH, 2013).

Manovich (2013) define a sociedade e a cultura atuais como a sociedade e a cultura do *software*, respectivamente, sendo os *softwares* vistos como parte de um processo que está sendo construído em tempo real. Na visão do autor, eles são mediadores fundamentais para a produção, distribuição e recepção de conteúdos diversos. Por isso, entende-se que estudar os *softwares* e suas aplicações, em qualquer contexto da sociedade, signifique buscar e discutir os caminhos e métodos capazes de trazer respostas aos questionamentos contemporâneos.

Segundo Vidal-Gomel e Fauquet-Alekhine (2016, p. 23), eles podem ser classificados, dentre diversas categorias, em:

- *Softwares* de propósito geral: utilizados para elaborar sistemas gerais;
- *Softwares* direcionados para fábricas: utilizados em sistemas de produção;
- *Softwares* de simulação de suporte: utilizado para análises de dados.

Um termo que se faz necessário conceituar é o simulacro. De acordo com o site Significados (2018), o simulacro é uma imitação falsa de algo real. O termo foi introduzido por Jean Baudrillard (1991) em uma discussão contemporânea sobre o real e o imaginário, discutindo as relações entre a simulação e a representação.

Um exemplo de simulacro utilizado por Jean Baudrillard (1991) se refere aos mapas territoriais. Segundo o autor (1991, p. 8), “O território já não

precede o mapa, nem lhe sobrevive. É agora o mapa que precede o território [...]”. De fato, no cotidiano, os mapas são objetos úteis que auxiliam nos processos de navegação, locomoção e transportes em geral, sejam eles em formato de papel ou em formato de aplicativos digitais, como no caso de aplicativos populares para smartphones como o Google Maps ou Waze, ou ainda os aparelhos ou aplicativos com função de GPS (*Global Positioning System* – Sistema de Posicionamento Global).

Partindo de uma exploração real de locais geográficos, criaram-se os mapas, objetos que representam, e simulam uma realidade. Assim, as três categorias de simulacros, conceituadas por Baudrillard (1991, p. 151), são:

Simulacros naturais, naturalistas, baseados na imagem, na imitação e no fingimento, harmoniosos, otimistas e que visam à restituição ou a instituição ideal de uma natureza à imagem de Deus; Simulacros produtivos, produtivistas, baseados na energia, na força, na sua materialização pela máquina e em todo o sistema da produção - objectivo prometiano de uma mundialização e de uma expansão contínua, de uma libertação de energia indefinida (o desejo faz parte das utopias relativas a esta categoria de simulacros); Simulacros de simulação, baseados na informação, no modelo, no jogo cibernético – operacionalidade total, hiper-realidade, objectivo de controlo total⁷.

A categoria de simulacros de simulação, descrita por Baudrillard (1991), é a que se refere ao presente objeto de estudo. Neste contexto, Pazin Filho e Sacarpelini (2007), conceituam a simulação como uma técnica de aprendizagem baseada na representação de uma tarefa, cujo contato inicial ocorre por meio da prática.

Ela permite estudar, por intermédio de análises de modelos realistas, sistemas complexos da vida real, a fim de obter informações sobre o seu funcionamento e testar suposições para resolução de problemas complexos, e pode ser feita por meio de cálculos matemáticos, resultando em valores possíveis da ocorrência de eventos, como, por exemplo, simular na planta a construção para a extensão de uma determinada empresa (LAW; KELTON, 1991).

Clayton e Gizelis (2005) referem que a simulação encontra aplicação em diferentes áreas, sendo um método que trabalha, dentre outros aspectos, a

⁷ Mantida a nuance de escrita da Língua Portuguesa (Europa) do texto original.

transferência de habilidades, desta forma, preparando os estudantes e profissionais para o melhor desempenho de suas atividades. Segundo os autores (2005, p. 6):

[...] profissões como Direito, Trabalho Social, Planejamento, Política e Cuidados de Saúde usam alguma forma de simulação para desenvolver, praticar e testar a capacidade dos alunos de se comunicar, discutir e negociar com os outros de uma maneira que aplique ideias teóricas em um sentido prático. Nesse sentido, as habilidades desenvolvidas são altamente transferíveis, como se comunicar e negociar efetivamente com os outros são habilidades essenciais para a vida (tradução livre)⁸.

A simulação também pode ser entendida como qualquer espaço, conteúdo ou situação utilizados para fins de treinamento e/ou avaliação (SADIDEEN *et al.*, 2012). Para Sadideen *et al.*, (2012, p. 459), são diversos os objetos utilizados nas práticas simuladas, que podem incluir:

[...] modelos de bancada (por exemplo, espuma para sutura), simuladores de VR (por exemplo, programas de computador para habilidades laparoscópicas), tecido cadavérico (por exemplo, anastomoses intestinais), treinadores de caixa (por exemplo, habilidades laparoscópicas), modelos de porco vivo (por exemplo, anastomoses arteriais) e pacientes simulados (por exemplo, para comunicação e habilidades interpessoais). No Reino Unido, os pacientes simulados representam um componente integral da educação médica de graduação para ajudar a ensinar cenários de habilidades de comunicação (tradução livre)⁹.

Desta forma, a simulação pode ser física ou digital/virtual, e os simuladores e os *softwares* de simulação computacional podem ser compreendidos como objetos capazes de reproduzir digitalmente uma atividade ou evento real, na intenção de preparar um aluno para vivenciar tal

⁸ [...] professions such as law, social work, planning, politics and health care each use some form of simulation to develop, practice and test student's ability to apply communicate, argue and negotiate with others in a manner that applies theoretical ideas in a practical sense. In this sense the skills developed are highly transferable, as to communicate and negotiate effectively with others are core life skills (texto original).

⁹ [...] bench top models (e.g. foam for suturing), VR simulators (e.g. computer programmes for laparoscopic skills), cadaveric tissue (e.g. for bowel anastomoses), box trainers (e.g. for laparoscopic skills), live porcine models (e.g. for arterial anastomoses) and simulated patients (e.g. for communication and interpersonal skills). In the UK, simulated patients represent an integral component of undergraduate medical education in order to help teach communication skill scenarios (texto original).

experiência sem grandes impactos ou surpresas (CLAYTON; GIZELIS, 2005; PAZIN FILHO; SCARPELINI, 2007; McHANEY, 2009; SADIDEEN *et al.*, 2012).

Na área da saúde, o uso de *softwares* de realidade virtual, por exemplo, permitiria ao estudante conhecer o ambiente profissional por meio de uma representação digital, imagens e exploração em 3D de um ambiente, enquanto o contato com pacientes simulados permitiria a análise de cada caso individualmente, preparando-o para o desenvolvimento de sua atividade (SADIDEEN *et al.*, 2012).

Neste ponto, percebe-se que os simuladores rompem com métodos tradicionais de ensino, baseados exclusivamente na leitura de textos - o que abre diversas possibilidades interpretativas -, já que, segundo Hillesheim e Schottz (2014), eles são objetos capazes de entregar ao aluno uma visão próxima da realidade, e permitem a compreensão (imagética e lógica) do que seria a vivência de determinada situação na realidade.

Os conceitos de simulação são bastante próximos, e geralmente remetem à imitação do real e da prática. O quadro 3 apresenta conceitos e ideias de diferentes autores sobre simulação e simuladores, em complemento aos autores citados anteriormente: Law e Kelton (1991), Clayton e Gizelis (2005), Pazin Filho e Scarpelini (2007) e Sadideen *et al.* (2012).

Quadro 3 – Conceitos de simulação

ANO	AUTORES	CONCEITOS (TRADUÇÕES LIVRES)
2003	Maran e Glavin (p. 22)	A simulação é uma técnica educacional que permite a atividade interativa, e às vezes imersiva, recriando toda ou parte de uma experiência clínica sem expor os pacientes aos riscos associados (tradução livre) ¹⁰ . A simulação produz um ambiente livre de riscos em que os alunos podem dominar com sucesso as habilidades relevantes à prática clínica. Também permite erros de diagnóstico ou gestão para o desenvolvimento até a sua conclusão natural (tradução livre) ¹¹ .
2006	Ziv <i>et al.</i> (p. 252)	O uso de simulação, sempre que viável, transmite uma educação crítica e ética mensagem a todos: os pacientes devem ser protegidos sempre que possível e eles não são <i>commodities</i> para serem usados como conveniências de

¹⁰ *Simulation is an educational technique that allows interactive, and at times immersive, activity by recreating all or part of a clinical experience without exposing patients to the associated risks (texto original).*

¹¹ *Simulation produces a risk-free environment in which learners can successfully master the skills relevant to clinical practice. It also permits errors of either diagnosis or management to be allowed to develop and followed through to their natural conclusion (texto original).*

		treinamento (tradução livre) ¹² .
2009	McHaney (p. 8)	A simulação utiliza um modelo para desenvolver conclusões que fornecem informações sobre o comportamento ou elementos do mundo real que estão sendo estudados. A simulação computacional utiliza o mesmo conceito, mas exige que o modelo seja criado por meio da programação de computadores (tradução livre) ¹³ .
	McHaney (p. 9)	Utiliza um computador para imitar as operações de um processo ou facilidade do mundo real, de acordo com pressupostos devidamente desenvolvidos, tomando a forma de lógica, relacionamentos estatísticos ou matemáticos, que são desenvolvidos e moldados em um modelo (tradução livre) ¹⁴ .
2014	Hillesheim e Schottz (p. 59)	Todo e qualquer simulador é uma ferramenta que permite a visualização dinâmica de um sistema, ao contrário do livro, que permite uma representação estática de um conhecimento a partir da escrita de um texto qualquer.
2016	Vidal-Gomel e Fauquet-Alekhine (p. 2)	[...] os simuladores são definidos como os artefatos que simulam (parcial ou completamente) a operação ou o comportamento de um sistema Técnico, facilidade ou fenômeno natural (tradução livre) ¹⁵ .

Fonte: Elaborado pelo autor, fontes disponíveis no próprio quadro.

Faz-se importante ter clara a diferença entre processos de simulação, que representam uma atividade, situação, entre outros, e os jogos digitais ou os *serious games* (jogos sérios), que são construídos sobre enredos, histórias, personagens e cenários, também utilizados em processos de ensino e aprendizagem para o desenvolvimento de competências e habilidades.

Uma vez que os simuladores e processos de simulação serão estudados sob a óptica da Educação, é importante entender que existem diferentes níveis e modalidades de ensino. Segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) (BRASIL, 1996), a educação escolar se divide em educação básica e superior.

A educação básica engloba a educação infantil, o ensino fundamental e o ensino médio. Neste nível é possível encontrar a educação de jovens e adultos (EJA), que não concluíram os estudos do ensino fundamental e médio na idade prevista. Já a educação superior, é composta por cursos sequenciais,

¹² *The use of simulation wherever feasible conveys a critical educational and ethical message to all: patients are to be protected whenever possible and they are not commodities to be used as conveniences of training* (texto original).

¹³ *Simulation uses a model to develop conclusions providing insight on the behavior of real-world elements being studied. Computer simulation uses the same concept but requires the model be created through computer programming* (texto original).

¹⁴ *Using a computer to imitate the operations of a real-world process or facility according to appropriately developed assumptions taking the form of a logical, statistical, or mathematical relationships which are developed and shaped into a model* (texto original).

¹⁵ [...] *the simulators are defined as the artifacts that simulate (partially or completely) the operation or the behavior of a technical system, facility, or a natural phenomenon* (texto original).

de graduação, pós-graduação (especializações, aperfeiçoamentos, mestrados e doutorados) e de extensão (BRASIL, 1996).

Paralelamente à educação básica e superior encontra-se a Educação Profissional (e Tecnológica), que “[...] integrada às diferentes formas de educação, ao trabalho, à ciência e à tecnologia, conduz ao permanente desenvolvimento de aptidões para a vida produtiva” (BRASIL, 1996, [n.p.]). Segundo o Capítulo 3, art. 39, § 2º da LDB (BRASIL, 1996, [n.p.]), os cursos que fazem parte da Educação Profissional e Tecnológica são:

- I – De formação inicial e continuada ou qualificação profissional;
- II – De Educação Profissional técnica de nível médio;
- III – De Educação Profissional e Tecnológica de graduação e pós-graduação.

No âmbito da Educação Profissional e Tecnológica encontram-se os TR e os TNR, também conhecidos como profissionais de Técnicas Radiológicas. Estes profissionais são submetidos a um processo de formação composta por diversos cursos, como os de formação técnica de nível médio, graduação tecnológica, pós-graduações e de qualificação profissional, de modo a integrar teoria e prática no decorrer de seu processo formativo.

Profissionalmente, eles desempenham atividades diversas no âmbito das radiações ionizantes e não ionizantes, cuja atuação compreende a operação de equipamentos para aquisição de imagens para diagnóstico em diferentes modalidades na área médica, odontológica, veterinária, e também na aquisição de imagens na área industrial, além de tratamentos, como é o caso da Radioterapia (RT).

Inicialmente, estes profissionais eram chamados de “Operadores de Raios X”. De acordo com a lei nº 7394/85 (BRASIL, 1985), lei de regulamentação do exercício profissional dos TR, o artigo 1º (BRASIL, 1985, [n.p.]) diz que os Operadores de Raios X (agora chamado de profissionais de Técnicas Radiológicas) são os profissionais que atuam na execução de diversas técnicas, dentre as quais: “I - radiológica, no setor de diagnóstico; II - radioterápica, no setor de terapia; III - radioisotópica, no setor de radioisótopos; IV - industrial, no setor industrial; V - de medicina nuclear”. Já os TNR, além disso, atuam em diversas subáreas da Radiologia, na parte de gestão e

coordenação, docência e pesquisa, dentre outras (BRASIL, 1985; CONTER 2012).

Estes profissionais estão inseridos em um contexto de constante evolução tecnológica e inovações em equipamentos. O próprio Código de Ética (CONTER, 2011a, [n.p.]) que rege a profissão destes profissionais chama a atenção para a necessidade do “aperfeiçoamento e atualização de seus conhecimentos técnicos científicos e a sua cultura geral”, para que possam auxiliar na efetivação das políticas de Saúde pública e contribuir para a promoção do bem-estar social.

O processo formativo também encontra obrigatoriedade no estágio curricular e é descrito pela Resolução CONTER nº 10 de 11 de novembro de 2011 (CONTER, 2011b, [n.p.]) – em conformidade com diversas leis¹⁶ -, que descreve que “a prática simulada em laboratório integra a carga horária mínima para a formação profissional”.

Desta forma, entende-se que, além do estágio obrigatório em campo (ambientes de Saúde em geral), cuja carga obrigatória é de, no mínimo, 400 horas para curso Técnico e de 20% da carga horária total do programa pedagógico dos outros cursos (graduação e especializações de nível médio e *lato sensu*) (CONTER, 2011b), o estudante deverá ser submetido a práticas simuladas durante seu processo formativo, sem que tal prática seja confundida com as aulas práticas em laboratório.

Um fator limitante para a formação dos TR e TNR é que as instituições de ensino nem sempre dispõem de simuladores para todas as modalidades de diagnóstico sobre as quais o estudante poderá vir a desenvolver em campo de estágio, ou em sua vida profissional, sendo o mais comum, os equipamentos para simulação de raios X Convencional, devido ao custo em relação a outros instrumentos.

¹⁶ Lei nº 11.788/2008; Lei 11.741/2008 que alterou os artigos 36, 39 e 42 da Lei Federal nº 9394/1996; Parecer CNE/CEB 35/2003, de 05/11/2003; Lei nº 7.394, de 29 de outubro de 1985 regulamentada pelo Decreto nº 92.790, de 17 de junho de 1986.

3 RADIAÇÕES E TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA: CONCEITOS GERAIS

O termo radiação refere-se à capacidade de propagação de energia. Ela pode ser natural, quando derivada do processo de instabilidade nuclear de um determinado elemento (radioatividade), ou pode ser artificial, quando produzida por aparelhos de raios X (BUSHBERG *et al.*, 2001; OKUNO, 2013).

Conceituando a radioatividade como um processo natural de radiação, Xavier, Moro e Heilbron (2010, p. 10) afirmam que ela “é a transformação espontânea de um núcleo atômico, convertendo um nuclídeo em outro”. Ainda, de acordo com os autores, esta propriedade foi descoberta pelo físico francês Antoine Henri Becquerel no século XIX, em 1896, como consequência de um processo investigativo sobre a fluorescência e fosforescência de materiais e, principalmente, da emissão de energia pelo elemento químico urânio (U).

A interação das radiações com átomos pode resultar na deposição de energia, por meio de interações de Coulomb (C), de modo que elétrons presentes na eletrosfera podem ser ejetados do átomo, resultando na formação de partículas eletricamente carregadas (OKUNO, 2013). Assim, as radiações são classificadas em dois grupos: as não ionizantes, que não causam ionização dos átomos; e as ionizantes, que podem ionizá-los (IAEA, 2005).

Os raios X e a radiação gama (γ) são classificados como ondas no espectro eletromagnético, e são as únicas radiações eletromagnéticas capazes de provocar ionização. Embora sejam semelhantes, os raios X são produzidos de forma artificial na eletrosfera dos átomos do elemento alvo na ampola, enquanto a radiação gama é proveniente da radioatividade, cuja origem está no núcleo atômico de elementos radioativos.

Em relação aos processos de ionização e interação dos fótons com o meio, Okuno (2013, p. 185) esclarece que:

Os fótons de raios X e gama, diferentemente de partículas carregadas, perdem toda ou quase toda energia numa única interação com átomos, ejetando o elétron deles que, por sua vez, saem ionizando átomos até pararem. Os fótons podem também atravessar um meio sem interagir. Teoricamente, não há material nem forma de blindar todos os fótons e isso é um dos motivos da necessidade de Proteção Radiológica que dita regras quanto ao

nível de radiação a que as pessoas expostas podem receber (OKUNO, 2013, p. 185).

As pesquisas e descobertas no campo das radiações promoveram mudanças na área médica, nos setores de tecnologias nucleares, industrial, de energia e nas relações sociais em um contexto geral. Segundo Alves (2007, p. 42), “a ciência radiológica tem sido um dos campos da medicina que mais evolução tem registrado desde a sua descoberta em 1895”.

A descoberta dos raios X revolucionou a forma como a medicina era praticada. Após as radiografias, outros métodos de imagem surgiram, como por exemplo, a TC, a Mamografia (MMG), a RM, entre outros, e o setor de Diagnóstico por Imagem ganhou espaço de destaque em ambientes de Saúde.

3.1 Produção de raios X

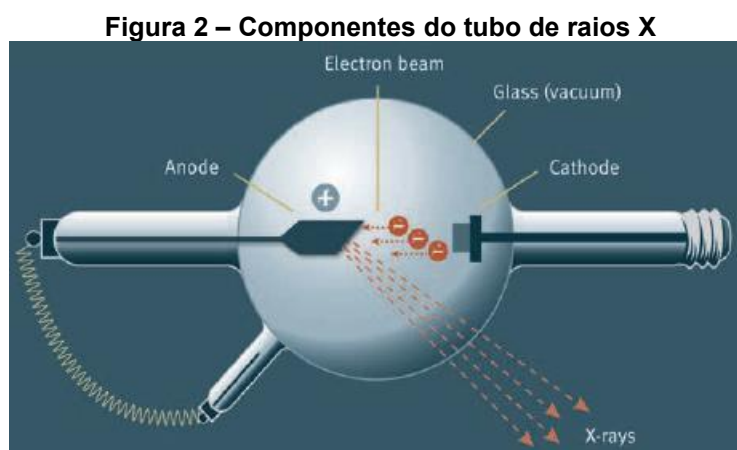
Os chamados “raios X” são ondas eletromagnéticas de pequeno comprimento de onda, com alta frequência e grande poder de penetração na matéria. Fazem parte do grupo das radiações ionizantes, ou seja, produzem partículas com carga - os íons - por meio da transferência de energia para os elétrons ou para o núcleo de um átomo. Na área médica são aplicados para formação da imagem para diagnóstico (BUSHBERG *et al.*, 2001; McKINNIS, 2004), e tratamento por RT.

A International Atomic Energy Agency (Agência Internacional de Energia Atômica, em Português) (IAEA, 2014, p. 89) descreve a produção de raios X como um processo que “envolve o bombardeamento de um alvo espesso com elétrons energéticos”. Isso ocorre porque o aparelho de raios X atua como um conversor de energia, transformando a energia da rede elétrica em radiação ionizante e calor¹⁷ (BUSHBERG *et al.*, 2001).

O processo de formação dos raios X ocorre no interior de uma ampola a vácuo. Devido ao efeito termiônico, são liberados elétrons de um filamento de Tungstênio (W) no cátodo (polo negativo) que são acelerados por uma diferença de potencial (D.D.P.) até o ânodo ou alvo (polo positivo) (BUSHBERG *et al.*, 2001), geralmente feito de Tungstênio acrescido do elemento Tório (Th).

¹⁷ Aproximadamente 1% é transformado em raios X e 99% em calor, a depender da voltagem e do material do alvo.

A figura 2 demonstra um tubo de raios X (*X-rays*) e seus componentes, responsáveis pela produção do feixe de radiação ionizante. São eles: cátodo (*cathode*), que é o polo negativo, onde ocorre o efeito termiônico (liberação de elétrons do filamento); ânodo (*anode*), também conhecido como alvo; o feixe de elétrons (*electron beam*), que incidirão sobre o alvo e darão origem aos raios X de freamento ou característicos, e o vidro a vácuo (*glass, vacuum*), importante para que não haja resistência na trajetória dos elétrons acelerados até o alvo (BUSHBERG *et al.*, 2001; UNEP, 2016).



Fonte: UNEP (2016, p. 5).

No processo de interação entre os elétrons acelerados e o material do alvo, estes podem ter sua trajetória desviada do núcleo dos átomos, liberando energia em forma de raios X, deste modo conhecidos como de freamento ou *Bremsstrahlung*. Também pode ocorrer o choque seguido da ejeção de um elétron do átomo do elemento do alvo, o que resulta em uma vacância na camada em que ele estava. Esta vacância será ocupada por um elétron que salta da camada mais energética, e a diferença de energia entre uma camada e outra será liberada em forma de radiação ionizante, recebendo o nome de raios X característicos (BUSHBERG *et al.*, 2001).

3.1.1 Radiografias

A descoberta dos raios X data de 08 de novembro de 1895 pelo físico Wilhelm Conrad Röntgen, durante o processo investigativo dos raios catódicos, estudados, até então, por Heinrich Hertz e seu aluno Philipp Lenard (MARTINS, 1998).

Em sua comunicação preliminar à comunidade científica “Sobre um novo tipo de raios”, Röntgen descreveu os experimentos da exposição de diversos objetos (livros, lâminas de madeira, água, metais, e outros) aos novos raios, relatando sobre o poder de penetração destes, e o impacto de redução da luminescência provocado pelo aumento da espessura e, conseqüentemente, do tipo de objeto exposto. Röntgen também percebeu que uma mão ao ser exposta produzia sombras, que representavam os ossos, concluindo que as chapas fotográficas eram sensíveis aos raios, posteriormente chamados de raios X (RÖNTGEN, 1895; MARTINS, 1998).

As radiografias são o produto da interação entre os raios X e a matéria exposta à radiação, apresentadas por meio de uma película radiográfica. A imagem radiográfica é caracterizada pelas diferentes densidades anatômicas, penetradas pela radiação. Para que sejam formadas as radiografias são necessários: o equipamento de raios X, o objeto (no caso da área médica, o paciente), a película radiográfica e, posteriormente, um sistema de revelação da imagem (McKINNIS, 2004).

A figura 3 demonstra um comparativo entre a considerada primeira radiografia da história (A) e uma radiografia da mão, mais recente. Em A vê-se dos ossos da mão esquerda de Ana Bertha Röntgen, esposa do físico descobridor dos raios X (MARTINS, 1998). Comparada com a 1ª radiografia, em B pode-se observar a melhora na qualidade, definição de maior detalhamento de estruturas anatômicas.

Figura 3 – Comparativo de imagens radiográficas



Fonte: (A) Raios Xis (2014).

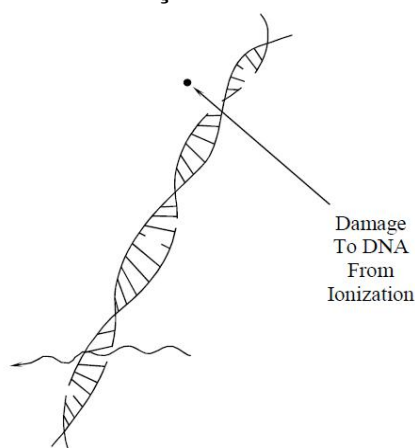
Fonte: (B) Multimagem Clínica de Diagnósticos (2019).

3.2 Danos celulares

O conhecimento sobre as radiações ionizantes e seus efeitos biológicos, faz-se fundamental para formação dos profissionais que atuam na área da Radiologia, por questões de proteção ao paciente e às equipes que atuam nos setores de Diagnóstico por Imagem.

Basicamente, as interações entre as radiações ionizantes e a matéria ocorrem de forma direta e indireta. A interação direta é aquela que ocorre com os átomos da molécula de DNA (ácido Desoxigenar) ou componentes necessários para a vida celular. Podem ocorrer alterações cromossômicas e problemas na replicação de DNA, ocasionando dano ou morte celular (USNRC, 2000-2018). A figura 4 representa a incidência direta da radiação sobre a molécula de DNA.

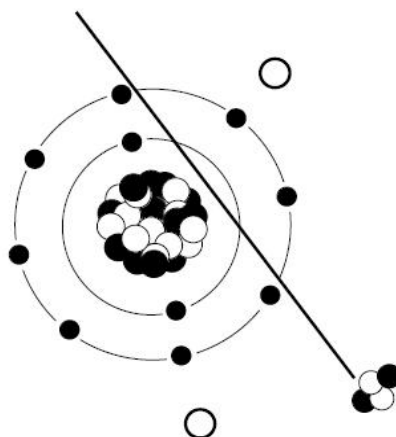
Figura 4 – Interação direta e dano celular



Fonte: USNRC (2000-2018, p. 9-4).

Já a interação indireta ocorre entre partícula carregada e o meio e, posteriormente, com o elétron orbital. As moléculas mais afetadas do corpo humano, geralmente, são as da água, que se quebram originando fragmentos de hidrogênio (H) e o radical hidroxila (OH), devido ao processo chamado radiólise da água. Tais fragmentos, conhecidos por radicais livres, podem se combinar em formas tóxicas capazes de destruir as células, como o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (USNRC, 2000-2018). A figura 5 representa a incidência indireta da radiação sobre os átomos.

Figura 5 – Interação indireta e dano celular



Fonte: USNRC (2000-2018, p. 9-5).

3.2.1 Efeitos das radiações ionizantes na Saúde

Segundo Okuno (2013, p. 186) "em Radiobiologia, considera-se como sendo ionizante radiação com energia maior do que 10 eV" (elétron-volt). As primeiras recomendações sobre Proteção Radiológica vieram dos primeiros profissionais que aplicavam as radiações em pacientes.

Após o bombardeio nuclear das cidades de Hiroshima e Nagasaki (1945), iniciou-se um estudo com uma população de aproximadamente 86.500 sobreviventes, pelo UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, em português Comitê das Nações Unidas nos Efeitos da Radiação Atômica), cujos dados serviram para auxiliar na classificação das doses de exposição (UNEP, 2016).

As doses de exposição variam em um espectro que abrange exposições a doses em quatro categorias: muito baixas, que são as encontradas em exames de Raios X; baixas, relacionadas aos exames de TC, moderadas e altas, relacionadas com acidentes graves envolvendo radiações ionizantes. Fisicamente, a exposição é dada em Coulomb/kg ou Roentgen [R], enquanto o Gray é utilizado para indicar a energia depositada na água (J/kg), cujas unidades de medida utilizadas são o Gy (*gray*) e mGy (*milligray*). O quadro 4 elenca alguns exemplos de dose absorvida, correlacionados com o valor em Gy¹⁸ e a situação em que ocorreu.

¹⁸ Foram mantidos os valores em Gy e mGy para preservar o contexto original do quadro.

Quadro 4 – Doses de exposição

DOSE ABSORVIDA	VALOR	SITUAÇÃO
Alta	Mais que 1 Gy	Acidentes graves com radiações. Ex.: bombeiro no acidente de Chernobyl.
Moderada	~ 100 mGy a ~ 1 Gy	Recuperação dos trabalhadores depois do acidente de Chernobyl.
Baixa	~ 10 mGy a ~ 100 mGy	Múltiplos cortes em TC.
Muito baixa	Menor que ~ 10 mGy	Radiografia convencional.

Fonte: Traduzido e adaptado pelo autor, de UNEP (2016, p. 12).

As evidências epidemiológicas demonstram, por meio de estudos com sobreviventes das cidades de Hiroshima e Nagasaki, que os principais efeitos oriundos das exposições são a leucemia e outros tipos de câncer. Tais sintomas também foram encontrados e relatados em pacientes expostos à radiação para diagnóstico e tratamento médico, trabalhadores das minas de U e fábricas de armas atômicas (CNSC, 2012).

Os efeitos das radiações ionizantes vêm sendo estudados desde o início do século XX, quando se percebeu que a exposição a tais radiações poderia causar prejuízo à Saúde (CNSC, 2012). Em 1928 surgiu o Comitê Internacional de Proteção dos Raios X e do Rádio, que após a segunda guerra mundial foi renomeado para Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) (OKUNO, 2013).

A incidência de determinados tipos de câncer aumenta proporcionalmente à exposição: “Quanto maior a dose, maior o risco de câncer” (tradução livre)¹⁹ (CNSC, 2012, p. 13). De modo geral, estamos expostos às radiações naturais ou espontâneas (provenientes do ambiente, do cosmos), ou ainda exposições ocupacionais, médicas entre outras, e que podem causar o mesmo tipo de câncer derivado da exposição ao elemento rádio, por exemplo.

Neste contexto, a NCRP²⁰ COMMENTARY N.º 27 (Comentário n.º 27 da NCRP) (NCRP, 2018), lançada em 2018, reforça o modelo LNT (*linear-nonthreshold*, linear-não limiar) para proteção radiológica, que considera que

¹⁹ [...] *the greater the dose, the greater the risk of cancer* (texto original).

²⁰ *National Council on Radiation Protection and Measurements* (Conselho Nacional de Proteção Radiológica e Medidas, tradução livre).

doses baixas de radiação ionizante podem impactar no crescimento de casos de câncer.

Os efeitos biológicos são classificados segundo a sua natureza, em reações teciduais ou efeitos estocásticos. As reações teciduais, ou não estocásticas, surgem a partir de uma dose alta, e seu principal efeito é a morte celular. O impacto no órgão afetado dependerá da extensão de tecido lesionado, podendo originar efeitos em longo prazo, como doenças vasculares, cerebrais, catarata, eritema de pele, descamação, necrose, vômitos e hemorragia, que são efeitos muito comuns nos setores de RT e Radiologia Intervencionista (OKUNO, 2013; AGGARWAL, 2016).

Já os efeitos estocásticos, têm como principal característica o efeito hereditário e o câncer, de forma que são induzidos por quaisquer valores de doses, aparecendo ao longo do tempo, o que aumenta a preocupação com a proteção dos órgãos reprodutores (OKUNO, 2013).

O curso histórico das radiações ionizantes demonstra que muitas vidas foram sacrificadas, até que os efeitos causados pela exposição ganhassem pauta nas pesquisas sobre Proteção Radiológica.

No decorrer de suas pesquisas, os estudiosos Röntgen, Marie Curie e Becquerel sofreram as consequências da exposição às radiações ionizantes, pois ainda não era de seus conhecimentos os danos provocados pela interação das radiações com a matéria. Becquerel sofreu lesões ao colocar um frasco de rádio no bolso, Röntgen morreu de câncer no intestino, e Marie Curie morreu de uma doença sanguínea. Além deles, mais de 350 trabalhadores, entre médicos e cientistas, morreram devido aos efeitos das radiações ionizantes (UNEP, 2016).

Um importante fato histórico relata a experiência das *Radium Girls*²¹, funcionárias de uma fábrica cujo trabalho era o de pintar os ponteiros de relógios com o elemento rádio. Elas costumavam passar os pincéis pelos lábios para afinar o traçado artístico, e acabavam por ingerir o material radioativo (MOORE, 2017). A figura 6 demonstra o câncer no joelho de uma das operárias.

²¹ Meninas do Rádio, em Português, fazendo uma referência ao elemento radioativo Radio.

Figura 6 – Câncer no joelho de uma das *Radium Girls*



Fonte: Moore (2017).

Embora os efeitos nocivos das radiações ionizantes já tivessem sido percebidos pela própria Marie Curie, que sofrera queimaduras pela exposição ao rádio, para as trabalhadoras era dito que se tratava de uma substância segura. Esse episódio trouxe discussões acerca das leis trabalhistas da época, sendo o caso das *Radium Girls*²² um dos primeiros casos em que uma empresa fora responsabilizada pela Saúde dos funcionários nos Estados Unidos da América (EUA) (MOORE, 2017).

Outro exemplo é o dos jovens Radiologistas, que tinham suas mãos expostas para calibrar os equipamentos de raios X, e desenvolviam queimaduras, cânceres e, em muitos casos, precisavam amputar dedos das mãos. A esse respeito, @anatomie (2017, [n.p.]) descreve que:

Os jovens Radiologistas calibravam os seus aparelhos de raios X colocando as mãos no feixe da máquina. Eles desenhavam linhas equivalentes a intervalos de 30 segundos começando na ponta dos dedos e continuando até o pulso, onde a ponta dos dedos ficava maior tempo em exposição. A medida de calibração era o "tempo" indicado em suas mãos, quando eles notavam uma ligeira queimadura (como uma queimadura solar) em determinada marcação, significava que o processo estava correto. É visível na fotografia (figura 7) como as pontas dos dedos são os mais prejudicados e como gradualmente desaparece próximo ao punho. A maioria dos Técnicos mais velhos, a partir desta época, tinha que ter os dedos amputados devido à alta frequência de câncer.

²² Ocorrido durante a 1ª guerra mundial.

Figura 7 – Mão de um jovem Radiologista



Fonte: @anatomie (2017).

A Portaria SVS/MS nº 453, de 1 de junho de 1998 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1998, [n.p.]) é um documento básico que atende à política nacional de Proteção Radiológica, e que pode ser complementada por outras normas e recomendações, como por exemplo, a norma básica de Proteção Radiológica brasileira (CNEN-NN-3.01) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2014) e a Resolução CNS nº 06, de 21 de dezembro de 1988 (CNS, 1988).

Tais princípios são descritos pela Portaria SVS/MS nº 453/1998 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1998, [n.p.]) como: “a) Justificação da prática e das exposições médicas individuais; b) Otimização da Proteção Radiológica; c) Limitação de doses individuais; d) Prevenção de acidentes”, e encontram fundamentação em outras normas e documentos que tratam da radioproteção, conforme descrito na mesma Portaria:

O escopo e os requisitos estabelecidos estão baseados nas recomendações da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) e nas recentes Diretrizes Básicas Internacionais de Proteção Radiológica e Segurança, estabelecidas em conjunto pela Organização Mundial da Saúde (OMS), Organização Pan-americana da Saúde (OPS), Organização Internacional do Trabalho (OIT), Organização de Alimento e Agricultura (FAO), Agência de Energia Nuclear (OECD/NEA) e Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA); considerando os requisitos e recomendações relevantes publicados por diversos organismos nacionais e internacionais e autoridades sanitárias estaduais brasileiras.

Atualmente, existem diversas normas e órgãos responsáveis pela Proteção Radiológica e, embora existam mecanismos que contribuam para a redução das exposições, é fundamental que qualquer profissional que atue na operação de equipamentos que envolvam o uso de radiações ionizantes, esteja capacitado e apto a zelar pelos princípios fundamentais da Proteção Radiológica.

3.3 Aplicações das radiações ionizantes na área médica: a Tomografia Computadorizada

A TC é um método diagnóstico digital baseado em um tubo de raios X de alta potência e um conjunto de detectores. Sua aplicação na área médica objetiva o estudo de diversas Patologias, diagnóstico complementar e diferencial em relação a outros métodos, como Raios X e Ultrassonografia (USG), além de auxiliar na programação de tratamentos em RT. Romans (2010, p. 3) explica o conceito de TC:

A palavra tomografia deriva do radical tomo, que significa corte, seção ou camada, do grego *tomos* (um corte). No caso da TC, um sofisticado método computadorizado é usado para obter dados e transformá-los em "cortes" ou fatias transversais do corpo humano (tradução livre)²³.

Além de se diferenciar das radiografias, que apresentam imagens de estruturas sobrepostas, a qualidade da imagem e definição de tecidos na imagem de TC é muito superior, permitindo maior diferenciação tecidual e caracterização de alterações morfológicas e patológicas vistas em planos diferentes.

O equipamento de TC é composto basicamente por um *gantry* (portal), onde são encontrados o tubo de raios X e os conjuntos de detectores, a mesa de exames e o console de operação (estação de trabalho), que consiste no computador e monitor (ou monitores), utilizado(s) pelo operador para a programação dos exames e pós-processamento de imagens, dentre outros periféricos, como, por exemplo, mouse e teclado (AMARO JÚNIOR; YAMASHITA, 2001).

²³ *The word tomography has as its root tomo, meaning to cut, section, or layer from the Greek tomos (a cutting). In the case of CT, a sophisticated computerized method is used to obtain data and transform them into "cuts," or cross-sectional slices of the human body (texto original).*

A figura 8 demonstra o tomógrafo Toshiba Aquilion CX 128 canais e suas partes principais: A) *gantry*, B) mesa de exames e C) console de operação e *Workstation*.

Figura 8 – Tomógrafo Toshiba Aquilion CX 128



Fonte: BiMedis (2007).

A geração atual de tomógrafos é conhecida como helicoidais, multicanais, *multislices* ou multidetectores (MDTC), que em relação aos primeiros modelos de tomógrafos apresentam como vantagens aquisições mais rápidas e com menor tempo de exposição dos pacientes aos raios X. São diversos os fabricantes de tomógrafos, dentre os quais podem ser citados os da marca GE, Toshiba, Siemens, Philips, entre outras.

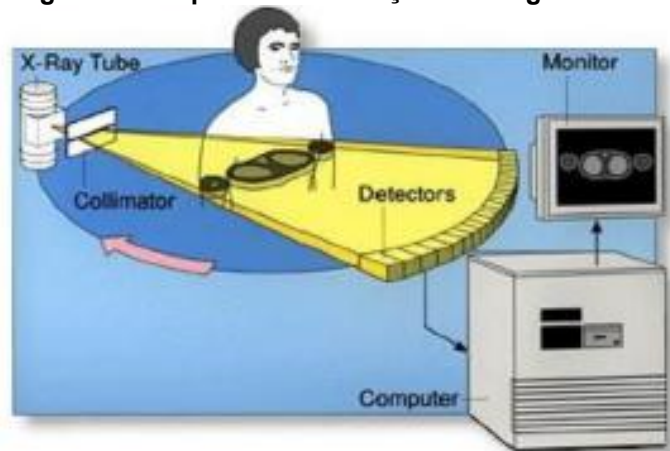
Mudanças significativas ocorreram avanços tecnológicos em TC, permitindo a aquisição de imagens com maior qualidade, menores tempos de exposição e, conseqüentemente, menores danos à Saúde dos pacientes (CARLOS, 2002).

3.4 A formação da imagem tomográfica

A aquisição de dados para a formação de imagens em TC é realizada de forma transversal no plano axial, (que divide o corpo em regiões superior e inferior). O menor elemento derivado dos dados de aquisição é o pixel, representado de forma bidimensional, cuja largura é indicada por X e a altura por Y. Ao serem adicionados a um eixo Z, os pixels apresentam-se no monitor em forma de um cubo, sendo referidos como *voxels*, os menores elementos de volume da imagem.

A figura 9 demonstra o esquema de formação da imagem em TC, desde a emissão dos raios X, captação pelos detectores e exibição no monitor.

Figura 9 – Esquema de formação da imagem em TC



Fonte: Carlos (2002, p. 1).

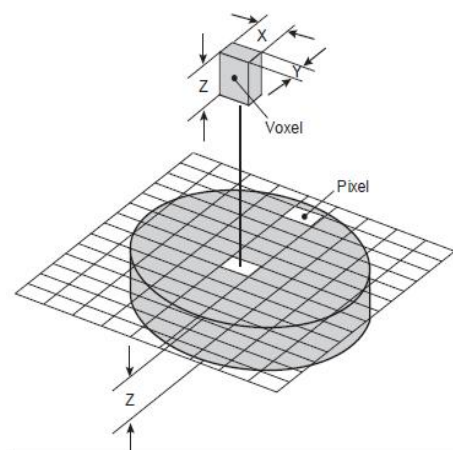
O princípio de formação da imagem em TC está na interação e atenuação entre os raios X, emitidos por um tubo de alta potência que gira ao redor do paciente, e na captação da radiação residual, ou seja, a que passou pela matéria irradiada, em forma de fótons, pelos detectores. Uma vez captados, os fótons são processados por um algoritmo de reconstrução, e são transformados em sinais elétricos, sendo representados de forma digital (em código binário) em uma matriz (conjunto de linhas e colunas) (BRONZINO, 2006).

Os dados binários são apresentados em diversos tons de cinza, classificados por uma escala conhecida como *Hounsfield* (HU), em homenagem ao engenheiro Godfrey N. Hounsfield, criador do método junto à Allan M. Cormack (CARLOS, 2002; BRONZINO, 2006).

A matriz mais comum é a formada por 512 linhas e 512 colunas, onde o número de pixels corresponde ao produto dessas linhas e colunas ($512 \times 512 = 262.164 \text{ pixels}^{24}$) (ROMANS, 2010). A figura 10 ilustra a disposição dos pixels que formam a imagem de um objeto circular, com destaque para um voxel/ em uma matriz, com seus respectivos eixos.

²⁴ Essa é a matriz mais comum em TC, em outras modalidades diagnósticas, o tamanho da matriz pode sofrer variações.

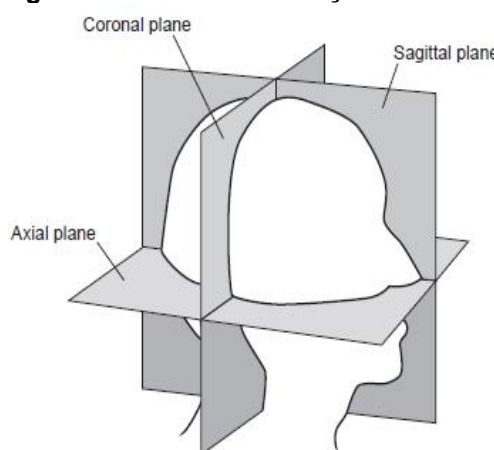
Figura 10 – Pixel e voxel/ representados em uma matriz



Fonte: (Romans, 2010, p. 5).

Uma das vantagens da TC frente às imagens radiográficas é que o volume de dados pode ser reformatado de forma multiplanar (MPR), permitindo a vista em diferentes planos da mesma imagem, de acordo com os planos de secção anatômica. Estes planos são linhas imaginárias que dividem o corpo humano em metades superior e inferior, esquerda e direita, e anterior e posterior (DÂNGELO; FATINI, 2006; SOBOTTA, 2006; ROMANS, 2010). A figura 11 demonstra o contorno de uma cabeça sendo delimitada pelos planos de secção anatômicos: axial, sagital (*sagittal*, em inglês) e coronal.

Figura 11 – Planos de secção anatômica



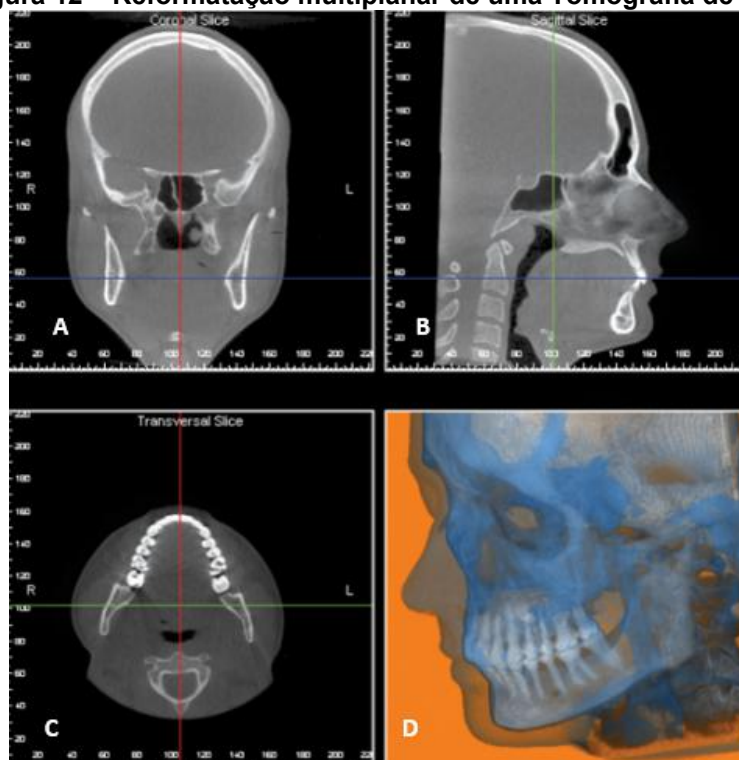
Fonte: Romans (2010, p. 10).

De acordo com a Romans (2010), os planos de secção anatômicos podem ser descritos como:

- Plano sagital (*sagittal plane*): divide o corpo em lados direito e esquerdo;
- Plano frontal ou coronal (*coronal plane*): divide o corpo em região anterior e posterior;
- Plano transversal (horizontal, ou ainda axial): divide o corpo em região superior e inferior.

A figura 12 representa uma TC de face, demonstrando a mesma estrutura anatômica vista em planos diferentes: coronal (A), sagital (B), axial (C) e em 3D (3 dimensões) (D).

Figura 12 – Reformatação multiplanar de uma Tomografia de Face



Fonte: Diagnóstico Ortodôntico (2017).

O conhecimento de Anatomia Humana, bem como dos planos de secção do corpo humano, são fundamentais para a programação de um exame de TC e para o pós-processamento de imagens em geral, favorecendo o diálogo com o médico que irá laudar o exame e, ainda, para a documentação dos estudos ou séries por meio de filmes ou películas, a serem entregues ao cliente/paciente.

3.5 A interface e a programação de exames

Além de conhecer a interface do tomógrafo, a programação de um exame em TC demanda um agregado de conhecimentos prévios, que compreendem: Anatomia e Patologia Humanas, Anatomia e Patologia por Imagens (radiográfica e seccional), Fisiologia Humana, Meios de Contraste, Física das Radiações e Proteção Radiológica, para a programação dos parâmetros e fatores de exposição, de acordo com cada paciente, cada indicação clínica e cada protocolo de exames.

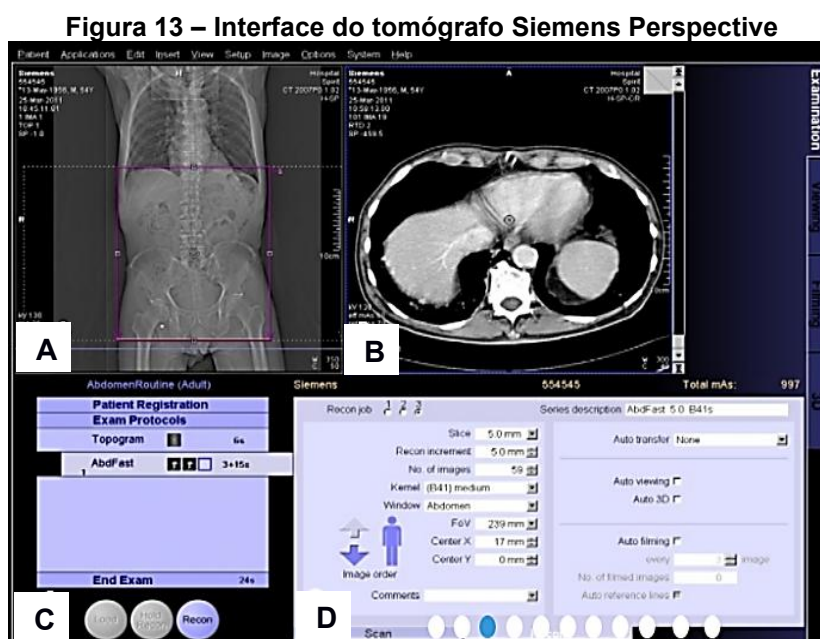
Das dificuldades encontradas na prática inicial em TC, podem ser citados o tipo de equipamento utilizado, que apresentam recursos e nomenclaturas que diferem entre os diversos fabricante, e a peculiaridades de protocolos de exames de acordo com cada marca de equipamento, como pode ser visto no site CTisus (2018), que apresenta protocolos de TC para os equipamentos das marcas Siemens, Toshiba, Philips e da GE.

Além disso, cada serviço de Diagnóstico por Imagem adapta os protocolos à realidade do setor e da instituição, levando em consideração a opinião dos médicos Radiologistas (responsáveis pelo laudo dos exames) e a disponibilidade de materiais.

É na interface de programação (no monitor) que ocorrem diversos processos pertinentes à realização dos exames, como o cadastro e a seleção de paciente, a seleção do protocolo de exame, a configuração dos dados de exposição, a seleção da espessura de cortes, a seleção dos algoritmos de reconstrução da imagem, a seleção dos níveis de *janelas* mais adequadas para as imagens, de acordo com cada região de interesse, a programação do tempo de exposição de acordo com o fluxo do meio de contraste a ser injetado (em sincronia com a bomba injetora), a reformatação do volume de dados em outros planos, a montagem das imagens para impressão em filmes, a gravação dos estudos em CD-ROM ou outras mídias, o envio das imagens para a rede (PACS)²⁵, o pós-processamento geral das imagens, as configurações gerais do sistema, as configurações dos protocolos, dentre outros.

²⁵ PACS (*Picture Archiving and Communication System* – tradução: Sistema de Comunicação e Arquivamento de Imagens) em um formato padrão de arquivo conhecido por *DICOM*. Este formato permite que as imagens sejam abertas por médicos em qualquer lugar do mundo, desde que tenha um visualizador compatível, sendo considerado o princípio de uma modalidade de laudos conhecida por Telerradiologia (BENJAMIN; ARADI; SHREIBER, 2010; NYEEM; BOLES; BOYD, 2013; PILIOURAS; SUSS; YU, 2015).

Como exemplo, tem-se a interface de programação de exames de um equipamento da marca Siemens (figura 13). A legenda é descrita por A) topograma²⁶ (imagem piloto para a programação dos cortes em cada Anatomia estudada); B) representação das imagens do estudo em questão, em forma de volume (bloco ou área delimitada em roxo na imagem A); C) seleção de topogramas e fases do exame e D) seleção dos parâmetros gerais de exposição, como kilovoltagem pico (kVp), mA (Miliampère, corrente elétrica), *slice* (espessura do corte), angulação do *gantry*. Percebe-se também que a navegação ocorre por meio de abas laterais (à direita), intituladas *Examination* (exames), *Viewing* (visualizador de imagens), *Filming* (impressão de imagens) e 3D (reformações).

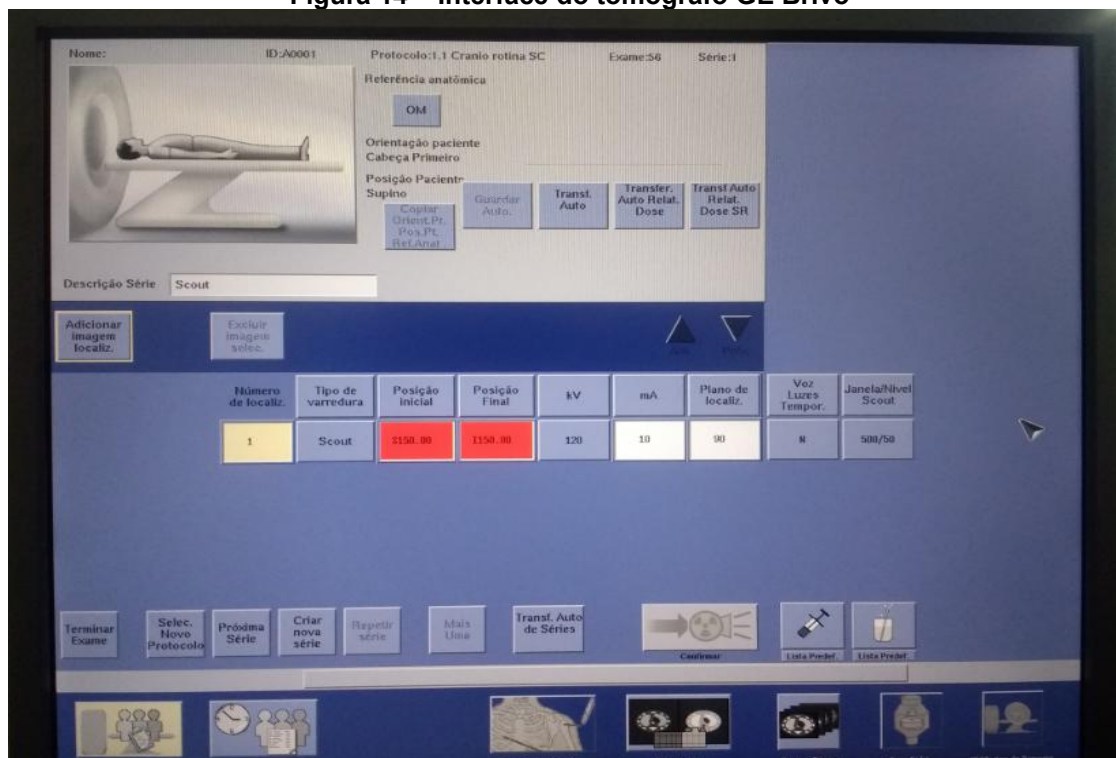


Fonte: SBM Healthcare (2016).

A figura 14 demonstra a tela de seleção de parâmetros técnicos e fatores de exposição do equipamento GE Brivo, para a realização de uma TC de Crânio. O boneco desenhado no canto superior esquerdo representa a posição do cliente/paciente deitado na mesa de exames, antes de entrar no chamado *gantry*.

²⁶ O termo topograma é utilizado pela marca Siemens, mas outros termos também são utilizados como scout (GE Healthcare) ou escanograma (Toshiba), de acordo com diferentes fabricantes (ROMANS, 2010, p. 4). O equipamento da marca Hitachi, a exemplo da Toshiba, também utiliza o termo escanograma.

Figura 14 – Interface do tomógrafo GE Brivo



Fonte: Acervo pessoal (2018).

Diferentemente das interfaces da Siemens e da Hitachi, que apresentam todas as opções em um único monitor, as interfaces do tomógrafo da marca GE *BrighSpeed Series* (GE HEALTHCARE, 2018a), por exemplo, em que um monitor é utilizado para a programação de exames, e o outro para os trabalhos de pós-processamento simples e visualização das imagens adquiridas.

3.6 O pós-processamento de imagens

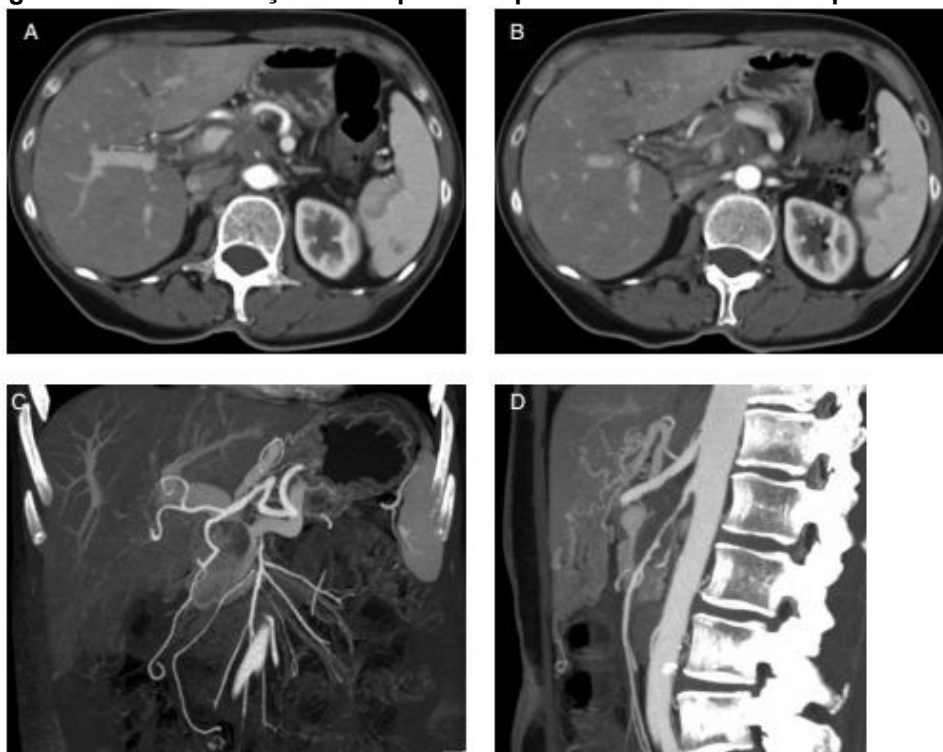
Após a aquisição dos dados brutos em TC, dois termos referentes à manipulação destes precisam ser diferenciados. O primeiro é o termo “reconstrução”, que se refere ao processo de criação de pixels para formar a imagem, sendo possível alterar suas dimensões iniciais; e o segundo é a MPR, processo pelo qual os dados são apresentados em outros planos de secção (ROMANS, 2010).

Da mesma forma em que ocorre com a interface de programação de exames, as interfaces de pós-processamento podem variar de acordo com cada fabricante, trazendo recursos ou maneiras diferentes para se realizar o mesmo procedimento.

A figura 15 traz como exemplo um estudo de abdome para adenocarcinoma de pâncreas, com imagens nos planos axial (A, B), coronal (C) e sagital (D), permitindo visualizar a mesma estrutura em diferentes ângulos. A descrição da figura 15, por Johnson e Fishman (2012, p. 414), enfatiza a patologia e a fase do meio de contraste, como pode ser visto a seguir:

Mulher de 65 anos com adenocarcinoma do pâncreas. Imagens de fase arterial axial (A, B) mostram massa hipodensa envolvendo a artéria mesentérica superior e estreitando a confluência portal. No entanto, o envolvimento vascular é melhor visualizado com renderizações MIP coronal (C) e sagital (D). Os avanços na qualidade da imagem da angiotomografia computadorizada permitiram que a TC substituísse a arteriografia, de modo que um único exame não invasivo fornecesse toda a informação pré-operatória necessária para a tomada de decisão cirúrgica.

. Figura 15 – Reformatações multiplanares para estudo da artéria hepática direita

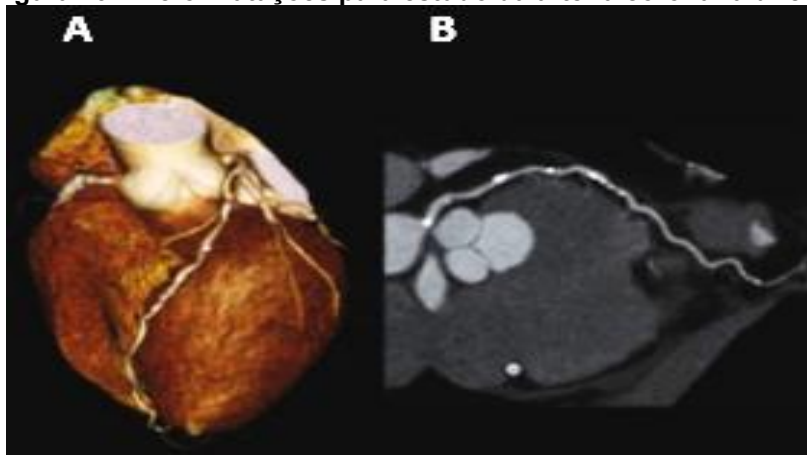


Fonte: Johnson e Fishman (2012, p. 414).

Outro exemplo é visto na figura 16, que demonstra uma imagem em 3D (A) do coração para estudo de *stent*²⁷ na artéria coronária direita, e ao lado uma reformatação curva (*Curved MPR*) da mesma região (B).

²⁷ O *stent* é uma endoprótese, colocada no interior de um vaso para impedir o seu estreitamento e permitir o fluxo sanguíneo (HOSPITAL SAMARITANO, 2018).

Figura 16 – Reformatações para estudo da artéria coronária direita



Fonte: Radiologia Clínica de Campinas (2017).

A adaptação às diferentes interfaces e ferramentas pode levar tempo, dificultando a assimilação de processos simultâneos por parte de um estudante, já que além da preocupação com aspectos técnicos, pertinentes ao exame, ele precisa direcionar sua atenção para a aprendizagem de diferentes recursos e ferramentas específicas de cada *software* ou interface.

Para ilustrar outros tipos de reformatações e pós-processamento de imagens, no Apêndice II são disponibilizadas imagens de exames pós-processados, em prática paralela ao desenvolvimento deste trabalho. Em todas as imagens foram ocultados os dados relacionados ao cliente/paciente, e instituição, preservando a integridade e direto à privacidade de ambos.

4 A SIMULAÇÃO POR INTERMÉDIO DE COMPUTADORES E *SOFTWARES*: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

4.1 Ensino e aprendizagem por meio dos *softwares* de simulação

Os simuladores tiveram suas relações iniciais para fins militares na Primeira Guerra Mundial (BALADEZ, 2009). Como visto em Baladez (2009, [n.p.]), os “simuladores mecânicos foram então criados para oferecer treinamento prático para os pilotos, o que fazia com que eles tivessem mais segurança e alguma experiência quando pilotassem aviões reais”.

Isso ocorreu, basicamente, na década de 1950, com o desenvolvimento de objetos por meio da linguagem de programação conhecida por Fortran. Na década de 1960 surgiu a linguagem *GPSS* (*Global Purpose Simulation System*, Sistema de Simulação de Propósito Global - tradução livre), em uma linguagem utilizada pela *IBM* para analisar sistemas complexos (McHANEY, 2009).

Já na Segunda Guerra Mundial, a simulação evoluiu para o uso de computadores (BALADEZ, 2009). Baladez (2009, [n.p.]) explica que os computadores “[...] *Mark I* da marinha e o *ENIAC* do exército norte-americano foram utilizados para a realização de cálculos balísticos”, na simulação do lançamento de mísseis.

Por volta de 1970 os simuladores já estavam presentes na indústria automobilística, e 20 anos depois alcançaram um barateamento nas vendas, aumentando sua difusão e adesão para usos diversos, como animações e pesquisas (BALADEZ, 2009).

Desde então, o campo da simulação computacional experimenta notável crescimento e desenvolvimento na área de *softwares* e *hardwares*, e pode ser vista como uma técnica para resolução de problemas complexos. A aplicabilidade de simuladores computacionais pode ocorrer em esferas e áreas diferentes, que envolvem a operação de equipamentos como aeronaves e reatores nucleares ou manuseio de materiais, conceitos militares ou para realizar estudos em áreas que envolvam urbanismo ou Saúde, dentre outras (McHANEY, 2009).

Na área da Educação, a literatura demonstra que diversas disciplinas estão investindo nos processos didáticos que envolvem simulação, com o intuito de facilitar a integração e a aplicação de conteúdos teóricos na prática

(CLAYTON; GIZELIS, 2005). Isso ocorre, possivelmente, porque os simuladores são objetos que também permitem a comunicação e a interação entre estudantes e professores (e entre estudantes e estudantes), aproximando a vivência de uma sala de aula com a realidade de fora dela; a realidade de mundo (DEWEY, 2010; ANDRADE, 2012; VELASCO, 2015).

Ao mesmo tempo em que a simulação desponta como técnica educacional, o avanço dos *softwares* tem se voltado cada vez mais para o usuário, este visto como o centro de interesse e convergências dos objetivos a serem alcançados, em uma perspectiva chamada de *Design Centralizado no Usuário*. Nesta perspectiva, são considerados os aspectos como motivação do estudante e adaptação, envolvendo processos de gamificação (*gamification*), como a sensação de ganho e descoberta (SOLOWAY; PRYOR, 1996).

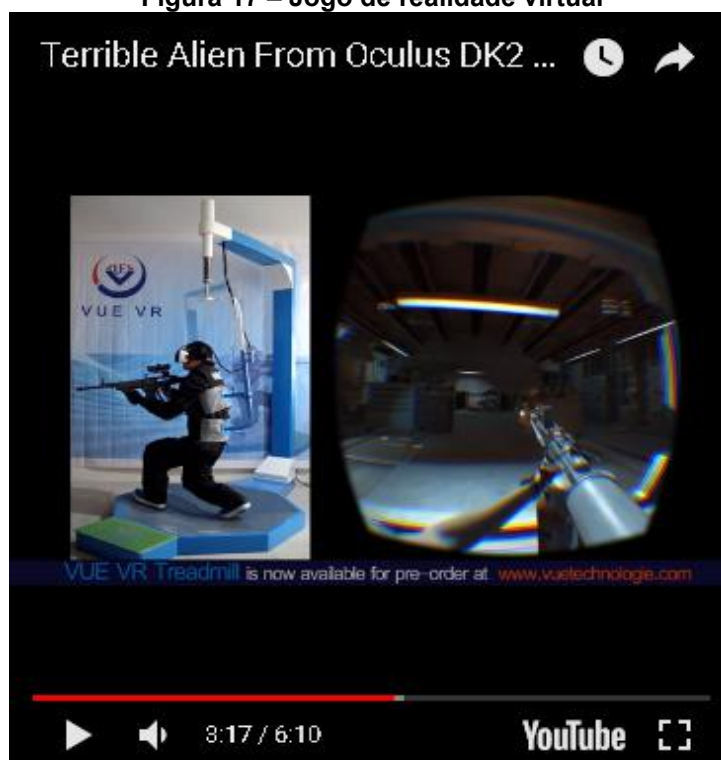
Para Baladez (2009), os principais interesses e objetivos das simulações são o treinamento e a educação. Cantero (2000) entende que a metodologia possa ser utilizada para trabalhar problemas de diferentes níveis. Para Zilles Borba (2014) a simulação digital, embora seja uma modalidade interativa artificial, proporciona um grau de imersão e atenção por parte do seu usuário, envolvendo diversos sentidos que permitem certa vivência e compreensão de uma determinada tarefa ou situação. Segundo o autor (p. 3):

Ora, se a imagem que criamos da realidade é formatada a partir da soma da captação sensorial (objetividade) e do conhecimento prévio que temos do mundo (subjetividade), no campo da simulação digital, devido à facilidade com que se manipulam os estímulos enviados pela máquina, torna-se possível configurar uma experiência com elevado grau de atenção. Mesmo que de modo artificial, a modalidade, a intensidade, a duração ou a localização de um impulso sensorial podem ser controladas pelo sistema informático (previamente programado pelo humano), sendo variáveis aplicadas no palco interativo conforme a necessidade de cada situação.

Zilles Borba (2014) acredita que tanto a imersão, quanto o contexto dos simuladores, estejam relacionados ao grau de realidade com que os objetos e situação são representados. O autor (p. 4) cita como exemplo os óculos 3D, que permitem uma maior vivência, tudo por meio de ilusões de óptica, o que promove “uma relação de envolvimento, navegação, diálogo e, obviamente, imersão”, que encontra suporte no detalhamento das interfaces gráficas.

Desta forma, pretende-se que os resultados alcançados no mundo digital sejam capazes de ser transportados para a vida real. Um exemplo de imersão citado por Zilles Borba (2014, p. 6) remete ao sistema CAVE (*Cavern Automatic Virtual Environment*, Ambiente Virtual Automático da Caverna - tradução livre), no qual ocorre uma imersão ocular e motora, estimuladas por recursos audiovisuais. Os *games* já possibilitam vivenciar experiências realistas, de imersão multissensorial, como vemos na figura 17, do *game* da empresa VUE VR, disponível em forma de vídeo do *YouTube*, no próprio site da empresa.

Figura 17 – Jogo de realidade virtual



Fonte: VUE Technologie (2018).

Os *games* ou *softwares*, baseados em tecnologias de realidade virtual, tem um grande potencial de representação. Enquanto a representação é estática, a simulação é dinâmica e interativa. Desta maneira, os processos de simulação são entendidos como processos de alto grau de interatividade e fidelidade, no qual o usuário possa vir a se tornar protagonista de suas escolhas, e dos caminhos percorridos e desenvolvidos no processo de simulação (BALADEZ, 2009).

4.2 A aplicação de *softwares* de simulação nos processos de ensino-aprendizagem em diferentes contextos

Os *softwares* de simulação têm encontrado cada vez mais espaço nas áreas educacionais, principalmente as que requerem algum tipo de treinamento prático de técnicas, como é o caso da formação na área da Saúde, ou também para o entendimento de processos, em áreas de gestão, além de outras áreas. Os *subtópicos* desta seção relatam diferentes usos dos *softwares* de simulação em processos educativos.

Clayton e Gizelis (2005) criaram duas simulações aplicadas em um ambiente online com estudantes, para a aprendizagem de negociações e gestão de conflitos. Como resultados: 67% dos estudantes concordaram que a simulação auxiliou no entendimento de conceitos teóricos; enquanto 33 % não souberam afirmar; e 59% dos estudantes se prepararam mais para a atividade de simulação do que para seminários tradicionais. De modo geral, para os respondentes, o módulo de simulação foi o favorito, sendo útil ao incentivo e motivação dos participantes.

Streicher *et al.* (2005) realizaram um experimento com uma turma de graduação em Engenharia Química, utilizando o *ChemSep*, um simulador de colunas de destilação, e consideraram que, em grande parte, a ferramenta foi vista pela maioria dos estudantes apenas como suporte para facilitar o procedimento, e que seria preciso um trabalho mais longo para que o *software* fosse percebido como ferramenta de aprendizagem.

Após o uso do *software*, os estudantes escreviam a respeito da experiência para consolidar a aprendizagem, e houve a percepção de que o conhecimento só seria efetivado e consolidado, mediante a certeza das respostas corretas, o que levou os autores a perceberem a insegurança dos alunos (STREICHER *et al.*, 2005).

Hillesheim e Schottz (2014) analisaram dois objetos simuladores disponíveis no *Banco Internacional de Objetos Educacionais* (BIOE). O primeiro se tratava de um microscópio virtual, capaz de analisar estruturas e funções das plantas, permitindo uma comparação e contextualização dos estudantes com a teoria.

O segundo *software* representava o coração de uma ave, no qual os estudantes poderiam aprender sobre Anatomia e circulação cardíaca do animal, simulando ainda a retirada do pássaro de uma gaiola e realizando a cirurgia para a remoção do coração do animal. Os autores consideraram que existe uma grande aplicabilidade para este tipo de objeto de aprendizagem, principalmente por serem distribuídos gratuitamente, e possíveis de serem utilizados em qualquer escola que disponha de computadores.

Kampf e Stoleró (2015) realizaram um estudo envolvendo uma simulação por computador acerca dos conflitos entre Israel e Palestina, por meio de um *game*. Segundo os autores, este método pode auxiliar na percepção da óptica de ambas as partes frente ao mesmo conflito, o que colaboraria para a geração mútua da humanização e homogeneização do nível de conhecimento entre os usuários, a respeito de um mesmo assunto. O uso do *game Peace Maker* (IMPACT games, 2018) promoveu aquisição de conhecimento sobre o assunto por todos os jogadores e, de certa forma, deixou todos os participantes em um patamar mais equilibrado e homogêneo para discussão do tema.

Soares, Moraes e Oliveira (2015) realizaram um estudo de caso aplicando simuladores interativos em uma abordagem da Física Moderna e Contemporânea (FMC) para o ensino médio. A abordagem dos autores foi de cunho inicial e, também, de aprofundamento e contextualização de temas como: espectroscopia e a datação por carbono (^{14}C); decaimento radioativo de radioisótopos; fissão nuclear e funcionamento de um reator nuclear.

De acordo com os autores, houve interação, atenção dos estudantes e discussão de ideias, contribuindo para o maior envolvimento e participação dos alunos, para a melhora da interação dos participantes e para o envolvimento mais aprofundado sobre o tema.

4.2.1 O uso de *softwares* de simulação na área da Saúde

Na área da Saúde, os processos de simulação têm início no século XVI, quando eram utilizados manequins para a prática de obstetrícia. Atualmente, as práticas de ensino em medicina passam por um processo de mudanças, com foco na segurança dos pacientes e assertividade dos procedimentos, nos quais o processos de simulação contribuem para melhores resultados no

processo formativo, sobretudo devido à fidelidade que alcançam entre a prática e o real (MARAN; GLAVIN, 2003; ZIV *et al.*, 2006), como visto no trabalho de autores como: Pazin Filho e Scarpelini (2007); Júnior (2007); Gould (2007); Romano e Pazin Filho (2007); Ahmed *et al.* (2010); Flores, Bez e Bruno (2014); Chetlen *et al.* (2015); Ferreira, Carvalho J. e Carvalho F. (2015), dentre outros.

De modo geral, o ensino por meio de simuladores rompe com a insegurança do profissional frente ao primeiro contato com determinada tarefa, e permite que o professor avalie e realize intervenções no decorrer do processo de ensino-aprendizagem, com o objetivo de melhorar o desempenho dos estudantes. A este respeito, Flores *et al.* (2014) afirmam que os métodos ativos são capazes de desenvolver o trabalho coletivo centrado na aprendizagem.

Para Ferreira *et al.* (2015), a simulação de casos reais, ou realística, é vista como uma abordagem de enfoque ativo na construção do conhecimento, pois permite aos estudantes uma participação na problematização e na busca de soluções acerca das adversidades e para os problemas que possam permear a sua futura atuação profissional, colaborando para o desenvolvimento do olhar crítico e facilitando a integração entre teoria e prática.

De acordo com Ziv *et al.* (2006), é direito dos pacientes receberem o melhor tratamento possível. Para os autores (2006, p. 253), “[...] sob uma perspectiva ética, danos aos pacientes como um subproduto do treinamento ou falta de experiência é justificada somente depois de tentar abordagens que não colocariam os pacientes em risco” (tradução livre)²⁸.

Como exemplo, tem-se a implementação precoce da simulação de alta fidelidade na área de Anestesiologia, cujo processo levou diversas disciplinas e especialidades da área médica a encarar os simuladores, baseados em computadores, como ferramentas de auxílio ao docente, com enfoque na segurança do paciente (LITTLEWOOD, 2013).

Na esfera da realidade virtual, como exemplo de simulador, pode ser citado o VIST-LAB (figura 18), uma plataforma capaz de combinar elementos

²⁸ [...] *from an ethical perspective, harm to patients as a byproduct of training or lack of experience is justified only after maximizing approaches that do not put patients at risk* (texto original).

para um treinamento realista de equipe médica para estudos de Angiografia, simulando um procedimento de cateterismo (MENTICE, 2018).

Figura 18– Prática *in situ* na sala de TC



Fonte: Mentice (2018).

O uso de pacientes simulados ou de um modelo de realidade virtual pode trazer benefícios na formação profissional no âmbito da Saúde e, consequentemente, dos profissionais da Radiologia. Os profissionais que nesta área atuam, operacionalmente falando, prestam atendimento direto ao paciente, e no decorrer de sua prática, podem se deparar e vivenciar diversas situações de intercorrência e dilemas, que necessitarão de preparo técnico específico e capacidade para tomar decisões. Segundo Ferreira *et al.* (2015, p. 37):

A metodologia de simulação realística funciona como ferramenta fundamental para a preparação dos futuros profissionais em relação aos desafios de lidar com os pacientes no ambiente hospitalar, no que tange as relações humanas com os mesmos, com os familiares e com a equipe multidisciplinar; a utilização de simulação realística permite ao acadêmico praticar habilidades em um ambiente onde o erro é permitido, ajustando falhas e privilegiando o aprimoramento profissional, sem riscos à integridade dos pacientes.

Como exemplo, o trabalho de Littlewood *et al.* (2013) descreve uma prática simulada com dois grupos de estudantes, cujo objetivo foi o de gerenciar ou simular casos diferentes de choque séptico e choque cardiogênico. A avaliação dos participantes se deu por meio de perguntas, com resultados

positivos e homogêneos, caracterizando a boa assimilação do conteúdo por parte de todos os estudantes envolvidos no processo.

A simulação realística é um recurso que tem sido difundido e utilizado na área médica, sendo capaz de preparar os estudantes para o primeiro contato com a prática profissional. Esta ferramenta, que pode utilizar pessoas simulando pacientes ou situações reais, permite ao estudante treinar ou perceber quais atitudes tomar frente a uma determinada situação, melhorando a segurança para assumir sua função profissional (FLORES *et al.*, 2014).

Em seu trabalho, Flores *et al.* (2014) citam exemplos diversos de simuladores para a área da Saúde, a saber:

- *Happy Farm*;
- Controle glicêmico intensivo;
- *Videolaparoscopic simulator*;
- *The Emory Neuro Anatomy Carotid Training (ENACT)*;
- *Cognitive forcing strategies in Emergency Room*;
- Treinamento em Triagem de Incidentes;
- *JDoc*;
- *Cardiopulmonary resuscitation*;
- *Online virtual patients*;
- *The Clinical Health Economics System Simulation (CHESS)*.

Flores *et al.* (2014) também relataram o desenvolvimento de simulação por meio do *CourseLab*, uma ferramenta que permite criar conteúdo que pode ser disponibilizado em ambientes virtuais. Por meio da aplicação do *CourseLab*, os autores constataram que os estudantes encararam como pontos positivos a autonomia na aprendizagem, o aprofundamento científico e bibliografia relevante para aprofundamento dos estudos.

Para a programação de simuladores na categoria de Paciente Virtual, ou para a simulação de casos clínicos, Flores *et al.* (2014) citaram dois exemplos:

- SIACC (Sistema Interdisciplinar de Análise de Casos Clínicos) (SIAAC, 2015);
- SimDeCS (Simulador Inteligente para a Tomada de Decisão em Cuidados na Saúde).

Os recursos digitais permitem realizar diferentes práticas simuladas, tornando o processo formativo mais interessante e atrativo para os estudantes. Seguindo as tendências digitais e evolução da computação e dos recursos gráficos, a empresa *3D4Medical* desenvolveu um modelo de Realidade Aumentada (RA) para estudo de Anatomia, chamado de *Complete Anatomy* (Anatomia Completa, em Português).

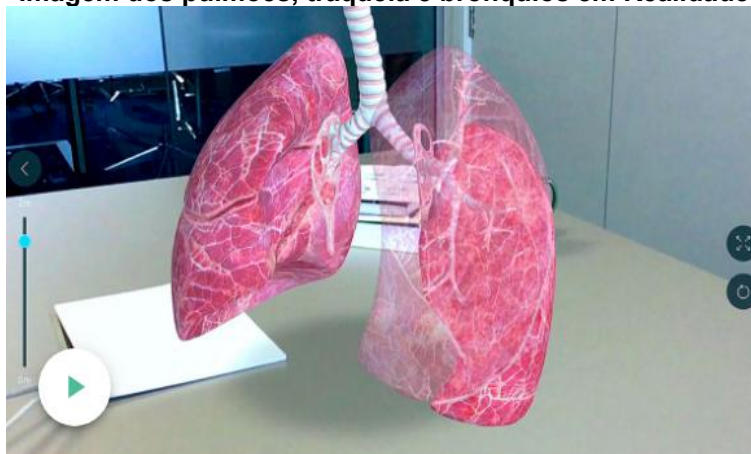
As figuras de numeração 19 e 20 demonstram telas do *Complete Anatomy*, em que é possível ver a imagem seccional do crânio (figura 19) e imagem em 3D dos pulmões, da traqueia e parte dos brônquios principais direito e esquerdo (figura 20).

Figura 19 – Imagem seccional do crânio em Realidade Aumentada



Fonte: 3D4Medical (2018a).

Figura 20 – Imagem dos pulmões, traqueia e brônquios em Realidade Aumentada



Fonte: 3D4Medical (2018b).

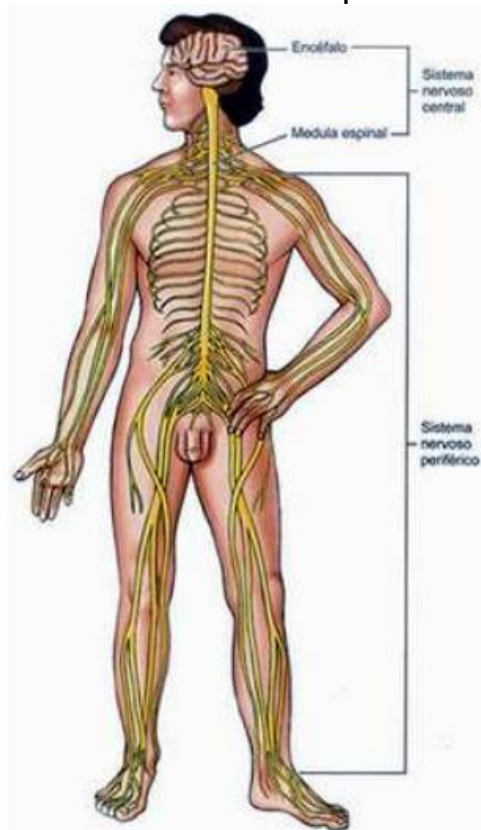
O *Complete Anatomy* é altamente detalhado, e segundo o site da 3D4Medical (2018a), ele poderá auxiliar no ensino em Saúde, substituindo, inclusive, a dissecação de cadáveres, facilitando a demonstração por parte dos

professores de estruturas isoladas, ou ainda, se utilizado em clínicas, promover uma interação e explanação entre médico e paciente.

É comum ao ensino Técnico em Radiologia, o uso de livros ou apostilas elaboradas pelos próprios professores, que nem sempre possuem laboratórios de Anatomia Humana, ou simuladores dos diferentes métodos de Diagnóstico por Imagem. A falta de recursos digitais pode limitar os processos formativos e tornar a prática em algo desmotivador.

A figura 21 ilustra o estudo do sistema nervoso central e periférico, e foi retirada de uma apostila de Anatomia Humana. A ilustração não possui riqueza e detalhamento das estruturas do corpo humano, como no caso do *Complete Anatomy*, e pode limitar o conteúdo abordado pelo docente e a compreensão por parte dos alunos.

Figura 21– Sistema nervoso visto em uma apostila de Anatomia Humana



Fonte:Costa (2008, p. 20).

Ao se comparar as figuras do *Complete Anatomy* (figuras 19 e 20) com a figura da apostila de Anatomia (figura 21), ficam nítidas as diferenças de detalhes existentes entre ambos os métodos e o quão vantajoso pode ser

estudar por meio de um modelo em 3D, simulando um órgão ou estrutura anatômica de maneira próxima à realidade.

Outro exemplo de objeto de aprendizagem digital é o da Pontifícia Universidade Católica (PUC) do Rio de Janeiro. A universidade foi a primeira da América Latina a utilizar a mesa virtual 3D, com o propósito do estudo da Anatomia Humana para os cursos de Medicina. A mesa permite um estudo bastante rico em detalhes, a exemplo do que ocorre com o *Complete Anatomy*, e uma das vantagens é a inserção de casos clínicos por meio de imagens de TC e IRM, conforme relata Milene Couras (TV PUC-RIO, 2014), em entrevista. A figura 22 demonstra Milene Couras manipulando a mesa virtual.

Figura 22 – Manipulação da mesa virtual 3D

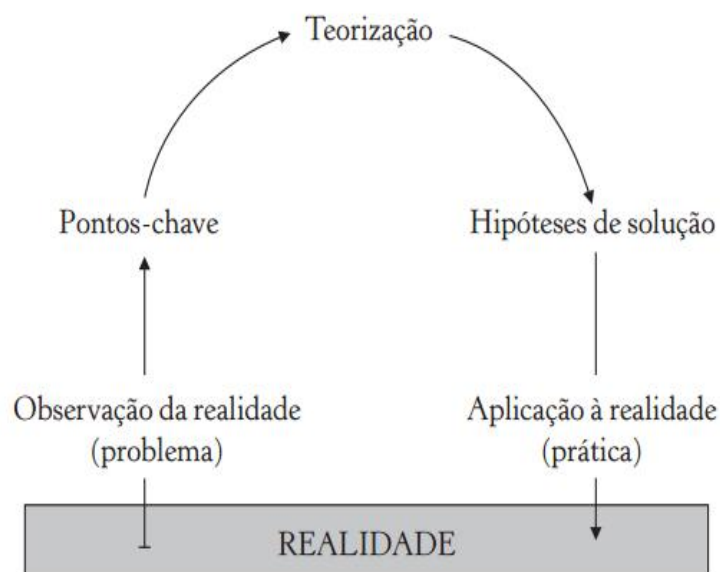


Fonte: TV PUC-Rio (2014).

Romano e Pazin Filho (2007, p. 169) referem-se a quatro princípios que ocorrem nos processos interativos e de aprendizagem entre o estudante da Saúde e a prática simulada, ou objeto de simulação, que são a “exposição, a sequência, o *feedback* e a repetição”.

Na área do ensino em Saúde, Villardi, Cyrino e Berbel (2015, p. 45) entendem que o processo formativo em Saúde abrange aspectos como “a observação da realidade e a identificação do problema, os *pontos-chave*, a teorização, as hipóteses de solução e a aplicação à realidade”. Os autores utilizaram como princípio o arco de Maguerez (figura 23), uma metodologia de problematização para o ensino em Saúde.

Figura 23 – Arco de Maguerez



Fonte: Villardi *et al.* (2015, p. 46).

Para Ziv *et al.* (2006), a *Simulation-Based Medical Education* (SBME, em Português Educação Médica Baseada na Simulação - tradução livre), promove uma abordagem ampla e variada para os estagiários, estudantes ou *trainees*, permitindo discussões sobre doenças incomuns à prática médica e um espectro grande de manifestações clínicas dos pacientes.

A simulação também pode apresentar-se como um recurso estratégico acerca do preparo para o momento do estágio curricular. Para Piconez (2007), a formação com enfoque no estágio objetiva construir e preparar o profissional por meio de uma relação mais profunda entre teoria e prática, de modo que isso seja um agente transformador de conceitos em algo concreto; significa ir além de palavras, convertendo em atitudes e mudanças efetivas comportamentais e práticas, o que foi previamente estudado.

Ainda de acordo com a autora (PICONEZ, 2007, p. 16), a importância do estágio é descrita como um fator que “orienta a transformação do sentido da formação do conceito de unidade, ou seja, de teoria e prática relacionadas e não apenas justapostas ou dissociadas”.

Para tal, é importante que haja um processo vincular entre teoria e prática, de modo que não sejam atividades aleatórias. As atividades precisam de um olhar sistêmico e observacional, capazes de estimular o pensamento, o conhecimento e a crítica a respeito dos processos, permitindo, inclusive, ao estudante, preparar-se para atuar de forma criativa e resolutiva frente às

adversidades. Deste modo, o estágio não pode ser apenas realizar uma tarefa prática qualquer, mas sim um processo de esclarecimento e de correlação entre teoria e prática (PICONEZ, 2007).

.Neste ponto, percebe-se que o processo de simulação é um recurso preparatório e interativo, que pode corroborar para o preparo dos estudantes tanto para o momento do estágio, quanto para a prática em mercado de trabalho, reduzindo inseguranças, promovendo o desenvolvimento de habilidades e, conseqüentemente, autoconfiança, bem como permitir ao docente intervir no decorrer do processo da aprendizagem, quando necessário, para correção de falhas.

Desta forma, o caminho da aprendizagem passa por diversas fases que consistem no desenvolvimento da percepção, olhar crítico e sistêmico do estudante, a formulação de respostas e a implantação de estratégias e a reprodução mais fiel possível de uma situação real.

Percebe-se que a formação com foco no estágio, ou ênfase na atuação profissional, tem que ocorrer de maneira integrada e sistêmica, buscando correlacionar uma simples repetição de tarefa ou atividade ao processo visto como um todo, nos impactos que uma determinada atitude ou decisão possam acarretar no sistema geral, independentemente do tipo de ensino, área ou conteúdo abordado. Desta forma, as didáticas são situacionais e devem ser adaptativas a cada contexto, e práticas que envolvam objetos educacionais. No caso dos simuladores e/ou processos de simulação, dentro do contexto deste trabalho, espera-se que estas estejam, necessariamente, atreladas ao processo final esperado da formação dos profissionais que atuarão com TC.

Entende-se também que, embora os simuladores ou práticas simuladas possam atender aos quatro princípios de Romano e Pazin Filho (2007), a mediação pedagógica e didática sejam elementos fundamentais para a estruturação e uso de quaisquer práticas e objetos de aprendizagem educacional, passando por um processo docente que, além da decomposição e ordenação das tarefas, esteja envolvido por:

- Conhecimento e teste prévio do objeto a ser aplicado e da prática real;
- Elaboração do cronograma;
- Planejamento estratégico (para posterior aplicação da metodologia escolhida).

Assim, após o desenvolvimento de uma prática educacional, faz-se necessário abrir espaço para que os estudantes reflitam e relatem suas experiências e percepções, por meio de debates ou redação de texto (como descrito no trabalho de Streicher *et al.*, 2005), auxiliando no reforço do que fora aprendido.

4.3 A simulação como imitação da prática

Como exemplos de simulação na prática, têm-se as escolas de aviação que oferecem cursos (AEROCLUB DE BAURU, 2018), treinamentos de voo (EJ ESCOLA DE AERONÁUTICA CIVIL, 2015) e treinamento de voo por instrumentos, por meio de *softwares* validados pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e Administração Federal de Aviação (FAA – Estados Unidos), como anuncia o site da AEROCON (2017).

A figura 24 é de um simulador de voo de uma nave *Cessna Grand Caravan C208*, utilizado por aeroclubes para o treinamento de novos pilotos. Nele, os botões e indicadores são cópia de uma aeronave real e são integrados com um aplicativo, que pode ser o *Flight Simulator* ou *Prepar3D* (HAMANN, 2012).

Figura 24 – Simulador de voo



Fonte: Hamann (2012).

Na área da Saúde, a chamada simulação realística tem sido utilizada para preparo dos estudantes ao primeiro contato com a prática profissional.

Este tipo de abordagem, cujo enfoque é ativo na construção do conhecimento, permite aos estudantes uma participação na problematização e busca de soluções para adversidades e problemas que possam permear a futura atuação profissional (FLORES *et al.*, 2014).

Diversos instrumentos têm sido utilizados no processo de simulação realística, como por exemplo, os manequins, os bonecos e as peças anatômicas, úteis ao treinamento de procedimentos técnicos específicos, como punção de acessos venosos, tendo como vantagem a possibilidade de repetição do processo, sem prejuízo a um paciente real (PAZIN FILHO; ROMANO, 2007; GEERAERTS; TRABOLD, 2011).

Também pode-se utilizar pessoas simulando pacientes ou situações reais, o que permite ao estudante treinar ou perceber quais atitudes tomar frente a uma determinada situação, melhorando sua segurança para assumir sua função profissional (FLORES *et al.*, 2014).

A respeito da simulação realística, Ferreira *et al.* (2015, p. 37) afirmam que ela:

[...] funciona como ferramenta fundamental para a preparação dos futuros profissionais em relação aos desafios de lidar com os pacientes no ambiente hospitalar, no que tange as relações humanas com os mesmos, com os familiares e com a equipe multidisciplinar; a utilização de simulação realística permite ao acadêmico praticar habilidades em um ambiente onde o erro é permitido, ajustando falhas e privilegiando o aprimoramento profissional, sem riscos à integridade dos pacientes.

No contexto da TC, peças anatômicas, por exemplo, seriam úteis ao treinamento das punções para injeção de meios de contraste em TC e pacientes simulados no treinamento de anamnese²⁹, para investigação das contraindicações ao meio de contraste iodado, enquanto a realidade virtual seria importante se aplicada a uma interface capaz de reproduzir a programação dos protocolos de exame, promovendo um tipo de aprendizagem em que é possível integrar teoria e prática.

O quadro 5 sumariza instrumentos utilizados na simulação realística, e os correlaciona com suas características.

²⁹ Tipo de questionário prévio realizado com os pacientes para identificar sinais vitais e condições gerais. Utilizado nos exames de TC para identificar, principalmente, pré-disposição a reações alérgicas ao meio de contraste iodado.

Quadro 5 – Instrumentos de simulação

OBJETO	CARACTERÍSTICA
Manequins de alta fidelidade	Robôs de alta tecnologia fidedignos a um ser humano, com presença de sinais vitais e passível de ser pré-programado pelo professor. Apresenta custo elevado.
Bonecos estáticos	Utilizados no treinamento de procedimentos específicos, como passagem de sondas. Possuem menor custo em relação aos manequins de alta fidelidade e são bastante utilizados nas graduações.
Peças anatômicas	Representam partes do corpo humano para treinamento de procedimentos invasivos, como punções. Apresentam a vantagem da repetição até o domínio da técnica, sem causar danos ao paciente real.
Pacientes padronizados ou pacientes simulados	São pessoas que atuam ou representam um determinado conjunto de sintomas. É considerado o padrão ouro quando o assunto é atendimento ao paciente. Permite o desenvolvimento e análise de competências relacionadas à comunicação e humanização do atendimento, promovendo realismo ao processo de formação.
Realidade Virtual	Técnica pouco utilizada no Brasil, muito útil em procedimentos cirúrgicos, com possibilidade de aplicação via redes.
Simulação híbrida	Mescla do paciente simulado e de peça anatômica, para treino do atendimento e procedimento.

Fonte: Adaptado pelo autor, de Ferreira *et al.* (2015, p. 36).

A figura 25 demonstra um boneco humano estático, que pode ser utilizado para o treinamento de técnicas e manobras diversas no contexto da Saúde.

Figura 25 – Boneco humano estático

Fonte: Acervo próprio, Feira Hospitalar 2018.

A figura 26 demonstra o uso de um fantoma utilizado durante treinamento técnico para *CT Applications Specialist* (Especialista de Aplicações em Tomografia Computadorizada, em Português)³⁰ em TC na Hitachi

³⁰ O *CT Applications Specialist* trabalha na demonstração e ensinamento operacional de um determinado equipamento ou *software* em TC, para equipes em Diagnóstico por Imagem.

Healthcare Americas, em 17 de julho de 2018, na cidade de Twinsburg, Ohio (OH), nos EUA. Este fantoma permite que sejam realizadas exposições repetidas, para compreensão da mesa, funções do *gantry* e interface do tomógrafo, neste caso, um tomógrafo modelo *Scenaria*, auxiliando o desenvolvimento de habilidades técnicas, compreensão e fluência na operação do equipamento de TC.

Figura 26 – Fantoma utilizado em Tomografia Computadorizada



Fonte: Acervo próprio, Hitachi Healthcare Americas, em Julho de 2018.

4.3.1 Benefícios da simulação por computador e *softwares* na aprendizagem

No campo da simulação baseada em computadores estão surgindo sistemas simulados, como objetos e bonecos cada vez mais sensíveis e de alta fidelidade, permitindo experiências gradativamente mais realísticas devido à interação com audiovisuais e com o toque, para o desenvolvimento e treinamento de uma série de procedimentos manuais. Assim, os manequins computadorizados têm sido úteis no treinamento de habilidades individuais e avaliação de dinâmicas em grupos (CHETLEN, *et al.*, 2015).

Estes profissionais também podem se especializar em plataformas, interfaces, equipamentos e *softwares* de diversos segmentos da área médica, como por exemplo, USG, IRM, Raios X Digital (DR, Radiologia Digital Direta), dentre outros.

Algumas características a serem observadas no processo de desenvolvimento de simuladores, com ênfase para a área médica, envolvem aspectos que refletem a necessidade de um estudo especializado e padronizado aos estudantes. A interface deve ser amigável, e a interação de maneira fácil entre o usuário e o conteúdo abordado, por meio de um estudo dedicado para as atividades que serão desenvolvidas na prática (BERGERON, 2006).

Para Ferreira *et al.* (2015), o docente pode ser visto como a figura que redireciona as habilidades e competências dos estudantes, que por sua vez, assumem papéis cada vez mais autônomos na construção do conhecimento. Os autores também entendem que a simulação pode auxiliar na aprendizagem significativa, proporcionando maior retenção da aprendizagem quando comparada a outros métodos, melhora na aprendizagem de profissionais da área da Saúde e participação dos alunos para a problematização. Outros benefícios relatados por diversos autores, são elencados quadro 6.

Quadro 6 – Benefícios sobre o uso de simuladores

AUTORES	BENEFÍCIOS RELATADOS
Valente (1993)	• Aumento da concentração e foco nas atividades; • Feedback; • Teste de hipóteses sem prejuízos; • Melhora na compreensão de conceitos abstratos.
Bertsche, Crawford e Macadam (1996)	• Demonstra a possibilidade de influências externas e a necessidade de intervenções imediatas; • Percepção do impacto ocasionado pela comunicação e trabalho em equipe; • Observar o trabalho habitual e testar novas variações, abordagens ou técnicas; • Perspectivas frente às empresas concorrentes; • Visão global e sistêmica das situações; desenvolvimento da lógica; • Coordenação de diversas pessoas na tomada de decisões.
Maran e Glavin (2003)	• Redução de riscos aos pacientes; • Criação de diversos cenários e situações; • Repetição da prática; • Aumento da retenção e precisão da aprendizagem; • Relativamente baratos; • Atende a múltiplos usuários; • Trabalho e aprendizagem colaborativa.
Clayton e Gizelis (2005)	• Amplitude e profundidade da aprendizagem; • Engajamento de pares (estudantes e professores); • Aumento na participação e preparo para exercícios simulados; • Desenvolvimento e transferência de habilidades.

Ziv <i>et al.</i> (2006)	• Aprendizagem sem prejuízo aos pacientes; • Apresentação de contextos diferentes e complexos aos estudantes; • Possibilidade de erro e falha no decorrer da prática simulada; • Reduz a necessidade de animais vivos para servirem de modelos.
Baladez (2009)	• Economia de tempo e dinheiro das forças armadas; melhor preparado de novos soldados no quesito habilidades; • Desenvolvimento de habilidades por meio da repetição; • Desenvolvimento da capacidade de trabalhar em grupo; • Aprendizagem de língua e cultura estrangeira; • Treinamento médico; • Possibilidade de repetições exaustivas.
Sadideen <i>et al.</i> (2012)	• Uso na educação cirúrgica; • Desenvolvimento de competências e expertise; • Desenvolvimento cognitivo e treinamento emocional; • Segurança para o desenvolvimento de treinamento e práticas deliberadas.
Littlewood (2013)	• Aprendizagem centrada e personalizada para o aluno; • Segurança do paciente; • Aprendizagem por competências; • Trabalho colaborativo.

Fonte: Textos traduzidos pelo autor, e adaptados dos autores listados no próprio quadro.

Cantero (2000) traz como as principais vantagens da aprendizagem por *softwares*: a comunicação direta com um mentor ou tutor, e a base de conhecimento adaptativa e expansível. Para o autor, os *softwares* podem ser utilizados em diversas plataformas, facilitando a aplicação e uso de modo geral, permitindo a integração e a pluralidade de meios, características de uma tendência *hipermidiática*, o que corrobora com as ideias de convergência de Jenkis (2009) e da Ecologia dos Meios de Scolari (2015).

Qualquer diferença entre prática e simulação deve ser bastante esclarecida aos estudantes (MARAN; GLAVIN, 2003), de modo que o discente entenda que, apesar de parecida ou similar, a simulação não é a realidade. Apesar dos benefícios que envolvem as práticas simuladas no ensino da medicina, Ziv *et al.* (2006) entendem que tais práticas não substituem o contato direto com o paciente, entendido como momento fundamental para o desenvolvimento e entendimento da prática real.

Desta forma, percebe-se que os simuladores, e/ou os processos de simulação, podem assumir papel valioso no preparo dos alunos dos cursos de Radiologia para atuarem em TC, ou ainda, outros métodos diagnósticos. Isso devido à possibilidade de trazer para a sala de aula o treinamento prévio, de

modo a construir processos práticos e seguros, colaborar para o preparo psicológico dos estudantes, minimizando a ansiedade e a insegurança frente à nova realidade a ser enfrentada no campo de estágio e, consequentemente, na vida profissional.

Apesar de todos os benefícios listados, Clayton e Gizelis (2005) referem que a prática simulada pode gerar competitividade dentro da sala de aula, necessitando da mediação e percepção docente para a resolução de conflitos. Além disso, as simulações podem não funcionar em todas as práticas. Para Bertsche *et al.* (1996) é importante identificar o tipo de negócio a que se pretende aplicar o método de simulação, avaliando as vantagens e benefícios reais que o método poderá trazer à prática.

Para Baladez (2009), o futuro da simulação está assegurado, pois sempre será importante analisar um sistema antes de sua implantação ou aperfeiçoar um já existente, compreendendo melhor seu funcionamento, reduzindo custos e riscos. Segundo o autor, a ciência se desenvolverá cada vez mais, e os simuladores serão cada vez mais presentes e vistos com a melhor solução para alcançar os resultados esperados.

O uso da simulação ainda tem alguns obstáculos, pois requer preparo e conhecimento por parte dos professores para aplicação da metodologia. Para Flores *et al.* (2014, p. 99), em se tratando das simulações realísticas,

A grande dificuldade é a criação destes casos, por diferentes razões: complexidade no uso de simuladores; desconhecimento de ferramentas tecnológicas para a criação das simulações; grande número de simulações a serem criadas para contemplar todos os conteúdos; Interfaces diferentes para cada caso de estudo, de forma que motive o aluno a utilizar a ferramenta; desenvolvimento de ambientes amigáveis aos alunos; acompanhamento do aprendizado-evolução dos alunos com o uso das simulações.

Logo, a formação e o preparo docente são pontos importantes para a aplicação das práticas simuladas, sobretudo quando relacionadas aos objetos digitais, que já fazem parte da realidade da sociedade, de um modo geral (HILLESHEIM; SCHOTTZ, 2014).

4.4 Softwares de simulação realística em Diagnóstico por Imagem

Das diferentes formas de se aplicar uma prática simulada, seja ela por meio de objetos físicos, ou representação de determinadas situações, entende-se que os *softwares* de simulação podem reunir características de técnicas diferentes, facilitando o acesso por meio de uma plataforma digital.

Além disso, entende-se que estes possam ser adaptados a diferentes contextos educacionais, sobretudo no ensino da TC, promovendo o desenvolvimento e treinamento de competências e habilidades necessárias para a prática. Desta forma, facilitando o acesso ao ensino, promovendo o cuidado pela saúde dos pacientes e promovendo imagens médicas de qualidade.

Para contextualizar o propósito de busca de trabalhos a respeito de *softwares* no ensino da TC, foi selecionado como *software* modelo de simulação realística o *Medical Imaging Training Immersive Environment*³¹ (MITIE – Ambiente de Treinamento Imersivo de Imagens Médicas), o qual foi possível acesso apenas à imagens e sua descrição.

O *software* permite visualizar a experiência de manipular o paciente e posicioná-lo na mesa de exames, além de, aparentemente, realizar procedimentos de programação de protocolos e aquisição de imagem. Ele é utilizado como componente curricular dos cursos de radiografias pela *Queensland University of Technology* (Universidade de Tecnologia de Queensland) (E2E VISUALS, 2017).

O processo de realização de um exame de TC, bem como o manuseio de arco em C ou realização de exames de Raios X, requer competências que envolvem comunicação entre as equipes interdisciplinares e também com pacientes, além de habilidades para operação de equipamentos, programação de protocolos, manipulação e compartilhamento de imagens digitais, assim, diferentes instrumentos de simulação podem adaptar-se a uma determinada tarefa ou função.

³¹ Houve contato com a produtora solicitando uma licença gratuita para teste, mas os pré-requisitos para que a mesma fosse disponibilizada não se encaixavam com o escopo e propósito deste trabalho.

A figura 27 demonstra a reprodução da sala de comando de TC e a sala de exames, com o paciente deitado sobre a mesa adentrado o *gantry*, sob o olhar do profissional que realizará o exame.

Figura 27 – Simulação da realização de um exame em TC



Fonte: E2E Visuals (2017).

Já a figura 28, representa a programação e aquisição de imagens no monitor, e o laser (luz guia) de posicionamento da cabeça do paciente no *gantry* (linhas vermelhas).

Figura 28 – Simulação da programação de um exame de TC



Fonte: E2E Visuals (2017).

Outros exemplos do uso deste *software* pela mesma produtora são a imersão prática em arco em C (figura 29), equipamento utilizado para prestar

suporte a cirurgias em geral, e realização de exames de Raios X, para aquisição de radiografias (figura 30).

Figura 29 – Treinamento para manuseio de Arco em C



Fonte: E2E Visuals (2017).

Figura 30 – Exame de Raios X



Fonte: E2E Visuals (2017).

5 O USO DE *SOFTWARES* DE SIMULAÇÃO NA ÁREA DE RADIOLOGIA: REVISÃO SISTEMÁTICA

5.1 Pesquisas no site ScienceDirect

A primeira busca no site ScienceDirect (2018) foi realizada com base nos termos: *simulation*, *software*, *education*, *training* e *Radiology*, com abrangência dos anos de 1989 a 2018, com resultado de 119 itens. São apresentados no site os resultados de 10 títulos de publicação, percebidos como os mais relevantes. O quadro 7 elenca a quantidade de publicações em cada um desses títulos.

Quadro 7 – Resultado da 1ª busca no site ScienceDirect (artigos de revisão)

NÚMERO	TÍTULO DA PUBLICAÇÃO	QUANTIDADE DE TRABALHOS PUBLICADOS
1	Academic Radiology	7
2	Journal of Surgical Education	4
3	European Journal of Radiology	3
4	Current Problems in Diagnostic Radiology	3
5	Seminars in Radiation Oncology	3
6	Anesthesiology Clinics	3
7	Journal of the American College of Cardiology	2
8	The Lancet	2
9	International Journal of Radiation Oncology*Biology*Physics	2
10	Annual Reviews in Control	2

Fonte: Elaborado pelo autor, com dados extraídos do site ScienceDirect.

A pesquisa não resultou em trabalhos de revisão sobre *softwares* de simulação em Radiologia. Apesar disso, após a leitura dos títulos e resumos dos trabalhos, foram selecionados 4 trabalhos (SCARSBROOK; GRAHAM; PERRISS, 2006; DESSER, 2007; BHARGAVA *et al.*, 2013; CHETLEN *et al.* 2015), por trazerem um olhar abrangente sobre a educação e a simulação em Radiologia, a serem utilizados para complementar a fundamentação e compreensão geral do tema.

O gráfico 1 demonstra a quantidade de publicações por ano, evidenciando um aumento crescente nas publicações a partir de 2015. O crescimento pode refletir na elevação do interesse em pesquisas sobre *softwares*, citado por Lev Manovich (2013).

Gráfico 1 – Quantidade de publicações por ano



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados extraídos do site ScienceDirect.

Em seguida, a busca foi repetida (segunda busca), porém, em vez de artigos de revisão, foram selecionados artigos de pesquisa. Esta segunda busca resultou em 512 itens. O quadro 8 elenca a quantidade de publicações em cada um dos 10 títulos mais relevantes de publicação.

Quadro 8 – Resultado da 2ª busca no site ScienceDirect (artigos de pesquisa)

NÚMERO	TÍTULO DA PUBLICAÇÃO	QUANTIDADE DE TRABALHOS PUBLICADOS
1	Academic Radiology	32
2	Journal of Surgical Education	15
3	Computerized Medical Imaging and Graphics	13
4	Journal of the American College of Radiology	13
5	Bone	11
6	The American Journal of Surgery	9
7	Computers in Biology and Medicine	8
8	Computer Methods and Programs in Biomedicine	8
9	Computers & Education	8
10	Physica Medica	8

Fonte: Elaborado pelo autor, com dados extraídos do site ScienceDirect.

Dos itens encontrados, a seleção dos trabalhos para análise ficou delimitada às publicações em: *Academic Radiology*, *Computerized Medical Imaging and Graphics*, *Journal of the American College of Radiology*, *Computer Methods and Programs in Biomedicine* (títulos 1, 3, 4, 9 do quadro 8), com uma amostra de 66 itens. Os outros títulos não entraram na seleção de materiais, pois se tratavam de publicações com ênfase nas áreas de Física

Médica, Biologia, Cirurgia, Biomedicina, ou ainda alguma área sem relação com os termos da pesquisa.

O critério de inclusão foi conter no título os termos *simulation* ou *training* e *Radiology* ou *Radiological* ou termos correlatos, como PACS e *medical imaging*. Foram considerados como critérios de exclusão os seguintes itens: aplicação de questionários (*surveys*), uso de simulação que não fosse para fins educativos e temas relacionados à USG ou RT.

Este estudo não resultou em trabalhos que abordassem *softwares* de simulação em TC. Apesar disso, posteriormente à leitura dos títulos e resumos dos trabalhos, foram selecionados 4 trabalhos (LAW; ZHOU, 2003; DIKSHIT *et al.*, 2005; AUFFERMANN *et al.*, 2015; ALI *et al.*, 2017), porque continham relação com temas: PACS e imagens médicas, por exemplo.

O gráfico 2 demonstra a quantidade de publicações por ano, evidenciando o crescimento das pesquisas no ano de 2016.

Gráfico 2 – Quantidade de publicações por ano



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados extraídos do site ScienceDirect.

Ainda no *site* ScienceDirect (2018) foi realizada uma terceira busca, contendo os termos: *simulation*, *software*, *education* e *Tomography*, de acordo com o período dos anos de 1994 a 2018, englobando os títulos de publicação Academic Radiology (23), Computerized Imaging and Graphics (21), Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences (14) e Computers in Biology and Medicine (13).

Os tipos de artigos selecionados pelo filtro de busca foram artigos de revisão (7 itens) e artigos de pesquisa (71 itens). Como triagem inicial, convencionou-se que o título do trabalho deveria aderir aos termos de pesquisa *software* ou *simulation* e *Tomography*, porém sem resultados. A terceira busca foi repetida, com a inclusão do termo *training*, resultando em uma quarta busca, mas não houve resultados para TC.

Foi realizada uma quinta busca, repetindo a anterior, porém sem a seleção dos títulos de publicação, tornando a pesquisa mais abrangente. Desta forma, foram encontrados 482 resultados, porém nenhum deles continha os termos de pesquisa *simulation*, *software* e *Tomography* no título, sendo assim descartados para análise.

5.2 Pesquisas pela PubMed

Foram realizadas três buscas pelo motor de buscas PubMed (sexta, sétima e oitava buscas, respectivamente). De acordo com a definição do site NCBI³² (2018), a

PubMed compreende mais de 28 milhões de citações de literatura biomédica da MEDLINE, revistas de ciências da vida e livros on-line. As citações podem incluir links para conteúdo em texto integral do PubMed Central e sites da Web do editor.

As buscas foram intercaladas com os termos utilizados nas buscas anteriores: *simulation*, *software*, *education*, *training* e *Tomography*. As linhas de comando utilizadas no motor de buscas foram:

- 1) ((software[Title]) AND training[Title]) AND tomography[Title]
- 2) ((software[Title]) AND simulation[Title]) AND tomography[Title]
- 3) ((software[Title]) AND education OR educational[Title]) AND tomography[Title]

O critério de inclusão e seleção do material para análise foi: ser *software* utilizado como ferramenta no ensino da TC ou conteúdo relacionado à disciplina/modalidade. Desta forma, *softwares* com outras aplicações, não foram inclusos. O único trabalho de interesse (pelo título e resumo) foi: *Hypermedia software for teaching anatomy of the upper abdomen with*

³² Parte integrante da United States National Library of Medicine.

computerized tomography and magnetic Resonance, porém, não foi possível realizar o download do trabalho, pois não havia link para o acesso do mesmo.

O site da NCBI oferece uma seção com a sugestão de artigos similares. Em uma lista de 100 itens, foram identificados 7 itens potenciais para análise, dos quais foram possíveis os downloads de Hennessey *et al.* (1990), Ochiatto *et al.* (1996) e Shin *et al.* (2011), sendo estes selecionados para estudo. Os outros artigos não dispunham de link para acesso ou download³³, desta forma, sendo descartados da análise. Após leitura cuidadosa, o trabalho de Ochiatto *et al.* (1996) foi excluído da pesquisa por ser específico para o estudo de patologias mamárias. Os resultados da pesquisa são listados no quadro 9.

Quadro 9 – Resultado das buscas na Pubmed

NÚMERO	TERMOS DE BUSCA	RESULTADOS	SELECIONADOS
1	<i>Software, training, Tomography</i>	0	0
2	<i>Software, simulation, Tomography</i>	6	0
3	<i>Software, education/educational, Tomography</i>	11	1

Fonte: Elaborado pelo autor, com dados extraídos do site Pubmed.

5.3 Pesquisas na base de dados da CAPES

A definição da base de dados para a coleta do material para esta revisão sistemática iniciou-se na Plataforma Sucupira (2018), na seção Qualis Periódicos. Os critérios utilizados para a seleção dos periódicos, como base de dados, foram: ser avaliado pela CAPES com Qualis A1, A2 ou B1, na área de classificação Interdisciplinar, na classificação dos periódicos de triênio de 2013-2016, de forma que compreenderam a nona, a décima e a décima primeira busca, respectivamente. No título dos periódicos, foram utilizados os termos Radiologia e *Radiology*.

Foram encontrados 7 resultados, das quais RB (Radiologia Brasileira) apareceu duas vezes, com ISSN diferentes, sendo que em uma delas estava especificado se tratar de versão impressa, e Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology, que apareceram duplicados, também com ISSN

³³Os títulos que não dispunham de link para download foram:

- *A hypermedia tutorial for cross-sectional anatomy: HyperMed.*
- *Hypermedia software for teaching anatomy of the upper abdomen with computerized tomography and magnetic resonance.*
- *An introduction to interactive hypermedia.*
- *Computerized anatomy instruction.*

diferentes. Os outros títulos apareceram apenas uma vez, conforme mostra a sistematização os resultados da busca no quadro 10.

Quadro 10 – Resultado das buscas na base de dados da CAPES

NÚMERO	ISSN	TÍTULO	QUALIS	TERMOS DE BUSCA
1	0195-6108	American Journal of Neuroradiology	A1	Radiology
2	0174-1551	Cardiovascular and Interventional Radiology (Print)	A2	
3	0250-832x	Dento-Maxilo-Facial Radiology	B1	
4	2212-4403	Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology		
5	1079-2104	Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology and Endodontics		
6	1678-7099	RB Radiologia Brasileira		
7	0100-3984	RB Radiologia Brasileira (Impresso)		Radiologia

Fonte: Elaborado pelo autor, com dados extraídos da base de dados da CAPES.

A busca por periódicos foi continuada com os mesmos termos e Qualis de interesse, utilizando áreas de avaliação correlatas à aplicação de *softwares* na Educação/Ensino: Ciência da Computação, Biotecnologia, Educação e Ensino, de maneira a representar as buscas de número 12 a 35, respectivamente, sendo localizados apenas dois itens no título Biotecnologia, com a busca pelo termo *Radiology*, conforme se vê no quadro 11.

Quadro 11– Resultado das buscas em áreas de avaliação correlatas

TÍTULO	TERMO	A1	A2	B1
Ciência da Computação	Radiologia	0	0	0
Biotecnologia		0	0	0
Educação		0	0	0
Ensino		0	0	0
Ciência da Computação	<i>Radiology</i>	0	0	0
Biotecnologia		0	0	2
Educação		0	0	0
Ensino		0	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor, com dados extraídos da base de dados da CAPES.

Os dois títulos encontrados na busca anterior são listados no quadro 12.

Quadro 12 – Títulos na área de Biotecnologia com Qualis B1

NÚMERO	ISSN	TÍTULO	QUALIS	TERMOS DE BUSCA
1	0174-1551	Cardiovascular and Interventional Radiology (Print)	B1	<i>Radiology</i>
2	0720-048X	European Journal of Radiology		

Fonte: Elaborado pelo autor, com dados extraídos da base de dados da CAPES.

Após classificar os periódicos (tabelas 5, 6 e 7), foram selecionados dois títulos, dados suas abrangências, e realizada em cada um deles uma busca repetindo o padrão da busca do quadro 9, sendo referentes às buscas 36 a 41. Os resultados de pesquisa são listados no quadro 13.

Quadro 13 – Resultado das buscas na área de Biotecnologia

TÍTULO	RESULTADOS	SELECIONADOS
RB Radiologia Brasileira	0	0 item resultado 2 itens alternativos
European Journal of Radiology	0 item resultado 8 itens alternativos	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

O critério de inclusão e seleção do material para análise foi o mesmo utilizado pela busca da Pubmed. Em RB, não houve resultados para os termos de pesquisa da busca 4³⁴. Por isso, foi realizada uma busca com o termo *software*, apenas, resultando em dois trabalhos que abordam o uso de *softwares* na educação, embora não sejam específicos para TC³⁵, sendo descartados da análise.

Em European Journal of Radiology não houve resultados para os termos de pesquisa iguais aos da Pubmed. Como alternativa, na busca no referido European Journal of Radiology, as bases de dados foram expandidas para *All Content* (todo o conteúdo), resultando em 8 artigos, sendo considerada a busca de nº 42, porém nenhum trabalho foi selecionado.

Os artigos eleitos para análise foram listados no quadro 14, seguindo a ordem crescente da data de publicação. Foram descritos os principais resultados de cada pesquisa.

Quadro 14 – Síntese dos artigos selecionados

AUTORES/ANO	OBJETIVOS	SÍNTESE DAS CONSIDERAÇÕES
Henessey <i>et al.</i> (1990)	Desenvolver um sistema computacional de ensino utilizando uma interface hipermidiática.	O sistema utiliza menos espaço quando comparado a métodos tradicionais de ensino por imagem, facilitando o compartilhamento; o método pode promover engajamento e prender a atenção dos usuários. Após o teste por 25 residentes em radiologia, o sistema, intitulado <i>CT: The game</i> passou a fazer parte do currículo básico para os estudantes de medicina, do referido departamento dos autores.

³⁴ *Software, simulation, Tomography e training.*

³⁵ *Educational software as a tool for teaching & learning of digital mammography e QualIM®: a software for training in the reading of digital medical images.*

Law e Zhou (2003)	Revisa o treinamento por meio de PACS e sugere um novo modelo de treinamento.	O simulador de PACS é uma ferramenta abrangente, que pode ter seu uso expandido para outras áreas, como RT, ou outros departamentos clínicos.
Dikshit <i>et al.</i> (2005)	Descrever um tutorial para uso de simulação interativa de imagens médicas, baseada em um laboratório virtual de imagens.	Apesar da disponibilidade de sistemas on-line, no âmbito educacional e da indústria, falta o elemento interatividade nos programas de tutoria on-line. Assim, os autores desenvolveram um sistema tutorial composto por textos e links para revisão dos alunos, simulação e animação e atividades, com enfoque na aquisição e pós-processamento de imagens.
Scarsbrook, Graham e Perriss (2006)	Explorar o <i>e-learning</i> em Radiologia, e o uso de aplicações baseadas na web.	O potencial de ensino por meio da informática em Radiologia não tem sido explorado de forma efetiva; a interação humana, real, não deve se perder no processo de ensino por meios eletrônicos.
Desser (2007)	Revisar o desenvolvimento histórico da técnica de treinamento baseado em simulação.	O treinamento baseado em simulação pode atender às necessidades dos treinamentos e testes de proficiência.
Shin <i>et al.</i> (2011)	Desenvolver um <i>software</i> para estudo de Anatomia Seccional por Imagem, baseado em cadáveres.	O <i>software</i> desenvolvido permite o entendimento da dissecação de um cadáver, preparando para o estudo da Anatomia por Imagens seccionadas, e consequentemente, para o entendimento das imagens de TC e RM; os estudantes podem revisar literatura e treinar por meio de questões.
Bhargava <i>et al.</i> (2013)	Avaliação de ferramentas de aprendizagem e suporte para os Radiologistas.	O uso de ferramentas eletrônicas e portáteis revolucionou a educação em Radiologia.
Auffermann <i>et al.</i> (2015)	Avaliar o uso de simulação para reconhecimento de nódulos pulmonares por radiografias do tórax.	Preferência dos estudantes pela simulação frente aos métodos tradicionais de aula, e melhora nas habilidades de identificação dos nódulos pulmonares, após o treinamento simulado.
Chetlen <i>et al.</i> (2015)	Apresentar um panorama sobre os equipamentos e <i>softwares</i> de simulação da época, e as dificuldades para implementação de estratégias de ensino e métodos avaliativos.	Os métodos de simulação têm sido aceitos com ferramenta de treinamento em Radiologia, e utilizados para a aquisição de habilidades práticas interpretativas e não interpretativas, as comunicacionais e o desenvolvimento profissional; abertura para a aplicabilidade dos diversos métodos no ensino.
Ali <i>et al.</i> (2017)	Demonstrar a utilidade de um simulador de realidade virtual para a punção lombar.	O simulador desempenha e contribui para o desenvolvimento de competências no treinamento em Radiologia, facilitando a abordagem educativa.

Fonte: Elaborado pelo autor, referências no próprio quadro.

5.4 Discussão

Nas presentes buscas não foram encontrados trabalhos que descrevessem *softwares* similares ao *software* tido como modelo, o MITIE, ou cujo título contivesse a frase *Softwares* de simulação para o ensino da TC, em português ou inglês. Foram localizados trabalhos que os abordassem em

plataformas midiáticas e outros recursos computacionais, pesquisados de forma pontual e isolada, para aplicação em disciplinas ou assuntos específicos em Radiologia, como por exemplo, no treinamento por simulação, nas aplicações da simulação em especialidades e procedimento médicos, como por exemplo: pediatria, treinamento vascular intervectivo e procedimento percutâneos guiados por imagem, neurorradiologia, medicina nuclear, radiologia torácica, com ênfase em TC e RM cardíacas (CHETLEN *et al.*, 2015).

Este resultado pode vir a ser diferente caso o espectro das bases seja ampliado. A partir da percepção de que os *softwares* são utilizados para o ensino de conteúdos pontuais da TC, foi dado um norte para este trabalho, cujos objetivos nos capítulos posteriores serão selecionar determinados *softwares* com potencial aplicabilidade para o ensino de TC, e elaborar uma metodologia de aula para aplicação de um deles.

Os métodos de simulação têm se tornado ferramentas em ascensão no treinamento em Radiologia, no desenvolvimento de habilidades e competências, “interpretativas e não interpretativas tais como o gerenciamento de reações ao contraste, técnicas de comunicação interpessoal, profissionalismo e treinamento de equipe” (tradução livre) (CHETLEN, *et al.*, 2015, p. 1253).

Os métodos também podem minimizar o estresse dos estudantes no contato inicial com as práticas de trabalho, possibilitando o contato com situações pouco usuais no cotidiano prático ou situações incomuns e raras (CHETLEN, *et al.*, 2015).

A prática da simulação precisa considerar as habilidades e competências necessárias para o desenvolvimento de uma determinada tarefa, que devem ser avaliadas por instrumentos validados, a ponto de serem utilizadas no credenciamento e recertificação profissional em Radiologia (CHETLEN, *et al.*, 2015).

Os programas de simulação poderiam contribuir para que os Profissionais de Técnicas Radiológicas aprendam e possam treinar aspectos práticos, como o posicionamento do paciente de acordo com cada protocolo, funções do *gantry*, interação e comunicação com a equipe multi e interdisciplinar, além de proporcionar uma visão global do sistema e dos processos envolvidos durante o exame.

A figura 31 demonstra uma prática simulada *in situ*, em uma sala de exames de TC, na qual é possível visualizar um boneco em uma mesa de exames, e a atuação da equipe interdisciplinar.

Figura 31 – Prática *in situ* na sala de TC



Fonte: Chetlen *et al.* (2015, p. 1260).

No âmbito das tecnologias digitais, o uso de computadores, de equipamentos digitais e o avanço da Internet, provocaram mudanças na prática do Diagnóstico por Imagem. Os equipamentos digitais e eletrônicos, como smartphones e tablets, têm revolucionado a forma como a Radiologia, no cenário médico, evolui em relação às outras especialidades médicas, graças à conectividade e interatividade promovida pelas redes, tornando a prática mais intuitiva e eficiente (BHARGAVA *et al.*, 2013).

Desde a década de 1990, os computadores de mão serviam de auxiliares aos médicos para realizar suas atividades, tais como organizar dados e tarefas, como o caso do *logbooks*. Com o desenvolvimento da internet, foram criadas plataformas e comunidades colaborativas para médicos Radiologistas praticarem e treinarem as atividades do seu dia a dia, esclarecerem dúvidas e ampliarem o seu conhecimento (SCARSBROOK *et al.*, 2006).

Nos últimos dez anos, tem-se percebido o desenvolvimento das práticas educativas e de suporte para o ensino da Radiologia na modalidade à distância, envolvendo sistemas como: o PACS (LAW; ZHOU, 2002), o e-Learning (DESSER, 2007), e o treinamento da avaliação de imagens por estagiários em

Radiologia por meio de mídias interativas (AUFFERMAN *et al.*, 2015), que já suprem as lacunas nos sistemas de tutoria interativa elaborado por Dikshit *et al.* (2005).

Também se percebe o uso de *software* para estudo de anatomia seccional por imagens, como o desenvolvido por Shin *et al.*, (2011), que permite o estudo de uma estrutura anatômica, revisão de literatura e fixação por meio de atividades. Os autores relatam que este *software*, desenvolvido com base em imagens de cadáveres, foi bem aceito pelos estudantes, sendo considerado útil para exposição em museus de Anatomia.

Outra modalidade de objetos digitais, ou objetos de aprendizagem utilizados no ensino da Radiologia, são os jogos digitais. Hennessey *et al.* (1990) desenvolveram um jogo intitulado *CT: The game* para o ensino da TC para estudantes de medicina. O sistema foi avaliado por 25 residentes e incluído como parte do currículo de base da referida instituição.

A dinâmica do jogo apresentava uma interface hipermidiática, em que era possível navegar de forma independente por tópicos e buscar outros referenciais fora da interface inicial. Basicamente, o sistema dispunha de *cards* (cartões) com imagens, e textos, mas também apresentava sons. Por meio da interatividade entre o jogador e o *game*, os autores conseguiram promover o engajamento e interesse dos usuários, abrindo espaço, ainda, para adaptar às sugestões dos usuários.

Outra forma de treinamento prático é por meio de simulador de realidade virtual, que segundo Ali *et al.*, (2017) pode colaborar para dar maior segurança aos estagiários, devido à proximidade com a realidade, além de permitir práticas colaborativas. Consequentemente, as práticas simuladas aumentam também a segurança dos pacientes, e reduzem custos com treinamentos de profissionais (AUFFERMAN *et al.*, 2015).

6 SELEÇÃO E ANÁLISE DE *SOFTWARES* COM APLICABILIDADE EM TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

6.1 Metodologia e escopo da pesquisa

De acordo com Chetlen *et al.* (2015), os principais desafios para a implantação da simulação se referem aos aspectos que englobam os custos e aquisição de *softwares* ou *hardwares* apropriados, além de uma padronização normativa para o seu uso. Para esta parte da pesquisa, optou-se por selecionar, elencar e descrever diferentes *softwares* de simulação, e que estivessem nos idiomas em Português, Inglês e/ou Espanhol. Dentre eles, será selecionado um *software* gratuito ou de licença aberta, para a elaboração da sequência didática no modelo *Syllabus*, presente no último capítulo deste trabalho.

Inicialmente, foram selecionados 32 *softwares* potenciais para serem descritos e analisados. Descartaram-se da seleção os que, apesar de conter imagens de TC e estarem inseridos no Diagnóstico por Imagem, não apresentassem aderência à aplicabilidade ao ensino da TC, ou seja, fossem muito específicos para profissionais médicos, dentistas e outros. Também foram descartados *softwares* cujas informações não estivessem claras o suficiente para compreensão do produto, e jogos ou *quizzes*, ou ainda que não estivesse nos idiomas Português, Inglês e/ou Espanhol. Desta forma, como resultado houve a seleção de 10 *softwares* para o *corpus* deste capítulo.

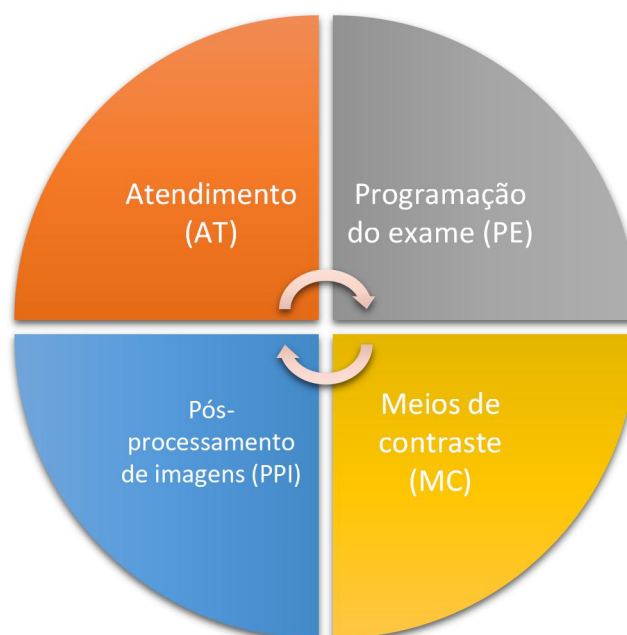
A descrição dos *softwares* segue como padrão inicial o trabalho de Silva (2016), que realizou a sistematização e análise de jogos para a Educação Musical, e a descrição do *software* AdvantageSim MD, no site da GE Healthcare (2018b), sendo adaptada para os parâmetros e características específicas do ensino da TC de acordo com o entendimento do autor desta pesquisa. O item aplicabilidade, na descrição dos mesmos, está relacionado à formação, análise e experiência do autor quanto à sua aplicabilidade ao ensino da TC.

6.2 Sistema de classificação dos *softwares*

Para facilitar a compreensão acerca da atuação do operador em TC, correlacionado com o conhecimento teórico necessário a este profissional, foi

criado um sistema de classificação intitulado MS (figura 32), para sistematizar e sintetizar o conteúdo com os *softwares* encontrados relacionados diretamente ao processo de realização de exames ou pós-processamento de imagens em TC. Os referidos *softwares* que tenham relação com conteúdos gerais, como Anatomia e Dosimetria não são inclusos na figura, mas também terão uma sigla atribuída. Abaixo, tem-se a descrição mais detalhada dos itens de cada sistema, que já foram previamente abordados no decorrer do trabalho.

Figura 32 – Sistema de classificação de *softwares* MS



Fonte: Elaborado pelo autor.

- **Atendimento (AT):** o operador de TC precisa desenvolver a competência da comunicação interpessoal, seja com a equipe inter e multidisciplinar, ou com o paciente, em busca de um enfoque de atendimento humanizado:
 - a) Com o paciente: para identificar se a ficha de exames do paciente, muitas vezes, lançadas no sistema por funcionário da recepção do serviço está de acordo com a solicitação médica. Neste momento, o operador já traça um panorama mental dos processos que envolverão o exame, como a administração do meio de contraste, por exemplo, que geralmente virá a pedido do médico ou fará parte de protocolo institucional; e junto à ficha do paciente constará um questionário

(anamnese) aplicado por profissional da enfermagem e devidamente assinado pelo paciente ou acompanhante. Além disso, por meio do atendimento, procura-se tranquilizar o paciente, enxergá-lo e tratá-lo de forma humanizada, o que requer atenção e atendimento cuidadoso, e também como a um cliente, que, de alguma maneira, pagou pelo serviço prestado;

- b) Com a equipe da enfermagem: de modo geral, esta equipe é quem realiza o atendimento inicial ao paciente, identificado problemas de saúde, como exemplo, disfunções renais ou situações em que seja contra-indicado o uso do meio do contraste; em caso de paciente do sexo feminino, procura-se identificar se a mesma possa estar gestante. Neste momento também devem ser colocados em prática os aspectos de proteção radiológica junto ao possível acompanhante do exame, fornecendo avental plumbífero, por exemplo, além de observar os aspectos baseados em protocolos institucionais, cancelados pelo(s) médico(s) responsáveis, acerca da administração do meio de contraste, ou ainda se será necessário o uso de sedativos (principalmente em pacientes pediátricos), já que nervosismo ou agitação podem comprometer a realização do exame. O operador de TC em contato com a equipe da enfermagem também procura identificar o calibre do acesso venoso, em pacientes em que será administrado o meio de contraste, pois isso influenciará na programação do fluxo de contraste (velocidade de infusão) na injetora e, conseqüentemente, no resultado final do exame;
- c) Com o Radiologista: a interação com o médico Radiologista torna-se fundamental para a realização de exames de qualidade, pois é ele quem irá emitir os laudos. Desta forma, quando necessário, o operador pode pedir orientações sobre programações específicas da área a ser estudada, reformatações, espessura de corte, qualidade da imagem, quantidade de fases do contraste no exame ou qualquer outro dado que ajude na realização de um exame de excelente qualidade.
- Programação do Exame (PE): o operador de TC precisa conhecer a interface do equipamento, Anatomia Humana e protocolos de TC:

- a) Interface do equipamento: cada marca de equipamento tem a sua própria interface para registro do paciente. A seleção do protocolo ocorre de acordo com a indicação do pedido médico e da região a ser estudada, sendo possível alterar: fatores de exposição como kV e mA, espessura de corte e filtros de reconstrução, tipo de varredura (axial, helicoidal, dinâmica ou disparos automáticos, como o *Predict* no equipamento Hitachi, ou indicativo para disparo manual como o *Smart Prep* do equipamento GE, MPR, 3D VR, janelamento, documentação, impressão ou exportação de exames para mídias;
- b) Anatomia Humana: necessário para programar o bloco de varredura para aquisição das imagens, de acordo com protocolos institucionais ou solicitações específicas dos médicos;
- c) Protocolos em TC: necessário conhecer a indicação e a programação de cada protocolo, seja de acordo com a literatura médica ou com o caderno institucional de protocolos; saber correlacionar com as patologias para realizar programações assertivas como o tempo de contraste, espessura de corte, angulações do *gantry* de acordo com a anatomia, como, por exemplo, em alguns exames de crânio e seios da face; saber alterar os fatores de exposição de acordo com o biótipo do paciente, a fim de melhorar a qualidade da imagem e reduzir a dose quando possível³⁶. Ademais, também são alterados parâmetros como velocidade de deslocamento da mesa, giro do tubo, e espessura dos cortes de aquisição, o que impacta diretamente na qualidade e no tempo do exame.
- Meios de contraste (MC): competência para identificar reações alérgicas, anafiláticas ou anafilactoides, que possam ocorrer no paciente; habilidade para identificar casos de extravasamento do meio de contraste, para saber a quantidade de contraste a ser administrada conforme o tipo de contraste correlacionado ao tipo de patologias e prescrição médica, para calcular o melhor fluxo de injeção do contraste

³⁶ Alguns equipamentos já possuem sistemas automáticos de redução de dose, mas o operador precisa conhecer maneiras de realizar isso de forma manual e sem prejuízo em relação à qualidade final do exame.

em conformidade com o calibre do acesso venoso do paciente e habilidade para programar a injetora:

- a) Em casos de reações ou extravasamento de contraste, o exame deve ser parado e a equipe de enfermagem ou médico, acionados, a depender do protocolo institucional para tais situações;
- b) A quantidade de contraste segue protocolos específicos, mas o operador deve ser capaz de conhecer as concentrações de iodo em cada tipo ou volume de contraste, como por exemplo: Iopamiron 300 (Iopamidol, 612 mg/mL) e Iopamiron 370 (Iopamidol, 755 mg/mL) (ANVISA, 2009). Em um exame de TC cardíaca, por exemplo, a concentração do MC deve ser alta, por isso, recomenda-se o 370. Para formar a imagem em TC é utilizado o princípio de atenuação dos raios X de acordo com as diferentes densidades da matéria do corpo humano. Os *softwares* de pós-processamento, geralmente trabalham com o *threshold*, que é um limiar de densidade, e se, por exemplo, é utilizado um MC com densidade 300 para um estudo vascular, os vasos terão a densidade similar a do osso; logo, em um ambiente de pós-processamento em que seja realizada a remoção óssea³⁷, também será removido os vasos, porém, ao se utilizar um MC com densidade maior do que a dos ossos, os vasos permanecem intactos para posterior análise. Vale ressaltar, que cada *software* de pós-processamento possui ferramentas e algoritmos diferentes, capazes de realizar uma análise vascular mesmo com MC de baixa densidade, ou por meio de remoção óssea manual;
- c) É importante conhecer o calibre do acesso venoso, para o uso do jelo (cateter intravenoso) correto, como por exemplo, 14, 16, 18, 20, 22, 24. Quanto menor o número do acesso, maior o seu diâmetro e, conseqüentemente, maior o fluxo de injeção que poderá ser programado. Por exemplo, em um exame de Angio-TC preconiza-se o uso de acesso de calibre 18, pois geralmente são utilizados fluxos de injeção acima de 3 ml/s, de modo que o MC preencha os vasos em questão em tempo preciso. Um fluxo alto, de 4,5 ml/s em um acesso de

³⁷ A remoção óssea (*bone removal*) é uma técnica de pós-processamento em que são deletadas as densidades ósseas.

calibre fino, análogo a isso o 22, pode incorrer em perda do acesso e extravasamento, devido à pressão de injeção do MC;

- d) As injetoras, geralmente, possuem uma interface de programação em uma tela que fica na mesa do operador de TC, ou a programação pode ser realizada diretamente na injetora, a depender do modelo. Nelas é programada a quantidade de MC e de soro (no caso de injetora com duas cabeças), e fluxo de injeção. Em alguns modelos, como as da marca Mallinckrodt, é possível realizar o teste de *Patency* (patência), em que se testa o acesso venoso do paciente antes da administração do MC e o valor de PSI, que é um sistema que detecta a pressão e resistência de injeção do MC, parando esta injeção de forma automática, com finalidade de segurança do paciente.

- Pós-processamento de imagens (PPI): habilidade para reconstruir imagens a partir de volumes de dados iniciais, reformatar em planos diferentes, aplicar filtros para estudos específicos da anatomia e patologias, como ósseo (*bone*), partes moles (*standard*) e parênquima pulmonar (*lung*), dentre outros, mudar os filtros de imagem para correção e melhora da qualidade, mudança da espessura dos cortes, renomear vértebras, visualizar imagens em 3D, aplicar recursos e técnicas como o MIP e MinIP, de acordo com o protocolo e solicitação médica, criar diferentes *layouts* para impressão de películas de acordo com o estudo e protocolo institucional para documentação de imagens.

Dosimetria (DM), Anatomia (AN), Patologia (PL), Física da TC (FTC) e Proteção Radiológica (PR) são temas específicos e pontuais estudados, em muitos casos, em disciplinas separadas, mas que são conhecimentos de base para compressão geral do processo, e que estão intrinsecamente ligados ao processo de aquisição de imagem, qualidade da imagem e segurança do paciente. Apesar de não estarem inseridos no sistema criado, o MS, cujo foco é operacional, eles poderão ser aplicados na classificação geral dos *softwares*.

6.3 Resultados

A busca por *softwares* com viés na área da Radiologia teve início no Banco Internacional de Objetos Educacionais³⁸ (BIOE), na aba Níveis de ensino & Tipos de recursos, no qual os Níveis de ensino no BIOE especificados foram a (1) Educação Profissional: Ambiente, Saúde e Segurança: *Softwares* Educacionais, com apenas 1 item encontrado, a (2) Educação Superior: Tecnológicos, sem resultados e a (3) Educação Superior: Ciências da Saúde: *Softwares* Educacionais, sem resultados. Dos 19.842 objetos educacionais cadastrados no BIOE, apenas 1 *software* com viés para área da Radiologia (e Ciências da Saúde, de modo geral) foi encontrado, o que evidencia uma insipiência destas áreas quanto à produção e publicação de objetos educacionais neste repositório. De qualquer maneira, o *software* encontrado no BIOE não será analisado, pois se tratava de vídeo, apenas.

Devido à falta de *softwares* de interesse deste estudo, cadastrados no BIOE, optou-se por realizar uma busca (pesquisa 1 na Google) por meio do buscador do Google, utilizando os termos *softwares*, *simulation*, *education*, *training*, *Tomography* e *softwares*, simulação, Tomografia Computadorizada. O interesse foi de encontrar sites de empresas ou *softwares* disponibilizados com aderência ao tema proposto, desta forma, não foram visitados, neste momento, artigos, revistas, blogs, páginas de mídias sociais, programas de treinamento ou cursos (com exceção de aulas que utilizassem simuladores) ou páginas que se referissem à simulação, simuladores e correlatos que não fossem *softwares*.

Após leitura da descrição do site, ou do SEO³⁹, disponibilizado na página de resultados da busca da Google, foram selecionados conteúdos relacionados à TC, e em seguida os sites foram visitados para uma pré-triagem em que foram identificadas relações entre o *software* e a TC.

Os *softwares* e sites pré-selecionados são elencados no quadro 15, em que são apresentados o número do *software*, a sigla de classificação no sistema MS, o título e o link de acesso.

³⁸ Repositório em que são disponibilizados objetos educacionais, como vídeos, jogos, imagens e *softwares*, de acesso público.

³⁹ *Search Engine Optimization* (Otimização para Motor de Busca), um conjunto de estratégias que posicionar melhor os sites durante buscas online, auxiliando na descoberta de conteúdo (SUPPORT GOOGLE, 2018).

Quadro 15 – Softwares selecionados na pesquisa 1 da Google

NÚMERO	MS	SOFTWARE	LINK
1	PE, PPI	AdvantageSim MD	http://www3.gehealthcare.com/en/products/categories/advanced_visualization/applications/advantage_sim_md
2	PPI	Blender	https://www.blender.org/
3	DM	Caldose_X 5.0	http://www.caldose.org/caldose/Introducao.aspx
4	PE	IACI Simulator Training	http://www.iacionline.net/course/enrol.php?id=30
5	FTC	CTSim	http://www.ctsim.org/
6	AN, PPI	Dental Slice (Específico para área de implantodontia)	http://www.dentalslice.com.br/site/01_introducao.html
7	DM, FTC	Designing and launching a CT simulation	http://www.opengatecollaboration.org/Materials2015/PracticalExercises2015/CT
8	AN	W-radiology (Site útil para estudo da anatomia seccional por imagens)	http://w-radiology.com/
9	MC	Interactive Tool to Teach Management of Contrast Media Reactions (Curso; odontologia.)	http://www.radiq.org/pagesStaticContent/LearnMore.aspx?course=Interactive%20Tool%20to%20Teach%20Management%20of%20Contrast%20Media%20Reactions_2161
10	PPI	InVesalius 3.1	https://www.cti.gov.br/pt-br/invesalius
11	AN, PT	Real World Emergency Department Cardiac CTA (Curso.)	http://www.radiq.org/pagesStaticContent/LearnMore.aspx?course=Real%20World%20Emergency%20Department%20Cardiac%20CTA_2156
12	PPI	TC Max	http://www.tcmasonline.com/por/ns.html
13	AN, PT	TEE Simulator (Específico para aplicação médica.)	https://mstech.eu/
14		Implantviewer	http://www.annesolutions.com/sitenovo/implantviewer/
15	AN, PPI	RadiAnt	https://www.radiantviewer.com/pt-br/
16	PPI	Dolphin Imaging Plus	http://www.dolphinimaging.com.br/imaging-plus/
17	PPI	3D Doctor	http://www.software.com.br/p/3d-doctor
18	AN,	Cro Imagem	http://croimagem.com.br/?page_id=406

	PPI	(Específico para dentista da área de implantodontia.)	
19	PPI	MathWorks (Tem aplicação também na área de desenvolvimento de <i>softwares</i> .)	https://www.mathworks.com/solutions/medical-devices/medical-imaging.html
20	AN, PT, PE, PPI	Computed Tomography (CT) Patient Care (Diversos cursos e <i>games</i> .)	https://www.theonlinelearningcenter.com/free-medical-games/ID3387/computed-tomography-ct-patient-care.html https://www.theonlinelearningcenter.com/free-online-medical-games.aspx
21	AN, PT, AT, MC	CTtutor (Diversas ferramentas de estudos em TC, como flashcards, quizzes, que abragem conhecimentos gerais em TC.)	http://www.cttutor.com/

Fonte: Elaborado pelo autor, dados obtidos em pesquisa pela Google (2018).

Em seguida, a busca foi repetida (pesquisa 2 na Google), sendo acrescentado o termo *simulator* (simulador). Foi então pré-selecionado, e visitado, o site Softwarese (2009), cujos *softwares* selecionados são elencados no quadro 16.

Quadro 16 – Softwares selecionados na pesquisa 2 da Google

NÚMERO	MS	SOFTWARE	LINK
22	FTC	UCSF tomografia download grátis	http://pt.softwaresea.com/download-UCSF-tomografia-10570019.htm
23	AN, PT	Nódulo de pulmão Virtual Scanner (Específico para médicos; utilizado na análise de imagens.)	http://pt.softwaresea.com/download-N%F3dulo-de-pulm%E3o-Virtual-Scanner-10401568.htm
24	PPI	Radiante Viewer Portable	http://pt.softwaresea.com/download-Radiante-Viewer-Portable-10688680.htm
25	PPI	ezDICOM (Descrito no site com visualizador de imagens.)	http://pt.softwaresea.com/download-ezDICOM-10388645.htm
26	AN	Stratovan Maxilo	http://pt.softwaresea.com/download-Stratovan-

		(Utilizado para pesquisas maxiofaciais; específico para médicos e dentistas.)	Maxilo-10568576.htm
27	PPI	CAT Analyzer (O site descreve como obtenção de volume de imagens em 3D.)	http://pt.softwaresea.com/download-CAT-Analyzer-10446034.htm
28	AN, PPI	Kyoto Visualization System (Permite a criação de imagens em 3D, sendo possível o estudo da Anatomia e compreensão do pós-processamento de imagens de 3D VR.)	http://pt.softwaresea.com/download-Kyoto-Visualization-System-10528980.htm

Fonte: Elaborado pelo autor, dados obtidos do site Softwarese.

Revisitando a literatura consultada para o trabalho, também foram pré-selecionados 4 *softwares* citados em artigos publicados, conforme vê-se no quadro 17.

Quadro 17 – Softwares selecionados em artigos

NÚMERO	MS	AUTOR	SOFTWARES/ PLATAFORMAS	LINK
29	PPI	Wanzeler (2016, p. 51-52)	OsiriX ⁴⁰	https://www.osirix-viewer.com/osirix/osirix-md/
30	AN, PPI	Scarsbrook, Graham e Perriss (2006, p. 640)	R-ITI (Pode ser utilizado por profissionais da área da enfermagem.)	https://www.e-lfh.org.uk/demo/
31	AN, PT	Scarsbrook, Graham e Perriss (2006, p. 640)	COMPARE (Específico para Radiologistas.)	http://www.evaluation.ldr.med.uni-erlangen.de/Ecomparetitlepage.htm
32	AN, PPI	Shin <i>et al.</i> (2011, p. 329)	Visible Korean: Human Anatomy Medical Image System	http://vkh3.kisti.re.kr/?q=node/8

Fonte: Elaborado pelo autor.

⁴⁰ No artigo de Wanzeler (2016) foi descrito como OsiriX, mas atualmente é encontrado como Osirix MD.

Apesar de vários *softwares* pré-selecionados não terem entrado na presente descrição, a sistematização poderá ser útil para pesquisas futuras, em outros contextos de aplicação.

6.4 Descrição dos *softwares* selecionados

Para a coleta das informações, foram visitados os sites dos respectivos *softwares*, e outros sites relacionados, que pudessem agregar informações importantes. Após aplicar os critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados apenas 10 *softwares*. Estes são listados e descritos abaixo. À frente de cada título encontra-se o respectivo número para localização nos quadros 18, 19 e 20 e a sigla de classificação do sistema MS, indicando a aplicabilidade sugerida.

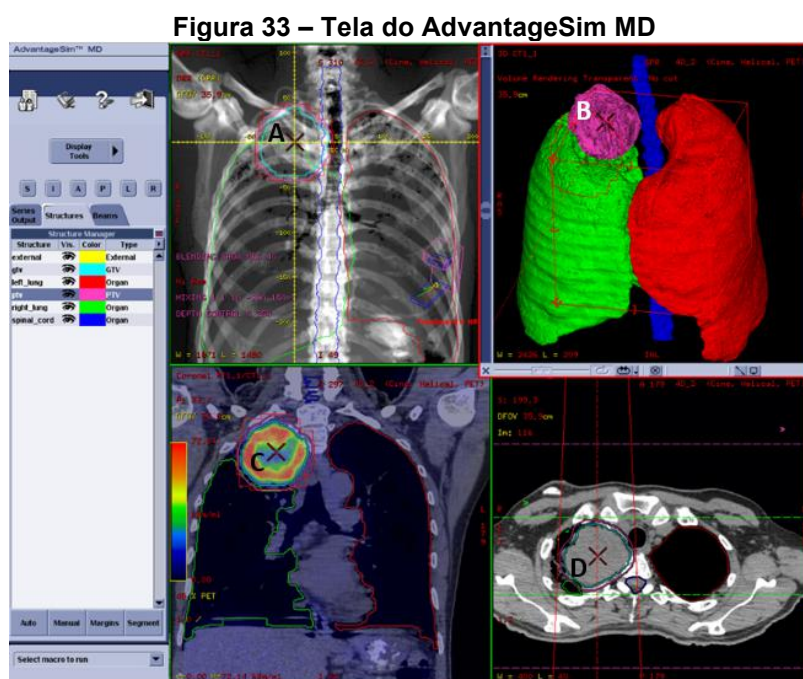
I. AdvantageSim MD (1, PE, PPI)

- Visão geral: Este *software* traz uma interface intuitiva e possui ferramentas automáticas para delimitação de contornos de áreas patológicas, permitindo precisão no planejamento para o tratamento em RT. Apresenta, ainda, fluxo de trabalho em diferentes modalidades de Diagnóstico por Imagem, como TC, RM e PET (Tomografia por Emissão de Pósitrons).
- Características: Estudo completo da anatomia do paciente; aumento da produtividade dos operadores, devido às ferramentas de contorno automatizadas; diversos planos de tratamento pré-configurados; envio de planejamentos para o formato DICOM-RT (sistema padrão em Radioterapia).
- Requisitos de sistema: Advantage Workstation⁴¹ 4.6; AW Server 2.
- Uso pretendido: planejamentos de RT e Dosimetria.
- Licença: paga.
- Aplicabilidade em TC: Treinamento de operadores de TC em ambientes em que se realizam procedimentos radioterápicos, para compreensão de análise volumétrica de imagens, treinamento de

⁴¹ As *Workstations* são computadores compostos por *hardwares* e *softwares* específicos para a manipulação, pós-processamento, tratamento e compartilhamento de imagens médicas.

protocolos específicos como punção e biópsias guiadas e planejamentos em Radioterapia.

Na figura 33, vê-se uma tela do programa, em que são comparadas 4 vistas da mesma estrutura. Trata-se de um tórax, com ênfase para uma lesão (possivelmente um tumor) em região do ápice do pulmão esquerdo. Em (A) tem-se uma circunferência em uma imagem radiográfica de tórax. Em (B) a circunferência é demonstrada em forma de volume, pela cor roxa, enquanto os pulmões são demonstrados pelas cores verde (pulmão esquerdo) e vermelha (pulmão direito). Em (C) é possível visualizar uma análise termográfica da lesão, sob uma imagem coronal de TC. Em (D) é possível visualizar a lesão em um corte axial de TC.



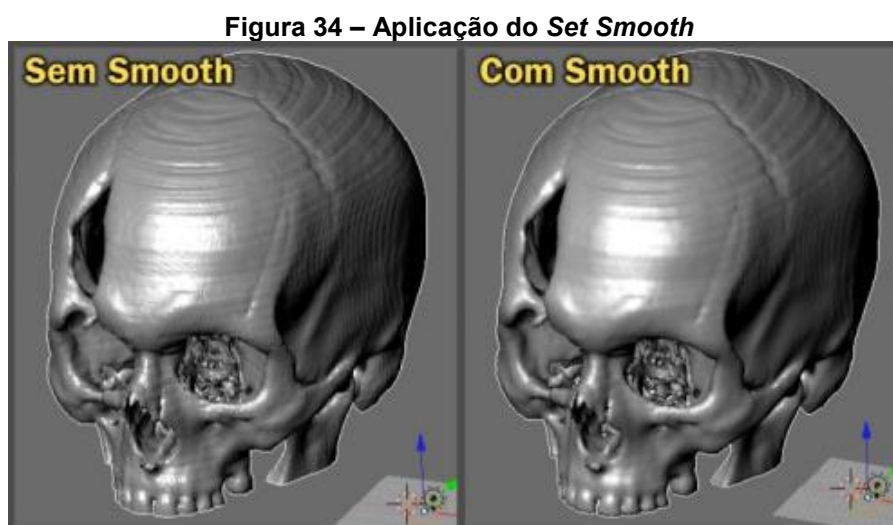
Fonte: GE Healthcare (2018c).

A correlação das diferentes vistas possibilita a compreensão por parte do estudante em relação à profundidade e volume de estruturas anatômicas e patológicas. Ainda nessa tela, é possível explicar ao estudante os conceitos de ROI (*Region of Interest*, ou Região de Interesse, em Português) e de densidades da matéria, como osso e ar; de que maneira o *software*, por meio de um algoritmo é capaz de realizar contornos automáticos em determinada estrutura, e como aplicar a técnica de segmentação, isolando diferentes partes.

II. Blender (2, PPI)

- Visão geral: Este programa traz diversas opções em relação ao tratamento de dados para 3D, que incluem possibilidades como a modelagem e a simulação, sendo utilizado para criação de animações e vídeos diversos. É um *software* criado por uma comunidade global, que envolve estudantes, pesquisadores, artistas, entre outros (BLENDER, 2018). O download da versão 2.79b e o código fonte estão disponibilizados em Blender (2018). Características: Renderização de ciclos, com suporte para realidade virtual (VR); script em Python, pintura em 3D, rastreamento de objetos com visualização em tempo real; as animações e aparelhamento permitem ossos interpolados e com formas personalizadas, sincronização de som.
- Requisitos de sistema: Sistemas operacionais Windows e Linux de 32 e 64 bits; macOS 64 bits.
- Uso pretendido: Criação, modelagem e animações gerais em 3D.
- Licença: gratuita e livre.
- Aplicabilidade em TC: Reformatação de estudos em 3D; compreensão das unidades pixel e *voxel* (volume); estudo da Anatomia Humana por meio da criação; uso de filtros na imagem para treinamento da percepção visual para a qualidade da imagem.

Na figura 34 vê-se um crânio em 3D, reformatado a partir de dados de TC. O comparativo das imagens demonstra a diferença na qualidade da imagem após a aplicação do filtro *Set Smooth* (suave, em inglês).



Fonte: Monqueiro (2010).

A aplicação de filtros encontra aplicação prática nas rotinas em TC, pois de acordo com a dose de radiação e fatores de exposição pré-selecionados pelo operador, o estudo pode resultar em uma imagem ruidosa ou granulada, como ocorre, também, em protocolos de baixa dose. Assim, o uso de filtros como o Smooth ou Soft (a depender da marca) melhoram a qualidade da imagem diagnóstica, sem a necessidade, em muitos casos, de uma nova exposição do paciente. É importante ressaltar que o termo Smooth pode ser designado para nomear algoritmos de reconstrução, como é o caso de tomógrafos da marca Philips⁴².

III. Caldose_X 5.0 (3, DM)

- Visão geral: Este *software* possibilita o cálculo de dose absorvida pelas pessoas expostas a exames de radiodiagnóstico, por meio de fantasmas digitais, chamados MASH3 e FASH3, os quais podem ser baixados no site para pesquisas sem fins lucrativos, mediante cadastro e aceite dos termos.
- Características: Cálculo de dose absorvida e riscos radiológicos pelo método de Monte Carlo, para adultos e crianças, com aplicabilidade em radiografia convencional e TC; coeficientes de conversão baseadas na ICRP89⁴³ para cálculos de exposição, de acordo com o sexo (masculino e feminino), posição do fantoma, ereto ou em supino (deitado com a barriga para cima) e biótipos diferentes; dosimetria esquelética.
- Requisitos de sistema: não especificado, mas foi testado sendo baixado por navegador Opera, Versão: 57.0.3098.116, e rodado em sistema operacional Windows 10 64-bit, em notebook com processador Intel Core i5-7200U de 2.5GHz.
- Uso pretendido: Pesquisa em dosimetria computacional.
- Licença: gratuita para pesquisa, sem fins lucrativos.

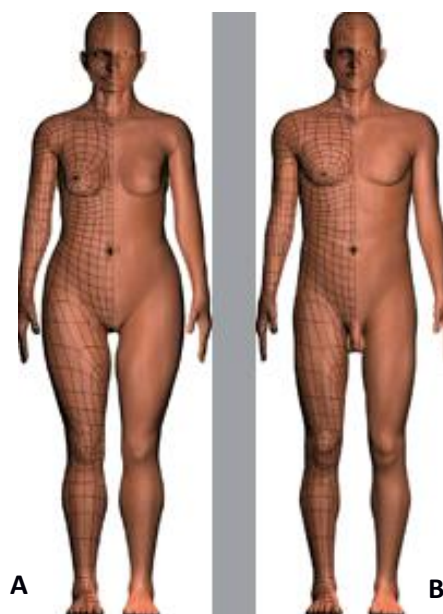
⁴² Informação fornecida pelo Tecnólogo em Radiologia Cláudio Anderson de Souza, em 16 de Setembro de 2018, por conversa pelo aplicativo WhatsApp.

⁴³ International Commission on Radiological Protection (Comissão Internacional de Proteção Radiológica), publicação 89 (ICRP, 2002).

- Aplicabilidade em TC: estudo dosimétricos; processos de interação da radiação ionizante com a matéria; estudo da radiosensibilidade dos tecidos humanos.

A figura 35 ilustra os fantasmas digitais MASH3 e FASH3, utilizados pelo *software* Caldose. O fantoma (A) representa uma pessoa do sexo feminino, enquanto o fantoma (B) representa uma pessoa do sexo masculino.

Figura 35 – Fantasmas humanos computacionais



Fonte: Caldose (2018).

IV. IACI Simulator Training (4, PE)

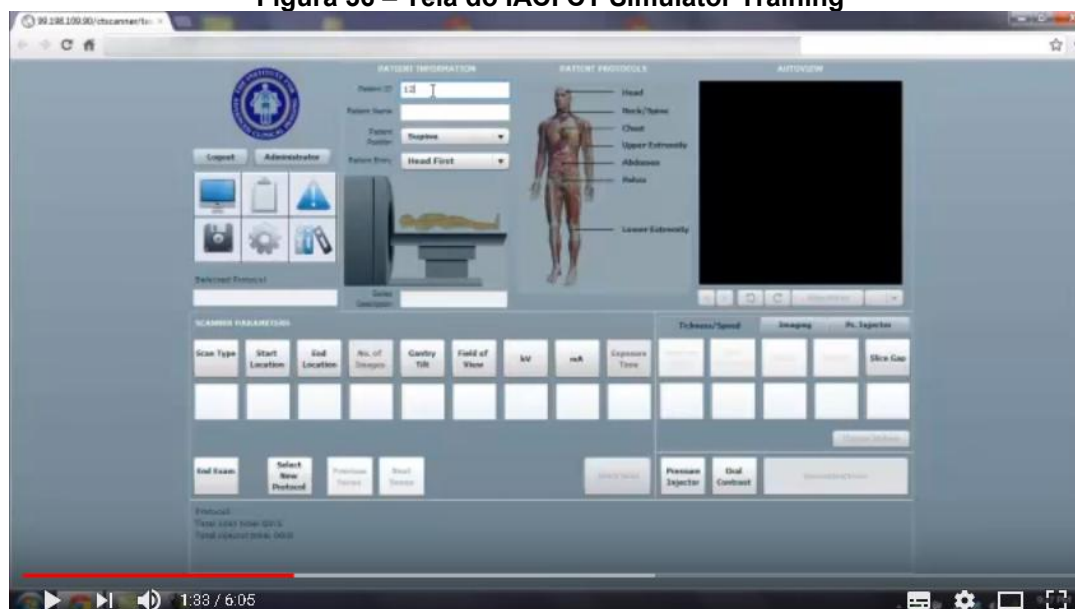
- Visão geral: Em um vídeo demonstrativo no YouTube (IACIONLINE1, 2012) é possível ter uma visão geral da interface do simulador, que se assemelha a um equipamento de TC real, em que, aparentemente, é possível inserir dados fictícios do paciente, selecionar a parte do corpo humano para realizar um estudo de TC e inserir fatores de exposição e dados gerais de um protocolo.
- Características: dados não disponíveis.
- Requisitos de sistema: dados não disponíveis.
- Uso pretendido: Treinamento de protocolos em TC.
- Licença do sistema: disponível para estudantes com código de acesso fornecido por um professor.

- Aplicabilidade em TC: Este *software* simula ou representa exatamente uma interface de programação de protocolos em TC, desta forma, poderia ser utilizado para compreensão de todos os processos que permeiam essa etapa do exame, como a inserção e a importância dos dados corretos do paciente; a seleção do protocolo de acordo com a região do corpo humano; trabalhar o tipo de aquisição ou varredura (*Scan Type*), que pode ser o modo axial ou helicoidal; início e final da varredura (*start* e *end location*); angulação do *gantry* (*gantry tilt*) - utilizada em alguns exames específicos; campo de visão (*field of view*), que está intrinsecamente relacionado a resolução espacial da imagem; fatores de exposição KV e mA, dentre outros recursos.

Para acessar este simulador a partir do site do IACI (The Institute for Advanced Clinical Imaging - Instituto para Imagens Clínicas Avançadas) (2018), que está alocado na plataforma moodle, é preciso de uma chave de acesso disponibilizada por um professor. Foi realizado cadastro no site, e solicitada uma chave de acesso, mas até o presente momento não houve resposta. Desta forma, não foi possível descrever com precisão o *software*.

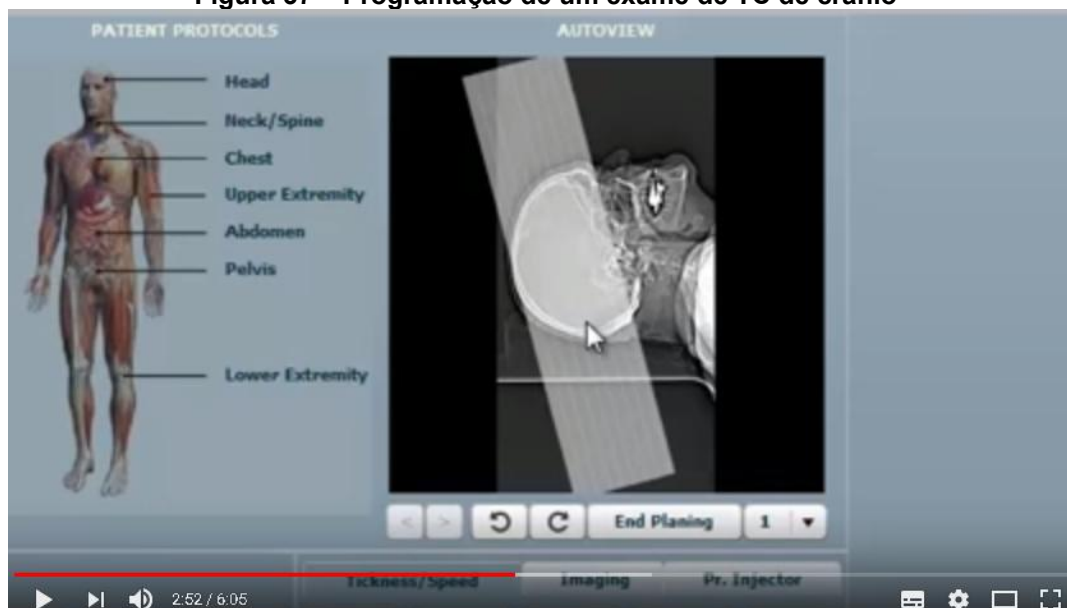
Na figura 36 vê-se a interface geral da programação de exames, e na figura 37 o planejamento de cortes de um exame de crânio.

Figura 36 – Tela do IACI CT Simulator Training



Fonte: IACIONLINE1 (2018) (1m33s).

Figura 37 – Programação de um exame de TC de crânio



Fonte: IACIONLINE1 (2018) (2m52s).

V. CT Sim (5, FTC)

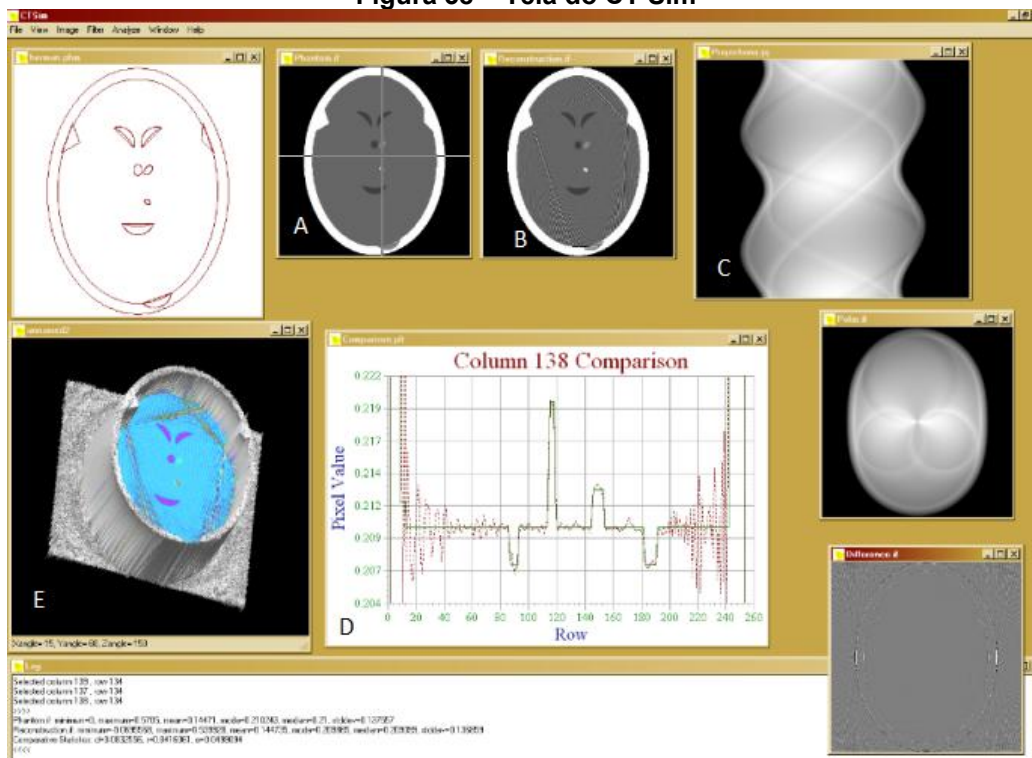
- Visão geral: Simulador de TC *open source*⁴⁴ que mimetiza as projeções de raios X através de fantasmas de elementos geométricos, e possibilita uma vista 3D do interior do corpo humano, para análise de diferentes quadros patológicos.
- Características: Diferentes algoritmos de reconstrução de imagem; funções de análise e processamento de imagens.
- Requisitos de sistema: Foi desenvolvido inicialmente para Debian/GNU Linux. Para a interface gráfica é utilizado o wxWindows graphical toolkit, que segundo o site foi testado com Microsoft Windows 2000 e Debian GNU/Linux. Já a interface de linhas de comando foram testadas com Debian GNU/Linux, FReeBSD, Solaris e Windows XP (CTSIM, 2007).
- Uso pretendido: Análise das projeções de raios X e algoritmos de reconstrução de imagem.
- Licença: aberta.
- Aplicabilidade em TC: Pode ser utilizado na abordagem da Física da TC para compreensão e entendimento avançado dos processos de aquisição de dados e formação de imagem; de diferentes projeções geométricas dos raios X sobre a matéria; para comparar a imagem

⁴⁴ Softwares cujo código fonte é aberto.

adquirida e reconstruída, e o impacto na qualidade final da imagem de acordo com cada algoritmo de reconstrução.

A figura 38 demonstra uma tela com em que é possível visualizar a imagem original do fantoma (A) e a imagem reconstruída (B) (mais visível em E). Na imagem reconstruída (B) podem-se perceber linhas que se formam em pontos específicos da imagem, de acordo com a característica do processo de reconstrução.

Figura 38 – Tela do CT Sim



Fonte: CTSim (2007).

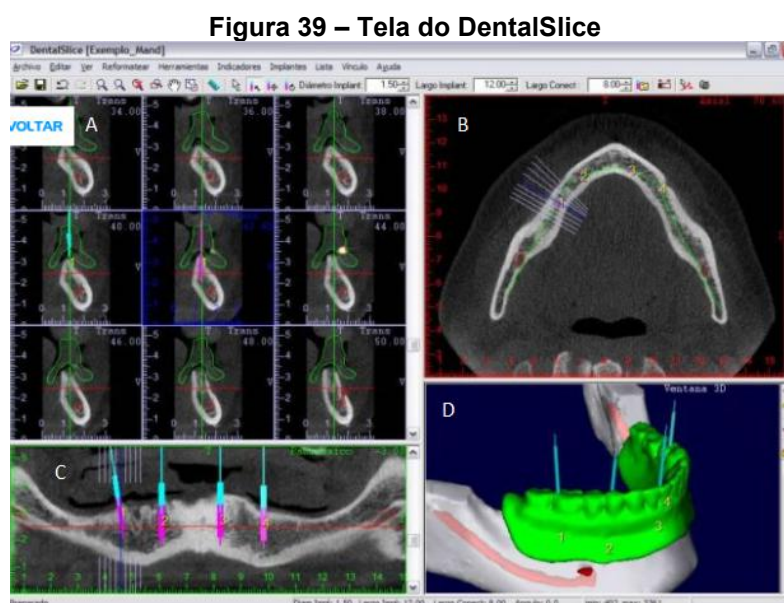
O CT Sim permite que se trabalhe junto aos alunos a correlação da projeção, da reconstrução e aparecimento de artefatos e qualidade da imagem. Em (C) tem-se o espectro de projeção e em (D) um gráfico que correlaciona os valores de pixel com as linhas.

Para que este simulador seja mais bem explorado do ponto de vista didático, é preciso que o professor tenha um conhecimento sobre Anatomia, Física, Pós-Processamento e Qualidade da Imagem e, principalmente, da realização de exames, para que possa preparar o estudante para lidar com os diversos resultados de imagens obtidas em diferentes equipamentos, já que cada marca/modelo possui características peculiares.

VI. Dental Slice (6, PPI)

- Visão geral: Este *software* permite realizar planejamento implantodôntico pré-operatório, por meio da importação de estudos de TC, criando simulações realistas do tratamento. Apresenta um layout voltado para a interatividade entre as equipes envolvidas no tratamento, como cirurgiões e protéticos. Apresenta imagens em 3D e 2D, permitindo mensurações e estudos precisos da anatomia em questão.
- Características: simulação de diferentes hipóteses de tratamento em um mesmo caso; segurança para o cirurgião e para o paciente; documentação do estudo; agilidade no processo cirúrgico.
- Requisitos de sistema: sistema operacional Windows.
- Uso pretendido: profissionais da área de odontologia para estudo e tratamento implantodôntico; compreensão dos operadores a respeito do protocolo de TC Dental Scan.
- Licença: gratuita.
- Aplicabilidade em TC: Estudo da anatomia dental geral e da maxila e mandíbula; correlação e introdução aos protocolos de Dental Scan, que é o exame de TC para o estudo dos elementos e das arcadas dentárias.

A figura 39 retrata uma análise dentária, com reconstrução do modelo em 3D⁴⁵.



Fonte: Dental Slice (2009).

⁴⁵ Por uma questão de enquadramento no texto, a legenda da imagem estará disponível em parágrafo abaixo da imagem, saindo do padrão anterior de descrição das imagens.

Ainda sobre a figura 39, em (A) vemos os elementos dentários em plano sagital. Em (B) tem-se o planejamento de estudos (diversas linhas) sobre uma imagem axial da mandíbula. Em (C) uma reformatação curva, que representa a imagem em uma vista coronal verdadeira, enquanto em (D) a imagem é representada em um modelo de estudos em 3D da arcada dentária inferior (imagem verde). Ainda em (D) é possível visualizar 4 paralelizadores na cor azul, utilizados para medir o paralelismo dos implantes⁴⁶, e correlacionados com a imagem (C), na qual também é possível visualizar profundidade de inserção dos paralelizadores (pontas cores-de-rosa) na mandíbula.

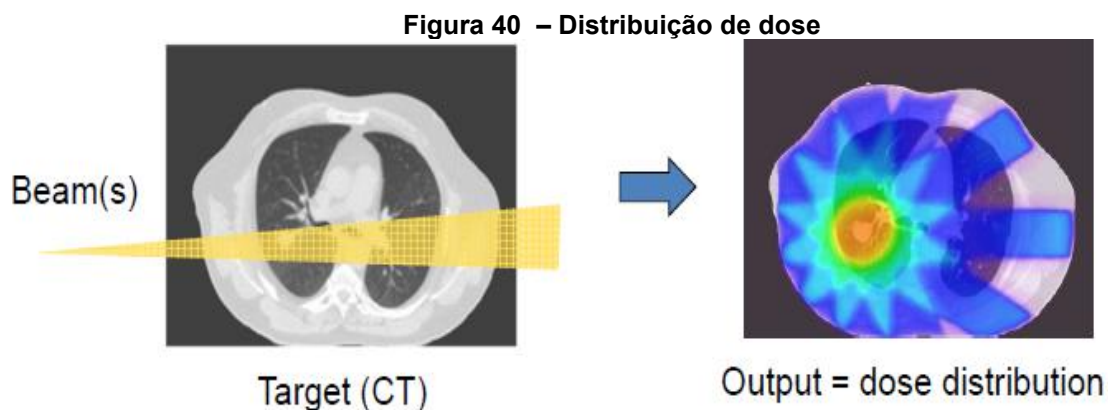
VII. Designing and launching a CT simulation (7, DM, FTC)

- Visão geral: *Software* utilizado para simulações numéricas em RT e Diagnóstico por Imagem nas modalidades de TC, PET, SPECT e imagens ópticas (bioluminescências e fluorescências).
- Características: Uso de macros.
- Requisitos de sistema: não disponível.
- Uso pretendido: Design de novos sistemas médicos, teste de algoritmos para reconstrução de imagens e cálculo de doses em Radioterapia.
- Licença: *open source*.
- Aplicabilidade em TC: Por se tratar de *software* de nível avançado, percebe-se maior compatibilidade com cursos de engenharia, desenvolvimento de equipamentos médicos, sistemas biomédicos. Apresenta-se útil no estudo dos detectores, e no que tange a TC, pode ser utilizado correlacionando com conteúdos de RT e DM para estudo da distribuição de dose, e planejamentos utilizados nos tratamentos de RT.

A figura 40 mostra, à esquerda, um feixe de radiação (*beam*) em uma imagem alvo (*target*) do tórax em TC, e, à direita, a fusão de uma imagem de TC com que representa a incidência e distribuição da energia do feixe sobre a área a ser irradiada (tórax), em que as regiões vermelhas e amarelas podem

⁴⁶ Informação fornecida pela dentista Fabíola Felix, por meio de mensagem direta no *Facebook*, em 18 ago. 2018.

ser entendidas como o ponto de maior dose, enquanto o azul representa a área de menor dose⁴⁷.



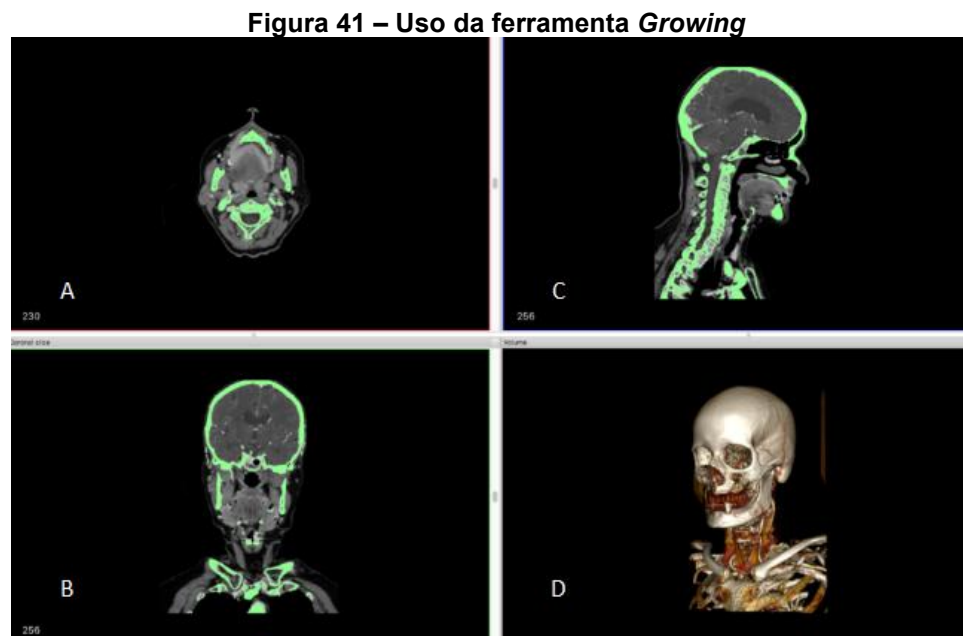
Fonte: Wiki OpenGate (2018).

VIII. InVesalius 3.1 (10, PPI)

- Visão geral: *Software* utilizado para reconstrução de imagens médicas, importadas de equipamentos de TC e RM, também utilizado nas áreas de veterinária, forense e industrial. Além do Brasil, o *software* é utilizado em 142 países nas áreas médicas, acadêmica e industrial, conforme relata o site InVesalius (2018).
- Características: adaptado para rodar em wxPython, wxPython3, VTK6 e VTK7; importação de imagens em diversos formatos além do DICOM; segmentação de imagens com as opções *threshold*, *region growing*; criação de máscaras; custo baixo ou inexistente; uso em computadores pessoais; módulo de neuronavegação (INVESALIUS, 2018a).
- Requisitos de sistema: Sistemas operacionais: Microsoft Windows, GNU/Linux e Apple Mac OS X.
- Uso pretendido: Reformatação de imagens; aplicação de técnicas como MIP, MinIp, VR, dentre outras; utilizado como ferramenta de ensino.
- Licença: livre.
- Aplicabilidade em TC: utilizado para o ensino básico e prático do pós-processamento de imagens médicas.

⁴⁷ Informação complementada pelo Tecnólogo em Radiologia e mestre em Engenharia Biomédica, Alex Sandro da Costa Aguiar, por meio de mensagem direta no *Facebook* em 18 ago. 2018.

A figura 41 representa uma tela do InVesalius na versão 3.0, em que se aplica a ferramenta *Growing*⁴⁸ (crescimento) na imagem (área em verde). Em (A) tem-se a vista axial do estudo, em (B) a vista coronal, em (C) a vista sagital e em (D) a vista em 3D.



Fonte: InVesalius (2018b).

O InVesalius 3.1 tem uma interface e recursos próximos aos das *Workstations* profissionais de pós-processamento disponíveis no mercado, como por exemplo, TeraRecon, Syngovia, Infinity Xelis, ou mesmo as ferramentas de pós-processamento disponíveis nos próprios equipamentos em que são realizados os exames.

IX. RadiAnt Dicom Viewer (15, AN, PPI)

- Visão geral: visualizador para imagens médicas.
- Características: acelerador em GPU; cursor 3D; visualizador de CD/DVD; diversas ferramentas para manipulação de imagens, como segmentos, ângulos, janelas, giro de imagem, dentre outras; suporte para imagens de diferentes modalidades de Diagnóstico por Imagem, como TC, IRM, USG, RD, etc.; suporte para diferentes tipos de imagem

⁴⁸ A ferramenta *Growing* permite selecionar áreas específicas de um determinado estudo, a fim de aplicar outros recursos como, por exemplo, a transparência em regiões ósseas, ou ainda delimitar e alterar as cores de um tumor ou nódulo.

DICOM, como imagens estáticas, sequências dinâmicas; estudo comparativo de imagens em diferentes planos ou fases de aquisição, como imagens de um mesmo estudo pré e pós-contraste; reformatações multiplanares (MPR) e renderização de volume 3D (3D VR); predefinições em 3D; fusão de imagens PET-TC; suporte multi-touch e interface multilíngue; compartilhamento de imagens para o PACS.

- Requisitos de sistema: computador com sistema operacional Windows XP SP3, 7, 8, 8.1, 10.
- Uso pretendido: análise de imagens médicas.
- Licença: gratuita para teste.
- Aplicabilidade em TC: Estudo completo de imagens; treinamento de ferramentas de manipulação de imagem; estudo da Anatomia por Imagens; estudo da fusão de imagens para compreensão do comportamento das patologias; pós-processamento em MPR e 3D VR.

O download do *software* pode ser realizado em RadiAnt (2018), e o download de amostras de imagens em formato DICOM, podem ser baixadas em Medical Imaging (2018). A figura 42 demonstra um 3D VR executado no RadiAnt com auxílio do *software* Microsoft Surface Pro 4, que permite o uso da caneta no *touchscreen*⁴⁹.

Figura 42 – Volume Rendering no RadiAnt



Fonte: RadiAnt Dicom Viewer (2016) (0m44s).

⁴⁹ Tela sensível ao toque.

X. OsiriX MD (29, PPI)

O artigo de Wanzeler (2016) trouxe o *software* Osirix. Ao visitar o site OsiriX (2018) foi encontrada a versão Osirix MD, sendo considerado “o visualizador de imagens médicas mais utilizado no mundo” (tradução livre)⁵⁰.

- Visão geral: Visualizador de imagens médicas.
- Características: suporte total ao padrão DICOM e diferentes tipos de imagens e de vídeo; pós-processamento avançado em 2D e 3D (MIP, MPR, 3D VR, renderização de superfície); técnicas exclusivas de navegação em 3D e 4D; fusão de imagens de PET-CT e SPECT-CT; exporta arquivos para mídias removíveis como CD, DVD e pen drives.
- Requisitos de sistema: ser instalado em um Apple Mac, com os sistemas operacionais OS X 10.10 ao macOS 10.13; 6 GB de RAM.
- Uso pretendido: diagnóstico médico.
- Licença: paga, com versão demonstrativa para a versão OsiriX Lite.
- Aplicabilidade em TC: estudo da Anatomia Humana; treinamento das ferramentas de pós-processamento; diferentes tipos de reformatações; janelamento; mensurações; compreensão da distribuição do meio de contraste, principalmente em estudos vasculares de Angiotomografia (Angio-TC); documentação de imagens.

A figura 43 demonstra uma renderização de volume de uma Angio-TC de aorta abdominal (laranja) com *stent* (bilateral) nas artérias ilíacas, e diferentes fluxos de trabalho à direita.

Figura 43 – Renderização de Volume - Aorta Abdominal



Fonte: @OsiriXViewer (2017).

⁵⁰ [...] *the most widely used medical images viewer in the world* (OSIRIX, 2018).

6.5 Perspectivas de aplicações dos *softwares* selecionados

Ressalta-se que, os *softwares* ou sites que não entraram nesta seção, podem ser classificados ou ter sua aplicabilidade adaptada para outras propostas de pesquisa, com escopos diferenciados, sendo utilizado em temas correlatos com a TC e Diagnóstico por Imagem em geral.

Um exemplo é o Visible Korean: Human Anatomy Medical Image System, citado em Shin *et al.* (2011, p. 329). O site do *software* está escrito quase em sua totalidade no idioma coreano, e mesmo com a tradução do navegador, em alguns momentos o site se torna confuso. Porém, do ponto de vista de imagem, existe uma ferramenta clara que correlaciona imagens de um cadáver com as imagens seccionadas nas vistas axial, coronal e sagital, em tempo real.

Este site pode ser inserido em um contexto de ensino e aprendizagem da anatomia seccional por imagens, promovendo o entendimento básico do estudante sobre a questão de localização espacial em uma imagem apresentada em volume. Complementando este site, tem-se o W-radiology, no qual são encontradas imagens de TC com a legenda das estruturas anatômicas estudadas.

Análises e medições em imagens são atribuições e funções médicas, porém é fundamental que o profissional TR ou TNR conheça as ferramentas de pós-processamento das diferentes interfaces, pois quando estes profissionais sabem o que o médico Radiologista precisa visualizar em um exame, eles podem contribuir buscando exames de maior qualidade e assertividade. Além disso, os TR ou TNR podem atuar como *Applications Specialists*, quando assumem uma postura ativa, ensinando a equipe operacional e, muitas vezes, os próprios médicos a utilizar as ferramentas utilizadas no pós-processamento e análises de imagens.

7 DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO SYLLABUS PARA O ENSINO DO PÓS-PROCESSAMENTO DE IMAGENS MÉDICAS EM TC

O *Syllabus* pode ser entendido como um documento técnico elaborado por um professor, de forma livre, para abordagem de um assunto específico, como aula ou curso, dentro de um currículo maior em forma de plano de estudos. O conteúdo a ser abordado geralmente é listado de forma sintética, trazendo orientações de leitura, competências ou habilidades a serem trabalhadas e desenvolvidas, mas também pode trazer atividades detalhadas (VOCABULARY.COM, 2018).

Chen (2017, [n.p.]) relata sua experiência utilizando um *Syllabus* em um curso de inglês:

Um *Syllabus* é um esboço para um curso que você está fazendo ou ensinando. No contexto típico, que é para faculdades e universidades, é mais detalhado do que isso. O *Syllabus* que eu usei tinha várias partes. A primeira foi uma breve introdução à aula e ao escopo do material. Em seguida, nós tivemos uma lista completa dos tópicos que seriam abordados a cada dia do semestre. Também poderíamos ver as datas que qualquer e todas as tarefas, e testes ocorreriam. Eles foram escritos claramente no documento, juntamente com informações importantes da classe. Se eu precisasse saber como contatar o professor, eu poderia olhar para o *Syllabus* (tradução livre)⁵¹.

Neste capítulo será elaborado um programa *Syllabus* para abordagem do tema pós-processamento de imagens a nível básico, ou iniciante, que também pode ser adaptado para cursos de especialização de nível médio ou para cursos livres de TC. Ao final, será apresentado impresso juntamente a este trabalho, o modelo gráfico da estrutura deste *Syllabus*. A concepção deste programa leva em consideração, quando aplicáveis, os seguintes pontos:

- Cognitivismo: serão enfatizados os subsunçores que, como descrito anteriormente, podem ser entendidos como conhecimento prévio do

⁵¹ A *Syllabus* is an outline for a course that you are either taking or teaching. In the typical context, which is for colleges and universities, it is more detailed than that. The syllabi that I used to get had several parts. The first was a brief introduction to the class and the scope of the material. We then had a complete list of the topics that we would cover each day of the semester. We could also look at know the dates that any and all assignments, quizzes, and tests would be. They were written clearly on the document, along with important information of the class. If I needed to know how to contact the professor, I could look at the *Syllabus* (texto original).

aluno, que estão relacionados como pré-requisitos para o bom aproveitamento da aula. Para isso, serão sugeridas atividades preparatórias e existem pré-requisitos que devem ser observados antes da aplicação do mesmo;

- Behaviorismo: repetição de atividades práticas e leitura, com o objetivo de fixar conhecimento teórico e desenvolver habilidades técnicas;
- Características das tendência pedagógica liberal tradicional e renovada não diretiva, descritas no quadro 2;
- Arco de Maguerez: encadeamento da sequência de atividades descritas na aula. Para lembrar, os passos são:
 1. Observação da realidade;
 2. Pontos-chave;
 3. Teorização;
 4. Hipóteses de solução;
 5. Aplicados à realidade (FUJITA *et al.*, 2016, p. 238).
- Objetivos de aprendizagem, adaptados de ISTQB (2012):
 - ◆ Relembrar;
 - ◆ Entender;
 - ◆ Aplicar;
 - ◆ Analisar.
- Experiências e vivências pessoais como estudante, professor e profissional de Técnicas Radiológicas, de forma a idealizar um plano de aulas completo, com vistas a integrar teoria e prática;
- Método próprio de estudos.

Um vez que a pesquisa não resultou em um único *software* que abordasse todo o conteúdo programático de qualquer eixo temático da disciplina de TC, e o *softwares* de simulação são percebidos como estratégia complementar e de apoio ao ensino, poderão ser utilizados mais de um *software*, e outros recursos midiáticos, para contemplar o tema abordado em uma determinada aula.

O pós-processamento de imagens e a reconstrução de imagens médicas, nem sempre são ensinados como componente curricular básico, e de forma prática nos cursos técnicos e de tecnologia em Radiologia. Tal temática, geralmente ocorre em cursos livres, específicos ou de especialização. Isso se

dá porque não são todas as instituições que dispõe de *Workstations* (estações de trabalho) devido ao alto custo. O laudo e análises de imagem são atribuições médicas, mas diversos procedimentos de pós-processamento e aplicação de técnicas ou recursos são solicitados, pelo médico solicitante do exame ou Radiologista, aos profissionais da TC.

Assim, o uso de *softwares* de simulação livres, associados a outros recursos, podem ser utilizados como recursos paralelos com a possibilidade de trazer resultados parecidos com os de *Workstations* reais, na aquisição de habilidades para os estudantes.

Em caso de aplicação deste plano *Syllabus*, será necessário um laboratório de informática, com disponibilidade de computadores ou notebooks pessoais, com a configuração mínima: sistema operacional Windows 7, 8 ou 10, Memória de 4GB, espaço livre de 50GB, acesso à internet e entrada USB ou unidade CD/DVD. Deverá ser realizado o download da versão mais atualizada do *software* InVesalius (INVESALIUS, 2018c), 32-Bit ou 64-Bit, de acordo com o computador disponível, e do manual do usuário do *software* (CTIRA, 200-?). As imagens a serem trabalhadas serão selecionadas e inseridas pelo professor, podendo utilizar fontes diversas. Também deverá ser disponibilizado aos alunos uma cópia deste *Syllabus*, que poderá ser impresso ou em formato PDF, bem como uma planilha para controle de atividades diárias, ou os alunos deverão ser orientados a anotar as atividades realizadas em App próprio para smartphone.

7.1 Estrutura do *Syllabus*

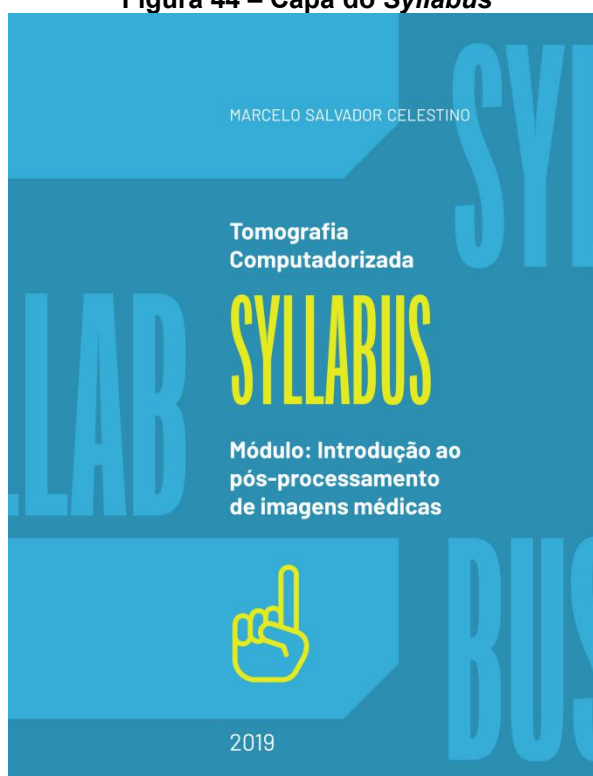
Para elaborar este *Syllabus*, foram consultados, de maneira aleatória, 10 programas educacionais diferentes, com aplicação em diferentes contextos, como por exemplo Inglês, Biofísica, Anatomia entre outros. A pesquisa se deu por meio do site de buscas da Google, e os resultados foram encontrados nos idiomas Português, Inglês, Espanhol e Italiano. Os conteúdos programáticos não foram lidos em sua totalidade, já que o objetivo da pesquisa foi compreender a organização estrutural de um modelo *Syllabus* sob diferentes perspectivas. Os links para acesso dos *Syllabus* consultados serão disponibilizados em quadro no Apêndice I.

O presente programa apresenta caráter modular, e abre espaço para o desenvolvimento continuado de outros programas, que abordem todo o conteúdo disciplinar envolvido em uma disciplina ou curso de TC. Para este módulo optou-se como tema central a “Introdução ao pós-processamento de imagens médicas”, no contexto da TC, devido a disponibilidade dos *softwares* encontrados nas pesquisas do capítulo anterior. Para elaborar a parte gráfica deste trabalho, foi contratado o trabalho de um designer gráfico. O projeto piloto da versão final, será apresentado no Apêndice III. Para a versão final, pretende-se que o mesmo seja impresso em formato A4, com grampos

A. Capa

Para a criação da capa foram utilizados os elementos como o título do curso, título do módulo e nome do autor. Foram utilizadas cores que remetesse à tecnologia e à área da Saúde, com traços modernos, partindo para uma linha informal e próxima ao contexto de mídias sociais. A figura 44 ilustra a capa para o presente *Syllabus*.

Figura 44 – Capa do Syllabus



Fonte: Criação de Matheus dos Santos Gonçalves (2018).

B. Folha de rosto

A folha de rosto pode conter orientações gerais do curso como: título da aula, dia e horário, carga horária, local, conteúdo programático, objetivos, pré-requisitos, público-alvo, aviso de propriedade intelectual. Também podem ser inseridos dados completos de contato do professor, como telefone e mídias sociais e/ou outros dados relevantes para que seja estabelecido um canal de comunicação com os alunos. No quadro 18, segue uma sugestão de folha de rosto para o este *Syllabus*.

Quadro 18 – Sugestão de folha de rosto para o *Syllabus*⁵²

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Título do curso e do módulo: Tomografia Computadorizada: Introdução ao pós-processamento de imagens médicas; ● Pré-requisitos: ser maior de 18 anos, ter concluído o ensino médio, ser aluno de curso técnico ou de tecnologia em Radiologia ou profissional atuante na área, ter conhecimento em Anatomia Humana e anatomia por imagens seccionadas em TC, conhecimento básico em informática, desejável conhecimento básico em Inglês e Espanhol, interesse em utilizar mídias digitais e sociais, realizar as leituras e assistir aos vídeos recomendados previamente; ● Descrição: ● Objetivo: introduzir o estudante à prática simulada de pós-processamento em TC, reproduzindo a atuação da prática profissional. ● Expectativa: ao final do curso, o estudante conhecerá de maneira introdutória e terá habilidades “práticas” nas principais ferramentas, que podem ser encontradas de maneira muito similar nas diversas estações de trabalho. Além disso, espera-se que os estudantes estejam aptos a: <ul style="list-style-type: none"> ■ Compreender os conceitos gerais de pós-processamento de imagens; ■ Utilizar ferramentas básicas de pós-processamento; ■ Compreender e aplicar as principais técnicas de reformatação e reconstrução, como por exemplo, <i>Volume Rendering</i> (VR), reformatação multiplanar (MPR), máxima intensidade de projeção (MIP), mínima intensidade de projeção (MinIP)⁵³; ■ Reformatar imagens em diferentes planos; ■ Mudar o filtro de imagens; ■ Recortar e limpar imagens. ● Para os textos de referência, sugere-se que sejam lidos mais de uma única vez, de forma lenta, anotando termos desconhecidos e possíveis dúvidas. Da mesma forma, sugere-se que os vídeos sejam assistidos mais de uma vez, realizando anotações pertinentes ao conteúdo técnico e dúvidas gerais. ● Professor responsável: Marcelo Salvador Celestino, e-mail: marcelo.salvador@unesp.br |
|--|

Fonte: Elaborado pelo autor.

⁵² Os dados pessoais do autor foram inseridos como modelo, mas os mesmos deverão ser substituídos pelo docente que irá aplicar o modelo *Syllabus*.

⁵³ Este conteúdo foi traduzido e adaptado pelo autor, da tabela 4.1 de Jang (2007, p. 44).

C. Cronograma geral

Este *Syllabus* está dividido em duas partes, sendo a primeira para ambientação do aluno com a interface do *software* e aquisição de conceitos básicos e gerais sobre o pós-processamento de imagens, enquanto a segunda, parte para o desenvolvimento, por meio da extensão e fixação do conteúdo estudado.

1ª parte - Ambientação e introdução ao pós-processamento

Duração: Três semanas, sendo uma semana preparatória e duas semanas de aula.

Aulas: Duas aulas com duração de três horas cada; total de 6 horas.

O objetivo desta parte é o de construir os conceitos iniciais de pós-processamento de imagens, permitir que o aluno se familiarize com a interface do *software* e aprenda a aplicar técnicas básicas de pós-processamento.

2ª parte - Estendendo e fixando o conhecimento

Duração: Quatro semanas.

Aulas: Quatro aulas, com duração de 3 horas cada; total de 12 horas.

Neste ponto, o aluno estará apto a aprender novas técnicas de pós-processamento, e estenderá seu conhecimento sobre a interface de trabalho.

7.1.1 Parte I - Ambientação e introdução ao pós-processamento

● Semana 1 - Preparatória

Partindo do pressuposto que o aluno matriculado no curso preencha os pré-requisitos, será solicitado que ele realize algumas atividades preparatórias, como leitura de texto, e assistir a vídeos. Isso tem o objetivo de homogeneizar o conhecimento básico dos estudantes, facilitando o processo de aprendizagem significativa, correlacionando com o novo conhecimento oferecido durante o curso. Desta forma, entende-se que seja possível correlacionar melhor teoria e prática.

Outro ponto a ser considerado, é que também levará o aluno a buscar respostas para dúvidas que venham a surgir, desta forma, estimulando o desenvolvimento de um perfil autônomo de estudos. Para textos em outros

idiomas, os quais os estudantes não tenham domínio, sugere-se que estes utilizem-se de tradutores digitais. Já os vídeos podem ser adaptados conforme o entendimento do professor e a oportunidade de ensino, de acordo com a pertinência do tema a ser abordado. O uso de WhatsApp deverá ser alinhado pelo professor juntamente à coordenação e instituição, para fins de contabilizar horas trabalhadas ou atividades extraclasse. As atividades desta semana e orientações gerais são descritas no quadro 19.

Quadro 19 – Atividades preparatórias para o Syllabus

- Orientações gerais: antes de iniciar este curso, é recomendado que se realize as atividades preparatórias descritas no quadro abaixo. Isso irá fornecer uma base de conhecimento que será necessário na 1ª aula do curso, ou servirá de revisão e complemento, caso os alunos já tenham estudado ou visto o assunto em outro momento. Como sugestão, os alunos poderão ser incluídos em um grupo de WhatsApp para esclarecimentos de dúvidas e compartilhamento de informações, como o link para acessar os vídeos e App, e compartilhamento de material em PDF. Caso o aluno não tenha WhatsApp, as dúvidas poderão ser enviadas diretamente ao professor pelo e-mail. Recomenda-se a leitura lenta e pausada e mais de uma única vez, de acordo com a necessidade e perfil de cada aluno, a fim de fixar melhor o conteúdo abordado.
- Objetivo: Construir os conceitos iniciais de pós-processamento de imagens, e permitir que o aluno se familiarize com a interface do *software*.

ATIVIDADE	TÍTULO	DISPONIBILIDADE	ROTEIRO/TEMPO
Leitura	Jang (2007, p. 43-51)	PDF	Ler 2 páginas por dia de cada capítulo, ou 40 minutos total de leitura lenta, anotando as dúvidas e pesquisando os termos desconhecidos; Após finalizar a leitura integral do capítulo, reler cada capítulo inteiro diariamente até o dia da aula (organizar para 5 dias, levando em conta 2 dias do final de semana).
	Romans (2010, p. 81 - 92)		
Vídeo	HenryRX (2011)	YouTube	Assistir aos vídeos até o dia da aula, até que se tenha uma boa compreensão do conteúdo. Pesquisar e assistir no YouTube vídeos com as palavras-chaves 3D, VR e Tomografia Computadorizada.
	Castro (2017a)		
	Castro (2017b)		
	Castro (2017c)		
	Autores livres		
Aplicativo	MD Toolkit (2018)	Google Play Store	Explorar o aplicativo para compreensão das diferentes vistas de imagem. Tempo livre.

Referências

CASTRO, T. **MIP e MinIP na Tomografia Computadorizada (TC)**. 2017a. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=uumuLzs9UtQ>> Acesso em 23 ago. 2018.

CASTRO, T. **Como utilizar os algoritmos e filtros na Tomografia Computadorizada?** 2017b. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=-Q3sUD5PiT4>> Acesso em 23 ago. 2018.

CASTRO, T. **Erros Comuns com Algoritmos e Filtros.** 2017c. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5Wg49LEk8Lg>> Acesso em 23 ago. 2018.

HENRYRX. **MPR Reformateo Multiplanar.** 2011. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=hUAAc2h9X3A>> Acesso em 23 ago. 2018.

JANG, J. J. *Imaging post-processing in CT.* In: MUKERJEE, D.; RAJAGOPALAN S. **Angiography of Peripheral Circulation: Pratical Approach with Clinical Protocols.** Informa Healthcare, London: 2007. Cap. 4, p. 43-51.

ROMANS, L. E. **Computed Tomography for Technologists: A Comprehensive Text.** London: Volters Kluwer|Lippincott Williams & Wilkins, 2010.

Fonte: Elaborado pelo autor.

● Aula 1

Na primeira aula, pressupõe-se que os alunos já tenham uma noção prévia do tema, o que facilitará a aprendizagem de novos conceitos e a correlação com a prática. O objetivo da primeira aula é consolidar os conceitos estudados previamente, e demonstrar o caminho para a prática e aquisição de habilidade prática.

O *software* selecionado para esta atividade foi o InVesalius 3.1, que pode ser utilizado como simulação do que seria a prática profissional após a realização de um exame de TC. As imagens a serem trabalhadas deverão ser baixadas e importadas previamente pelo professor, bem como o link para o download do *software* ou arquivos DICOM. Na figura 45 tem-se a tela de abertura do programa, adquirida por meio de print de tela.

Figura 45 – Tela de abertura do InVesalius 3.1



Fonte: Print de tela do programa InVesalius 3.1 instalado no notebook do autor.

No quadro 20 segue a descrição e ordem das atividades a serem desenvolvidas na aula 1, após a introdução e apresentação geral dos objetivos do curso. Entre as partes da aula existe um intervalo previsto. As perguntas em cada subseção correspondem aos objetivos a serem alcançados em cada uma delas.

Quadro 20 – Atividades para a Aula 1

Relembrar, entender e fixar o conhecimento	
1ª parte da aula Duração: 1h30	
● Perguntas?	➤ O que eu aprendi sobre o assunto? ➤ Qual a finalidade do pós-processamento em imagens médicas?
● Estratégia	➤ Retomada das palavras-chave em voz alta; ➤ Aula expositiva/demonstrativa sobre o material estudado; ➤ Redação de um texto em que o aluno explique cinco pontos livres e relevantes do conteúdo estudado.
Aplicar	
2ª parte da aula Duração: 1h30	
● Perguntas	➤ De que maneira posso utilizar o <i>software</i> para o pós-processamento de imagens? ➤ Qual a finalidade das técnicas estudadas previamente: 3D VR, MPR, MIP e MinIP? ➤ Qual a função dos filtros de imagem? ➤ Quais são os planos em que se pode ver as imagens utilizadas no MPR?
● Estratégia	➤ Explicação da interface do <i>software</i> simultaneamente ao aluno; ➤ Demonstração passo a passo para realização simultânea pelos alunos das técnicas: 3D VR (e os fluxos de diferentes de trabalho); MPR; MIP; MinIP.

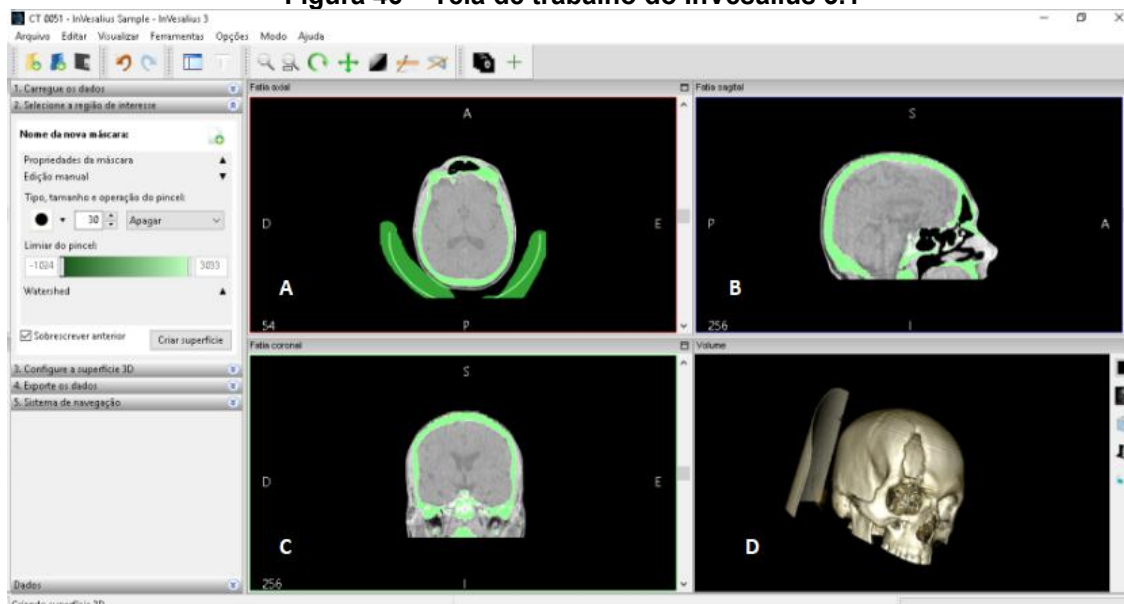
Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao final da aula os alunos serão orientados a realizar, no decorrer da semana, atividades preparatórias para a próxima aula. Também será realizada uma discussão no grupo de WhatsApp para o compartilhamento dos resultados individuais do treinamento em casa. Sugestão de treino para a próxima aula: Estudar uma técnica por dia, por no mínimo 30 minutos. Ao final do treino diário, escrever o passo a passo. Os alunos que não tiverem computador poderão utilizar o laboratório de informática da instituição promotora do curso.

O *software* InVesalius 3.1 fora baixado e instalado em um computador pessoal. Em seguida, foram importadas imagens do tipo DICOM, de acervo pessoal, sem dados institucionais ou de paciente, para testá-lo. A Figura 46

demonstra um exemplo de aplicação possível no *software*. Trata-se de uma TC de crânio vista nos planos axial (A), sagital (B), coronal (C), e 3D (D). Nesta tela trabalha-se com máscaras, com o objetivo de deletar o apoio de cabeça (região com excesso de verde no plano axial, visível também na imagem 3D).

Figura 46 – Tela de trabalho do InVesalius 3.1



Fonte: Print de tela do programa InVesalius 3.1 instalado no notebook do autor.

● **Semana de treinamento autônomo**

Após a primeira aula, o aluno irá correlacionar a teoria e prática, aplicando os conceitos aprendidos, por meio do treinamento individual. Será disponibilizado um passo a passo ou manual do InVesalius 3.1 em PDF. Além disso, ele deverá refazer o conteúdo estudado na semana preparatória, bem como utilizar aplicativo MD Toolkit. O quadro 21 elenca as atividades para a semana de treinamento.

Quadro 21 – Atividades para a semana de treinamento

Analisar e repetir	
● Perguntas	➤ Os resultados atingidos por mim são parecidos com o estudado? ➤ Estou seguindo o passo a passo? ➤ O que poderia ser melhorado?
● Estratégia	➤ Treinamento autônomo e diário; ➤ Treino diário por 30 minutos; ➤ Escrita do passo a passo de cada técnica, em forma de fluxograma ou mapa mental; ➤ Revisar o conteúdo da semana preparatória.

Fonte: Elaborado pelo autor.

● Aula 2

Nesta aula o aluno deverá aplicar em casos simulados o conhecimento aprendido. Para isso, o professor irá preparar casos hipotéticos correlacionando conhecimentos de base, como Anatomia e Patologia Humanas, de modo que o aluno consiga aplicar as técnicas de pós-processamento aprendidos. Segue um exemplo de questão para a atividade: Em uma solicitação de TC de tórax com contraste, o médico pediu que fossem enviadas imagens reconstruídas com uma técnica que permitisse a melhor visualização vascular, posteriormente, em um plano coronal. Partindo do enunciado responda os itens a e b, e realize o que se pede em c.

a) Qual o nome da referida técnica?

() MIP () MinIP () MPR () 3D VR

b) Descreva como ela atua modificando as característica da imagem.

c) Aplique essa técnica no estudo *** (estudo a ser indicado pelo professor) e exporte a imagem em um formato de imagem (JPEG, PNG).

Os *** serão substituídos pelas técnicas MIP, MinIP, MPR ou 3D VR.

Apesar de parecer uma atividade simples, ela tem valor (intrínseco) avaliativo, de modo que o professor possa observar o grau de aprendizagem dos alunos, e avaliativo formativo de ambas as partes (aluno e professor), colaborando para definir novas estratégias de aprendizagem, caso necessário.

Na segunda parte da aula, será realizada uma roda de discussões com os alunos, onde serão retomadas todas as atividades desenvolvidas até aquele momento, e eles terão que redigir um texto livre entre 15 e 30 linhas, realizando uma autoavaliação do processo de aprendizagem, suas impressões sobre o método aplicado, e dissertar sobre um dos temas estudados. A redação do texto será feita de forma manual, pois apesar de estarem inseridos em um contexto digital e tecnológico, a escrita (manual) ainda faz parte da nossa realidade⁵⁴. O quadro 22 apresenta as atividades para a aula 2.

Quadro 22 – Atividades para a aula 2

Hipotetizar, analisar e aplicar 1ª parte da aula
--

⁵⁴ Nos EUA, algumas escolas não ensinam mais caligrafia, apenas escrita por letra de forma, conforme relata o *youtuber* Ian Oliveira (2016), a respeito da diferença entre adolescentes brasileiros e americanos.

Duração: 1h30	
● Perguntas	➤ Quais conceitos eu preciso lembrar? ➤ Qual a relação entre o aprendido com a prática? ➤ Quais conceitos precisam ser lembrados da minha formação de base? ➤ O que aconteceria se eu aplicasse a técnica *** (substituir por cada uma das técnicas estudadas) em uma imagem?
● Estratégia	➤ Aula demonstrativa/atividade prática
2ª parte da aula	
Duração: 1h30	
	➤ O resultado da imagem condiz com o enunciado da (s) questão (ões) proposta (s)? ➤ O resultado teria valor diagnóstico para o médico Radiologista? ➤ Eu seria capaz de aplicar o conhecimento adquirido na prática?
● Estratégia	➤ Roda de discussões; ➤ Elaborar um texto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

● Semana 3, preparatória da para a segunda parte

Neste ponto, pressupõe-se que o aluno já consiga utilizar ferramentas básicas do InVesalius 3.1. Apesar de já haver um roteiro pré-definido elaborado pelo tutor, é natural que os alunos testem novas possibilidades e passem por um período de aprendizagem por descoberta. O objetivo desta semana é fundamentar os alunos para desenvolverem técnicas mais avançadas de pós-processamento de imagens, que sejam capazes ampliar o conhecimento e o uso dos recursos do *software*. Para tanto, nesta etapa, será fornecido, além do roteiro de atividades aos alunos, o manual de uso do InVesalius 3.1.

Serão fornecidas instruções de leitura e de tentativa de reproduzir as instruções do manual, de maneira a desenvolver o pensamento autônomo de aprendizagem. Nesta etapa, o professor permanecerá ausente das discussões de dúvidas no grupo do WhatsApp, caso surjam, pois espera-se que os alunos compartilhem o conhecimento e atuem de forma colaborativa. O quadro 23 elenca as atividades para esta semana.

Quadro 23 – Atividades preparatórias da semana 3

● Objetivo: revisar o conteúdo aprendido sobre uma nova óptica, fundamentar e ampliar o conhecimento a ser trabalhado em sala de aula. Após cada leitura, acompanhar e reproduzir o passo a passo do manual no <i>software</i>.			
ATIVIDADE	TÍTULO	DISPONIBILIDADE	ROTEIRO/TEMPO
Leitura e prática	Amorim <i>et al.</i> (200-?, p. 35 - 40) - capítulo 4	PDF/ <i>software</i>	1º dia - ler as 5 páginas em um dia .

	Amorim <i>et al.</i> (200-?, p. 41 - 61) - capítulo 5	2º dia - ler os itens 5.1 a 5.4. 3º dia - ler os itens 5.5 a 5.7. 4º dia - ler os itens 5.8 a 5.95. 5º dia - ler os itens 5.96 e 5.97, e realizar uma leitura geral dos capítulos 4 e 5.
--	---	---

Referência

AMORIM *et al.* **Software InVesalius**: guia do usuário. [200-?]. Disponível em: <ftp://ftp.cti.gov.br/pub/dt3d/invesalius/files/user_guide_pt_BR_v3.1.1.pdf>. Acesso em: 25 ago 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor.

7.1.2 Parte II - Estendendo o conhecimento

● Aula 3

Espera-se que para esta aula, os alunos já estarão previamente preparados. Deve-se levar em conta que isso dependerá da dedicação e afinidade de cada estudante com o conteúdo proposto. Isso favorece a interatividade e o debate entre os colegas de classe, abrindo um espaço para ouvir o aluno e avaliar se a metodologia está atingindo o objetivo proposto. O quadro 24 elenca as atividades propostas para a terceira aula.

Quadro 24 – Atividades para a aula 3

Relembrar, entender e fixar o conhecimento 1ª parte da aula Duração: 1h30 ● Perguntas? ➤ O que eu aprendi eu aprendi sobre o assunto? ➤ Minhas habilidades com o <i>software</i> melhoraram? ➤ Quais são as semelhanças e diferenças como que eu já havia estudado? Estratégia ➤ Retomada das palavras-chave dos capítulos 4 e 5 em voz alta; ➤ Roda de discussões para os alunos relatarem suas experiências de treinamento autônomo; ➤ Comentário sobre as imagens compartilhadas no grupo do WhatsApp; ➤ Aula expositiva/demonstrativa sobre o material estudado; ➤ Redação de um texto em que o aluno explique cinco pontos livres e relevantes do conteúdo estudado. Aplicar 2ª parte da aula Duração: 1h30 ● Perguntas ➤ Quais as formas de ajustes de imagem? ➤ Para quê serve a correspondência entre as orientações de imagem? ➤ O que é a interpolação de imagens? ➤ Quais seriam exemplos de valores de brilho e contraste?		

- Estratégia
 - Explicação da interface do *software* simultaneamente ao aluno;
 - Demonstração passo a passo para realização simultânea pelos alunos das técnicas:
 - Ajustes de imagem: espelhar, trocar o eixo, rotacionar, ampliar ou diminuir imagem inteira ou parte dela (zoom), mover imagem;
 - Manipulação de imagens 2D (retomando e acrescentando):
 - ◆ MPR e orientações de imagem;
 - ◆ Interpolação de imagem;
 - ◆ Janelas (brilho e contraste);
 - ◆ Pseudocor;
 - ◆ Projeções: Normal, MIP (MaxIP), MinIP, MeanIP, MIDA, Contorno MaxIP, Contorno MIDA.

Fonte: Elaborado pelo autor.

● Semana 4, preparatória da para a aula 4

A partir deste ponto, o aluno precisará organizar seu tempo de estudo em duas partes: treinamento do conteúdo visto em sala de aula, e estudado na semana anterior, e estudos do conteúdo novo. O quadro 25 elenca as atividades previstas para a respectiva semana.

Quadro 25 – Atividades preparatórias da semana 4

- Objetivo: treinamento prático do conteúdo estudado, estudos do conteúdo novo.

ATIVIDADE	TÍTULO	DISPONIBILIDADE	ROTEIRO/TEMPO
Treinamento	Prática	<i>Software</i>	30 minutos diários.
	Amorim <i>et al.</i> (200-?, p. 62 - 85) - capítulos 6 e 7	PDF	1º dia - ler o item 6.1.
			2º dia - ler o item 6.2.
			3º dia - ler os itens 6.3 e 6.4.
			4º dia - ler os itens 7.1, 7.2 e 7.3.
			5º dia - ler os itens 7.4 a 7.7, e realizar uma leitura geral e lenta dos capítulos 6 e 7.

Referência

AMORIM *et al.* **Software InVesalius**: guia do usuário. [200-?]. Disponível em: <ftp://ftp.cti.gov.br/pub/dt3d/invesalius/files/user_guide_pt_BR_v3.1.1.pdf>. Acesso em: 25 ago 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor.

● Aula 4

O objetivo desta aula é o de concluir o conteúdo e direcionar o estudo no decorrer da semana para o simulado e avaliação final, que ocorrerão posteriormente. O quadro 26 apresenta as atividades da aula.

Quadro 26 – Atividades para a aula 4

Relembrar, entender e fixar o conhecimento

1ª parte da aula

Duração: 1h30

- Perguntas?
 - Até o presente momento, em uma escala de 1 a 5, qual foi meu grau de comprometimento com o estudo proposto?
 - Quais são meus pontos fortes e fracos?
 - Qual ou quais assuntos preciso revisar?
 - Estou apto a realizar as atividades práticas propostas?
- Estratégia
 - Retomada das palavras-chave do capítulo 6 em voz alta;
 - Aula expositiva/demonstrativa sobre o material estudado;
 - Retomada das palavras-chave desde o 1º capítulo estudado;
 - Redação de um texto em que o aluno explica 2 pontos livres e relevantes de todo o conteúdo estudado.

Aplicar

2ª parte da aula

Duração: 1h30

- Perguntas
 - Qual a relação das densidades do corpo humano com os recursos de segmentação?
 - Quais as finalidades das operações booleanas ao se trabalhar com máscaras?
- Estratégia
 - Explicação da interface do *software* de forma demonstrativa ao aluno;
 - Demonstração passo a passo para realização simultânea pelos alunos das técnicas:
 - Limiar (*threshol*);
 - Segmentação manual;
 - *Watershed*;
 - Crescimento de região (*Growing*);
 - Operações booleanas, limpeza das máscaras, fechar buracos manualmente e automaticamente, remover e selecionar partes, cortar.
 - Orientação para estudo dirigido.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Semana 5, preparatória da para a aula 5

Os alunos serão orientados a revisar todo o conteúdo teórico e prático. Não serão descritos tempo para estudo ou treinamento, de modo que caberá a cada um, baseado nas atividades desenvolvidas previamente e treinamentos realizados, desenvolver sua própria metodologia de estudos e prática.

● Aula 5: prática e simulado

O objetivo desta aula é a aplicação de exercícios práticos para que os alunos possam esclarecer dúvidas, e prepará-los para a avaliação final. De

certa forma, a semana que precede essa aula, e a posterior, que precede a avaliação final, colaboram para fixar o conteúdo, melhorar habilidades práticas, memorizar e interiorizar os conceitos aprendidos. O quadro 27 elenca o roteiro da aula 5.

Quadro 27 – Atividades para a aula 5

Relembrar e observar	
1ª parte da aula Duração: 1h30	
● Atividades	➤ Retomada das palavras-chaves - 30min; ➤ Demonstração prática rápida pelo professor (todo o conteúdo, alunos assistem) - 1h.
Aplicar	
2ª parte da aula Duração: 1h30	
● Atividades	➤ Simulado escrito com 5 questões fechadas, 2 questões abertas - 45min; ➤ Simulado prático com 3 exercícios - 45min.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Semana 6, preparatória para a aula 6

A exemplo da semana preparatória para o simulado, os alunos deverão estudar todo o conteúdo prévio, da maneira que se sentirem mais confortáveis. Uma estratégia de direcionamento do estudo é dizer em sala de aula quatro temas que certamente estarão presentes na avaliação final, de modo a assegurar que eles aprenderão o mínimo necessário sobre o conteúdo estudado.

Avaliação final e conclusão do curso

A avaliação final terá como objetivo avaliar por meio de atividades escritas e práticas a aprendizagem dos alunos, bem como o grau de satisfação com a metodologia e com as atividades propostas e desenvolvidas. Haverá um momento de discussão, para que os alunos possam se expressar, e também será aplicado um *Survey*, cujo objetivo será o de avaliar a necessidade de revisar as estratégias e corrigir ou sugerir novas abordagens para o *Syllabus*, além de servir como instrumento de coleta de dados para redação de um artigo científico, com o objetivo de publicação dos resultados alcançados.

7.1.3 Panorama geral das atividades

O quadro 28 traz uma síntese geral do curso, onde são demonstrados os conteúdos, lições e estratégias utilizadas em cada semana preparatórias ou aula.

Quadro 28 – Síntese do cronograma

Semana preparatória	
Leitura do conteúdo preparatório	Introdução ao pós-processamento e ambientação
Metodologia	Aprendizagem conceitual autônoma; aprendizagem por descoberta
Estratégias/objetos de aprendizagem	Leitura de textos, vídeos no YouTube, aplicativo, WhatsApp
Aula 1	
Lição 1	Introdução ao pós-processamento de imagens tomográfica
Lição 2	Reformatação multiplanar
Lição 3	MIP e MinIp
Lição 4	3D VR
Lição 5	Introdução aos filtros em Tomografia Computadorizada
Semana de treinamento	
Treinamento autônomo/reforço/	Revisão e prática repetitiva do conteúdo da aula 1 e semana preparatória.
Estratégias/objetos de aprendizagem	Leitura de textos, vídeos no YouTube, aplicativo, WhatsApp
Aula 2	
Aula demonstrativa	Exposição prática do conteúdo item a item
Revisão	Produção textual
Atividades práticas	Reprodução da exposição prática
Semana preparatória	
Treinamento autônomo/reforço/	Revisão e prática repetitiva do conteúdo da aula 2.
Metodologia	Aprendizagem conceitual autônoma; aprendizagem por descoberta
Estratégias/objetos de aprendizagem	Leitura de textos, vídeos no YouTube, aplicativo, WhatsApp
Aula 3	
Atividade 1	Produção de texto - revisional
Lição 1	3D VR e fluxos de trabalho
Lição 2	MPR
Lição 3	Orientações e correlação das vistas
Lição 4	Mover, rotacionar e zoom
Lição 5	Janelas
Lição 6	Pseudocor
Lição 7	Tipo de projeção (MIP, MinIP, normal, MaxIP, MeanIP, MIDA, contorno MaxIP e contorno MIDA)
Estratégias/objetos de aprendizagem	Atividades práticas individuais
Semana preparatória	
Treinamento autônomo/reforço/	Revisão e prática repetitiva do conteúdo da aula 2
Conteúdo novo	Introdução à segmentação e às máscaras
Metodologia	Aprendizagem conceitual autônoma; aprendizagem por descoberta
Estratégias/objetos de aprendizagem	Leitura de textos, vídeos no YouTube, WhatsApp
Aula 4	

Atividade 1	Produção de texto - revisional
Lição 1	Limiar
Lição 2	Segmentação manual
Lição 3	<i>Watershed</i>
Lição 4	Crescimento da região
Lição 5	Operações booleanas
Lição 6	Máscaras (limpeza das máscaras, fechar buracos manualmente e automaticamente, remover e selecionar partes, cortar)
Estudo dirigido	Orientações para revisão
Estratégias/objetos de aprendizagem	Atividades práticas individuais
Semana preparatória	
Treinamento autônomo/reforço/	Revisão e prática livre individualizada
Metodologia	Treinamento por repetição
Estratégias/objetos de aprendizagem	Leitura de textos, vídeos no YouTube, WhatsApp, <i>software</i>
Aula 5	
Revisão/plantão de dúvidas	Aula expositiva e demonstrativa
Simulado	Aplicação de simulado - atividade escrita e prática
Semana preparatória	
Treinamento autônomo/reforço/	Revisão e prática livre individualizada
Metodologia	Treinamento por repetição
Estratégias/objetos de aprendizagem	Leitura de textos, vídeos no YouTube, WhatsApp, <i>software</i>
Aula 6	
Feedback	Considerações finais sobre o curso
Avaliação final	Aplicação de avaliação, escrita e prática
Aplicação de Survey	Feedback dos alunos sobre o curso

Fonte: Elaborado pelo autor.

O quadro 29 apresenta uma correlação dos elementos trabalhados de acordo com as propostas metodológicas, as atividades desenvolvidas e os benefícios, na perspectiva do autor, para o desenvolvimento do *Syllabus*.

Quadro 29 – Correlação das estratégias utilizadas

ELEMENTOS TRABALHADOS	ATIVIDADES	BENEFÍCIOS
Pontos chave, teorização	Semanas preparatórias	Aprendizagem autônoma, aprendizagem por descoberta
Relembrar, entender, aplicar	Início de cada aula	Memorização, fixação
Analisar e repetir	Treinamento individual fora da sala de aula	Percepção, reforço
Simular, aplicar, avaliar	Atividades práticas, avaliações	Consolidar o conhecimento, diagnosticar falhas de aprendizagem, preparo para a prática

Fonte: Elaborado pelo autor.

7.2 Considerações sobre este *Syllabus*

A estratégia de elaboração e aplicação deste *Syllabus* pode ser estendida a outros componentes curriculares, servindo apenas como modelo ou direcionamento para o professor. Entende-se que para atingir os resultados propostos e esperados, seja necessário o esforço e comprometimento individual de cada aluno, bem como a motivação pessoal de seguir à risca o plano de ensino.

Entende-se ainda que o trabalho é conjunto entre professor e aluno, e entre aluno e alunos, cujos resultados dependem da sua participação efetiva, dedicando seu tempo de estudo e diagnosticando suas dificuldades, apresentando-as ao professor, para que sejam trabalhadas de uma forma colaborativa.

Em um contexto geral e genérico, para aulas contínuas e disciplinas longas, após a segunda aula, pode-se reiniciar o processo desde a aula preparatória com um novo tema, desta forma, encadeando os temas e assuntos, sempre retomando o que fora visto nas aulas anteriores, concluindo a disciplina em uma última aula em que seja abordado todo o conteúdo estudado.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou a aplicação de simuladores e práticas simuladas sob diferentes contextos, tal como a metodologia ativa de ensino e aprendizagem inserida em um contexto educacional mais participativo dos alunos. Diante do contexto de *softwares* de simulação, não foi encontrado um *software* que abordasse por completo os processos que envolvam a realização de um exame de TC, porém foram encontrados *softwares* utilizados em Diagnóstico por Imagem, e que podem ser adaptados para a abordagem, bem como o ensino de conteúdos pontuais dentro de um programa em TC.

A maior parte dos *softwares* selecionados possui aplicabilidade no pós-processamento e compartilhamento de imagens médicas, e apenas um deles, possivelmente era voltado para a programação de exames de TC, o IACI Simulator Training (2012), porém, não foi possível o acesso ao mesmo. Desta forma, respondendo ao problema inicial da pesquisa “De que maneira os *softwares* de simulação poderiam contribuir para o ensino da TC nos cursos de Educação Profissional e Tecnológica em Radiologia?”, entende-se que a contribuição se dá de maneira pontual em conteúdos teórico-técnicos específicos, por meio de estratégias complementares e específicas a temas subjacentes ao ensino da TC, envolvendo o estudo teórico e o treinamento prático, com foco na aquisição de habilidades que possam ser utilizadas na prática real.

Durante o desenvolvimento do trabalho, optou-se por estreitar a aplicação dos *softwares* de simulação para o ensino e treinamento do pós-processamento de imagens médicas. Assim, foi desenvolvido um modelo *Syllabus*, baseado no *software* livre InVesalius 3.1, demonstrando que é possível utilizar *softwares*, ainda que os propósitos não sejam estritamente educacionais, para o ensino da TC, trazendo uma abordagem inovadora para o ensino nos cursos de Educação Profissional e Tecnológica em Radiologia, com baixíssimo custo, mediante uma estruturação fundamentada, e metodologicamente organizada por parte do docente.

Por fim, a revisão e os resultados apresentados trazem à tona a percepção de uma lacuna relacionada ao desenvolvimento de um simulador para o ensino da TC, no âmbito dos Profissionais de Técnicas Radiológicas,

bem como o desenvolvimento de uma metodologia própria de aplicação, com ênfase no desenvolvimento e na inovação tecnológica para a área da Radiologia. Ademais, pretende-se elevar o processo educativo para um patamar de interatividade, com ênfase no treinamento de habilidades e competências, com enfoque na preservação da saúde dos pacientes e equipe inter e multidisciplinar em Diagnóstico por Imagem, inserindo a Educação Profissional e Tecnológica em Radiologia no contexto das Tecnologias Midiáticas.

9 PERSPECTIVA DE TRABALHOS FUTUROS

Durante a pesquisa não foi encontrado nenhum *software* similar ao escolhido como modelo (MITIE da E2E Visuals), e também não houve resposta à solicitação de licença para uso do *software* para pesquisa. Percebe-se que a maior parte dos *softwares* é voltada para a análise de imagens, e nenhum deles contempla todo o conteúdo necessário à realização de um exame em TC seguindo o sistema MS; são muito pontuais nas habilidades trabalhadas. Desta forma, entende-se que para aplicar *softwares* de simulação para o ensino em TC, que englobe todo o conteúdo, pode ser necessário:

1. Uma estratégia de aplicação mista com *softwares* diferentes, atuando de forma pontual em cada conteúdo programático;
2. Uma estratégia de aplicação complementar com *softwares*, e que faça uso de outros recursos tecnológicos e midiáticos como audiovisual, *games*, textos, mídias sociais, que aborde todo o conteúdo programático da disciplina do ensino de TC ou criar um modelo de aula que envolva diversas mídias;
3. O desenvolvimento de um *software* capaz de integrar todos os quesitos citados no sistema MS, e outros a serem pontuados para a abordagem completa do conteúdo programático da disciplina ou curso de TC.

Além disso, sugere-se a aplicação do *Syllabus* desenvolvido neste trabalho, com posterior coleta, tratamento e análise de dados, como forma de validar, melhorar ou desenvolver ainda mais o referido manual, além de documentar cientificamente os resultados.

REFERÊNCIAS

- @anatomie. **PicLuck**. 2018. Disponível em: <http://www.picluck.net/media/1334286770841733384_2081324140>. Acesso em 23 nov. 2017.
- @OsiriXViewer. **OsiriX**. 17 dez. 2017. [Twitter]. Disponível em: <<https://twitter.com/OsiriXViewer/status/941316533841776640>>. Acesso em: 18 ago. 2018.
- 3D4MEDICAL. **Project Esper**. 2018a. Disponível em: <<https://3d4medical.com/lab>>. Acesso em: 19 fev. 2018.
- _____. **Complete Anatomy**. 2018b. Disponível em: <<https://3d4medical.com/apps/complete-anatomy>>. Acesso em: 15 jan. 2018.
- AEROCLUB DE BAURU. **Simuladores de voo**. 2018. Disponível em: <<http://www.aeroclubebauru.com.br/escola-de-aviacao/simuladores-de-voo/>>. Acesso em: 23 fev. 2018.
- AEROCON. **Simuladores de voo**. 2018. Disponível em: <<http://www.aerocon.com.br/Cursos-Simuladores-de-Voo.aspx>>. Acesso em: 23 fev. 2018.
- AGGARWAL, L. M. **Biological Effects of Ionizing Radiation**. v. 4, n. 1, p. 342–348, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/289952513_Biological_Effects_of_Ionizing_Radiation>. Acesso em: 20 nov. 2017.
- AHMED, K. et al. Role of virtual reality simulation in teaching and assessing technical skills in endovascular intervention. **Journal of Vascular and Interventional Radiology**, v. 21, n. 1, p. 55-66, 2010.
- ALI, S. et al. Virtual simulation in enhancing procedural training for fluoroscopy-guided lumbar puncture: a pilot study. **Academic radiology**, v. 25, n. 2, p. 235-239, 2018.
- ALVES, F. C. Cem Anos de Radiologia-Morfologia e Função. **Gazeta de Física**, v. 45, 2007.
- AMARO JÚNIOR, E.; YAMASHITA, H. Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v. 23, p. 2-3, 2001.
- AMORIM et al. **Software InVesalius**: guia do usuário. [200-?]. Disponível em: <ftp://ftp.cti.gov.br/pub/dt3d/invesalius/files/user_guide_pt_BR_v3.1.1.pdf>. Acesso em 25 ago 2018.
- ANDRADE, A. Recurso a simuladores na aprendizagem de fatores de segurança na exploração de Tecnologias da Informação. In: CARVALHO, A. A. **Aprender na Era Digital-Jogos e Mobile Learning**. Santo Tirso: De Facto Editores, 2012. Cap. 3, p. 65-82. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/233790980_Recurso_a_Simuladores>.

_na_Aprendizagem_de_Fatores_de_Seguranca_na_Exploracao_de_Tecnologias_da_Informacao>. Acesso em 23 ago. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Modelo de bula para paciente RDC 47/09**. 2009. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/datavisa/fila_bula/frmVisualizarBula.asp?pNuTransacao=12821742016&pIdAnexo=3118627>. Acesso em: 28 abr. 2018.

AUFFERMANN, W. F. et al. Simulation for teaching and assessment of nodule perception on chest radiography in nonradiology health care trainees. **Journal of the American College of Radiology**, v. 12, n. 11, p. 1215-1222, 2015.

BALADEZ, F. O passado, o presente e o futuro dos simuladores. **FaSci-Tech**, v. 1, n. 1, 2019. Disponível em: <<https://www.fatecsaocaetano.edu.br/fascitech/index.php/fascitech/article/view/4/4>>. Acesso em 25 ago. 2017.

BANCO INTERNACIONAL DE OBJETOS EDUCACIONAIS (BIOE). **Banco Internacional de Objetos Educacionais**. 2008. Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>>. Acesso em 25 abr. 2018.

BAUDRILLARD, J. **Simulacros e simulação**. Tradução de Maria João da Costa Pereira. Lisboa: Relógio d'Água, 1991.

BENJAMIN, M.; ARADI, Y.; SHREIBER, R. From shared data to sharing workflow: Merging PACS and teleradiology. **European Journal of Radiology**, v. 73, n. 1, p. 3–9, 2010.

BERGERON, B. **Developing serious games**. Boston: Charles River Media, 2006.

BERTSCHE, D.; CRAWFORD, C.; MACADAM, S.E. Is simulation better than experience? **The McKinsey Quarterly**, n. 1, p. 50-58, 1996.

BHARGAVA, P. et al. Radiology education 2.0—on the cusp of change: part 1. Tablet computers, online curriculums, remote meeting tools and audience response systems. **Academic radiology**, v. 20, n. 3, p. 364-372, 2013.

BIBLIOTECA VIRTUAL EM SAÚDE (BVS). **Descritores em Ciências da Saúde (DeCS)**. 2018. Disponível em: <<http://decs.bvs.br>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

BIMEDIS. **Toshiba - Aquilion CX 128 - Used - CT Scanner - 2007 Year**. 2007. Disponível em: <<https://bimedis.com/a-item/ct-scanners-toshiba-aquilion-cx-128-670942>>. Acesso em 16 dez. 17.

BLENDER. **Download Blender**. 2018. Disponível em: <<https://www.blender.org/download/>>. Acesso em: 16 ago. 2018.

BRASIL. Casa Civil. **Lei n.º 7.394 de 29 de outubro de 1985**. 1985. Disponível em: <<http://conter.gov.br/uploads/legislativo/lei739485.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2017.

_____. Casa Civil. Subchefia de assuntos jurídicos. **Decreto nº 92.790, de 17 de junho de 1986**. Regulamenta a Lei nº 7.394, de 29 de outubro de 1985, que regula o exercício da profissão de Técnico em Radiologia e dá outras

providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D92790.htm. Acesso em: 30 nov. 2017.

_____. Casa Civil. Subchefia de assuntos jurídicos. **Lei nº 11.788, de 25 de setembro de 2008**. Dispõe sobre o estágio de estudantes; altera a redação do art. 428 da Consolidação das Leis do Trabalho – CLT, aprovada pelo Decreto-Lei no 5.452, de 1º de maio de 1943, e a Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996; revoga as Leis nos 6.494, de 7 de dezembro de 1977, e 8.859, de 23 de março de 1994, o parágrafo único do art. 82 da Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996, e o art. 6º da Medida Provisória no 2.164-41, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11788.htm. Acesso em: 30 nov. 2017.

_____. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Parecer CNE/CEB 35/2003**. Normas para a organização e realização de estágio de alunos do Ensino Médio e da Educação Profissional. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/pceb35_03.pdf. Acesso em: 30 nov. 2017.

_____. Senado Federal. **Lei de diretrizes e bases da educação nacional (LDB)**. Brasília, 1996. Disponível em: http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/529732/lei_de_diretrizes_e_bases_1ed.pdf. Acesso em: 22 dez. 2017.

BRONZINO, J. D. (ed.). **The Biomedical Engineering Handbook: Medical Devices and Systems**. 3. ed. Connecticut: Taylor & Francis, 2006.

BUSHBERG, J. T. et al. **The essential physics of medical imagin**. 2. ed. LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS, 2001. 933 p.

CALDOSE. Fantomas Humanos. 2018. Disponível em: <http://www.caldose.org/caldose/Introducao.aspx>. Acesso em 20 ago. 2018.

CANADIAN NUCLEAR SAFETY COMMISSION (CNSC). Minister of Public Works and Government Services Canada (PWGSC). **Introduction to Radiation**. 2012. Disponível em: <http://nuclearsafety.gc.ca/eng/pdfs/Reading-Room/radiation/Introduction-to-Radiation-eng.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2017.

CANTERO, M. O. Computers in education: The near future. In: **Computers and Education in the 21st Century**. Springer, Dordrecht, 2000. p. 3-16.

CARLOS, M. T. **Tomografia computadorizada: Formação da imagem e radioproteção**. 2002. Disponível em: http://www.academia.edu/8050312/TOMOGRAFIA_COMPUTADORIZADA_FORMAÇÃO_DA_IMAGEM_E_RADIOPROTEÇÃO. Acesso em: 16 dez. 2017.

CARNIELLO, L. B. C.; RODRIGUES, B.M.A.G.; MORAES, M.G. A relação entre os nativos digitais, jogos eletrônicos e aprendizagem. In: **Anais Eletrônicos do III Simpósio Hipertexto e Tecnologias na Educação**, Recife, 2010. Disponível em <http://www.nehte.com.br/simposio/anais/Anais-Hipertexto-2010/Luciana-Barbosa-Carniello&Barbara-Alcantara-Gratao&Moema-Gomes-Moraes.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2017.

CASTRO, T. **MIP e MinIP na Tomografia Computadorizada (TC)**. 2017a. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=uumuLzs9UtQ>>. Acesso em 23 ago. 2018.

_____. **Como utilizar os algoritmos e filtros na Tomografia Computadorizada?** 2017b. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=-Q3sUD5PiT4>>. Acesso em 23 ago. 2018.

_____. **Erros Comuns com Algoritmos e Filtros**. 2017c. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5Wg49LEk8Lg>>. Acesso em 23 ago. 2018.

CENTRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO RENATO ARCHER (CTIRA). **Software InVesalius**: guia do usuário. [200-?]. Disponível em: <ftp://ftp.cti.gov.br/pub/dt3d/invesalius/files/user_guide_pt_BR_v3.1.1.pdf>. Acesso em 22 ago. 2018.

CHEN, A. **What does Syllabus mean? Syllabus Definition**. 2017. Disponível em: <<https://www.myenglishteacher.eu/blog/Syllabus-definition/>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

CHETLEN, A. L. et al. Conventional medical education and the history of simulation in radiology. **Academic radiology**, v. 22, n. 10, p. 1252-1267, 2015.

CLAYTON, G.; GIZELIS, T.I. **Learning through simulation or simulated learning? An investigation into the effectiveness of simulations as a teaching tool in higher education**. 2005. Disponível em: <<https://www.bisa.ac.uk/files/Prizes/ClaytonGizelisBISAPAPER.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE (CNS). **Resolução nº 06, de 21 de dezembro de 1988**. 1988. Disponível em: <<http://www.cvs.saude.sp.gov.br>>. Acesso em 23 nov. 2017.

CONSELHO NACIONAL DE TÉCNICOS EM RADIOLOGIA (CONTER). **Resolução nº. 15 de 12 de dezembro de 2011a**. Dispõe sobre a Reformulação do Código de Ética dos Profissionais das Técnicas Radiológicas. Revoga a Resolução CONTER nº. 06 de 31/05/2006 e seu anexo. Brasília, 2011a. Disponível em: <http://conter.gov.br/uploads/legislativo/n._152011.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2017.

_____. **Resolução n.º 10 de 11 de novembro de 2011b**. Regula e Disciplina o Estágio Curricular Supervisionado na Área das Técnicas Radiológicas. Brasília, 2011b. Disponível em: <http://conter.gov.br/uploads/legislativo/n._102011.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2017.

_____. **Resolução n.º 02 de 04 de maio de 2012c**. Institui e normatiza atribuições, competências e funções do Profissional Tecnólogo em Radiologia. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.conter.gov.br/uploads/legislativo/n._02_2012.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2017.

COSTA, V. C. I. **Anatomia Geral Humana**: Apostila para fins didáticos. 2008. Disponível em:

<http://neurociencia.tripod.com/labs/lela/textos/APOSTILA_ANATOMIA_HUMA NA.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2018.

CTISUS. **CT Scan protocols**. 2018. Disponível em: <<http://www.ctisus.com/responsive/protocols>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

CTSIM. **The open source Computed Tomography Simulator**. 04 set. 2007. Disponível em: <<http://www.ctsim.org/platforms.html>>. Acesso em 18 ago. 2018.

DÂNGELO, J. G.; FATTINI, C. A. **Anatomia básica dos sistemas orgânicos**. 2006.

DENTAL SLICE. **DentalSlice, um novo conceito**. 2009. Disponível em: <http://www.dentalslice.com.br/site/01_introducao.html#screenshots>. Acesso em: 19 ago. 2018.

DESSER, T. S. Simulation-based training: the next revolution in radiology education? **Journal of the American College of Radiology**, v. 4, n. 11, p. 816-824, 2007.

DEWEY, J. **Arte como experiência**. Tradução de Vera Ribeiro. São Paulo: Martins Fontes, 2010.

DIAGNÓSTICO ORTODÔNTICO. **Tomografia Computadorizada de feixe cônico**. 2017. Disponível em: <<https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/diagnostico-ortodontico/tomografia.html>>. Acesso em: 16 dez. 2017.

DIKSHIT, A. et al. An online interactive simulation system for medical imaging education. **Computerized Medical Imaging and Graphics**, v. 29, n. 6, p. 395-404, 2005.

E2E VISUALS. **Medical Imaging Training Immersive Environment CT Module**. 2017. Disponível em: <<http://e2evisuals.com/new/portfolio/medical-imaging-training-immersive-environment-ct-module/>>. Acesso em: 17 dez.

EJ ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL. **Escola de voo, treinamento inicial e padronização de voo por instrumentos**. Disponível em: <<http://www.ej.com.br/show-informativo/364/simuladores-de-voo-treinamento-inicial-e-padronizacao-de-voo-por-instrumentos>>. Acesso em 23: fev. 2018.

FAUQUET-ALEKHINE, P. ; PEHUET, N. **Simulation training: fundamentals and applications: Improving professional practice through simulation training**. Springer, 2016. Disponível em: <<https://www.springer.com/br/book/9783319199139>>. Acesso em 14 jul. 2017.

FERREIRA, C.; CARVALHO, J. M.; CARVALHO, F. L. de Q. Impacto da metodologia de simulação realística, enquanto tecnologia aplicada a educação nos cursos de saúde. **Anais do Seminário Tecnologias Aplicadas a Educação e Saúde**, v. 1, n. 1, 2015. Disponível em: <<http://www.revistas.uneb.br/index.php/staes/article/view/1617/1099>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

FLORES, C. D.; BEZ, M. R.; BRUNO, R. M. O Uso de simuladores no ensino da Medicina. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 22, n. 02, p. 98, 2014.

FREGONEZE, G. B. et al. **Metodologia científica**. Londrina: Educacional, 2014.

FUJITA, J. A. L. da M. et al. Uso da metodologia da problematização com o Arco de Maguerez no ensino sobre brinquedo terapêutico. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 29, n. 1, p. 229-258, 2016.

GE HEALTHCARE. **BrightSpeed Elite**. 2018a. Disponível em: <http://www3.gehealthcare.co.uk/en-gb/products/categories/molecular_imaging/pet-ct/brightspeed_elite>. Acesso em: 02 fev. 2018.

_____. **AdvantageSim MD**. 2018b. Disponível em: <<https://www.gehealthcare.com/en/products/advanced-visualization/applications/advantagesim-md#tabs/tab303D55B0850F4916AE85FF8F80297319>>. Acesso em 15 ago. 2018.

_____. **AdvantageSim MD**. 2018c. Disponível em: <http://www3.gehealthcare.com/~media/images/product/product-categories/do-not-clone-advanced-visualization/applications/advantagesim-md/aw-advantagesim-md_clinical_image_6.jpg>. Acesso em 15 ago. 2018.

GEERAERTS, T.; TRABOLD, F. The Simulator of Critical Situations in Anesthesia. In: **Simulation Training: Fundamentals and Applications**. Springer, Cham, 2016. p. 87-94.

GOULD, D. A. Interventional radiology simulation: prepare for a virtual revolution in training. **Journal of Vascular and Interventional Radiology**, v. 18, n. 4, p. 483-490, 2007.

HAMANN, R. **Project Cockpit BR: um simulador de voo incrível e 100% nacional**. 2012. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/campus-party-brasil-2012/19138-project-cockpit-br-um-simulador-de-voo-incrivel-e-100-nacional.htm>>. Acesso em: 17 dez. 2017.

HENNESSEY, J. G. et al. Computer-based learning in radiology: a hypermedia application in CT. **American journal of roentgenology**, v. 155, n. 6, p. 1317-1320, 1990.

HENRYRX. **MPR Reformateo Multiplanar**. 2011. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=hUAAC2h9X3A>>. Acesso em 23 ago. 2018.

HILLESHEIM, G. J.; SCHOTTZ, E. de S. Softwares Simuladores Interativos Aplicados ao Estudo De Biologia. **Maiêutica-Ciências Biológicas**, v. 1, n. 1, 2014.

HOSPITAL SAMARITANO. **Stent: o que é e como ele pode ajudar o seu coração?** 2018. Disponível em: <<http://samaritano.com.br/home-top-slider/stent-o-que-e-e-como-ele-pode-ajudar-o-seu-coracao-cardio/>>. Acesso em 02 fev. 2018.

IACIONLINE1. **IACI CT Simulator Demo**. 13 mar. 2012. [YouTube] (6m05s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?time_continue=82&v=ggiGTRGh8vc>. Acesso em: 19 ago. 2018.

IMPACT games. **Peacemaker**: Play the news. Solve the puzzle. 2018. Disponível em: <<http://www.peacemakergame.com/>>. Acesso em 20 jan. 2018.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). **Diagnostic Radiology Physics**: A handbook for teachers and students. Viena: IAEA, 2014.

_____. **Radiation Oncology Physics**: A Handbook for Teachers and Students. Viena: IAEA, 2005.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP). **Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection Reference Values - ICRP Publication 89**. 2002. Disponível em: <<https://us.sagepub.com/en-us/sam/icrp-publication-89/book243600>>. Acesso em 19 ago. 2018.

INTERNATIONAL SOFTWARE TESTING QUALIFICATIONS BOARD (ISTQB). **Certified Tester**: Advanced Level Syllabus - Test Manager (TM). 2012. Tradução de Brazilian Software Testing Qualifications Board (BSTQB/TAG01). Disponível em: <http://bstqb.org.br/uploads/Syllabus/Syllabus_ctal_tm_2012br.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2018.

INVESALIUS. **Neuronavegação**. 2018a. Disponível em: <<https://www.cti.gov.br/pt-br/invesalius/neuronavegação>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

_____. **InVesalius**. 2018b. Disponível em: <https://www.cti.gov.br/pt-br/sites/default/files//styles/original/public/images/invesalius/galeria/screen_shot_2017-07-19_at_4.32.20_pm.png?itok=AsK7kMia>. Acesso em: 18 ago. 2018.

_____. **Download InVesalius**. 2018c. Disponível em: <<https://www.cti.gov.br/pt-br/invesalius>>. Acesso em 21 ago. 2018.

JANG, J. J. Imaging post-processing in CT. In: MUKERJEE, D.; RAJAGOPALAN S. **Angiography of Peripheral Circulation**: Practical Approach with Clinical Protocols. Informa Healthcare, London: 2007. Cap. 4, p. 43-51.

JENKINS, H. **Cultura da convergência: a colisão entre os velhos e novos meios de comunicação**. São Paulo: Aleph, 2009.

JOHNSON, P. T.; FISHMAN, E.K. Computed tomography dataset Postprocessing: from data to knowledge. **Mount Sinai Journal of Medicine: A Journal of Translational and Personalized Medicine**, v. 79, n. 3, p. 412-421, 2012.

JÚNIOR, J. E. Simulação em radiologia e diagnóstico por imagem. **Medicina** (Ribeirão Preto. Online), v. 40, n. 2, p. 192-198, 2007.

KAMPF, R.; STOLERO, N. Computerized simulation of the Israeli-Palestinian conflict, knowledge gap, and news media use. **Information, Communication & Society**, v. 18, n. 6, p. 644-658, 2015.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. 2 ed. Singapore: Mc-Graw Hill International Editions, 1991.

LAW, M. Y. Y.; ZHOU, Z. New direction in PACS education and training. **Computerized Medical Imaging and Graphics**, v. 27, n. 2-3, p. 147-156, 2003.

LEMOS, A. **Perfeição repetição**. Pensador, 2018. Disponível em: <https://www.pensador.com/perfeicao_repeticao/>. Acesso em: 23 jan. 2018.

LITTLEWOOD, K. E. et al. High-fidelity simulation is superior to case-based discussion in teaching the management of shock. **Medical teacher**, v. 35, n. 3, p. e1003-e1010, 2013.

LUCKESI, C. C. Tendências pedagógicas na prática escolar. _____. **Filosofia da Educação**. São Paulo: Cortez, 2005.

MANOVICH, L. **Software takes command**. New York: Bloomsbury Academic, 2013.

MARAN, N. J.; GLAVIN, R.J. Low-to high-fidelity simulation-a continuum of medical education? **Medical education**, v. 37, n. S1, p. 22-28, 2003.

MARTINS, R. de A. A descoberta dos Raios X: o primeiro comunicado de Rontgen. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.20, n.4, p. 373-390, 1998.

McHANEY, R. **Understanding computer simulation**. BookBoon, 2009. Disponível em: <<http://library.ku.ac.ke/wp-content/downloads/2011/08/Bookboon/IT,Programming%20and%20Web/understanding.pdf>>. Acesso em 20 dez. 2017.

McKINNIS, L. N. Princípios da Radiologia Ortopédica. In: _____. **Fundamentos da Radiologia Ortopédica**. São Paulo: Premier, 2004, Cap. 1, p. 1-30.

MEDICAL IMAGING. **Medical Image Samples**. 01 dez. 2003. Disponível em: <<http://www.barre.nom.fr/medical/samples/>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

MENTICE. **Vist-lab with vist 5**. 2018. Disponível em: <<http://www.mentice.com/vist-lab-with-vist-g5>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). **Norma CNEN NN 3.01**. 2014. Disponível em: <<http://www.cvs.saude.sp.gov.br/zip/Resolucao%20CNS%20nº%206,%20de%2006dez88.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

_____. Secretaria de Vigilância Sanitária. Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico. **Portaria 453 - 01 de junho de 1998**. 1998. Disponível em: <<https://www.phymed.com.br/fisica-medica/site/textos/portaria453.PDF>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

MONQUEIRO, J. C. B. **Reconstrução 3D de tomografias computadorizadas - Parte 3:** Importando no Blender. 15 abr. 2010. Disponível em: <<https://www.hardware.com.br/tutoriais/reconstrucao-3d-tomografias/pagina4.html>>. Acesso em 16 ago. 2018.

MOORE, K. **A história esquecida das "radium girls", cujas mortes salvaram as vidas de milhares de trabalhadores.** 2017. Disponível em: <https://www.buzzfeed.com/authorkatemoore/radium-girls-brasil?utm_term=.fo0L4yBXo#.pxZmLQrxA>. Acesso em: 12 dez. 2017.

MULTIMAGEM CLÍNICA DE DIAGNÓSTICOS. **Rx de mãos.** 2019. Disponível em: <<http://multimagemclinica.com.br/exame/rx-de-maos>>. Acesso em: 24 fev. 2019.

NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS (NCRP). **Implications of Recent Epidemiologic Studies for the Linear-Nonthreshold Model and Radiation Protection.** 2018. Disponível em: <<https://ncrponline.org/wp-content/themes/ncrp/PDFs/Product-attachments/commentary/27/overview.pdf>>. Acesso em 28 Ago. 2018.

NOUAILHETAS, Y.; ALMEIDA, C.E.B. de; PESTANA, S. **Radiações ionizantes e a vida.** Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), [s.l.], p. 42, 2008. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/radiacoes-ionizantes.pdf>>. Acesso em> 06 nov. 2017.

NYEEM, H.; BOLES, W.; BOYD, C. A review of medical image watermarking requirements for teleradiology. **Journal of digital imaging**, v. 26, n. 2, p. 326-343, 2013.

OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 77, p. 185-200, 2013.

OLIVEIRA, I. Diferenças dos adolescentes dos EUA x BR | Fatos Americanos #02. [vídeo, 1m46]. 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=QUptT244bNo>>. Acesso em: 10 out. 2018.

OSIRIX. **Osirix MD.** 2018. Disponível em: <<http://www.osirix-viewer.com/osirix/overview/>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C.J.H. **Teorias de aprendizagem.** Porto Alegre: UFRGS, 2010.

PAZIN FILHO, A.; SCARPELINI, S. Simulação: definição. **Medicina** (Ribeirão Preto. Online), v. 40, n. 2, p. 162-166, 2007.

PICONEZ, S. A prática de ensino e o estágio supervisionado: A aproximação da realidade escolar e a prática da reflexão. In: PICONEZ et al. **A prática de ensino e o estágio supervisionado.** 14 ed. Campinas: Papirus Editora, 2007. p. 15-38.

PILIOURAS, T. C.; SUSS, R. J.; YU, P. U. Digital imaging & electronic health record systems: Implementation and regulatory challenges faced by healthcare providers. In: SYSTEMS, APPLICATIONS AND TECHNOLOGY CONFERENCE (LISAT), 2015 IEEE LONG ISLAND 2015, p. 1-6. **Anais...**

IEEE, 2015. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7160179/>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

PLATAFORMA SUCUPIRA. **Qualis periódico**. 2018. Disponível em: <<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>> Acesso em 25 abr. 2018.

PRENSKY, M. Digital natives, digital immigrants. **On the Horizon**, v. 9, n. 5, p. 1-6, 2001. Disponível em <<http://www.marcprensky.com/>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

RADIANT. **Dicom Viewer**. 2018. Disponível em: <<https://www.radiantviewer.com/download/?src=vhst&f=setup&v=4.6.5.18450&file=RadiAnt-4.6.5-Setup.exe>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

RADIANT DICOM VIEWER. **RadiAnt DICOM Viewer - Volume Rendering on Surface Pro 4**. 2016. [YouTube, 1m40s]. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=za5i7bX6nV4>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

RADIOLOGIA CLÍNICA DE CAMPINAS. **Tomografia**. 2017. Disponível em: <<http://www.radiologiaclinicadecampinas.com.br/tomografia/>>. Acesso em: 16 dez. 2017.

RAIOS XIS. **A primeira radiografia**. 01 nov. 2014. Disponível em: <<https://raiosxis.com/primeira-radiografia>>. Acesso em: 23 nov. 2017.

ROMANO, M. M. D.; PAZIN FILHO, A. Simulação em manequins: aspectos técnicos. **Medicina**, Ribeirão Preto, v. 40, n. 2, p. 171-179, 2007.

ROMANS, L. E. **Computed Tomography for Technologists: A Comprehensive Text**. London: Volters Kluwer|Lippincott Williams & Wilkins, 2010.

RÖNTGEN, W. C. Über eine neue Art von Strahlen (Vorläufige Mittheilung). **Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg**. n.9, p. 132-41, 1895. Texto traduzido por Roberto de A. Martins.

SADIDEEN, H. et al. Simulators and the simulation environment: getting the balance right in simulation-based surgical education. **International Journal of Surgery**, v. 10, n. 9, p. 458-462, 2012.

SBM HEALTHCARE. **SBM Healthcare (India) Pvt. Ltd**. 2016. Disponível em: <<http://sbmhealthcare.com/>>. Acesso em: 16 dez. 17.

SCARSBROOK, A. F.; GRAHAM, R.N.J.; PERRISS, R.W. Radiology education: a glimpse into the future. **Clinical radiology**, v. 61, n. 8, p. 640-648, 2006.

SCIENCE DIRECT. **Search for peer-reviewed journals, articles, book chapters and open access content**. 2018. Disponível em: <<https://www.ScienceDirect.com>>. Acesso em: 25 abr. 2018.

SCOLARI, C. A. **Ecología de los medios: entornos, evoluciones e interpretaciones**. Barcelona: Gedisa Editorial, 2015.

SHIN, D. S. et al. Browsing software of the Visible Korean data used for teaching sectional anatomy. **Anatomical sciences education**, v. 4, n. 6, p. 327-332, 2011.

SIGNIFICADOS. **Significado de simulacro**. 11 mar. 2017. Disponível em: <<https://www.significados.com.br/simulacro/>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

SILVA, G. V. **Tecnologias midiáticas como estratégia de apoio ao ensino da Música na Educação Básica**. [dissertação]. FAAC/UNESP. Bauru, 171 p., 2017.

SISTEMA INTERDISCIPLINAR DE ANÁLISE DE CASOS CLÍNICOS (SIAAC). **O que é o projeto SIAAC**. 2015. Disponível em: <<http://siacc.regisls.net>>. Acesso em: 14 jan. 2018.

SOARES, A. A.; MORAES, L. E.; OLIVEIRA, F. G. Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 915-933, 2015.

SOBOTTA, J. **Atlas de Anatomia Humana**. Ed. Médica Panamericana, 2006.

SOFTWARERESE. **A Tomografia Computadorizada simulador no título**. 2009. Disponível em: <<http://pt.softwaresea.com/software-download/CT-scan-simulator>>. Acesso em 27 abr. 2018.

SOLOWAY, E.; PRYOR, A. The next generation in human-computer interaction. **Communications of the ACM**, v. 39, n. 4, p. 16-19, 1996.

STRAUBHAAR, J. D.; LAROSE, R. **Comunicação, mídia e tecnologia**. Tradução de José Antonio Lacerda Duarte. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2004.

STREICHER, S. J. et al. Learning Through Simulation. **Chemical Engineering Education**, v. 39, n. 4, p. 288-295, 2005.

SUPPORT GOOGLE. **Otimização de mecanismos de pesquisa (SEO) para iniciantes**. 2018. Disponível em: <<https://support.google.com/webmasters/answer/7451184?hl=pt-BR>>. Acesso em 20 ago. 2018.

THE INSTITUTE FOR ADVANCED CLINICAL IMAGING (IACI). **IACI Simulator Training**. 2018. Disponível em: <<http://www.iacionline.net/login/index.php>>. Acesso em 20 ago. 2018.

TV PUC-RIO. **TV PUC-Rio: Mesa anatômica virtual 3D – Mostra PUC**. [YouTube]. 2014. 2min22seg - 1min12seg. Disponível em: <<https://youtu.be/cuR5-N2a3co>>. Acesso em 20 fev. 2018.

UNITED NATION ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Radiation: effects and sources**. 2016. Disponível em: <<http://www.unscear.org/unscear/en/publications/booklet.html>>. Acesso em 21 nov. 2017.

UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION (USNRC). **Biological effects of radiation Technical Training Center**. [2000-2018]. Disponível em: <<https://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/students/for-educators/09.pdf>>. Acesso em 11 nov. 2017.

US NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (NCBI). **Pubmed.gov**. 2018. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>>. Acesso em 29 abr. 2018.

VALENTE, J. A. Diferentes usos do computador na educação. In: _____. (Org). **Computadores e Conhecimento: repensando a educação**. 2. ed. Campinas: UNICAMP/NIED, 1993. Cap. 1, p. 1–28.

VIDAL-GOMEL, C.; FAUQUET-ALEKHINE, P. Reflections and Theoretical Contributions Regarding Trainers. In: FAUQUET-ALEKHINE, P.; PEHUET, N. (Eds.). **Simulation training: fundamentals and applications**. Springer, 2016. Cap. 1, p. 1-30. Disponível em: <<https://www.springer.com/br/book/9783319199139>>. Acesso em 14 jul. 2017.

VILLARDI, M. L.; CYRINO, E. G.; BERBEL, N. A. N. **A Problemática em Educação em Saúde: percepções dos professores tutores e alunos**. [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2015, 118 p. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/dgjm7/pdf/villardi-9788579836626.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2018.

VOCABULARY.COM. Syllabus. 2018. Disponível em: <<https://www.vocabulary.com/dictionary/Syllabus>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

VUE TECHNOLOGIE. **Terrible Alien From Oculus DK2 CV1 VR games (Alien:Isolation) With VUE VR Omni Directional Treadmill**. [vídeo]. 2018. Disponível em: <<http://www.vuetecnologie.com/media/>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

WANZELER, A. M. V. Análise dos softwares gratuitos para tomografia computadorizada de feixe cônico de interesse aos cirurgiões-dentistas. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 72, n. 1/2, p. 51, 2016.

WIKI OPENGATE. **Users Guide: Radiotherapy General Concept**. 2018. Disponível em: <http://wiki.opengatecollaboration.org/index.php/Users_Guide:Radiotherapy_General_Concept>. Acesso em 20 ago. 2018.

XAVIER, A. M.; MORO, J. T., HEILBRON, P. F. Fundamentos da Física. In: XAVIER, A. M. et al. **Princípios Básicos de Segurança e Proteção Radiológica**. 3. ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Comissão Nacional de Energia Nuclear, 2010. p. 1-25.

ZILLES BORBA, E. Imersão visual e corporal: paradigmas da percepção em simuladores. In: SOSTER, D.; PICCININ, F. (Org.). **Narrativas Comunicacionais Complexificadas II – A Forma**. SantaCruz do Sul, Edunisc, p. 239-256, 2014.

ZIV, A. et al. Simulation-based medical education: an ethical imperative. **Academic Medicine**, v. 78, n. 8, p. 783-788, 2006.

APÊNDICE I

O quadro 30 traz os links para acesso aos programas consultados durante a elaboração do *Syllabus* referente a este trabalho.

Quadro 30 – Syllabus consultados

Título	Link
<i>Cambridge International Examinations</i>	https://www.cambridgeinternational.org/images/252230-2018-2020-Syllabus.pdf
<i>Cambridge Secondary 2</i>	https://www.cambridgeinternational.org/Images/329734-2019-Syllabus.pdf
<i>Course Syllabus</i>	https://www.unl.edu/gradstudies/current/teaching/Syllabus_Sample.pdf
Curso de Biofísica	http://www.bertolo.pro.br/Biofisica/index.htm
<i>International Software Testing Qualifications Board (ISTQB)</i>	http://bstqb.org.br/uploads/Syllabus/Syllabus_ctfl_2011br.pdf
<i>Introdução à Filosofia (curso de Letras)</i>	https://slideplayer.com.br/slide/1365545/
<i>Silabo Anatomia Humana</i>	http://medicina.unmsm.edu.pe/images/Facultad_Medicina/Escuela_Nutricion/Silabo/NO1504_Anatomia_20171.pdf
<i>Syllabus de Filosofía</i>	http://medicina.unmsm.edu.pe/images/Facultad_Medicina/Escuela_Enfermeria/silabo/Filosofa_Enfermera.pdf
<i>Syllabus delle conoscenze per il modulo</i>	http://www.conscienze.it/public/[TEST]/SyllabusFISICA2016.pdf
<i>Syllabus di Matematica</i>	http://dm.unife.it/matematicainsieme/orivalu/Syllabus.pdf

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE II

Neste Apêndice são apresentadas imagens de pós-processamento de exames de TC realizadas em diferentes *Workstations*.

Figura 47 – TC de crânio por *Cinematic Rendering*



Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Exame realizado em equipamento da marca Siemens (Perspective). O pós-processamento foi realizado em uma *Workstation* syngo.via, por meio da *Cinematic Rendering*, ou renderização cinematográfica, que confere um aspecto realístico às imagens. Este tipo de imagem auxilia na caracterização e avaliação de fraturas, estudo morfológico e dá uma compreensão global em 3D do crânio do paciente, para o médico.

Figura 48 – TC cardíaca por *Cinematic Rendering*



Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Exame realizado em equipamento da marca Siemens (Perspective). O pós-processamento foi realizado em uma *Workstation* syngo.via, por meio da *Cinematic Rendering*, ou renderização cinematográfica, que confere um aspecto realístico às imagens. Este tipo de

imagem permite uma visão global do coração e das artérias coronárias, visualização de stents e alterações patológicas, e permite uma avaliação em 3D por parte do médico.

Figura 49 – *Curved MPR* de ureter sem contraste



Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Exame realizado em equipamento da marca Siemens (Perspective). O pós-processamento foi realizado por meio dos recursos de pós-processamento do próprio equipamento. Trata-se de um *Curved MPR* (reformatação multiplanar curva) realizado em ureter sem contraste, para identificar a localização de possíveis cálculos ureterais, e/ou diferenciá-los de flebólitos, que são calcificações venosas que ocorrem na região pélvica. Na imagem vê-se um cálculo (círculo vermelho) no interior da vesícula urinária (bexiga).

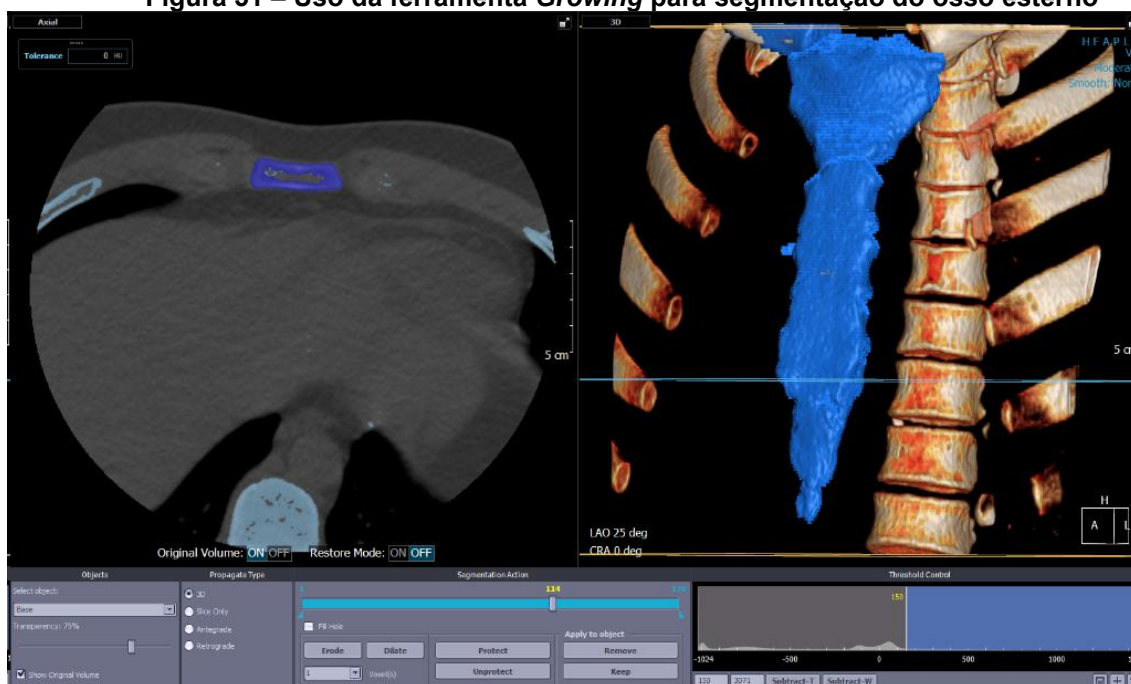
Figura 50 – Curved MPR do osso esterno



Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Exame realizado em equipamento da marca Hitachi Supria 16 canais. O pós-processamento foi realizado em uma *Workstation* da marca Infinity Xelis. Trata-se de um *Curved MPR* (reformatação multiplanar curva) realizado no osso esterno. Em A vê-se a linha verde contornando a estrutura na vista sagital, e em B tem-se o osso já reformatado visto no plano coronal “verdadeiro”.

Figura 51 – Uso da ferramenta *Growing* para segmentação do osso esterno



Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Exame realizado em equipamento da marca Hitachi Supria 16 canais. O pós-processamento foi realizado em uma *Workstation* da marca Infinity Xelis. Uso da ferramenta de segmentação *Growing*. Esta ferramenta seleciona a estrutura óssea que se pretende destaca de outras estruturas. Após a aplicação da ferramenta, o osso selecionado (em azul) pode ser destacado e avaliado individualmente, como visto na figura 52.

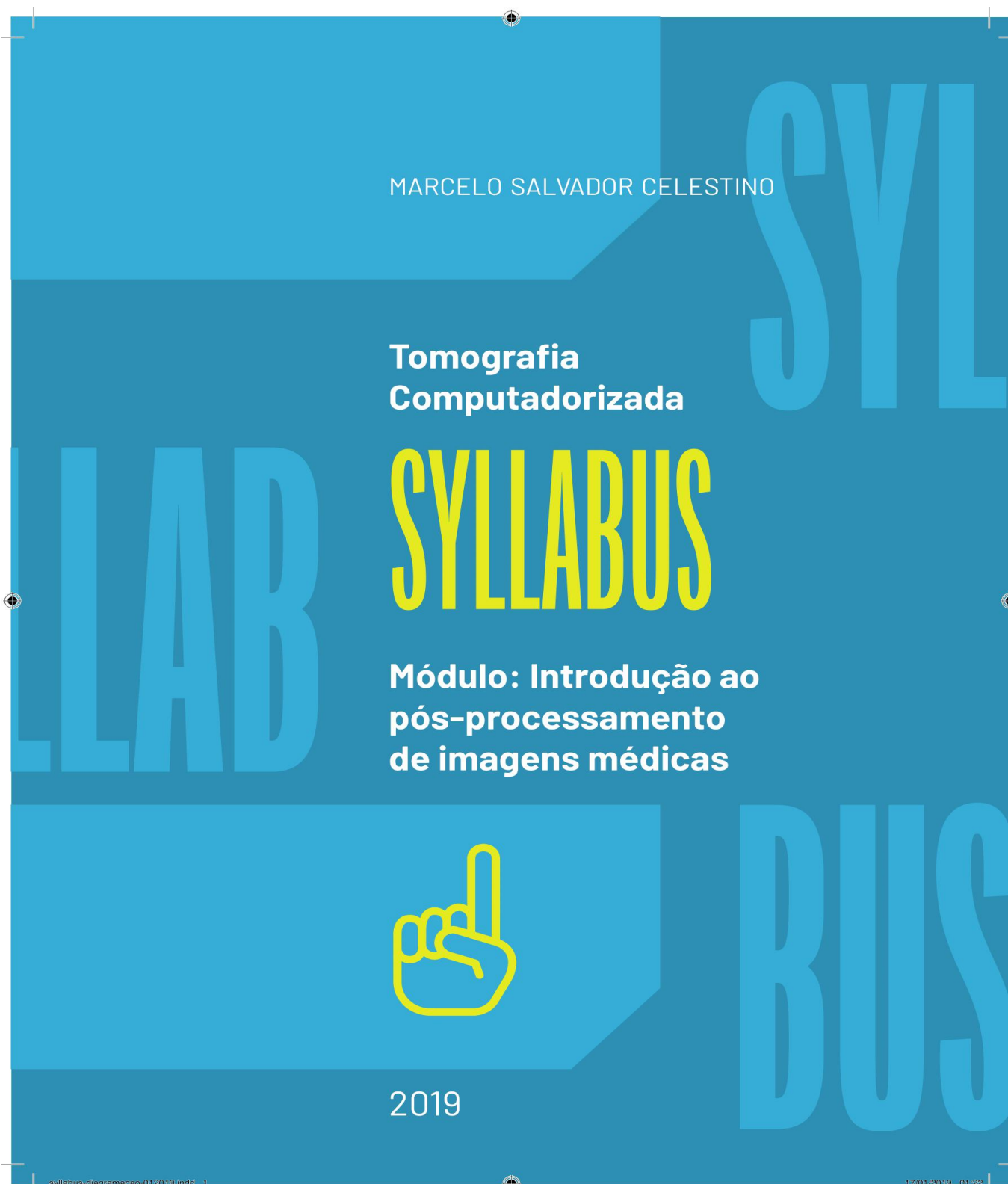
Figura 52 – Osso esterno em 3D

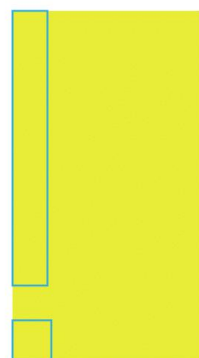
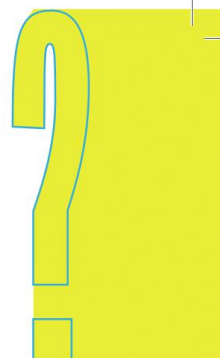
Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Osso esterno visto em 3D após o uso da ferramenta *Growing*. Em A tem-se a vista AP (ântero-posterior), em B tem-se o P (perfil).

APÊNDICE III

Neste Apêndice será apresentada a versão gráfica (piloto) do *Syllabus* desenvolvido durante este trabalho. Foram suprimidas as páginas em branco.





MARCELO SALVADOR CELESTINO

**Tomografia
Computadorizada**

SYLLABUS

**Módulo: Introdução ao
pós-processamento
de imagens médicas**



2019

Carga-horária: 18h.

Encontros: 6 aulas.

Horário: a definir.

Pré-requisitos: ser maior de 18 anos, ter concluído o ensino médio, ser aluno de curso técnico ou de tecnologia em Radiologia ou profissional atuante na área, ter conhecimento em anatomia humana e anatomia por imagens seccionadas em Tomografia Computadorizada (TC), conhecimento básico em informática, desejável conhecimento básico em inglês e espanhol, interesse em utilizar mídias digitais e sociais, realizar as leituras e assistir aos vídeos recomendados previamente.

Objetivo: introduzir o estudante à prática simulada de pós-processamento em TC, reproduzindo a atuação da prática profissional.

Expectativa: ao final do curso, o estudante conhecerá de maneira introdutória e terá habilidades “práticas” nas principais ferramentas, que podem ser encontradas de maneira muito similar nas diversas estações de trabalho, como por exemplo:

- Compreender os conceitos gerais de pós-processamento de imagens;
- Utilizar ferramentas básicas de pós-processamento;
- Compreender e aplicar as principais técnicas de reformatação e reconstrução, como por exemplo, volume rendering (VR), reconstrução multiplanar (MPR), máxima intensidade de projeção (MIP), mínima intensidade de projeção (MinIP);
- Reformatar imagens em diferentes planos;
- Mudar o filtro de imagens;
- Recortar e limpar imagens.

Professor responsável: Marcelo Salvador Celestino.
marcelo.salvador@unesp.br

Design de capa, gráfico e diagramação: Matheus dos Santos Gonçalves
Email: goncalvesmats@gmail.com
Portfólio: be.net/fiogoncalves

ATIVIDADES PREPARATÓRIAS INICIAIS

- Orientações gerais: antes de iniciar este curso, é recomendado que realize as atividades preparatórias descritas na página 10. Isso irá fornecer uma base de conhecimento que será necessário na 1ª aula do curso. Os alunos serão incluídos em um grupo de WhatsApp para esclarecimentos de dúvidas e compartilhamento de informações, como os links para acessar os vídeos e aplicativos, e compartilhamento de material em PDF. Caso o aluno não tenha WhatsApp, as dúvidas poderão ser enviadas diretamente ao professor pelo e-mail.
- Objetivo: construir os conceitos iniciais de pós-processamento de imagens e permitir que o aluno se familiarize com a interface do *software*.

ATIVIDADES PREPARATÓRIAS PARA A AULA 1

Atividade	 Leitura	 Video	 Aplicativo
	Jang (2007, p.43-51) Romans (2010, p.81 - 92)	HenryRX (2011) Castro (2017a) Castro (2017b) Castro (2017c) Autores livres	MD Toolkit (2018)
Disponibilidade	Título	YouTube	Google Play Store
	PDF		
Roteiro/Tempo	- Ler 2 páginas por dia de cada capítulo, o 40 minutos total de leitura lenta, anotando as dúvidas e pesquisando os termos desconhecidos; - Após finalizar a leitura integral do capítulo, rere ler cada capítulo inteiro diariamente até o dia da aula (organizar para 5 dias, levando em conta 2 dias do final de semana).	Assistir aos vídeos até o dia da aula, até que se tenha uma boa compreensão do conteúdo. Pesquisar e assistir no YouTube vídeos com as palavras-chaves 3D, VR e Tomografia Computadorizada.	Explorar o aplicativo para compreensão das diferentes vistas de imagem. Tempo livre.

PARTE DA AULA

RELEMBRAR, ENTENDER E FIXAR O CONHECIMENTO

DURAÇÃO: 1H30



Perguntas:

- O que eu aprendi sobre o assunto?
- Qual a finalidade do pós-processamento em imagens médicas?

Estratégias:

- Retomada das palavras-chave em voz alta;
- Aula expositiva/demonstrativa sobre o material estudado;
- Redação de um texto em que o aluno explique cinco pontos livres e relevantes do conteúdo estudado.

PARTE DA AULA

RELEMBRAR, ENTENDER E FIXAR O CONHECIMENTO

DURAÇÃO: 1H30



Perguntas:

- De que maneira posso utilizar o *software* para o pós-processamento de imagens?
- Qual a finalidade das técnicas estudadas previamente: 3D VR, MPR, MIP e MinIP?
- Qual a função dos filtros de imagem?
- Quais são os planos de imagem utilizadas no MPR?

Estratégias:

- Explicação da interface do *software* simultaneamente ao aluno;
- Demonstração passo a passo para realização simultânea pelos alunos das técnicas:
 - 3D VR (e os fluxos de diferentes de trabalho);
 - MPR;
 - MIP;
 - MinIP.

ANALISAR E REPETIR

ATIVIDADES PARA A SEMANA DE TREINAMENTO



Perguntas:

- Os resultados atingidos por mim são parecidos com o estudado?
- Estou seguindo o passo a passo?
- O que poderia ser melhorado?

Estratégias:

- Treinamento autônomo e diário;
- Treino diário por 30 minutos;
- Escrita do passo a passo de cada técnica, em forma de fluxograma ou mapa mental;
- Revisar o conteúdo da semana preparatória.

PARTE DA AULA

HIPOTETIZAR, ANALISAR E APLICAR

DURAÇÃO: 1H30

2

Perguntas:

- Quais conceitos eu preciso lembrar?
- Qual a relação do aprendido com a prática?
- Quais conceitos precisam ser lembrados da minha formação de base?
- O que aconteceria se eu aplicasse a técnica ***

Estratégia:

- Aula demonstrativa/atividade prática.

***substituir por cada uma das técnicas estudadas

PARTE DA AULA

HIPOTETIZAR, ANALISAR E APLICAR

DURAÇÃO: 1H30

2

Perguntas:

- O resultado da imagem condiz com o enunciado da(s) questão(ões) proposta(s)?
- O resultado teria valor diagnóstico para o médico radiologista?
- Eu seria capaz de aplicar o conhecimento adquirido na prática?

Estratégias:

- Roda de discussões;
- Elaborar um texto.

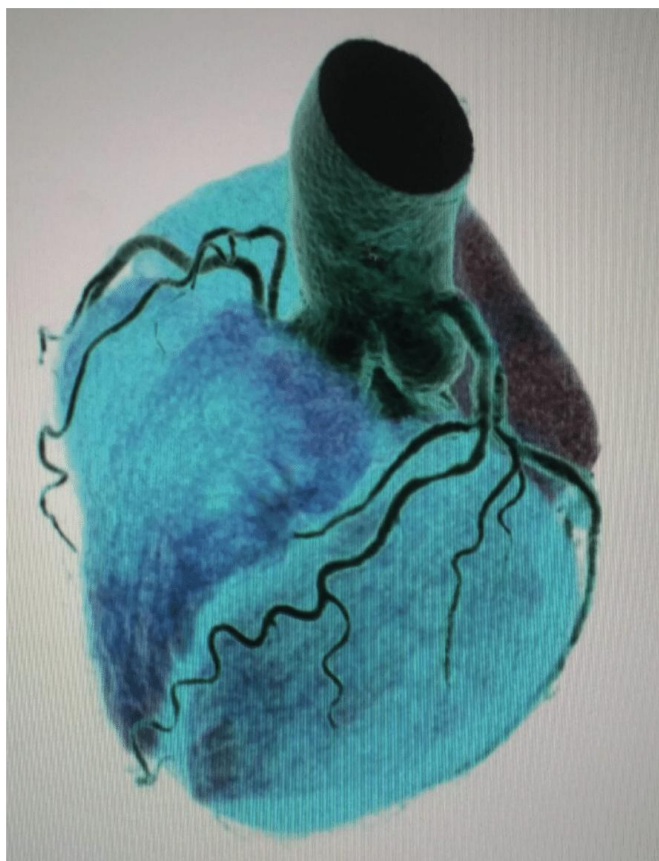
AULA 2

13

ATIVIDADES PREPARATÓRIAS PARA A AULA 3

Objetivo: revisar o conteúdo aprendido sobre uma nova óptica, fundamentar e ampliar o conhecimento a ser trabalhado em sala de aula. Após cada leitura, acompanhar e reproduzir o passo a passo do manual no <i>software</i> .			
Atividade	Leitura e prática	 	
Título	Amorim et al. (SD, p.35 - 40) capítulo 4	Amorim et al. (SD, p.41 - 61) - capítulo 5	
Disponibilidade	PDF/ <i>Software</i>  	PDF/ <i>Software</i>	
Roteiro/Tempo	 1º DIA Ler as 5 páginas em um dia tempo 30 minutos.	 2º DIA Ler os itens 5.1 a 5.4 3 x cada.	 3º DIA 3º dia - ler os itens 5.5 a 5.7 - 3 x cada.
		 4º DIA 4º dia - ler os itens 5.8 a 5.95 - 3 x cada.	 5º DIA 5º dia - ler os itens 5.96 e 5.97 - 3 x cada, e realizar uma leitura geral dos capítulos 4 e 5.

14



Fonte: elaborado por Raphael Vieira Rodrigues (2018)



PARTE DA AULA

RELEMBRAR, ENTENDER E FIXAR O CONHECIMENTO

DURAÇÃO: 1H30



Perguntas:

- O que eu aprendi sobre o assunto?
- Minhas habilidades com o *software* melhoraram?
- Quais são as semelhanças e diferenças como que eu já havia estudado?

Estratégias:

- Retomada das palavras-chave dos capítulos 4 e 5 em voz alta;
- Roda discussões para os alunos relatarem suas experiências de treinamento autônomo;
- Comentário sobre as imagens compartilhadas no grupo do WhatsApp;
- Aula expositiva/demonstrativa sobre o material estudado;
- Redação de um texto em que o aluno explica 5 pontos livres e relevantes do conteúdo estudado.



AULA 3

16

PARTE DA AULA

RELEMBRAR, ENTENDER E FIXAR O CONHECIMENTO

DURAÇÃO: 1H30

2

Perguntas:

- Quais as formas de ajustes de imagem?
- Para quê serve a correspondência entre as orientações de imagem?
- O que é a interpolação de imagens?
- Quais seria exemplos de valores de brilho e contraste?

Estratégias:

- Explicação da interface do *software* simultaneamente ao aluno;
- Demonstração passo a passo para realização simultânea pelos alunos das técnicas:
 - Ajustes de imagem: espelhar, trocar o eixo, rotacionar, ampliar ou diminuir imagem inteira ou parte dela (zoom), mover imagem.
 - Manipulação de imagens 2D (retomando e acrescentando):
 - MPR e orientações de imagem;
 - Interpolação de imagem;
 - Janelas (brilho e contraste);
 - Pseudocor;
 - Projeções: Normal, MIP (MaxIP), MinIP, MeanIP, MIDA, Contorno MaxIP, Contorno MIDA.

ATIVIDADES PREPARATÓRIAS PARA A AULA 3

Objetivo: treinamento prático do conteúdo estudado, estudos do conteúdo novo.

Atividade



Treinamento

Título



Prática

Amorim et al. (SD, p.62 - 85) - capítulos 6 e 7

Disponibilidade



Software



PDF



PARTE DA AULA

RELEMBRAR, ENTENDER E FIXAR O CONHECIMENTO

DURAÇÃO: 1H30

?

Perguntas:

- Até o presente momento, em uma escala de 1 a 5, qual foi meu grau de comprometimento com o estudo proposto?
- Quais são meus pontos fortes e fracos?
- Qual ou quais assuntos preciso revisar?
- Estou apto a realizar as atividades práticas propostas?

Estratégias:

- Retomada das palavras-chave do capítulo 6 em voz alta;
- Aula expositiva/demonstrativa sobre o material estudado;
- Retomada das palavras-chave desde o 1º capítulo estudado;
- Redação de um texto em que o aluno explica 2 pontos livres e relevantes de todo o conteúdo estudado.



Aplicação do MinIP em um exame do tórax, na reconstrução de janela para mediastino, vista no plano coronal. Esta técnica é utilizada para estudo da traqueia, e também para evidenciar áreas de enfisema pulmonar, quando presentes.

AULA 4

Fonte: elaborado pelo autor (2018)

20



PARTE DA AULA

RELEMBRAR, ENTENDER E FIXAR O CONHECIMENTO

DURAÇÃO: 1H30

2

Perguntas:

- Qual a relação das densidades do corpo humano com os recursos de segmentação?
- Quais as finalidades das operações booleanas ao se trabalhar com máscaras?

Estratégias:

- Explicação da interface do *software* simultaneamente ao aluno;
- Demonstração passo a passo para realização simultânea pelos alunos das técnicas:
 - Limiar (*threshold*);
 - Segmentação manual;
 - *Watershed*;
 - Crescimento de região (*growing*);
 - Operações booleanas, limpeza das máscaras, fechar buracos manualmente e automaticamente, remover e selecionar partes, cortar.
- Orientação para estudo dirigido.



PARTE DA AULA

RELEMBRAR E OBSERVAR

DURAÇÃO: 1H30

Atividades:

- Retomada das palavras-chaves - 30min;
- Demonstração prática rápida pelo professor (todo o conteúdo, alunos assistem) - 1h.



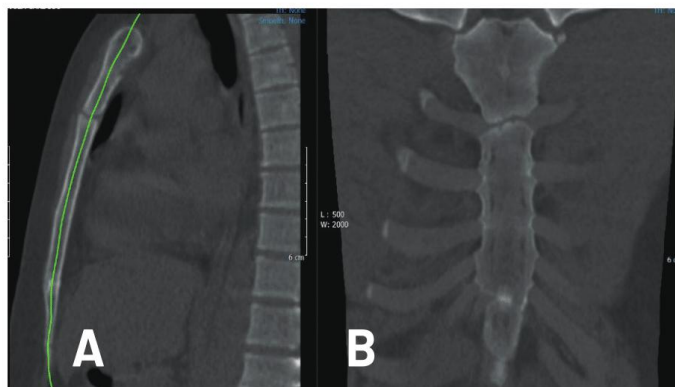
PARTE DA AULA

HIPOTETIZAR, ANALISAR E APLICAR

DURAÇÃO: 1H30

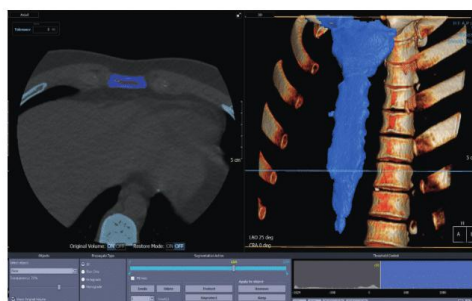
Atividades:

- Simulado escrito com 5 questões fechadas, 2 questões abertas - 45min;
- Simulado prático com 3 exercícios - 45min.



Curved MPR (reformatação multiplanar curva) realizado no osso esterno. Em A vê-se a linha verde contornando a estrutura na vista sagital, e em B tem-se o osso já reformatado visto no plano coronal "verdadeiro".

Fonte: elaborado pelo autor (2018)



Uso da ferramenta de segmentação growing. Esta ferramenta seleciona a estrutura óssea que se pretende destaca de outras estruturas. Após a aplicação da ferramenta, o osso selecionado (em azul) pode ser destacado e avaliado individualmente.

Fonte: elaborado pelo autor (2018)



Osso esterno visto em 3D após o uso da ferramenta growing. Em A tem-se a vista AP (ântero-posterior), em B tem-se o P (perfil).

Fonte: elaborado pelo autor (2018)

PANORAMA GERAL

Semana preparatória	Leitura do conteúdo preparatório	Metodologia	Estratégias/objetos de aprendizagem
	Introdução ao pós-processamento e ambientação	Aprendizagem conceitual autônoma; aprendizagem por descoberta	Leitura de textos, vídeos no YouTube, aplicativo, WhatsApp
Aula 1	Lição 1	Lição 2	Lição 3
	Introdução ao pós-processamento de imagens tomográfica	Reformatação multiplanar	MIP e MinIp
Semana de treinamento	Lição 4	Lição 5	
	3D VR	Introdução aos filtros em Tomografia Computadorizada	
	Treinamento autônomo/reforço	Estratégias/objetos de aprendizagem	
	Revisão e prática repetitiva do conteúdo da aula 1 e semana preparatória.	Leitura de textos, vídeos no YouTube, aplicativo, WhatsApp	

Aula 2	Aula demonstrativa	Revisão	Atividades práticas
	Exposição prática do conteúdo item a item	Produção textual	Reprodução da exposição prática
Semana preparatória	Leitura do conteúdo preparatório	Metodologia	Estratégias/objetos de aprendizagem
	Revisão e prática repetitivo conteúdo da aula 2	Aprendizagem conceitual autônoma; aprendizagem por descoberta	Leitura de textos, vídeos no YouTube, aplicativo, WhatsApp

Semana preparatória	Leitura do conteúdo preparatório	Metodologia	Estratégias/objetos de aprendizagem
	Revisão e prática repetitivo conteúdo da aula 2	Aprendizagem conceitual autônoma; aprendizagem por descoberta	Leitura de textos, vídeos no YouTube, aplicativo, WhatsApp
Aula 3	Atividade 1	Lição 1	Lição 2
	Produção de texto - revisional	3D VR e fluxos de trabalho	MPR
	Lição 3	Lição 4	Lição 5
	Orientações e correlação das vistas	Mover, rotacionar e zoom	Janelas
	Lição 6	Lição 7	Estratégias/objetos de aprendizagem
	Pseudocor	Tipo de projeção (MIP, MiniP, normal, MaxIP, MeanIP, MIDA, contorno MaxIP e contorno MIDA)	Atividades práticas individuais



Aula 4	Atividade 1	Lição 1	Lição 2
	Produção de texto - revisional	Limiar	Segmentação manual
	Lição 3	Lição 4	Lição 5
	Watershed	Crescimento da região	Operações booleanas
	Lição 6	Estudo dirigido	Estratégias/objetos de aprendizagem
	Máscaras (limpeza das máscaras, fechar buracos manualmente e automaticamente, remover e selecionar partes, cortar)	Orientações para revisão	Atividades práticas individuais
Semana preparatória	Treinamento autônomo/reforço	Metodologia	Estratégias/objetos de aprendizagem
	Revisão e prática livre individualizada	Treinamento por repetição	Leitura de textos, vídeos no YouTube, WhatsApp, software

Aula 5	Revisão/plantão de dúvidas	Simulado	
	Aula expositiva e demonstrativa	Aplicação de simulado - atividade escrita e prática	
Semana preparatória	Treinamento autônomo/reforço	Metodologia	Estratégias/objetos de aprendizagem
	Revisão e prática livre individualizada	Treinamento por repetição	Leitura de textos, vídeos no YouTube, WhatsApp, software
Aula 6	Feedback	Avaliação final	Aplicação de survey
	Considerações finais sobre o curso	Aplicação de avaliação, escrita e prática	Feedback dos alunos sobre o curso

Reformatação curva (Curved MPR)
de ureter saem contraste



Fonte: elaborado pelo autor (2018)

METODOLOGIA DA SYLLABUS

Elementos trabalhados	Pontos chave, teorização	Relembrar, entender, aplicar	Analisar e repetir	Simular, aplicar, avaliar
Atividades	Semanas preparatórias	Início de cada aula	Treinamento individual fora da sala de aula	Atividades práticas, avaliações
Benefícios	Aprendizagem autônoma, aprendizagem por descoberta	Memorização, fixação	Percepção, reforço	Consolidar o conhecimento, diagnosticar falhas de aprendizagem, preparo para a prática

CONSIDERAÇÕES GERAIS PARA O DOCENTE

Para a aplicação deste plano syllabus, será necessário um laboratório de informática, com disponibilidade de computadores ou notebooks pessoais, com a configuração mínima: sistema operacional Windows 7, 8 ou 10, Memória de 4GB, espaço livre de 50GB, acesso à internet e entrada USB ou unidade CD/DVD. Deverá ser realizado o download da versão mais atualizada do software InVesalius (INVESALIUS, 2018c), 32-Bit ou 64-Bit, de acordo com o computador disponível, e do manual do usuário do software (CTIRA, SD).

As imagens a serem trabalhadas serão selecionadas e inseridas pelo professor, podendo utilizar fontes diversas. Também deverá ser disponibilizado aos alunos uma cópia deste syllabus, que poderá ser impresso ou em formato PDF, bem como uma planilha para controle de atividades diárias, ou serão orientados a anotar as atividades realizadas em App a ser escolhido no celular.

REFERÊNCIAS

- AMORIM *et al.* **Software InVesalius**: guia do usuário. SD.
Disponível em: <ftp://ftp.cti.gov.br/pub/dt3d/invesalius/files/user_guide_pt_BR_v3.1.1.pdf>. Acesso em: 25 ago 2018.
- CASTRO, T. **MIP e MinIP na Tomografia Computadorizada (TC)**. 2017a.
Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=uumuLzs9UtQ>>. Acesso em: 23 ago. 2018.
- CASTRO, T. **Como utilizar os algoritmos e filtros na Tomografia Computadorizada?** 2017b.
Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=-Q3sUD5PiT4>>. Acesso em: 23 ago. 2018.
- CASTRO, T. **Erros Comuns com Algoritmos e Filtros**. 2017c.
Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5Wg49LEk8Lg>>. Acesso em: 23 ago. 2018.
- CENTRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO RENATO ARCHER (CTIRA). **Software InVesalius**: guia do usuário. [sd]. Disponível em: <ftp://ftp.cti.gov.br/pub/dt3d/invesalius/files/user_guide_pt_BR_v3.1.1.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2018.
- HENRYRX. **MPR Reformateo Multiplanar**. 2011.
Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=hUAAc2h9X3A>>. Acesso em: 23 ago. 2018.
- INVESAILUS. **Download InVesalius**. 2018c. Disponível em: <<https://www.cti.gov.br/pt-br/invesalius>>. Acesso em: 21 ago. 2018.
- JANG, J. J. Imaging post-processing in CT. In: MUKERJEE, D.; RAJAGOPALAN S. **Angiography of Peripheral Circulation: Pratical Approach with Clinical Protocols**. Informa Healthcare, London: 2007. Cap. 4, p. 43-51.
- ROMANS, L. E. **Computed Tomography for Technologists: A Comprehensive Text**. London: Volters Kluve Lippincott Williams & Wilkins, 2010.

O pós-processamento de imagens em Tomografia Computadorizada, no que tange o papel do Técnico ou Tecnólogo em Radiologia, ou ainda outro profissional que atue operacionalmente em tal modalidade diagnóstica, tem como objetivo a aplicação de técnicas e recursos para conferir maior visibilidade das estruturas anatômicas e patológicas em cada estudo individualmente, contribuindo para o diagnóstico por parte dos médicos radiologistas, e facilitando a documentação de imagens.

Este programa foi elaborado e desenvolvido por Marcelo Salvador Celestino como parte da dissertação de mestrado "Aplicabilidade de softwares de simulação para o ensino de Tomografia Computadorizada para Técnicos e Tecnólogos em Radiologia", sob orientação da profa. Adj^a Vânia Cristina Pires Nogueira Valente, e co-orientação do prof. Dr. Matheus Alvarez, no Programa de Pós-Graduação em Mídia e Tecnologia (PPGMiT) da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação (FAAC) pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho (UNESP).

?

SVL

!