CURSO DE BACHARELADO EM BIOMEDICINA

ALESSANDRA HONORATO DE SOUZA

A EVOLUÇÃO DA IMAGINOLOGIA E ATUAÇÃO BIOMÉDICA NA ÁREA

Apucarana

2022

ALESSANDRA HONORATO DE SOUZA

A EVOLUÇÃO DA IMAGINOLOGIA E ATUAÇÃO BIOMÉDICA NA ÁREA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Biomedicina da Faculdade de Apucarana – FAP, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Biomedicina.

Orientador: Prof. Especialista Carlos Henrique Przybysz.

Apucarana

2022

ALESSANDRA HONORATO DE SOUZA

A EVOLUÇÃO DA IMAGINOLOGIA E ATUAÇÃO BIOMÉDICA NA ÁREA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Biomedicina da Faculdade de Apucarana – FAP, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Biomedicina, com nota final igual a _____, conferida pela Banca Examinadora formada pelos professores:

COMISSÃO EXAMINADORA

_____

Prof. Esp. Carlos Henrique Przybysz
Faculdade de Apucarana

_____

Prof. Esp. Marcelo Emygdio dos Santos
Faculdade de Apucarana

_____

Profª. Ma. Vera Lucia Delmonico Vilela
Faculdade de Apucarana

Apucarana, ___ de _____ de 2022.

O limite é uma fronteira criada só na mente ...

AGRADECIMENTOS

Agradeço por todos os obstáculos que Deus coloca em meu caminho, pois quando chego ao topo da montanha, reconheço na paisagem o que ele queria me ensinar.

Vida, gratidão a você que nunca me recusou amor, apoio e incentivo. Todo o amor do meu coração a ti, por compartilhar os inúmeros momentos de ansiedade, estresse e compreensão mesmo com minha ausência em diferentes momentos. Sem você ao meu lado isso aqui não seria concluído.

Sou extremamente grata a todos os meus professores que me ajudaram no meu progresso acadêmico, especialmente ao Carlão, Marcelo, Vera e Rafaela que foram os responsáveis por orientar meu trabalho, dedicando e partilhando conhecimento para somar em minha vida. Obrigada por esclarecer inúmeras dúvidas e serem tão gentis e pacientes.

A todos os meus amigos do curso de graduação que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos.

Agradeço a minha tia Jane, heroína que me deu suporte, incentivo nas horas difíceis que compartilhamos, de desânimo e exaustão.

E por último, mas não menos importante, obrigada mamãe por todo esforço, reconhecimento, e dividir o mesmo sonho tornando hoje isso possível, te amo por toda vida!

“[...]Que o tempo ruim vai passar, é só uma fase

Que o sofrimento alimenta mais a sua coragem[...]”.

Racionais Mc’s

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Primeira radiografia da história (mão de Anna Bertha).....12
Figura 2 - Principais contribuintes para a história da imaginologia.....13
Figura 3 - Experimento de Röntgen.....20
Figura 4 - Princípio da tomografia.....21
Figura 5 - Gerações da TC.....23
Figura 6 - Princípios da RM.....24
Figura 7 - Tonalidades de RX.....25
Figura 8 - Índice de densidade da TC 26
Figura 9 - Demonstrativo de densidade da TC 26
Figura 10 - Comparação dos métodos de TC com RM 28
Figura 11 - Medicina Nuclear 29
Figura 12 - Radiofármaco e corregistro 31
Figura 13 - Aerofotogrametria: conceitos básicos 35
Figura 14 - Primeiros aparelhos de imaginologia 36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Orientação de visualização da imagem de TC 27
Tabela 2 – Ponderação ressonância magnética 29

LISTA DE SIGLAS

SIGLA **SIGNIFICADO**

3T..... **3** TESLA
CRBM..... CONSELHO REGIONAL DE BIOMEDICINA
EPI..... IMAGEM ECO-PLANAR
RX.....RAIO-X
RM.....RESSONÂCIA MAGNÉTICA
TC.....TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA
MN.....MEDICINA NUCLEAR
SNC.....SISTEMA NERVOSO CENTRAL
PET-CT.....TOMOGRAFIA POR EMISSÃO DE PRÓTONS – TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA
PET-RM .....TOMOGRAFIA POR EMISSÃO DE PRÓTONS – RESSONÂNCIA MAGNÉTICA
PET SCAN.....TOMOGRAFIA POR EMISSÃO DE PRÓTONS
DAEP.....DIREITA, ANTERIOR, ESQUERDA, POSTERIOR
FDG.....FLUORDEOXIGLICOSE
HU.....ESCALA DE HOUNSFIELD

SUMÁRIO

1.1. IMPORTANCIA DA EVOLUÇÃO DA IMAGINOLOGIA 11
1.2. COMPREENSÃO DA ATUAÇÃO BIOMÉDICA NA IMAGINOLOGIA 13
1.3. PRINCÍPIOS FÍSICOS E TÉCNICOS DOS EXAMES 20
1.3.1. Princípios físicos do Raio-X (RX) 20
1.3.2. Princípios físicos da Tomografia Computadorizada (TC) 20
1.3.3. Princípios físicos da Ressonância Magnética (RM) 23
1.4. METODOLOGIA DE IMAGEM 24
1.4.1. Método comum RX 24
1.4.2. Método comum TC 25
1.4.3. Método comum RM 27
1.5. Medicina Nuclear (MN) 29
1.5.1. PET-CT 30
1.5.2. PET-RM 30
REFERÊNCIAS 32
RESUMO 34
ABSTRACT 34
2. INTRODUÇÃO 34
3. OBJETIVOS 37
4. METODOLOGIA 38
5. RESULTADOS 38
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 41
REFERÊNCIAS 42

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1. IMPORTANCIA DA EVOLUÇÃO DA IMAGINOLOGIA

O começo da imaginologia inicia-se em 1895 com a descoberta dos raios-X, pelo cientista Wilhelm Conrad Roentgen (figura 2, a), reitor da Universidade Wurzburg, na Alemanha, onde realizou experimentos em seu laboratório doméstico depois que voltou do trabalho. Apesar da fundamentação científica de sua pesquisa, foi um acidente que possibilitou a descoberta dos raios-X (JORNAL BRASILEIRO DE PATOLOGIA E MEDICINA LABORIATORIAL, 2009).

Como muitos físicos da época, o professor Röntgen pesquisava o tubo de raios catódicos inventado pelo inglês William Crookes (1832-1919) alguns anos antes. Era um tubo de vidro dentro do qual um condutor metálico aquecido emitia elétrons, então chamados raios catódicos, em direção a outro condutor (JORNAL BRASILEIRO DE PATOLOGIA E MEDICINA LABORIATORIAL, 2009).

Quando Röntgen ligou o tubo naquele dia 8 de novembro, algo inusitado aconteceu: perto do tubo, uma placa de um material fluorescente chamado platino cianeto de bário brilhou. Ele desligou o tubo e o brilho sumiu. Ligou de novo e lá estava novamente o brilho. A luminosidade persistiu mesmo quando Wilhelm Röntgen colocou um livro e uma folha de alumínio entre o tubo e a placa. Algo saía do tubo, atravessava barreiras e atingia o platino cianeto. Por seis semanas o físico viveu em seu laboratório buscando entender que acontecimento era aquele e o que podia explicá-lo (JORNAL BRASILEIRO DE PATOLOGIA E MEDICINA LABORIATORIAL, 2009).

No dia 22 de dezembro do mesmo ano o professor alemão conseguiu que a radiação atravessasse por 15 minutos a mão de sua mulher, Bertha, atingindo, do outro lado, uma chapa fotográfica. Revelada a chapa, nela podiam ser vistas as sombras dos ossos de Bertha (figura 1), e esta é considerada a primeira radiografia da história. Fascinado, mas ainda confuso, o professor Röntgen decidiu chamar os raios de "X" - símbolo usado em ciência para designar o desconhecido. Assim nasceu o aparelho de raios-X que revolucionou a ciência desde então (JORNAL BRASILEIRO DE PATOLOGIA E MEDICINA LABORIATORIAL, 2009).

Figura 1 – Primeira radiografia da história (mão de Anna Bertha)

Fonte: Á PALA DE WASH

Com o passar do tempo, o diagnóstico radiológico teve um avanço tecnológico significativo, com o desenvolvimento de dispositivos de maior potência e qualidade, resultando em melhor aproveitamento da radiação. Um dos momentos mais significativos dessa evolução foi a introdução do computador, que foi utilizado para realizar cálculos matemáticos baseados na intensidade dos fótons de raios-X (INCURSOS, 2019).

Hounsfield (figura 2, b) em 1972, apresentaram um novo método de usar radiação para medir descontinuidades de densidade, obtendo imagens, inicialmente do cérebro, com o objetivo de fazer diagnósticos. Usando este método, que vem sendo desenvolvido nos últimos doze anos, várias velocidades de transmissão de fótons de raios-X foram medidas em vários ângulos, e os coeficientes de absorção para vários materiais foram calculados por um computador e exibidos em uma tela como pontos de luz variados do preto ao branco. Os pontos formavam uma imagem que correspondia a um corte axial do cérebro, que poderia ser estudado ou fotografado para avaliação posterior (INCURSOS, 2019).

Raymond Damadian (figura 2, c) demonstrou em 1971 que existe uma diferença no tempo de relaxamento de vários tecidos e tumores, levando os cientistas a verem a RM como um método significativo de detecção de doenças. O RM foi introduzido em 1973 por Paul Lauterbur, no mesmo ano em que Hounsfield introduziu a tomografia computadorizada. Richard Ernst propõe o teste RM em 1975, usando codificação de fase e frequência e transformação de Fourier. Esta é a base da técnica atual de RM. Pouco depois, em 1977, Raymond Damadian apresentou o RM, que foi apelidado de Ressonância Nuclear Magnética com foco no campo. Durante o mesmo ano, Peter Mansfield

desenvolveu a tecnologia eco-planar (EPI). Esta técnica originou-se em imagens de vídeo (30 ms/imagem) muitos anos depois. Edelstein e colaboradores apresentaram imagens do corpo utilizando a técnica de Ernst em 1980, que correspondia à aquisição de uma única imagem em aproximadamente 5 minutos (INCURSOS, 2019).

Figura 2 – Principais contribuintes para a história da imaginologia

Fonte: THIS MONTH IN PHYSICS HISTORY Fonte: SMITHSONIAN MAGAZINE Fonte: AFFORDABLE

A – Wilhelm Konrad Röntgen (1845-1923), B – Godfrey Hounsfield (1919 - 2004), C – Raymond Damadian (1932 - 2002).

A radiologia teve uma evolução significativa a partir das décadas de 1970 e 1980, graças a importantes avanços tecnológicos e científicos que permitiram diagnósticos muito mais precisos. Desde então, a radiologia ganhou destaque na prática médica. A introdução de novos métodos de diagnóstico tais como ultrassonografia, mamografia digital, densitometria óssea, tomografia computadorizada, PET-CT e PET-RM, ressonância magnética 3T (referência ao campo de magnetismo do aparelho) e radiologia digital, fez surgir uma “nova” especialidade, a imaginologia. Este conjunto de técnicas que fornecem ao médico uma imagem visual das diversas partes do corpo humano, qualquer que seja a radiação ou a onda utilizada para a exploração do paciente (FENELON, 2008).

1.2. COMPREENSÃO DA ATUAÇÃO BIOMÉDICA NA IMAGINOLOGIA

Atualmente, destaca-se a crescente conscientização para que as diferentes áreas do conhecimento se integrem em prol do bem comum da sociedade, por meio de uma atuação multidisciplinar (VALENTIM; KRUEL, 2007).

Dentre os profissionais da saúde, encontra-se o biomédico, cuja regulamentação da profissão se deu pela Lei n.o 6.684, de 03 de setembro de 1979. Segundo o Art. 4o da referida lei, ao biomédico compete atuar em equipes de saúde, a nível tecnológico e nas atividades complementares de diagnósticos (COSTA; TRINDADE; PEREIRA, 2010).

Considerações sobre as habilitações do Ministério da educação - MEC, amparado no Parecer CNE/CES 104, de 13 de março de 2002, publicou a Resolução CNE/CES nº 23, de 18 de fevereiro de 2003, que institui as diretrizes curriculares do curso de Biomedicina.

Esses documentos delineiam o perfil técnico-profissional e gerencial desejado dos egressos de Biomedicina.

Na definição do MEC, biomédico é o egresso/profissional com formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, para atuar em todos os níveis de atenção à saúde, com base no rigor científico e intelectual, dentro dos mais altos padrões de qualidade e dos princípios da ética/bioética.

Com base nesses documentos, o Conselho Federal de Biomedicina – CFBM passou a sistematizar as habilitações (especialidades ou áreas de atuação) do Biomédico, definindo suas nomenclaturas.

O Biomédico pode acumular habilitações. Tudo começa na graduação, onde ele tem de cumprir obrigatoriamente estágio supervisionado em no mínimo 1(uma) especialidade, mas, há instituições de ensino onde o graduando pode estagiar em várias delas, respeitadas as 500(quinhentas) horas mínimas por área.

Depois da graduação, o Biomédico pode ampliar suas competências realizando cursos de especialização, mestrado ou doutorado cuja grade curricular tenha o perfil de determinada habilitação ou, ainda, através das atividades desenvolvidas por biomédicos com carga horária de formação inferior a 360 horas, como as Práticas Integrativas e Complementares em Saúde (PICS).

Para atuar em certa área, não basta apenas possuir o diploma/certificado e o histórico escolar. Tais documentos, entre outros, devem ser apresentados ao Conselho Regional de Biomedicina, que oficializará o campo de atuação do egresso, concedendo a habilitação, conferindo legitimidade ao exercício profissional.

O decreto nº 88.439 de 28 de junho de 1983, no artigo 1º cita: “Art. 1º O exercício da profissão de biomédico somente será permitido ao portador de Carteira de Identidade Profissional, expedida pelo Conselho Regional de Biomedicina da respectiva jurisdição”, portanto a inscrição profissional é obrigatória para o exercício legal da Biomedicina. Praticar a Biomedicina sem estar regularmente inscrito no sistema CFBM/ CRBM ou sem possuir habilitação

na área em que estiver efetivamente atuando é ilícito do ponto de vista ético, disciplinar e penal. O infrator sofrerá as sanções previstas no código de ética da profissão4 e no código penal 5, depois do devido processo administrativo e/ou penal.

De acordo com o art. 1o, § 1o, da Resolução no 78/CFBM, de 29/4/2002, o art. 2o, § 1o, da Resolução no 83/CFBM, de 29/4/2002, o art. 1o, da Resolução no 124/CFBM, de 16/6/2006, o art. 1o, da Resolução no 140/CFBM, de 4/4/2007, o art. 1o, da Resolução no 145/CFBM, de 30/8/2007, e o art. 1o, da Resolução no 184/CFBM, de 26/8/2010, o Biomédico pode atuar nos seguintes campos: patologia clínica (análises clínicas), coleta de material biológico, biofísica, parasitologia, microbiologia e virologia, imunologia, hematologia, bioquímica, banco de sangue, fisiologia geral e humana, saúde pública, radiologia, imaginologia, análises bromatológicas, microbiologia de alimentos, histologia humana, anatomia patológica, citologia oncótica, análise ambiental, acupuntura, genética, embriologia, reprodução humana, biologia molecular, farmacologia, psicobiologia, informática da saúde, sanitarista, toxicologia, perfusão extracorpórea, auditoria, docência e pesquisa, indústria e comércio. (CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA)

A declaração do Biomédico está prevista na Constituição cerca 6.684, através 1979, remoto dispõe o inciso III, do art. 5° desta Constituição do Biomédico, sem prejuízo do exercício das mesmas atividades por outros profissionais igualmente habilitados na forma da legislação específica, poderá atuar, sob supervisão médica, em serviços de radiodiagnóstico. (CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA)

O CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA – CFBM, criada pela Lei Federal nº. 6.684/79, modificada pela Lei Federal nº.7.017/82, ambas regulamentadas pelo Decreto nº. 88.439/83, através de seu presidente, no uso de suas atribuições legais e regimentais, estabelece a presente norma para fins de acompanhar os avanços tecnológicos na área de saúde, em especial as atribuições do profissional biomédico legalmente habilitado na área de imagenologia, radiologia, biofísica, instrumentação médica diagnóstico por imagem e terapia;

CONSIDERANDO, que através da Resolução nº.287, de 08 de outubro de 1998, do Conselho Nacional de Saúde, o Biomédico foi oficialmente reconhecido como profissional da área de saúde;

CONSIDERANDO, a necessidade de fixar o campo das atividades que o Biomédico possuí legitimidade para atuar;

CONSIDERANDO, os avanços tecnológicos na área de saúde, em especial no diagnóstico por imagem e terapia, bem como da existência de profissões regulamentada na referida área;

CONSIDERANDO, a necessidade de normatizar a Habilitação de imagenologia, radiologia, biofísica, instrumentação médica, dos Biomédicos em estabelecimentos inerentes às suas atividades;

CONSIDERANDO, a mudança de nomenclatura decorrente da evolução tecnológica que sofreu o diagnóstico por imagem e terapia nos últimos vinte anos;

CONSIDERANDO, a efetiva necessidade de dar a devida interpretação jurídica à Lei n.º 6.684/79 e Decreto n.º 88.439/83, mantendo-se atualizada sua regulamentação, resolve: Art. 1º São atribuições do profissional biomédico legalmente habilitado em imagenologia/radiologia/biofísica/instrumentação médica, suas áreas e respectivas funções no diagnóstico por imagem e terapia, realizar:

§1º TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA: O Biomédico poderá operar equipamentos de Tomografia Computadorizada, criar e definir protocolos de exame, administrar os meios de contraste, realizar anamnese do paciente, para fins específicos da atividade, realizar pósprocessamento de imagens médicas, documentar exames, gerenciar sistemas de armazenamento e manipulação de informação para o diagnóstico por imagem e terapia, atuar nas diversas atualizações tecnológicas em Tomografia Computadorizada, atuar no segmento de informática médica, atuar na área de pesquisa utilizando a Tomografia Computadorizada, exercer função administrativa através de coordenação, supervisão e gestão no departamento de diagnóstico por imagem e terapia, atuar no seguimento de aplicação para clientes nas empresas fabricantes de equipamentos e insumos voltados à Tomografia Computadorizada. (CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA, 2013)

§2º RESSONANCIA MAGNÉTICA: O Biomédico poderá operar equipamentos de Ressonância Magnética, criar e definir protocolos de exame, atuar nas áreas de Ressonância Magnética Funcional e Espectroscopia por Ressonância Magnética, atuar na administração dos meios de contraste, realizar anamnese do paciente, para fins especificas da atividade, promover a definição e troca de bobinas nos procedimentos, atuar no pós-processamento de imagens, documentar exames, gerenciar sistemas de armazenamento e manipulação de informação para o diagnóstico por imagem e terapia, atuar nas diversas atualizações tecnológicas em Ressonância Magnética, atuar no segmento de informática médica, atuar na área de pesquisa utilizando a Ressonância Magnética, exercer função administrativa no departamento de diagnóstico por imagem e terapia, manipular bobinas endo-cavitárias desde que com supervisão médica, atuar no seguimento de aplicação nas empresas vendedoras de equipamentos e insumos voltados à Ressonância Magnética. (CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA, 2013)

§4º RADIOLOGIA GERAL E ESPECIALIZADA: O biomédico poderá operar equipamentos de radiografias convencionais, computadorizadas e digitais, definir protocolos de exame, administrar os meios de contraste, realizar anamnese do paciente, para fins específicos da atividade, atuar no pós-processamento de imagens médicas, documentar exames, gerenciar sistemas de armazenamento e manipulação de informação para o diagnóstico por imagem e terapia, atuar nas diversas atualizações tecnológicas em radiografias convencionais, computadorizadas e digitais, atuar no segmento de informática médica, atuar na área de pesquisa utilizando a radiação ionizante, exercer função administrativa no departamento de diagnóstico por imagem e terapia, atuar no seguimento de aplicação nas empresas vendedoras de equipamentos e insumos voltados à radiografias convencionais, computadorizadas e digitais. (CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA, 2013)

§6º MEDICINA NUCLEAR: O biomédico poderá operar equipamentos de Medicina Nuclear, PET/CT e PET/RM, realizar estudos “in vivo” e “in vitro” e auxiliar o médico nos procedimentos terapêuticos, definir protocolos de exame, realizar os procedimentos da radiofarmácia, quais sejam: a) solicitação e controle de estoque dos reagentes liofilizados, radioisótopos e demais insumos para a radiofarmácia; b) preparação e controle de qualidade do eluato dos

geradores e radiofármacos marcados no setor; c) identificação, rotulagem e rastreabilidade dos radiofármacos e radioisótopos; d) preparação das doses individuais, realizar a administração dos radiofármacos seguindo os protocolos estabelecidos para cada exame e a orientação do médico nuclear; e) realizar anamnese do paciente para fins específicos da atividade; f) atuar no pós-processamento de imagens, documentar exames, gerenciar sistemas de armazenamento de informação, atuar nas diversas atualizações tecnológicas disponíveis, atuar no segmento de informática médica; g) atuar na área de pesquisa utilizando a medicina nuclear, exercer função administrativa no departamento de medicina nuclear; h) atuar no seguimento de aplicação nas empresas vendedoras de equipamentos e insumos voltados à medicina nuclear (CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA, 2013).

O curso de Biomedicina avaliados no estudo, no entanto, tem uma matriz curricular com carga horária bastante reduzida para as disciplinas das áreas radiológicas, variando entre 40 a 60 horas, além de não ofertarem estágios na área da imagenologia/radiologia, sendo insuficiente para aprendizagem, aprimoramento e conhecimento teórico/prático de todas as técnicas e métodos essenciais para a prática dos serviços de radiologia (DA COSTA; TRINDADE; PEREIRA, 2010).

No que abrange os estágios curriculares supervisionados na área da imagenologia/radiologia, o estudo não encontrou nenhum curso das instituições estudadas, que oferecesse o estágio na área radiológica, ou seja, todos os cursos avaliados habilitam os futuros profissionais para outras áreas, como por exemplo, as análises clínicas ou patologia clínica, logo, estes profissionais não tiveram uma complementação do ensino, aprendizagem, experiência técnica e prática, e de vivência no setor de radiologia (DA COSTA; TRINDADE; PEREIRA, 2010).

O biomédico atuante na imaginologia pode operar em equipes de saúde, em atividades complementares de diagnóstico, bem como realizar exames radiológicos para os quais esteja legalmente habilitado. A habilitação biomédica na imaginologia está presente no radiodiagnóstico, com destaque para a tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética (RM) e medicina nuclear (MN). Nesse sentido, estudos nessa área podem promover o

desenvolvimento profissional e assistencial (DA COSTA; DA TRINDADE; PISSAIA; DA COSTA, 2017).

Ao se examinar o campo da prática biomédica, vários problemas tornam-se imediatamente aparentes: a insatisfação de pacientes e médicos, os custos crescentes de tratamentos e exames, a formação inadequada de recursos humanos, o mercantilismo e a competição entre os próprios profissionais da área, a precariedade dos programas de saúde, etc. – problemas graves e complexos que, entretanto, parece se banalizar, dada a frequência com a qual somos confrontados com eles no cotidiano (GUEDES C.R. et al, 2006).

Sendo capaz de realizar a anamnese e preparo do paciente para o exame, a realização do protocolo do exame em si, incluindo a administração do contraste deve ser mediante ao médico responsável, preparação e liberação das imagens para o médico radiologista que é o profissional indicado para interpretá-las e para produzir o laudo e assiná-lo (CONSELHO REGIONAL DE BIOMEDICINA - 5ª REGIÃO, 2019).

O profissional Biomédico torna-se importante na equipe, pois pode estabelecer metas e avaliar as melhores formas de realizar um exame de imagem, além de fornecer à equipe, procedimentos operacionais padronizados que facilitem o processo de trabalho. Considerando que a participação do biomédico em serviços de saúde deve ser documentada e estudada para dar credibilidade ao seu trabalho, bem como para promover pesquisas na área da saúde (DA COSTA; DA TRINDADE; PISSAIA; DA COSTA, 2017).

Sendo assim, pode-se destacar que o biomédico não trabalha apenas com análises clínicas, o segmento de diagnóstico laboratorial é gigantesco. Esse profissional também pode atuar no segmento de imagenologia, ou seja, (operações com equipamentos e sistemas de diagnóstico por imagem, como tomografias computadorizadas, ressonância magnética, ultrassonografia, radiologia vascular e intervencionista, radiologia pediátrica, mamografia, densitometria óssea, neuroradiologia e medicina nuclear) e radioterapia (operações com equipamentos de diferentes fontes de energia, para tratamento, que utilizam radiações ionizantes). Lembrando que sempre supervisionado por um médico (CONSELHO REGIONAL DE BIOMEDICINA - 1ª REGIÃO, 2009).

1.3. PRINCÍPIOS FÍSICOS E TÉCNICOS DOS EXAMES

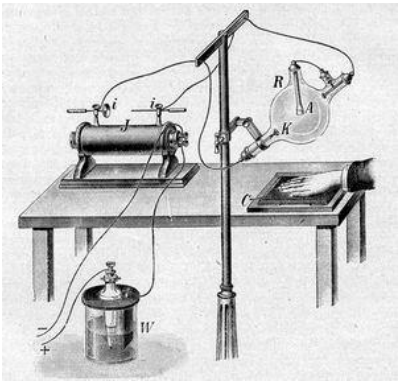
1.3.1. Princípios físicos do Raio-X (RX)

A radiação eletromagnética pode existir dada por diversas maneiras. A aceleração e a desaceleração de elétrons constituem um dos métodos mais comuns de produção de raios-X. A linhagem dos raios-X é realizada através de um tubo de vidro à vácuo revestido por chumbo, constituído por um polo negativo, denominado cátodo, um filamento de tungstênio onde passa uma corrente elétrica e um polo positivo, designado ânodo, composto por uma placa de cobre e tungstênio (figura 3) (SANAR, 2021).

Para gerar os raios-X, uma grande alteração de potencial deve ser utilizada no processo, resultando em um fluxo acelerado de elétrons, ganhando energia, antes de serem liberados e atingirem abruptamente o ânodo, perdendo uma fração da energia adquirida durante a aceleração. O efeito dessa colisão é uma transferência de energia dos elétrons para os átomos do elemento alvo (SANAR, 2021).

O filme radiográfico é uma película coberta por sais de prata fotossensíveis, que são colocadas em chassis radiográficos como detector dos raios-X. No entanto os raios-X atravessam o corpo humano, sofrendo uma redução pela interação dos processos de absorção e dispersão nos tecidos, o que vai comprovar a diferenciação nas densidades radiológicas nas estruturas da anatomia humana (SANAR, 2021).

Figura 3 – Experimento de Röntgen



Fonte: RADIOINMAMA

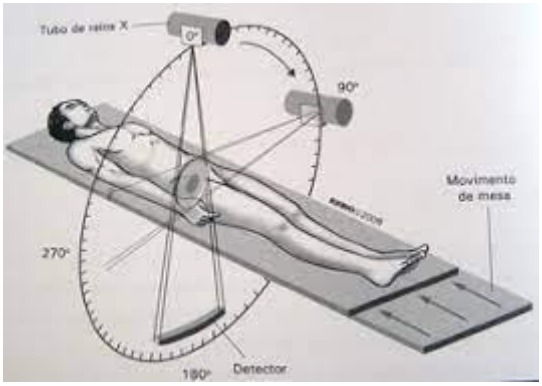
1.3.2. Princípios físicos da Tomografia Computadorizada (TC)

O tomógrafo computadorizado é um tubo instituído por uma unidade emissora de raios-X chamada, gantry (basicamente, é o corpo do aparelho de

TC), que emite um raio de luz que gira 360˚ ao redor do indivíduo, aonde sensores coletam dados e os enviam para um computador, que os converte em imagens. Portanto na radiografia convencional, as características das imagens serão determinadas pelos fótons absorvidos através da matéria em estudo (SANAR, 2021).

Como consequência, os fótons emitidos serão determinados através da massa do objeto e sua predisposição de absorção dos raios-X. Os cortes são adquiridos predominantemente no plano axial, e por ser um exame computadorizado, os aparelhos de TC permitem reconstruções das imagens em outros planos ou até reconstruções tridimensionais conforme figura 4 (SANAR, 2021).

Figura 4 – Princípio da tomografia



Fonte: SILO TIPS (2017)

Tomografia Linear igualmente conhecida como tomografia convencional, foi a primeira maneira de obtenção de imagens tomográficas. Sua principal característica é a geração da imagem diretamente em filmes radiográficos. Consequentemente, o resultado era uma imagem de baixíssima qualidade e com grande quantidade de artefatos (POSSES, 2016). Esse método então, passou por quatro gerações:

Primeira geração (figura 5, a) - Passou a existir em 1972. Era um método extremamente demorado, observado que exigia aproximados 5 minutos para acumular informações suficientes de cada corte. Isto é, posteriormente a primeira varredura, o tubo sofria uma rotação de grau para começar uma nova varredura. Assim, sucessivamente por 180 vezes (POSSES, 2016).

Segunda geração (figura 5, b) - Surgiu em 1974. Seguia juntamente a mesma engenharia dos aparelhos da primeira geração. Porém, as inovações que se destacaram nessa linhagem foram a utilização de mais detectores

adjacentes e a forma do feixe, que passou a ser mais amplo (em forma de leque). Com isso, o período de cada varredura diminuiu, em média, de 20 a 60 segundos. Contudo, a qualidade da imagem ainda não havia sofrido melhorias (POSSES, 2016).

Terceira geração (figura 5, c) - Sucedeu-se no período entre 1975 e 1977. Essa geração sofreu grandes alterações quando comparada às primeiras gerações. Nessa circunstância, os tubos de raio-x e os detectores do aparelho deixaram de proceder com movimentações lineares, passando a ter movimentação de 360º em torno de uma matéria (POSSES, 2016).

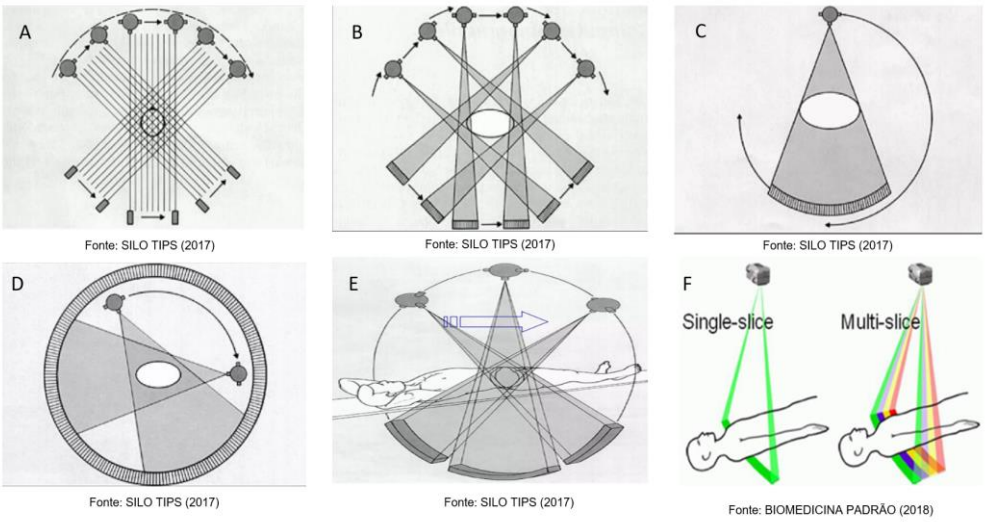
Desta forma, devido a participação de múltiplos detectores (entre 288 e 700), o tempo de cada varredura diminuiu significativamente a 1 e 2 segundos. Além disso, o feixe dessa linhagem, que também era em forma de leque, passou a ser mais amplo (para atingir cada parte do arco do detector). Como resultado, havia menos artefatos de movimento, as imagens tiveram uma melhora inimaginável (POSSES, 2016).

Quarta geração (figura 5, d) - Adveio em 1981. Seguiu com a mesma engenharia da terceira geração. Porém, teve um acréscimo no número de detectores agora, com 2000, que se tornou um aperfeiçoamento à tomografia computadorizada, chamada de sistema slip-ring. Por sua vez, esse processo eliminou os cabos de alimentação e os tubos passaram a efetuar rotações contínuas. Foi também a transição para os novos aparelhos de tomografia: os helicoidais e os multislice (POSSES, 2016).

Quinta geração (helicoidal) - é caracterizada por executar uma hélice em torno do corpo ao invés de uma série de círculos. Isto é, a mesa de paciente, ao invés de permanecer parada durante o corte e captação das imagens, avança continuamente em torno dele. Isto é, as informações são captadas de maneira contínua juntamente com a reconstrução de imagens de qualquer secção analisada (figura 5, e) (POSSES, 2016).

A tomografia multi-slice ou multicorte é descrita por suas múltiplas fileiras de detectores (figura 5, f). Dessa forma, ela é capaz de adquirir simultaneamente quatro cortes de imagens e com baixíssimo tempo de obtenção (0,5 s). Além disso, a baixa dose de radiação e a atenuação no período do exame também são características importantes da tomografia multislice (POSSES, 2016).

Figura 5 – Gerações da TC



Fonte: SILO TIPS (2017) Fonte: SILO TIPS (2017) Fonte: SILO TIPS (2017)
Fonte: SILO TIPS (2017) Fonte: SILO TIPS (2017) Fonte: BIOMEDICINA PADRÃO (2018)

A – Primeira geração de tomógrafo, B – Segunda geração de tomógrafo, C – Terceira geração de tomógrafo, D – Quarta geração de tomógrafo, E – Quinta geração de tomógrafo, F – Tomografia multi-slice.

1.3.3. Princípios físicos da Ressonância Magnética (RM)

A ressonância magnética é um método de diagnóstico por imagem que se utiliza de um campo magnético para estimular átomos do corpo humano, e da consequente resposta destes átomos ao estímulo (DICAS DE RADIOLOGIA, 2016).

O átomo de hidrogênio é o elemento químico de composição mais simples da natureza, pois é composto por apenas um próton e um elétron, por conta disso, é o átomo que emite a melhor resposta ao campo magnético, além disso é também o elemento mais abundante no corpo humano. O átomo de hidrogênio é o elemento químico de composição mais singelo da natureza, pois é constituído por apenas um próton e um elétron, por conta disso, é o átomo que emite a melhor reação ao campo magnético, além disso é igualmente o elemento mais numeroso no corpo humano (DICAS DE RADIOLOGIA, 2016).

Partículas subatômicas não estáticas, possuem uma deslocação de rotação em torno do próprio eixo (figura 6, a), a este movimento é dada a denominação de spin, esta manifestação física faz com que estas partículas se comportem como pequenos imãs, com um polo norte e um polo sul, tornando-os suscetíveis a influência de um campo magnético (DICAS DE RADIOLOGIA, 2016).

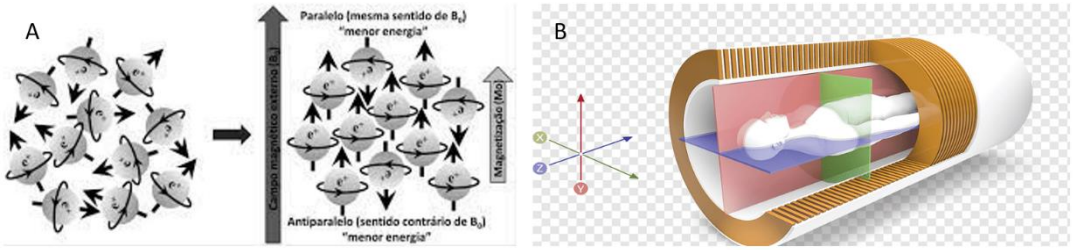
Sobre a ação do campo magnético externo (figura 6, b), o plano xy é chamado de plano transversal, os prótons de hidrogênio possuem seus spins

alinhados com o eixo z (longitudinal) do campo magnético, a grande parte dos prótons irá se alinhar juntamente ao polo norte do campo, sendo chamados de paralelos, e a menor parte dos prótons irá se enfileirar com o polo sul do campo magnético sendo chamados de antiparalelos. (DICAS DE RADIOLOGIA, 2016)

A maior população de prótons, ou paralelos ao campo magnético possuem menor energia, enquanto a menor população de prótons, ou antiparalelos ao campo magnético possuem maior energia. (DICAS DE RADIOLOGIA, 2016)

Precessão ocorre quando os prótons de hidrogênio sobre a influência do campo magnético sofrem uma angulação no eixo de seu spin, assemelhando-se a um pião perdendo força cinética. O movimento de precessão é medido pela equação de Larmor, que são parâmetros de referência para a disposição do vetor de magnetização. (DICAS DE RADIOLOGIA, 2016)

Figura 6 - Princípios da RM



Fonte: STAR MED (2017) Fonte: STAR MED (2017)

A – Influência do campo magnético nas partículas de hidrogênio, B – Eixos dos campos da ressonância magnética.

1.4. METODOLOGIA DE IMAGEM

1.4.1. Método comum RX

A radiografia é o procedimento de imagem que utiliza Raios-X ou ondas eletromagnéticas. Essas ondas passam através do corpo do indivíduo, sendo alguns raios absorvidos pelos tecidos e outros não. Estes últimos alcançam o filme radiográfico que está logo atrás do corpo. Isto gera uma imagem bidimensional (plana), chamada de radiografia. (DO CARMO, 2022)

Tecidos densos, como os ossos, irão absorver a maioria dos raios e aparecem nas radiografias como tons brancos, enquanto o ar que não bloqueia nenhum raio, aparece com tom preto básica. Outros tecidos estão inclusos nesta escala de cinza. Essas regras se traduzem numa linguagem radiográfica conforme figura 7 (DO CARMO, 2022).

- Densidade ou opacidade: refere-se às áreas claras (brancas) da imagem;
- Lucência: relativa as áreas escuras (pretas) da imagem.

Figura 7 - Tonalidades de RX

Fonte: CLÍNICA UNIVERSITARIA DE IMAGINOLOGIA (2017)

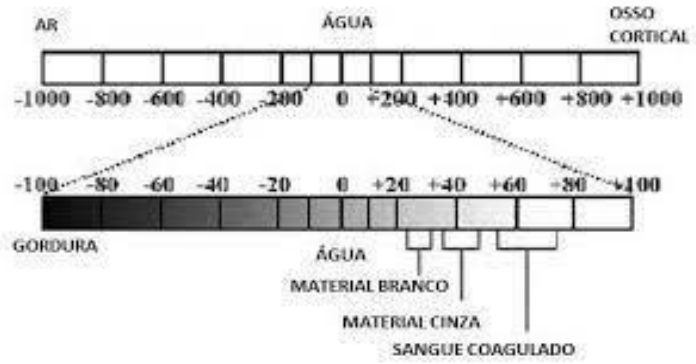
O Raio-X permanece sendo um modalismo de imagem médica vastamente utilizada, já que oferta resolução espacial e permite a visualização de estruturas que dificilmente são percebidas em cortes axiais (secções transversais). A radiografia é utilizada principalmente nos Raios-x de tórax, de abdômen e dos ossos. (DO CARMO, 2022)

1.4.2. Método comum TC

A TC, anteriormente chamada de tomografia axial computadorizada, é outro método de imagem não invasivo. A TC também utiliza Raios-x, entretanto a máquina é mais avançada. Ela roda em volta de uma pessoa imóvel e cria múltiplas imagens de cortes transversais, que depois podem ser transformados em uma imagem tridimensional. Os resultados da conversão dos sinais elétricos são registrados na Raw Data, um arquivo dos dados brutos da obtenção. Só então, o computador utiliza os dados adquiridos do sinal elétrico para construir uma imagem digital através de processos matemáticos. (DO CARMO, 2022)

A imagem digital é revelada em uma matriz composta de pixels. Em cada pixel submetido a intensidade da radiação que foi absorvida pelo paciente, é atribuído um determinado valor de tonalidade com base na Escala de Hounsfield. Nessa escala, a radiodensidade da água destilada é definida como 0 HU (cinza), e ela varia entre 1000 HU (escuro), para o ar, e 1000 HU (claro), para o osso (figura 8) (DO CARMO, 2022).

Figura 8 - Índice de densidade da TC



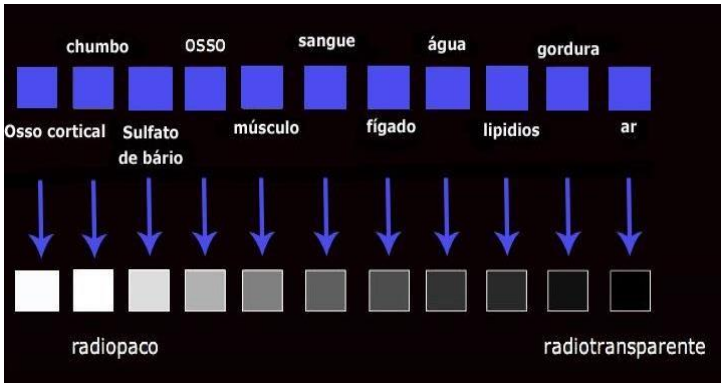
Fonte: CEFET-MG (2016)

Cada tecido do corpo possui sua densidade normal, que os radiologistas conhecem. Caso a densidade esteja alterada, expressamos isto usando a terminologia da TC: hiperdenso, hipodenso ou isodenso, enquanto comparado a alguma outra estrutura (DO CARMO, 2022).

O privilégio da TC em relação ao raio-X é a sua capacidade de visualização tridimensional da matéria, fornecendo uma exibição mais precisa da área de interesse. Existem várias técnicas de TC, como a TC de fatia única (single slice), a TC helicoidal (espiral) e a TC de múltiplas fatias (multi slice). Essas técnicas oferecem variações nas espessuras dos cortes e nas doses de radiação utilizadas para desenvolver uma imagem (DO CARMO, 2022).

As máquinas de TC também podem alterar de “janela óssea” para a “janela de tecidos moles”, dependendo de qual estrutura queremos observar. Além disso, as imagens de TC podem ser feitas com contraste radiológico para auxiliar na visualização de determinadas estruturas, com base numa escala de densidades, visto que cada estrutura do corpo tem sua densidade (ar, osso, gordura), conforme figura 9 (DO CARMO, 2022).

Figura 9 - Demonstrativo de densidade da TC



Fonte: RADIOINMAMA

É essencial conseguir se orientar nas imagens de TC. Para imagens axiais, é preciso imaginar que se está olhando para a pessoa a partir de seus pés, observando o corte da TC de baixo para cima, conforme cada um está olhando para direções opostas. Então você pode se orientar utilizando a abreviação DAEP para as posições de 9,12,3 e 6 horas de um relógio, conforme tabela 1 (DO CARMO, 2022).

Tabela 1- Orientação de visualização da imagem de TC

DAEP	POSIÇÃO
9	DIREITA
12	ANTERIOR
3	ESQUERDA
6	POSTERIOR

Fonte: AUTORA DO TRABALHO (2022)

1.4.3.Método comum RM

A RM é uma modalidade imaginológica que além da anatomia, pode expor alguns processos fisiológicos do corpo (RM funcional). Ela usa campos magnéticos e pulsos de radiofrequência para excitar prótons (íons hidrogênio) do nosso corpo. Os íons de hidrogênio excitados emitem sinais adquiridos pelo scanner da RM, que pautado na intensidade do sinal, cria uma imagem em escala de cinza. Uma vez que somos feitos particularmente de gordura e de água, dispomos de muito hidrogênio para se detectar (DO CARMO, 2022).

A densidade desses prótons nos nossos tecidos está ligada à magnitude do sinal, ou seja, densidade aumentada significa sinal aumentado. Grande intensidade de sinal é representada em branco, moderada densidade de sinal, em cinza e baixa intensidade de sinal, em preto. Caso uma estrutura seja mais clara do que deveria ser dizemos que ela é hiperintensa. Se ela for mais escura, então é hipointensa (DO CARMO, 2022).

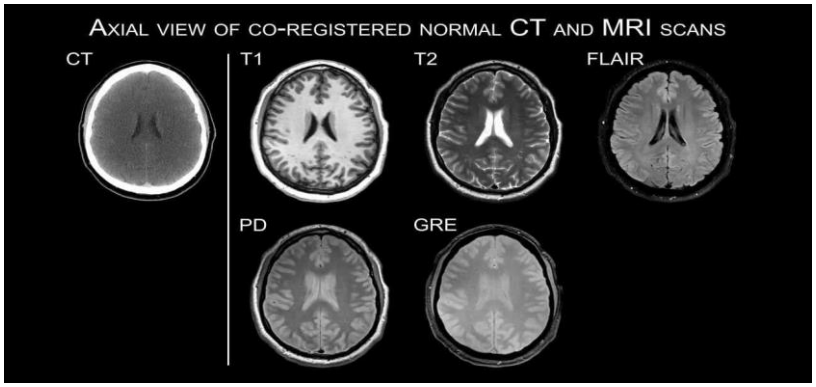
A densidade de prótons está aumentada em alguns tipos de lesões, como edema, infecção, inflamação, desmielinização, hemorragia, alguns tumores e cistos. Em outros momentos, pode estar reduzida, como no tecido cicatricial, calcificação, alguns tumores, formação de membranas e cápsulas. É

importante destacar que usa-se a palavra densidade para TC e intensidade para RM (DO CARMO, 2022).

A RM não opera através de radiação, mas pode ocorrer o uso de contraste possibilitando a visualização de qualquer plano do corpo. Apesar de aparentar ser o método perfeito de imagem, apresenta algumas desvantagens. A RM demora mais que a TC e pode ser desconfortável para algumas pessoas, já que a máquina é muito barulhenta e requer que a pessoa fique dentro de um tubo estreito, perturbador as pessoas com claustrofobia (DO CARMO, 2022).

Além disso, a RM é completamente contraindicada em pacientes com implantes de metal, devido à intensidade do campo magnético gerado. Com todas as suas propriedades, salvo contraindicações, a RM é a melhor técnica de imagem para tecidos moles (DO CARMO, 2022).

Figura 10 - Comparação dos métodos de TC com RM



Fonte: AMPOLA DIGITAL (2017)

A RM oferece várias modalidades dentre as quais os radiologistas podem escolher, dependendo de qual estrutura eles querem focar (tabela 2 e figura 10). Os métodos básicos de RM são (DO CARMO, 2022):

- **T1** - a imagem pesada em T1 mostra melhor estruturas compostas principalmente por gordura (fluidos são escuros / pretos, gordura é clara / branca).
- **T2** - a imagem pesada em T2 apresenta estruturas feitas tanto de água quanto de gordura (gordura e fluidos são claros).
- **PD** (densidade de prótons) - Densidade de prótons para o exame de músculos e ossos.
- **FLAIR** (inversão recuperação) - Inversão recuperação com atenuação líquida mostra melhor o cérebro. É útil para identificar doenças do SNC, como insultos cerebrovasculares, esclerose múltipla e meningite.

- **DWI** (difusão) - a imagem pesada em difusão detecta a distribuição de fluidos (extra e intracelular) dentro dos tecidos. Como o balanço entre os fluidos compartimentais está alterado em algumas condições (infartos, tumores), DWI é útil para o estudo estrutural e funcional dos tecidos moles.
- **Flow sensitive** (sequências sensíveis ao fluxo) - Examina o fluxo dos fluidos corporais, mas sem usar contraste. Este método nos indica se tudo está bem com o fluxo do líquido cérebro espinhal e com o fluxo sanguíneo nos vasos.

Tabela 2 – Ponderação ressonância magnética

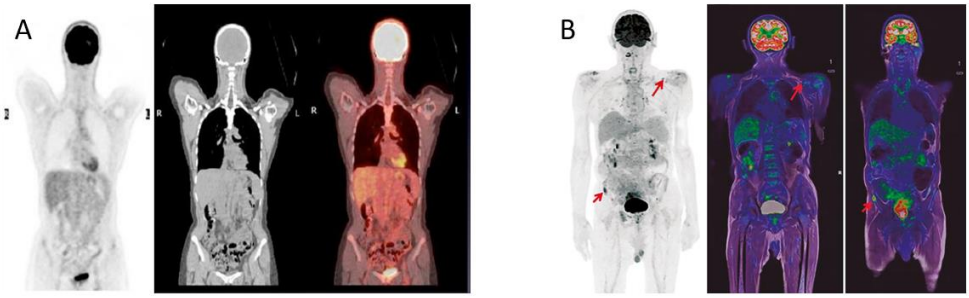
PONDERAÇÃO	TR (ms)	TE (ms)
T1	Curto (>500)	Curto (5 – 25)
T2	Longo (>1500)	Longo (>90)
PD	Longo (>1500)	Curto (5 – 25)

Fonte: AUTORA DO TRABALHO (2022)

A RM é principalmente utilizada para o estudo dos sistemas usculoesquelético, gastrointestinal, cardiovascular e para neuroimagem.

1.5. Medicina Nuclear (MN)

Figura 11– Medicina Nuclear



Fonte: SANAR (2017) Fonte: SANAR (2017)

A- PET-CT, B- PET-RM.

As imagens da medicina nuclear são utilizadas para visualizar a função, mais do que as estruturas ou partes do corpo propriamente ditas. Um radiofármaco intravenoso é administrado ao paciente e imagens da passagem, acúmulo e excreção deste produto são criadas. Isso nos permite analisar informações sobre as funções dos órgãos em questão. Uma técnica de medicina nuclear bastante comum é a tomografia de emissão de pósitrons (PET scan). O

PET pode ser usado para o exame funcional de praticamente qualquer sistema corporal - esquelético, cardiovascular, nervoso, endócrino (DO CARMO, 2022).

1.5.1. PET-CT

É uma modalidade de exame de imagem que utiliza fluordesoxiglicose para avaliação o metabolismo celular. O FDG é uma glicose marcada com um material radioativo, o flúor 18. As células com aumento de atividade glicolítica, característica de células neoplásicas, necessitam de mais glicose para realizar suas atividades, havendo assim mais captação do elemento, conforme figura 11 - A (GLAUDEMANS *et al*., 2013).

1.5.2. PET-RM

A incorporação da tomografia por emissão de prótons (PET) com a ressonância magnética (RM) é a modalidade de imagem mais sensível e específica na detecção de alterações metabólicas. Porém apresenta limitada resolução espacial, por outro lado, a mesma apresenta importante resolução, além de avaliar estruturas com intensidade de sinal de partes moles com excelente contraste conforme figura 11 - B (RADIOLOGIA PATOLOGICA, 2017).

Referente aos aspectos técnicos, existem três maneiras de integrar o PET com a RM: Procedimento um, os aparelhos PET e RM são independentes e ficam localizados em salas distintas. A união das imagens é feita por programas especializados, reproduzindo assim, uma flexibilidade, já que os sistemas podem ser usados separadamente. Segundo método, as imagens sequenciais são realizadas em aparelhos distintos, só que, nesta situação, o paciente fica na mesma maca de examinação, sendo esta transferida entre as máquinas. Tornando-se, consequentemente, hardware-fused. Findando a última técnica, por meio de sistemas absolutamente integrados, efetua-se o adquirimento simultâneo das imagens. Por tanto, em uma única posição de mesa, nem o paciente, ou sequer a maca movimenta-se (RADIOLOGIA PATOLOGICA, 2017).

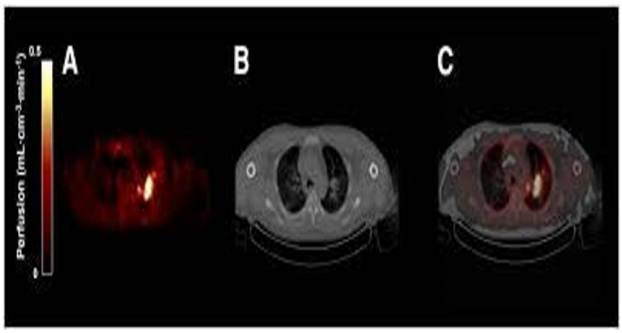
Em alguns casos, a obtenção simultânea de imagens é essencial, já que determinados radiofármacos têm farmacocinéticas diferentes (figura 13). Por exemplo, a H2O15O entra e sai do volume de interesse em minutos, sendo, neste caso, importante este tipo de obtenção. Já a fluordeoxiglicose (FDG) necessita de uns 45 minutos para a sua biodistribuição, não sendo, assim, a aquisição simultânea um fato relevante (RADIOLOGIA PATOLOGICA, 2017).

A fusão de imagens por programas especializados já era usada mesmo antes da chegada dos aparelhos híbridos. De fato, foi este processo de fusão que iniciou o caminho da integração das imagens por sistemas híbridos (RADIOLOGIA PATOLOGICA, 2017).

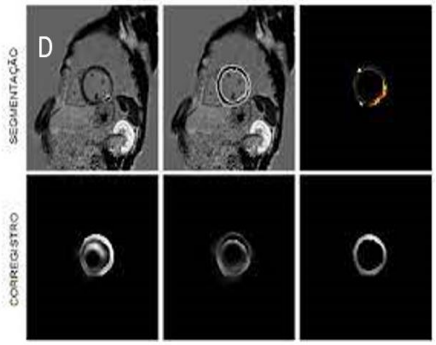
Corregistro de imagens (figura 14) denomina-se o procedimento por meio do qual uma imagem dada, denominada imagem alvo, é alinhado a uma imagem modelo de modo que haja correspondência entre seus pontos. O alinhamento é feito por meio de uma transformação geométrica calculada em um determinado estágio do procedimento (RADIOLOGIA PATOLOGICA, 2017).

O corregistro do cérebro por software já está bem validado, em virtude da natureza sólida deste órgão. Em uma comparação com vários softwares disponíveis para fusão de PET-RM e PET-TC, a acurácia atingida foi de 2-3 mm, que é menor do que a dimensão de um pixel do PET. Dessa forma, a fusão de imagens de PET cerebral juntamente ao FDG e RM torna-se um método atraente na avaliação não invasiva de doenças neurológicas (RADIOLOGIA PATOLOGICA, 2017).

Figura 12 – Radiofármaco e corregistro



Fonte: SANAR (2017)



Fonte: CBEB (2014)

A,B,C- Ação de radiofármacos, D- Exemplo de corregistro.

REFERÊNCIAS

BRASIL**. CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO CÂMARA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR RESOLUÇÃO CNE/CES 2, DE 18 DE FEVEREIRO DE 2003**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/ces022003.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2022

CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA. **Código de Ética da Profissão de Biomédico**. Disponível em: <https://cfbm.gov.br/codigo-de-etica-da-profissao-de-biomedico/>. Acesso em: 14 jun. 2022.

CONSELHO REGIONAL DE BIOMEDICINA. **Resolução no 234, de 05 de Dezembro de 2013**. Disponível em:<https://cfbm.gov.br/resolucao-no-234-de-05-de-dezembro-de-2013/#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20as%20atribui%C3%A7%C3%B5es%20do>. Acesso em: 14 jun. 2022.

CONSELHO REGIONAL DE BIOMEDICINA **-** 1ª REGIÃO. **Um painel sobre o profissional e a profissão**. São Paulo: Ameruso Artes Gráficas, 2009. Disponível em: < http://www.crbm1.gov.br/livrocrbm_040509.pdf > Acesso em: 29 mar. 2022.

CONSELHO REGIONAL DE BIOMEDICINA- 5° REGIÃO**. Imagenologia: o corpo humano sob outro ponto de vista**. 2019. Disponível em: <https://crbm5.gov.br/imagenologia-o-corpo-humano-sob-outro-ponto-de-vista/>. Acesso em: 12 mar. 2022.

COSTA, F. B.; TRINDADE, M. A. N.; PEREIRA, M. L. T. **A inserção do biomédico no programa de saúde da família**. Revista Eletrônica Novo Enfoque, v. 11, n. 11, p. 27 – 33, 2010. Disponível em: < https://www.repositoriodigital.univag.com.br/index.php/biomedicina/article/view/60 > Acesso em: 27 mar. 2022.

DA COSTA, G.; DA TRINDADE, F.R.; PISSAIA, L.F.; DA COSTA, A.E.K. **Inserção do biomédico na área da imaginologia em hospitais e clínicas no Rio Grande do Sul**, p. 5, 21 ago. 2017. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/rsc/article/view/3328/3444>. Acesso em: 18 mar. 2022.

DICAS DE RADIOLOGIA. **Principios da ressonância magnética**. 2016. Disponível em: <https://dicasderadiologia.com.br/?p=306>. Acesso em: 19 mar. 2022

DO CARMO, L.L. **Imaginologia e anatomia radiológica**, KENHUB, p. 1-8, 15 fev. 2022. Disponível em: <https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/imaginologia-e-anatomia-radiologica>. Acesso em: 16 abr. 2022.

FENELON, S. A evolução da radiologia. **Os avanços da imaginologia e radiologia diagnóstica**, p. 1, 2008. Disponível em: <http://www.imaginologia.com.br/dow/Aevolucao-da-Radiologia.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2022.

GLAUDEMANS, A.W.J.M.; VRIES, E.F.J; GALLI, F.; DIERCKX, R.A.J.O; SLART, R.H.J.A.; SIGNORE, A.. **The Use of F-FDG-PET/CT for Diagnosis and Treatment Monitoring of Inflammatory and Infectious Diseases.** HINDAWI, v. 2013, p. 1-15, 21 ago. 2013. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jir/2013/623036/>. Acesso em: 18 jun. 2022.

GUEDES R. C., NOGUEIRA, I. M., KENNETH R. C. Jr. **Subjectivity as anomaly: epistemological contributions for a criticism of the biomedical model**. Ciência & Saúde Coletiva, 2006. Disponível em: <https://interfaces.unileao.edu.br/index.php/revista-interfaces/article/view/57/59>. Acesso em: 29 mar. 2022

INCURSOS. **História da tomografia computadorizada.** 2019. Disponível em: <http://www.incursos.net/noticias/24062019/historia-da-tomografia-computadorizada/>. Acesso em: 18 mar. 2022

JORNAL BRASILEIRO DE PATOLOGIA E MEDICINA LABORIATORIAL. **Wilhelm Röntgen e a criação dos raios X**. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbpml/a/nx9PgT734TySs5j9RhwzQTn/?lang=pt>. Acesso em: 18 mar. 2022.

POSSES, F.P. **O que é Tomografia Computadorizada**, STAR DIAGNOSTICOS LTDA, p. 1-4, 6 jun. 2016. Disponível em: <https://star.med.br/o-que-e-tomografiacomputadorizada/>. Acesso em: 16 abr. 2022

RADIOLOGIA PATOLOGICA. **PET-RM Neurológico**, p. 1-2, 23 mar. 2017. Disponível em:<https://radiologiapatologicablog.wordpress.com/2017/03/23/pet-rmneurologico/>. Acesso em: 16 abr. 2022.

SANAR. **Bases físicas dos exames de imagem: radiografia e tomografia**. 2021. Disponível em: <https://www.sanarmed.com/bases-fisicas-dos-exames-de-imagemradiografia-e-tomografia-colunistas>. Acesso em: 19 mar. 2022.

VALENTIM, V.L.; KRUEL, A.J. **A importância da confiança interpessoal para a consolidação do Programa de Saúde da Família**. Cienc. Saúde Colet., v.12, n.3, p.777-88, 2007. Disponivel em: < https://www.scielo.br/j/icse/a/LPsdp3NPvPNgHfqH9nKqTbM/?lang=pt > Acesso em: 27 mar. 2022.

A EVOLUÇÃO DA IMAGINOLOGIA E ATUAÇÃO BIOMÉDICA NA ÁREA

DE SOUZA, Alessandra Honorato[1]
PRZYBYSZ, Carlos Henrique[2]

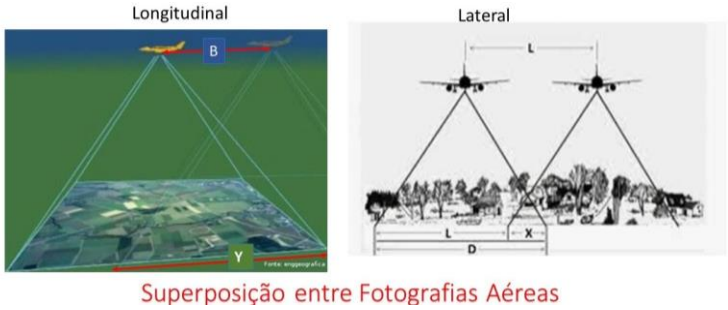
RESUMO
A imaginologia cresceu muito nos últimos anos, exames desta natureza, com alta tecnologia, auxiliam a medicina na descoberta de doenças, trazendo mais segurança aos pacientes para o melhor tratamento das inúmeras patologias hoje existentes. Apesar do nome sugestivo, imaginologia é o estudo dos órgãos e sistemas do corpo humano através das diversas modalidades de exames de imagem, dentre as quais se destacam a radiologia convencional (raios-X, radiografia simples ou contrastada), tomografia, ressonância magnética, angiografia e arteriografia e medicina nuclear. O biomédico que escolher a área da imaginologia irá auxiliar no diagnóstico médico. Sendo excluída a interpretação e assinatura dos laudos, ao biomédico é permitido operar os equipamentos, além de desenvolver protocolos de estudos e técnicas. Por isso, é necessário um grande conhecimento de anatomia e de patologia para identificar e compreender as alterações mostradas nas imagens.
Palavras-chave: Exames; Imagilogia; Biomédico, Diagnóstico de imagem, Área de atuação.
ABSTRACT
Imaging has grown a lot in recent years, exams of this nature, with high technology, help medicine in the discovery of diseases, bringing more security to patients for the best treatment of the numerous pathologies that exist today. Despite the suggestive name, imaging is the study of the organs and systems of the human body through the various modalities of imaging tests, among which conventional radiology (X-rays, plain or contrast radiography), tomography, magnetic resonance, angiography stand out. and arteriography and nuclear medicine. The biomedical doctor who chooses the area of imaging will help in the medical diagnosis. If the interpretation and signature of the reports are excluded, the biomedical doctor is allowed to operate the equipment, in addition to developing study protocols and techniques. Therefore, a great knowledge of anatomy and pathology is necessary to identify and understand the changes shown in the images.
Keywords: Exams; Imaging; Biomedical, Imaging diagnostics, Area of expertise.

2. INTRODUÇÃO

O estudo do processamento de imagens teve início na Segunda Guerra Mundial com a aerofotogrametria (figura 13), um dos métodos utilizados para o mapeamento da superfície terrestre. No final dos anos 60, popularizou-se a exibição de imagens espaciais baseadas em computador (INESUL, 2021).

[1] Alessandra Honorato de Souza. Acadêmico do curso de Bacharelado em Biomedicina da Faculdade de Apucarana- FAP. honoratoale@gmail.com
[2] Carlos Henrique Przybysz. Professor Orientar do curso de Bacharelado em Biomedicina da Faculdade de Apucarana- FAP. carlaoanatomia@gmail.com

Figura 13 – Aerofotogrametria: conceitos básicos



Fonte: Anderson Vieira (2021)

Até 62 anos atrás, o maior emprego das técnicas de processamento de imagens vinha sendo em imagens do espaço, atualmente a enorme quantidade de exames médicos invasivos (videoscopias) ou não-invasivos (ultrassom, ressonância magnética, tomografias, radiografias computadorizadas) que usam imagens, está tornando a área biomédica a maior utilizadora dos centros de pesquisa em imagens e cada ser humano do planeta um usuário (recorrente ou em potencial) das técnicas desenvolvidas (FERRAZ; CONCI, 2003).

Pode-se dizer, que a imaginologia cresceu muito nos últimos anos, exames desta natureza, com alta tecnologia, auxiliam a medicina na descoberta de doenças, trazendo mais segurança aos pacientes para o melhor tratamento das inúmeras patologias hoje existentes. Apesar do nome sugestivo, imaginologia é o estudo dos órgãos e sistemas do corpo humano através das diversas modalidades de exames de imagem, dentre as quais se destacam a radiologia convencional (raios-X, radiografia simples ou contrastada), tomografia, ressonância magnética, angiografia e arteriografia e medicina nuclear (INESUL, 2021).

Hoje a diversidade de exames devido ao auxílio tecnológico (figura 25), permite que os médicos especialistas da área visualizem, por exemplo, vasos sanguíneos entre muitas outras partes do corpo que antes sem esta tecnologia, não era possível visualizar. No entanto, o reconhecimento e ampliação das áreas de atuação do biomédico fez-se indispensável a aplicação de estruturas que o responsabiliza por atos praticados no exercício da sua profissão (LEITIS, 2011).

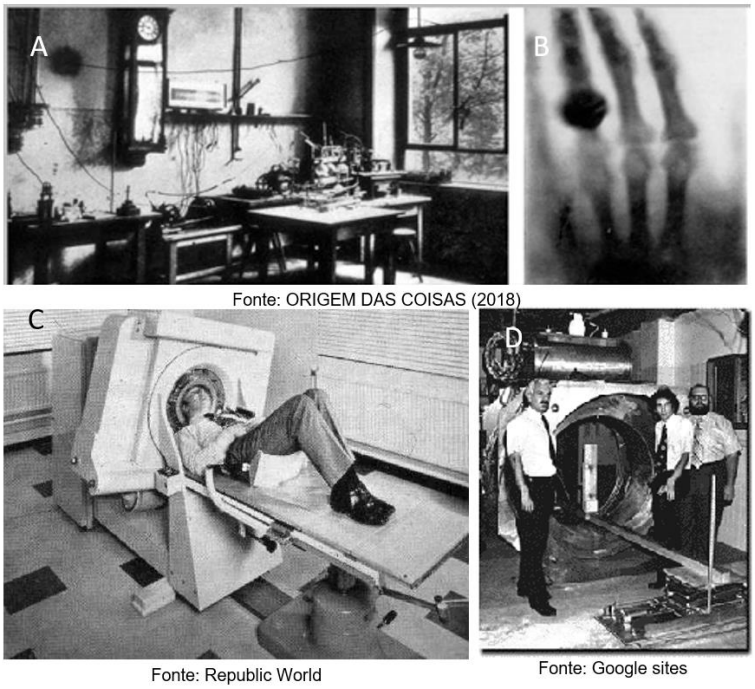
A descoberta do Raio-X foi feita por um físico alemão chamado Wilhelm Conrad Roentgen, em 1895, que produziu radiação eletromagnética nos comprimentos de onda correspondentes aos atualmente chamados Raio-X. A primeira imagem tirada, foi a mão esquerda da esposa de Roentgen. Nela, é possível avaliar os ossos da mão, assim

como partes de tecido. A primeira radiografia durou em torno de 15 minutos e a esposa teve que permanecer parada por todo esse tempo. Um tubo emitia a radiação enquanto a mão da Sra. Roentgen pousava sobre um chassi com filme fotográfico, conforme figura 14 a e b (INESUL, 2021).

Em 1973, um engenheiro eletricista britânico chamado Hounsfield desenvolveu a Tomografia Computadorizada acoplando um Raio-X em um computador. Hounsfield foi agraciado com o Nobel de Fisiologia e Medicina de 1979, por ter participado da criação do diagnóstico de doenças pela tomografia axial computadorizada (figura 14, c). Até então, o Raio-X era capaz de identificar ossos, gordura, líquidos e partes moles. Com o novo método, era possível visualizar o tecido cerebral mais precisamente. Também era possível analisar o líquor ou fluído cérebro espinhal, substância cinzenta e branca do cérebro (INESUL, 2021).

A tecnologia da Ressonância Magnética foi desenvolvida em 1980 e utiliza técnicas similares à Tomografia Computadorizada. A descoberta da RM é atribuída a dois cientistas, Felix Bloch e Edward Purcell, agraciados com o Nobel em 1952. Eles descobriram o fenômeno da ressonância magnética independente em 1946. Entre 1950 e 1970 a RM foi desenvolvida e utilizada para análises moleculares físicas e químicas (figura 14, d) (INESUL, 2021).

Figura 14 – Primeiros aparelhos de imaginologia



A- Laboratório domestico de Runtgen, B- Primeira radiografia, C- Primeiro aparelho de TC bem sucedido, D- Primeiro aparelho de RM bem sucedido.

Diante destas tecnologias usadas na área médica, o profissional biomédico atuante em imaginologia terá um papel fundamental no auxilio destes diagnósticos de imagem.

Segundo o Conselho Regional de Biomedicina (CRBM), o biomédico é o profissional de nível superior da saúde com aptidão técnica e gerencial para exercer atividades que dão suporte ao diagnóstico, gerenciar, coordenar, avaliar e controlar a execução dessas atividades, atuar em pesquisas como membro ou líder de projeto e lecionar no ensino superior e profissionalizante (DA SILVA; NUNES; DE ARAÚJO; VERAS, 2014).

Já o biomédico com habilitação em imaginologia atua no radiodiagnóstico, principalmente nos setores de Tomografia Computadorizada (TC), Ressonância Magnética (RM) e na Medicina Nuclear (MN). Com inúmeras funções, o biomédico imaginologista torna-se uma peça fundamental, principalmente no que diz respeito ao estabelecimento de metas e avaliação das melhores formas de realizar um exame de imagem (DA COSTA; DA TRINDADE; PISSAIA; DA COSTA, 2017).

O biomédico que escolher a área da imaginologia irá auxiliar no diagnóstico médico. Sendo excluída a interpretação e assinatura dos laudos, ao biomédico é permitido operar os equipamentos, além de desenvolver protocolos de estudos e técnicas. Por isso, é necessário um grande conhecimento de anatomia e de patologia para identificar e compreender as alterações mostradas nas imagens (CONSELHO REGIONAL DE BIOMEDICINA - 5ª REGIÃO, 2019).

É notório que a qualificação da prática clínica do biomédico está vinculada a uma preparação acadêmica de excelência, junto com a busca por conhecimento teórico durante e após a realização da graduação (DA COSTA; TRINDADE; PEREIRA, 2010).

O presente estudo tem como objetivo analisar o campo de atuação do biomédico com ênfase na imaginologia e sua evolução, também é importante ter gosto pela tecnologia, para atingir assim um máximo potencial na área.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho será contextualizar e esclarecer o papel do biomédico na imaginologia, sua evolução e exames relacionados a sua área.

3.2. Objetivo específico

Descrever a importância da evolução da imaginologia e a compreensão da atuação biomédica nesse processo, mediante revisão bibliográfica. Para isso, serão descritos os princípios físicos e técnicos dos exames, seguidos por alguns exemplos da sua aplicação nos diversos estudos dos distúrbios dos órgãos e sistemas.

4. METODOLOGIA

O estudo deste trabalho será fundamentado em ideias e pressupostos de teóricos que apresentam significativa importância na definição e construção dos conceitos discutidos nesta análise. A finalidade é traçar um "padrão" que possa ser trabalhado como exemplo e aplicado junto aos objetos expostos para uma melhor absorção do tema.

Para isso, será realizado um levantamento bibliográfico de sites relacionados com o tema, livros e artigos científicos publicados nos últimos 10 anos.

A coleta de dados ocorreu entre maio e junho de 2022 por meio de pesquisa bibliográfica onde se utilizaram artigos e sites científicos para o desenvolvimento da pesquisa. Foram utilizados levantamento dos artigos publicados através das seguintes fontes de pesquisa como a MEDLINE (Literatura Internacional em Ciências da Saúde), LILACS (Literatura Latino Americana em Ciências da Saúde), SCIELO (Scientific Electronic Library Online), PUBMED, Google Acadêmico e outros sites especializados na área. Foram considerados artigos publicados em língua portuguesa e inglesa, e a busca foi orientada utilizando os seguintes palavras-chaves: biomedicina, diagnóstico de imagem, história da imaginologia, métodos de imaginologia.

5. RESULTADOS

Encontraram-se 89 artigos elegíveis (100%) depois da busca inicial, no entanto, somente 24 publicações (21,36%) foram selecionadas após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão (78,64%) estabelecidos para esta revisão utilizando-se os descritores pré selecionados na metodologia, realizou-se a busca de artigos nas bases de dados eletrônicas, os temas relevantes a imaginologia, ao profissional biomédico, e exames relacionados a sua área de atuação, enfatizando seu potencial significativo perante aos estudos obtidos.

Segundo Campos (2014), o biomédico tem uma ampla aérea de atuação que pode ser muito importante na melhoria da saúde do Brasil. Uma das principais funções do biomédico na saúde, é o suporte que necessita para trabalhar sempre com mais segurança no campo da descoberta, prevenção, tratamento e diagnóstico de determinadas patologias.

De acordo com de Otero a identificação de três áreas de competência no perfil do biomédico possibilita o desenvolvimento de outras áreas de especialização na carreira, para além das ênfases existentes na assistência. Utilizar o perfil de competência como critério para a formação, desenvolvimento e progressão na carreira pode ensejar transformações tanto educacionais como nos processos de gestão de pessoas, na medida em que os aspectos de titulação e conhecimento técnico acabam sendo insuficientes na avaliação e certificação de desempenho.

Conforme Silva et. al (2014) no campo da prática biomédica, vários problemas tornam-se imediatamente aparentes: a insatisfação de outros profissionais diretamente envolvidos na inserção dos biomédicos; os custos crescentes dos exames; a formação de recursos humanos; o mercantilismo e a competição entre os próprios profissionais da área; além da precariedade dos programas de saúde.

Assim, um questionamento sobre o conhecimento e a prática do biomédico contemporâneo parece necessário para poder visualizar quais as possibilidades e desafios dessa ciência quanto à sua relação com o crescimento da autonomia dos sujeitos no processo de saúde e doença. Em relação aos exames de imagem realizados por biomédicos, verificou-se que os entrevistados acreditam na qualidade dos exames e na garantia de maior segurança para o paciente. Os participantes relataram a importância do biomédico em relação à segurança do paciente, à realização adequada da anamnese, à criação de novos protocolos, às orientações aos familiares, entre outros aspectos, devido ao maior conhecimento teórico sobre o assunto.

Em estudos desenvolvidos na área de atuação do biomédico constatou-se que há um déficit nas competências exigidas nas denominadas áreas da imagem, possuindo como base principalmente a falta de disponibilidade de disciplinas específicas nos cursos de graduação.

Neste trabalho de acordo com Ferraz e Conci apresentamos a revisão de um grupo de técnicas de computação gráfica que são utilizadas na reconstrução de imagens médicas. Embora o enfoque principal seja direcionado às imagens de tomografia computadorizadas, raio-X e ressonância magnética técnicas semelhantes se aplicam a todas as demais formas de reconstrução de imagens médicas tridimensionais não-invasivas como na medicina nuclear. Também fornecem uma maneira de assegurar aos médicos o correto direcionamento dos equipamentos e uma forma de fazer com que as estruturas críticas não sejam atingidas.

A imagem por ressonância magnética promoveu um grande avanço na medicina no que diz respeito a imagens encefálicas devido ao alto contraste de tecidos moles e à possibilidade de cortes em qualquer plano escolhido de acordo com Hage e Iwasaki.

O uso da medicina nuclear para caracterizar e diagnosticar doenças infecciosas e inflamatórias está aumentando rapidamente. Vários radiofármacos SPECT e PET foram desenvolvidos e aplicados neste campo, sendo os glóbulos brancos radiomarcados a peça central. No entanto, a PET combinada com baixa dose ou tomografia computadorizada (TC) diagnóstica está ganhando interesse no diagnóstico de muitas doenças infecciosas e inflamatórias e já é o padrão ouro para algumas indicações.

Segundo Campos (2014), o biomédico tem uma ampla aérea de atuação que pode ser muito importante na melhoria da saúde pública do Brasil. Uma das principais funções do biomédico na saúde pública é a prevenção das doenças, pois realiza exames preventivos nas campanhas de saúde evitando que doenças se instalem na comunidade.

Marco Antônio Abrahão, presidente do Conselho Regional de Biomedicina – 1ª Região, diz que, no passado, desconheciam-se os caminhos para a construção da categoria, então foi preciso levantar informações em profissões semelhantes, espelhar em outros exemplos e procurar montar uma estrutura compatível. Segundo o presidente supracitado, em uma profissão jovem, com um quarto de século de regulamentação, ainda pode-se encontrar o
corporativismo de outras profissões, as pressões de organizações com mais poder e, mesmo diante dessas adversidades, o Conselho sempre procura a melhor solução para que prevaleçam os direitos dos biomédicos.

Apesar do conhecimento fragmentado e pouco elaborado que as pessoas comuns têm sobre a saúde, a valorização do saber popular permite a “superação do grande fosso cultural existente entre os serviços de saúde e o saber dito científico, de um lado, e a dinâmica de adoecimento e cura do mundo popular, de outro”. Em consequência destes compromissos, os participantes do movimento da educação popular e saúde precisam aprender a desenvolver formas compartilhadas de conhecimento entre técnicos, profissionais, pesquisadores e população. (SALES, 2001)

Assim, a contribuição funcional do biomédico inclui a prevenção e promoção da saúde por meio de educação sanitária, coleta e armazenamento de material biológico para análise laboratorial e pesquisa de possíveis agentes etiológicos de maior incidência a comunidade em que está inserido a Estratégia de Saúde da Família (ESF). Estas ações estão previstas para serem desenvolvidas em um ciclo de padrões estabelecidos seguindo-

se uma visão articulada do estudo da saúde, da doença e da interação do homem com o meio ambiente. (COSTA, 2010).

O biomédico Lobbe Neto deputado federal e autor da lei que criou o dia nacional do biomédico alega que é preciso chamar a atenção da sociedade para a importância da contribuição do profissional biomédico na construção de um mundo melhor, com a ajuda que ele oferece às pessoas, cuidando de um aspecto muito importante, que é a saúde. De fato, é preciso chamar a atenção da sociedade, pois o profissional biomédico não recebeu ainda o reconhecimento público, embora ele desempenhe importante papel no contexto da saúde da população brasileira.

Por tanto a discussão sobre o tema se torna um pouco vaga, e de percentual baixo refere a atuação do biomédico, pela dificuldade em artigos plausíveis para admissão no presente trabalho, por conta de período de pesquisa na área e material especifico.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos conclui com o estudo do presente trabalho, a importância que a evolução da imaginologia teve com o passar dos anos aos pacientes, se tornando alguns dos exames menos invasivos e com melhores diagnósticos através das imagens. Durante os anos, houve a aprimoração tanto dos aparelhos, métodos técnicos e otimização de tempo para realização dos exames, visando o bem estar do paciente. Devemos destacar também o grande auxilio que a imaginologia se tornou a medicina para interpretação e confirmação de diagnósticos.

O biomédico possui um respeitado histórico de luta em favor do bem-estar da população, a serviço da saúde e da ciência, contribuindo para uma melhor expectativa de vida da sociedade. O ramo de atividade profissional é amplamente diversificado, onde visa também facilitar a atuação de novos biomédicos e sensibilizar a sociedade sobre a real importância da imaginologia e sua evolução no contexto na área da saúde, ao mesmo tempo em que persegue a conquista e adoção de políticas públicas de saúde que tenham como objetivo alcançar a sociedade brasileira em todos os seus segmentos. A biomedicina é o suporte que a saúde necessita para trabalhar sempre com mais segurança no campo da descoberta científica, prevenção, tratamento e diagnóstico de determinadas patologias que acercam a humanidade.

REFERÊNCIAS

CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA. **Código de Ética da Profissão de Biomédico**. Disponível em: <https://cfbm.gov.br/codigo-de-etica-da-profissao-de-biomedico/>. Acesso em: 14 jun. 2022

CONSELHO REGIONAL DE BIOMEDICINA - 1ª REGIÃO. **Um painel sobre o profissional e a profissão**. São Paulo: Ameruso Artes Gráficas, 2009. Disponível em: < http://www.crbm1.gov.br/livrocrbm_040509.pdf > Acesso em: 29 mar. 2022.

CONSELHO REGIONAL DE BIOMEDICINA- 5° REGIÃO**. Imagenologia: o corpo humano sob outro ponto de vista**. 2019. Disponível em: <https://crbm5.gov.br/imagenologia-o-corpo-humano-sob-outro-ponto-de-vista/>. Acesso em: 12 mar. 2022.

COSTA, F. B.; TRINDADE, M. A. N.; PEREIRA, M. L. T. **A inserção do biomédico no programa de saúde da família**. Revista Eletrônica Novo Enfoque, v. 11, n. 11, p. 27 – 33, 2010. Disponível em: < https://www.repositoriodigital.univag.com.br/index.php/biomedicina/article/view/60 > Acesso em: 27 mar. 2022.

DA COSTA, G.; DA TRINDADE, F.R.; PISSAIA, L.F.; DA COSTA, A.E.K. **Inserção do biomédico na área da imaginologia em hospitais e clínicas no Rio Grande do Sul**, p. 5, 21 ago. 2017. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/rsc/article/view/3328/3444>. Acesso em: 18 mar. 2022.

DICAS DE RADIOLOGIA. **Principios da ressonância magnética**. 2016. Disponível em: <https://dicasderadiologia.com.br/?p=306>. Acesso em: 19 mar. 2022

DO CARMO, L.L. **Imaginologia e anatomia radiológica**, KENHUB, p. 1-8, 15 fev. 2022. Disponível em: <https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/imaginologia-e-anatomia-radiologica>. Acesso em: 16 abr. 2022.

FENELON, S. A evolução da radiologia. **Os avanços da imaginologia e radiologia diagnóstica**, p. 1, 2008. Disponível em: <http://www.imaginologia.com.br/dow/Aevolucao-da-Radiologia.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2022.

FERRAZ, I.; CONCI, A. **Processamento de imagens na tomografia computadorizada**, São José dos Campos, SP - Brasil, v. 2, p. 20, 18-22 agosto 2003.Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/256793882_Processamento_de_imagens_na_tomografia_computadorizada>. Acesso em: 12 mar. 2022.

GLAUDEMANS, A.W.J.M.; VRIES, E.F.J; GALLI, F.; DIERCKX, R.A.J.O; SLART, R.H.J.A.; SIGNORE, A.. **The Use of F-FDG-PET/CT for Diagnosis and Treatment Monitoring of Inflammatory and Infectious Diseases.** HINDAWI, v. 2013, p. 1-15, 21 ago. 2013. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jir/2013/623036/>. Acesso em: 18 jun. 2022.

GUEDES R. C., NOGUEIRA, I. M., KENNETH R. C. Jr. **Subjectivity as anomaly: epistemological contributions for a criticism of the biomedical model**. Ciência & Saúde Coletiva, 2006. Disponível em: <https://interfaces.unileao.edu.br/index.php/revista-interfaces/article/view/57/59 >. Acesso em: 29 mar. 2022

HAGE, M.C.F.N.S.; IWASAKI, M. **Ciência Rural**. **Imagem por ressonância magnética: princípios básicos**. p. 1-9 Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.4, p. 1-9, jul, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/mmPL6rMp5vmPCRpmYH84Kbm/?format=pdf&lang=pt > Acesso em: 18 jun. 2022.

INCURSOS. **História da tomografia computadorizada.** 2019. Disponível em: <http://www.incursos.net/noticias/24062019/historia-da-tomografia-computadorizada/>. Acesso em: 18 mar. 2022

INESUL. **História da imaginologia**. 2021.Disponível em:<https://www.inesul.edu.br/professor/arquivos_alunos/doc_1612821925.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2022

JORNAL BRASILEIRO DE PATOLOGIA E MEDICINA LABORIATORIAL. **Wilhelm Röntgen e a criação dos raios X**. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbpml/a/nx9PgT734TySs5j9RhwzQTn/?lang=pt>. Acesso em: 18 mar. 2022.

LEITIS, D. M. G. **A responsabilidade civil dos biomédicos e o ato profissional**. Revista Jurídica (FURB), v. 15, n. 29, p. 03-14, 2011. ISSN 1982-4858. Disponível em: <https://proxy.furb.br/ojs/index.php/juridica/article/view/2169>. Acesso em: 12 mar. 2022.

OTERO, E.C.; et al. **Perfil de competência do(a) biomédico com ênfase em imaginologia.** São Paulo, 2018. Disponível em: <https://iep.hospitalsiriolibanes.org.br/PublishingImages/Lato%20Sensu/Mestrado%20e%20Doutorado/NotaTecnica-1-5-v4-.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2022.

POSSES, F.P. **O que é Tomografia Computadorizada**, STAR DIAGNOSTICOS LTDA, p. 1-4, 6 jun. 2016. Disponível em: <https://star.med.br/o-que-e-tomografiacomputadorizada/>. Acesso em: 16 abr. 2022

RADIOLOGIA PATOLOGICA. **PET-RM Neurológico**, p. 1-2, 23 mar. 2017. Disponível em:<https://radiologiapatologicablog.wordpress.com/2017/03/23/pet-rmneurologico/>. Acesso em: 16 abr. 2022.

SANAR. **Bases físicas dos exames de imagem: radiografia e tomografia**. 2021. Disponível em: <https://www.sanarmed.com/bases-fisicas-dos-exames-de-imagemradiografia-e-tomografia-colunistas>. Acesso em: 19 mar. 2022.

SILVA, A. R. DA et al. **O papel do biomédico na saúde pública**. Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia, v. 2, n. 4, 27 jun. 2014. Disponível em: < https://interfaces.unileao.edu.br/index.php/revista-interfaces/article/view/57 >. Acesso em 20 jun. 2022.

VALENTIM, V.L.; KRUEL, A.J. **A importância da confiança interpessoal para a consolidação do Programa de Saúde da Família**. Cienc. Saúde Colet., v.12, n.3, p.777-88, 2007. Disponivel em: < https://www.scielo.br/j/icse/a/LPsdp3NPvPNgHfqH9nKqTbM/?lang=pt > Acesso em: 27 mar. 2022.