



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS
SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

JOSÉ MONTE ROCHA FILHO

**Formulação de um Sistema de Informação Baseado em Inteligência
Artificial e Telemedicina para Suporte a Diagnósticos de Radiologia**

**FORTALEZA
2021**

JOSÉ MONTE ROCHA FILHO

Formulação de um Sistema de Informação Baseado em Inteligência Artificial e Telemedicina para Suporte a Diagnósticos de Radiologia

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Sistemas de Informação do Centro Universitário Christus, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador(a): Prof. Dr. Paulo Ricardo Barboza Gomes.

FORTALEZA

2021

José Monte Rocha Filho

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R672f Rocha Filho, José.
Formulação de um Sistema de Informação Baseado em
Inteligência Artificial e Telemedicina para Suporte a Diagnósticos
de Radiologia / José Rocha Filho. - 2021.
71 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro
Universitário Christus - Unichristus, Curso de Sistemas de
Informação, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Paulo Ricardo Barboza Gomes..
Coorientação: Prof. Dr. Daniel Nascimento Teixeira.

1. Radiologia. 2. Sistemas. 3. IA. 4. Telemedicina. 5. Laudos. I.
Título.

CDD 005

A Inteligência Artificial como Suporte à Telemedicina em Diagnósticos de
Radiologia

TCC apresentado ao curso de Sistemas de Informação do Centro Universitário Christus, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador(a): Prof. Dr. Paulo Ricardo Barboza Gomes

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Ricardo Barboza Gomes
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Me. Francisco Márcio Correia Caldas
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Me. Matheus Magalhães de Carvalho
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, causa primária de tudo, ao meu pai, José Monte Rocha, e à minha mãe, Maria José Viana Rocha.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus por ter me concedido a vida neste período e a oportunidade de realizar este projeto.

Aos meus pais, José Monte e Maria José, por terem me recebido e cuidado de mim com amor, proporcionando-me uma educação moral totalmente voltada para a honra, o respeito e a dignidade. Ainda por sacrificarem as suas vidas para o meu crescimento. As suas palavras e os seus exemplos foram o meu norte.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Ricardo Barboza Gomes, que, com sua notoriedade e suas palavras sábias, me suportou neste trabalho. Além disso, pela sua paciência em lecionar, no que se refere a todos os temas que desconhecia, tornando-os de fácil compreensão e advertindo-me sobre como tornar meu pensamento mais científico e transformar em realidade o meu sonho de fazer esse projeto possível.

A todos os professores que estiveram presentes na minha vida desde o jardim I até a faculdade, pessoas que sempre me incentivaram e sobretudo apresentaram a luz da ciência na minha vida. Devido aos fundamentos recebidos, concluo que “só sei que nada sei”.

RESUMO

Com o avanço tecnológico das máquinas de diagnóstico por imagem, a melhoria da Internet, o aperfeiçoamento da inteligência artificial e a construção de sistemas de informação complexos e integrados, foi possível idealizar um sistema capaz de analisar as imagens radiológicas, apontando possíveis patologias, com o propósito de contribuir com o médico radiologista na elaboração do laudo das imagens e tornando esses laudos mais precisos, rápidos e acessíveis às comunidades distantes. Para a elaboração deste projeto, utilizou-se a metodologia da pesquisa bibliográfica de caráter exploratório, com acesso a artigos científicos, livros e revistas. Durante as pesquisas, com o potencial de crescimento da Internet, as novas tecnologias da Inteligência Artificial e a integralidade dos sistemas, foram encontradas máquinas e sistemas capazes de dar aplicabilidade ao projeto. O nosso projeto é um sistema cujas entidades são outros sistemas, que, juntos, se tornam aptos a proporcionar laudos assertivos e ligeiros em qualquer lugar em que as pessoas estejam. Tenho a firme convicção de que o sistema idealizado trará, com os laudos mais rápidos e de fácil acesso, melhor qualidade de vida aos pacientes. Os radiologistas serão brindados com os apontamentos da inteligência artificial, que tornam os laudos mais precisos e rápidos. As instituições, por sua vez, se beneficiarão com o sistema, mais rentável e de maior credibilidade.

Palavras-chave: avanço tecnológico, imagens radiológicas, laudo, sistemas.

ABSTRACT

With the technological advancement of diagnostic imaging machines, the improvement of the Internet, the improvement of artificial intelligence and the construction of complex and integrated information systems. It was possible to devise a system capable of analyzing radiological images, pointing out possible pathologies, with the purpose of contributing to the radiology physician in the imaging report. Making these reports more accurate and faster, promoting access to reports to distant communities. For the preparation of this project, the methodology of exploratory bibliographic research was used. Scientific articles, books and journals were accessed. During the research, machines and systems capable of giving applicability to the project were found, such as the growth potential of the Internet, the new technologies of Artificial Intelligence and the completeness of the systems. Our project is a system in which its entities are other systems, which together will be able to provide assertive and quick reports wherever people are. I am firmly convinced that the idealized system will bring better quality of life to patients with faster and more easily accessible reports, radiologists will be treated to artificial intelligence notes that made reports more accurate faster, institutions also profited from the system through of greater credibility and profitability.

Keywords: technological advance, radiological images, report, systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ilustração do modelo de um neurônio artificial.	25
Figura 2 - Representação simplificada de uma RNA	26
Figura 3 - Exemplo de uma rede convolucional.....	28
Figura 4 - Ilustração dos componentes de um SE.	30
Figura 5 - Ilustração da arquitetura do sistema proposto e seus componentes.	38
Figura 6 - Solicitação do exame.	41
Figura 7 - Agendamento	41
Figura 8 - Recepção.....	41
Figura 9 – Digitalização.....	41
Figura 10 – Enfermagem.....	42
Figura 11 - Sala de exames.....	42
Figura 12 - Diagrama de fluxo de informações do sistema RIS ou HIS.....	43
Figura 13 - Diagrama da rede DICOM.....	45
Figura 14 - Ciclo de vida das imagens.....	51
Figura 15 - Consulta do laudo à distância.....	53
Figura 16 - Acesso aos exames por celular.....	53
Figura 17 - Alerta da IA na mamografia.....	57
Figura 18 - Alerta da IA na tomografia.....	57
Figura 19 - Exemplo de uma estação de trabalho do radiologista.....	60
Figura 20 - Ferramenta de trabalho MIP e 3D.....	60
Figura 21 - Integração dos sistemas HIS, RIS e PACS.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pixel/Imagem	46
Tabela 2 - Pixel/Exames	46
Tabela 3 - Média diária de exames	46
Tabela 4 - Total diário em MB	47
Tabela 5 – Total diário em MB.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNN	Redes Neurais Convolucionais
CR	Radiologia computadorizada
CT	Tomografia computadorizada
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine,
HIS	Sistema de Informação Hospitalar
IA	Inteligência Artificial
MG	Mamografia
PACS	Picture Archiving Communication System
RIS	Sistema de Informação de Radiologia.
RM	Ressonância Magnética
RNA	Redes Neurais Artificiais
RNA	Rede Neural Artificial
RX	Raios X
TICs	Tecnologia da Informação e Comunicação
US	Ultrassonografia

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Contextualização e delimitação do tema	12
1.2 Problematização	14
1.3 Pressupostos	15
1.4 Objetivos	16
1.4.1 Objetivo Geral	16
1.4.2 Objetivos específicos	16
1.5 Justificativa	16
1.6 Organização do Trabalho	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Inteligência Artificial	18
2.2 Breve Histórico de IA	19
2.3 Aplicação de IA	21
2.4 Técnicas de IA	23
2.5 Redes Neurais Artificiais	25
2.6 Aprendizado Profundo (Deep Learning)	27
2.7 Sistemas Especialistas	29
2.8 PACS (<i>Picture Archiving Communication System</i>)	30
2.9 Banco de Dados	31
2.10 Imagem	32
2.11 Telemedicina	33
3. METODOLOGIA	36
4. PROJETO PROPOSTO	37
4.1 Entrada de Dados	39
4.2 Coleta de Imagens DICOM	43
4.3 PACS	49
4.4 Armazenamento das Imagens DICOM	49
4.5 Distribuição de Imagens DICOM	52
4.6 Central de Laudos	53
4.7 Integração Ris His PACS	61
5. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
6. PERSPECTIVAS	67
7. REFERÊNCIAS	68

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e delimitação do tema

Atualmente as fábricas de softwares, grandes corporações e desenvolvedores independentes buscam incansavelmente o melhoramento dos sistemas de informação, tendo como metas: alcançar melhor conectividade e maior agilidade nos processos e disponibilizar informações para todos os setores da sociedade, através de softwares mais amigáveis e com representações mais fiéis do mundo real.

Pode-se perceber durante os anos o crescimento da informática em diversos setores da sociedade, como: educação (JUCÁ, 2011), astronáutica (CAPELARI, 2012) e agricultura (MORAES, 2020). Um mercado atualmente emergente diz respeito à atuação da informática na medicina, a partir de crescentes demandas de sistemas para o gerenciamento desde pequenas clínicas até redes complexas e de grande porte de hospitais.

Quando citamos o gerenciamento de um hospital não nos referimos simplesmente ao gerenciamento administrativo deste, mas ao gerenciamento de todos os seus setores, como recepção, admissão de pacientes, consultas, diagnósticos, imagem, internação, laboratório, centro cirúrgico e farmácia. Todos os dados coletados em cada um desses setores estão interligados e dão origem a um gigantesco banco de dados, que, além dos softwares de gerenciamento, é mais um componente desse grande sistema de informação.

A utilização de sistemas de informação é de vital importância para quaisquer instituições/corporações, inclusive aquelas no âmbito hospitalar, porque, além de interligar as informações entre os diversos setores do hospital, proporciona eficiência e controle ao gerar um documento importantíssimo, denominado prontuário, o qual contém todo o histórico do paciente, desde sua admissão até a alta médica ou eventual óbito.

O sistema hospitalar é composto por diversas entidades, como as que administram o hospital e as que tratam dos pacientes. Todavia, o objetivo principal de ambas é o restabelecimento dos enfermos o mais rápido possível.

Segundo Melo (2016), a radiologia é uma das entidades mais importantes do sistema hospitalar, porque possui como funções primárias o diagnóstico e o tratamento das patologias através de imagens adquiridas por radiações (eletromagnéticas ou corpusculares), gerando desta maneira as imagens necessárias ao laudo médico (ULIANO, 2018). Outra ação importante da radiologia é o compartilhamento das imagens adquiridas e dos laudos produzidos para outras entidades locais do sistema hospitalar, ou até mesmo para outras instituições fora do hospital. Tais funcionalidades tornam a radiologia ainda mais benéfica para diferentes contextos econômicos, sociais e geográficos.

Segundo Veloso (2017), a informática está modificando radicalmente os vários setores da sociedade com invenções e inovações interdisciplinares, transformando relações, otimizando processos e tornando a vida humana mais dinâmica. Na medicina, a informática proporciona duas ferramentas extraordinárias para o suporte à radiologia: a inteligência artificial (IA) e a telemedicina.

A importância da IA na radiologia se dará ao permitir o aumento da produtividade, por meio de diagnósticos mais rápidos e precisos em situações que exigem tratamentos imediatos. Isso ocorrerá através da utilização de algoritmos específicos e otimizados que realizarão a comparação entre imagens preexistentes, armazenadas em um banco de dados, de casos estudados para cada patologia, com as imagens sem diagnóstico que serão “laudadas” localmente ou através de telemedicina.

A telemedicina suportará as instituições de saúde em diversas situações, como, por exemplo, quando a medicina convencional não está disponível facilmente, ou quando a instituição não possui capacidade de atender a demanda dos laudos por seu próprio intermédio, seja por limitações tecnológicas seja pelo volume da demanda. Diante disso, como tendência, a atuação da telemedicina é esperada em regiões geograficamente distantes dos grandes centros médicos, em localidades que tenham escassez de médicos especialistas e até mesmo quando uma segunda opinião sobre um determinado diagnóstico for necessária, viabilizando a interação entre médicos e facilitando diagnósticos em diferentes cidades, estados e países.

1.2 Problematização

Com a evolução natural da sociedade, a busca por assertividade, rapidez e lucratividade se tornaram intensas no mundo dos diagnósticos por imagem. Os pacientes, os profissionais e as instituições esperam que seja dessa forma. Notadamente, o tema de estudo desse trabalho de conclusão de curso não constituirá uma exceção.

Segundo Ferreira (2010), o tempo necessário para o estudo das imagens e a qualidade dos diagnósticos são grandezas diretamente proporcionais. Ou seja, para laudos mais eficazes, necessita-se de maior tempo para a análise e estudo das imagens. Não obstante, outra grandeza de elevada relevância, a lucratividade, que para ser alcançada satisfatoriamente exige diagnósticos precisos e rápidos, também faz parte desse cenário. Diante disso, como melhorar ainda mais a precisão dos diagnósticos radiológicos e diminuir o tempo para os estudos das imagens, aumentando a lucratividade?

A maioria dos profissionais prefere trabalhar na sua zona de conforto e segurança. Assim eles têm receio do desconhecido e das inovações. Os profissionais do campo da radiologia não são exceção. Segundo Brandes (2020), alguns temem em relação ao futuro da radiologia. Por puro desconhecimento sobre a IA, acreditam que os diagnósticos passariam a ser executados completamente por computadores. Em contraste a isso, demonstrar que esse entendimento dos profissionais da radiologia sobre a IA está equivocado, superar esse preconceito e resistência, constitui mais um problema a ser equacionado diante dessa latente evolução tecnológica em que estamos imersos.

Além disso, em localidades geograficamente distantes dos grandes centros urbanos, onde a escassez de profissionais da saúde da atenção primária e de médicos especialistas é recorrente, como laudos rápidos e assertivos podem ser obtidos?

Em um outro cenário possível, por exemplo na emergência de um hospital, quando o tempo para o diagnóstico representa um fator vital, podendo levar o paciente ao óbito ou desenvolver sequelas por causa de minutos no atraso do laudo, como a IA e a telemedicina podem contribuir para minimizar o tempo de diagnóstico, reduzindo assim o risco de óbito e de possíveis sequelas?

Diante do exposto, no decorrer desse trabalho, justificaremos a importância da utilização conjunta da IA e da telemedicina como possível suporte para responder a tais questionamentos. Sendo a IA uma ferramenta poderosa que pode proporcionar laudos assertivos e ágeis, uma vez que a especialidade é baseada em grande parte na análise de imagens de diferentes fontes, para suplementar e auxiliar o diagnóstico clínico, sua junção com a telemedicina, formando um sistema de informação completo e totalmente conectado, tornará o mundo dos diagnósticos radiológicos mais eficaz, mantendo todas as informações dos seus pacientes organizadas e seguras, alertando sobre possíveis doenças que ele poderá desenvolver, com melhor qualidade, e por fim melhorando a qualidade de vida das pessoas.

1.3 Pressupostos

Na radiologia, a informática tem a função de melhorar o desempenho de aparelhos, de *softwares* e de sistemas de gestão e diagnósticos, fazendo-os gerar resultados em menos tempo e de forma mais confiável, promovendo satisfação para os pacientes, porque receberão o seu diagnóstico mais rapidamente, para os médicos, porque executarão laudos mais eficazes, e satisfação para as instituições, pois adquirirão status pela satisfação de funcionários e clientes, levando a maior lucratividade.

A IA essencialmente é uma nova maneira de pensar, com a tendência de que os dispositivos criados pelo homem possam desempenhar determinadas funções sem a interferência humana. Tais pensamentos estão causando mudanças revolucionárias no processamento e análise de imagens médicas. A IA pode ajudar os radiologistas a acelerar os laudos e produzir diagnósticos mais precisos.

Aliada à IA, a telemedicina levará todas as vantagens de um laudo realizado por ela aos locais mais remotos e carentes. Outro ganho é a possibilidade de uma segunda opinião especializada nos diagnósticos de forma rápida.

A elaboração dos laudos radiológicos com o suporte conjunto da IA e da telemedicina transformará, de modo significativo, as relações entre as pessoas e as tecnologias, com implicações na nossa criatividade, competências

e qualidade de vida. Como consequência lógica e direta, os diagnósticos serão realizados de forma qualitativa e quantitativa, de forma rápida e com robustez.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho de conclusão de curso é sistematizar a execução de laudos de radiologia aliando conjuntamente IA e telemedicina em um mesmo sistema de informação. O intuito é gerar praticidade e robustez na análise de diagnósticos e sua divulgação, levando também satisfação para o paciente, familiares, profissionais de saúde envolvidos e membros da gestão hospitalar.

1.4.2 Objetivos específicos

- Compreender toda a dinâmica do processo de laudos dentro e fora do hospital;
- Sistematizar a integração do sistema de laudos com a IA;
- Propor um modelo de sistema que permita que os laudos sejam realizados e/ou divulgados fora de uma instituição específica através da utilização da telemedicina;
- Apresentar um exemplo de como um laudo pode ser realizado dentro e fora da instituição com o uso conjunto da IA e da telemedicina.

1.5 Justificativa

O tema escolhido é rico em motivos para ser explorado, como, por exemplo, a sua atualidade, inovação, interesse da sociedade pela temática, relevância tecnológica e contribuição que pode ser dada a toda a sociedade.

Sem dúvida alguma, a IA é algo que mexe com a curiosidade das pessoas. Afinal, como pode uma máquina possuir inteligência? Dessa forma, compreender como esse novo paradigma funciona, a sua aplicabilidade e as

mudanças que podem proporcionar a todos, é um fator motivacional para dissipar a ignorância e o preconceito sobre o desconhecido tecnológico.

Outra justificativa foi ter trabalhado em uma empresa multinacional de informática e radiologia. No início de 2019, a empresa anunciou para seus funcionários que seu foco seria, a partir de então, inserir a IA como ferramenta na radiologia. Tal notícia despertou a curiosidade de toda a empresa, porque se tratava de algo pioneiro e desafiador.

Por fim, a combinação de laudos remotos, mediante o uso conjunto da IA e telemedicina, é uma novidade que aponta para uma ampla utilização a curto prazo e trará profundas e salutares mudanças para a sociedade, contribuindo para a melhoria dos diagnósticos no que diz respeito à eficácia e rapidez.

1.6 Organização do Trabalho

Este trabalho de conclusão de curso está organizado da seguinte maneira:

- **Capítulo 2** – Neste capítulo será apresentada a fundamentação teórica necessária para a formulação das entidades básicas que compõem o sistema de informação proposto. Serão apresentados conceitos-chave sobre IA como sua aplicação em diferentes áreas do conhecimento, redes neurais artificiais, aprendizado de máquina e sistemas especialistas. Em seguida, conceitos de PACS, banco de dados, imagens médicas e telemedicina também serão apresentados.
- **Capítulo 3** – Este capítulo tratará da composição e funcionalidades do sistema de informação proposto, o qual é baseado na integração das diferentes tecnologias descritas no Capítulo 2. O detalhamento a respeito da integração desses diferentes sistemas já existentes e o estabelecimento da interoperabilidade de cada um, estabelecendo suas funções específicas dentro do sistema proposto global, será realizado nesse capítulo.
- **Capítulo 4** – Neste capítulo o trabalho será finalizado. Nele serão expostas as conclusões obtidas e perspectivas para trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Inteligência Artificial

O tema inteligência artificial (IA) geralmente leva a maioria das pessoas a se questionarem sobre a possibilidade real de computadores, máquinas e robôs possuírem uma inteligência como os humanos. Leva também ao questionamento se as máquinas ocuparão o lugar que atualmente pertence aos homens. A mão de obra humana será substituída? O homem será substituído? Isso pode ser bom ou ruim? Para responder a tais questionamentos, inicialmente, torna-se necessário entender basicamente o conceito de IA.

Segundo Ferreira (2001), a inteligência é a faculdade ou capacidade de aprender, compreender ou adaptar-se facilmente a circunstâncias problemáticas, com a capacidade e os meios que possui. Por outro lado, a palavra inteligência, etimologicamente, se origina do latim *intelligentia*, que significa “entendimento, conhecimento” (HOUAISS, VILLAR, 2008, p. 1.631). Baseando-se nesses conceitos, podemos de forma genérica entender inteligência como sendo a capacidade humana de compreender novas situações, adaptar-se a fim de resolver determinados problemas com as ferramentas que possui.

Para prosseguirmos com este estudo, também devemos ter o entendimento do vocábulo artificial, que, segundo Ferreira (2001), possui origem no latim *artificiális*, significando o que é produzido pela arte ou pela indústria, ou seja, não natural.

De posse dos significados básicos das palavras inteligência e artificial, podemos conceber o que vem de fato a ser IA segundo Barone, Boesing (2015), que é a parte da ciência da computação voltada para a evolução de máquinas ou sistemas capazes de solucionar adversidades que necessitem da inteligência humana. A IA deve ser composta pelos fundamentos da ciência da computação, física e filosofia. A ideia global é conceber um equipamento, artificialmente inteligente, através da inclusão de programas que sejam capazes de tomar decisões à sua própria maneira quando deparados com problemas de um domínio particular para o qual o sistema foi feito.

Entretanto, para Russell e Norvig (2013), conceituar IA é bem mais complexo porque considera duas perspectivas: uma focada em seres humanos (em parte uma ciência empírica que envolve hipóteses e confirmação experimental, como descrito nos itens um e dois abaixo); e a outra num sistema racional (que é um misto de matemática e engenharia, os quais constam nos itens três e quatro abaixo).

1. Sistemas que pensam como seres humanos:

“O novo e interessante esforço para fazer os computadores pensarem (...), máquinas com mentes, no sentido total e literal” (HAUGELAND, 1985).

“[Automatização de] atividades que associamos ou pensamento humano, atividades como a tomada de decisão, a resolução de problemas, o aprendizado...” (BELMAN, 1978).

2. Sistemas que atuam como seres humanos:

“A arte de criar máquinas que executam funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas” (KURZWEIL, 1990).

“O estudo de como os computadores podem fazer tarefas que hoje são mais bem desempenhadas pelas pessoas” (RICH, KNIGHT, 1991).

3. Pensando racionalmente:

“O estudo das faculdades mentais pelo uso de modelos computacionais” (CHARNIAK, MCDERMOTT, 1985).

“O estudo das computações que tornam possível perceber, raciocinar e agir” (WINTSON, 1992).

4. Agindo racionalmente:

“Inteligência computacional é o estudo do projeto de agentes inteligentes” (POOLE et. al., 1998).

“IA ... está relacionada a um desempenho inteligente de artefatos” (NILSSON, 1998).

No percurso do estudo da IA, as quatro abordagens estão sendo seguidas. Entretanto é perceptível que existe um descasamento entre abordagens centradas em torno de seres humanos e abordagens centradas em torno da racionalidade. Cada grupo tem ao mesmo tempo desacreditado e ajudado o outro (RUSSEL, NORVIG, 2013).

2.2 Breve Histórico de IA

O nascimento do termo “inteligência artificial” foi utilizado pela primeira vez em 1956 na conferência de Dartmouth College. Tal conferência

demonstrou a necessidade da IA se tornar um campo separado da matemática. Primeiro, porque a IA abraçou desde o início a ideia de reproduzir faculdades humanas, como criatividade, autoaperfeiçoamento e o uso da linguagem, mas a matemática não tratava tais questões. Segundo, porque a IA é o único campo que claramente é um ramo da ciência da computação que tenta construir máquinas que funcionem de forma autônoma em ambientes complexos e mutáveis (RUSSELL, NORVIG, 2013).

Foi na Digital Equipment Corporation (DEC) que o primeiro sistema especialista comercial, denominado R1, iniciou sua operação e teve sucesso. O programa contribuiu para configurar pedidos de novos sistemas de computadores. Em 1986, ele já fazia a empresa faturar cerca de 40 milhões de dólares por ano. Em 1988, o grupo de IA da DEC já possuía 40 sistemas especialistas, com vários em produção (CHARNIAK, MCDERMOTT, 1985). A Du Pont (E. I. du Pont de Nemours and Company) tinha 100 sistemas especialistas sendo utilizados e 500 em desenvolvimento, proporcionando uma economia de aproximadamente 10 milhões de dólares por ano. Quase todos os conglomerados importantes dos Estados Unidos possuíam seu próprio grupo de IA e estavam usando ou analisando sistemas especialistas (RUSSELL, NORVIG, 2013).

Segundo Russell e Norvig (2013), a IA avançou mais rapidamente na última década devido ao uso mais intenso do método científico nas experiências e na comparação entre as abordagens. O progresso contemporâneo no entendimento do alicerce da teoria da IA caminha lado a lado com os avanços na capacidade de sistemas reais. Os subcampos da IA se tornaram mais integrados, e a IA encontrou uma área de concordância com outras disciplinas, tornando-se multidisciplinar.

A história da IA contém fases de êxito, confiança imprópria e quedas decorrentes da euforia. Também houve etapas de iniciação de novos enfoques criativos e de aperfeiçoamento sistêmico mais favorável das estratégias (RUSSELL, NORVIG, 2013).

No século XXI, a IA mantém seu processo evolutivo. Surgiram os robôs interativos que são comercializados em grandes quantidades. Chamados de brinquedos inteligentes, esses robôs nos remetem a uma visão do século XVIII. Cyntya Breazeal do Massachusetts Institute of Technology (MIT) divulga

sua dissertação sobre máquinas sociáveis descrevendo o KISMET (vocábulo turco que significa destino ou sorte), um robô com face e expressões que imitam o rosto humano. O robô Nomad explora regiões da Antártica, procurando amostras de meteoritos (BARONE, BOESING, 2015).

Russell e Norvig (2013) também ressaltam o Stanley, um carro robótico sem motorista, e as palavras de Garry Kasparov ao ser derrotado pelo programa de computador Deep Blue da International Business Machines Corporation (IBM): “uma nova espécie de inteligência”.

2.3 Aplicação de IA

Segundo Russell e Norvig (2013), é difícil uma resposta concisa para sabermos o que a IA pode realizar atualmente, porque existem muitas atividades em vários subcampos. Abaixo, são apresentados alguns exemplos recentes de aplicações da IA em diferentes áreas do conhecimento:

Robótica: A iRobot Corporation vendeu mais de dois milhões de aspiradores robóticos Roomba para uso doméstico. A empresa também disponibilizou o mais robusto PackBot com atuação na guerra do Iraque e do Afeganistão, trabalharam com materiais perigosos, removeram explosivos e encontraram a localização de franco-atiradores.

Medicina: O sistema inglês de computação Deep Mind foi adquirido pela Google. Ele organiza atualmente cerca de 1,6 milhão de prontuários de pacientes assistidos nos hospitais do Serviço Nacional de Saúde da Inglaterra (NHS), buscando criar novos sistemas de apoio à decisão clínica, analisando dados dos pacientes e gerando alarmes sobre a sua evolução, evitando assim medicações contraindicadas ou conflitantes e informando exaustivamente os profissionais de saúde sobre o estado clínico de seus pacientes (LOBO, 2020).

A IBM, por sua vez, criou um supercomputador, o Watson, com capacidade de armazenar dados médicos em volumes extraordinários. O Watson assimilou dezenas de livros-textos sobre medicina, toda a informação do PubMed e Medline, e milhares de prontuários de pacientes do Sloan Kettering Memorial Cancer Hospital. Segundo a revista Forbes, o Watson analisou 25 mil casos clínicos com a assistência de 14.770 médicos para buscar melhorar sua assertividade diagnóstica e está ficando mais inteligente a cada ano. Atualmente,

especialistas de vários hospitais consultam a sua rede de oncologia (LOBO, 2020).

Planejamento Logístico: Durante a guerra do Golfo Pérsico em 1991, as forças armadas dos Estados Unidos distribuíram uma ferramenta denominada Dynamic Analysis and Replanning Tool, ou DART (CROSS, WALKER, 1994), com a finalidade de executar o delineamento logístico automatizado e a programação de execução do transporte. Isso envolveu cerca de 50.000 veículos, transporte de carga aérea e pessoal ao mesmo tempo, e teve de levar em conta pontos de partida, destinos, rotas e resolução de conflitos como parâmetros. As técnicas de planejamento da IA permitiram a geração, em algumas horas, de um plano que exigiria semanas utilizando outros métodos. A Defense Advanced Research Project Agency (DARPA) declarou que essa única aplicação compensou com folga os 30 anos de investimento em IA realizados até então (RUSSELL, NORVIG, 2013).

Combate ao Spam: Cotidianamente, algoritmos de aprendizagem identificam mais de um bilhão de mensagens de spam, economizando o tempo dos destinatários em eliminar o indesejado. Para alguns, isso pode ser de 80% ou 90% das mensagens recebidas, se não fossem classificadas como spam pelos algoritmos. Os spammers estão sempre modificando estratégias, sendo muito difícil se manter uma tratativa estática programada. Logicamente os algoritmos de aprendizagem funcionam bem melhor (RUSSELL, NORVIG, 2013).

Sistemas Especialistas: São utilizados em trabalhos que necessitam de conhecimento de especialistas, e não formalizado; extração de conhecimento; regras ou informações em tarefas, como diagnósticos, previsões, monitoramento, análise, planejamento e projeto em áreas como medicina, engenharia, artes, comutação e outras (LOPES, 2014).

Esses são alguns exemplos da aplicação de sistemas de IA que existem atualmente, devendo-se ressaltar que ainda estamos nos primeiros passos em relação ao desenvolvimento e sua utilização. Essa ideia nos remete ao pensamento de que quanto maior o conhecimento maior será a responsabilidade. Portanto, devemos estar atentos ao futuro da IA no que diz respeito aos seus efeitos na sociedade.

Segundo Lopes (2014), a IA possui um gigantesco campo para pesquisa, e cada campo se divide em outras áreas. Cada uma delas assume diferentes pontos de vista e aborda problemas variados, que, em geral, são de alta complexidade e para os quais ainda não há soluções convencionais satisfatórias.

2.4 Técnicas de IA

Dentre as várias linhas de pesquisa para construção de sistemas inteligentes, existem duas principais: a linha conexionista e a linha simbólica (BARONE, BOESING, 2015).

A linha simbólica trata de problemas bem definidos, a exemplo dos sistemas especialistas. Estes se norteiam por um sistema de símbolos previamente definidos que possui um conjunto de estruturas simbólicas e um conjunto de regras de utilização dessas estruturas. Esses são os recursos necessários para produzir um sistema inteligente.

Segundo Lopes (2014), a linha simbólica enfatiza os processos de aprendizagem se baseando no raciocínio humano, tem como objetivo encontrar esclarecimentos para uma conduta inteligente com origem em características psicológicas e sistemas algorítmicos.

Por outro lado, a linha conexionista se baseia na imitação do funcionamento do cérebro humano e dos seus componentes, como neurônios e suas ligações neurais. Essa técnica de IA surgiu em 1943, e foi apresentada por McCulloch, Pitts, Hebb, Rosenblatt e Widrow (HAYKIN, 1994). Tais pesquisadores sugeriram a proposta do primeiro modelo matemático de um conjunto de neurônios artificiais interconectados chamado *Perceptron*. Tais estudos deram origem aos primeiros modelos de redes neurais artificiais (LOPES, 2014).

Entretanto, esse modelo de pesquisa da IA não teve muitas contribuições, pois os recursos de *hardware* na época eram insuficientes para o seu desenvolvimento. Contudo, o surgimento de processadores pequenos e baratos possibilitou o desenvolvimento de computadores com conexão composta por milhares de microprocessadores. Assim, em parceria com a solução de alguns problemas de teoria que estavam pendentes, a linha

conexionista originou o que conhecemos hoje como redes neurais artificiais (BARONE, BOESING, 2015).

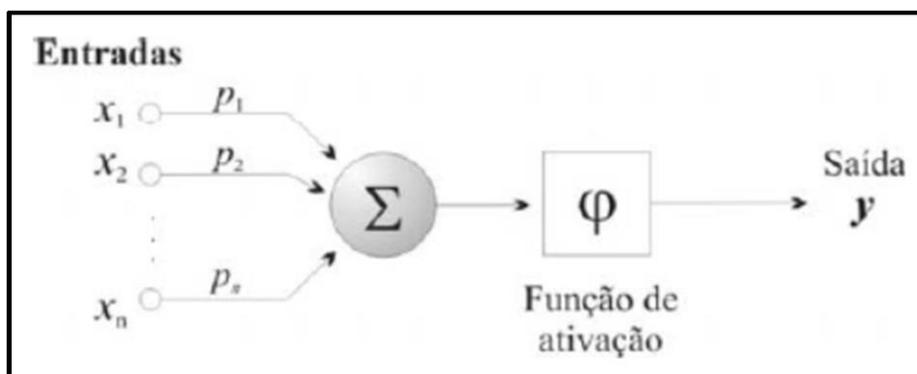
Com base no exposto, pode-se perceber que, para se construírem *softwares* que utilizem a IA simbólica, é necessário fornecer ao sistema dados intrínsecos ao problema. Em contrapartida, para a IA conexionista, o *software* é capaz de compreender as especificações automaticamente através dos dados presentes.

2.5 Redes Neurais Artificiais

As redes neurais artificiais (RNA) também são conhecidas como modelo conexionista, e tiveram um desenvolvimento significativo nos últimos anos. Suas principais características são a capacidade de aprender, adaptar, generalizar, agrupar ou organizar os dados, para os quais existe uma estrutura operacional baseada em processamento paralelo. A modelagem matemática da RNA baseia-se no modelo biológico humano. Na formação da RNA, os componentes básicos são as unidades de processamento, denominadas neurônios, que se comunicam enviando informações através de conexões determinadas (LOPES, 2014).

De acordo com Ferneda (2006), o modelo de um neurônio artificial com o objetivo de simular o neurônio biológico pode ser ilustrado conforme Figura 1.

Figura 1 - Ilustração do modelo de um neurônio artificial



Fonte: (FERNEDA, 2006).

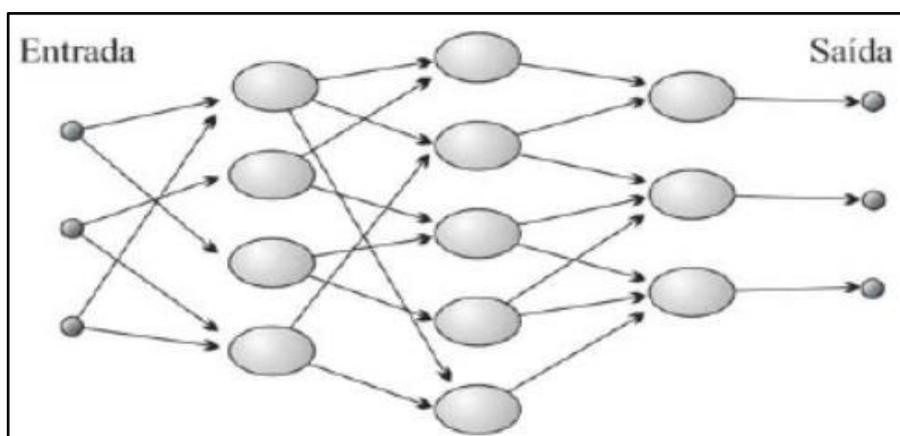
Ferneda (2006) define os elementos básicos do neurônio artificial da seguinte forma: (a) um conjunto de inúmeras conexões de entrada x_1, x_2, \dots, x_n

qualificadas por pesos p_1, p_2, \dots, p_n ; (b) um somador Σ para acumular os sinais de entrada; e (c) uma função de ativação ϕ que define o intervalo aceitável de amplitude do sinal de saída y a um valor fixo.

A conduta das conexões entre os neurônios é simulada por meio de seus pesos. Os valores de tais pesos podem ser negativos ou positivos, dependendo se as conexões são inibitórias ou excitatórias. O efeito de um sinal proveniente de um outro neurônio é determinado pela multiplicação do valor (intensidade) do sinal recebido pelo peso da conexão correspondente ($x_i \cdot p_i$). É efetuada a soma dos valores $x_i \cdot p_i$ de todas as conexões, e o valor resultante é enviado para a *função de ativação*, que define a saída y do neurônio. Combinando diversos neurônios, forma-se uma rede neural artificial. As redes neurais artificiais são modelos que buscam simular o processamento de informação do cérebro humano. São compostas por unidades de processamentos simples, os neurônios, que se unem por meio de conexões sinápticas.

Simplificadamente, uma RNA pode ser observada como no modelo ilustrado na Figura 2, em que os nós representam os neurônios e as ligações fazem a função das sinapses (FERNEDA, 2006).

Figura 2 - Representação simplificada de uma RNA.



Fonte: (FERNEDA, 2006).

Segundo Ferneda (2006), as RNAs utilizam um algoritmo de aprendizagem que tem como função determinar os pesos de suas conexões. As principais características das RNAs são:

1. **Quanto aos pesos:** Os pesos associados às conexões são ajustados durante o processo de aprendizado;
2. **Arquitetura:** Restringe o tipo de problema no qual a rede poderá ser utilizada;
3. **Definição de arquitetura:** Definida pelo número de camadas (camada única ou múltiplas camadas), pelo número de nós em cada camada, pelo tipo de conexão entre os nós (*feedforward* ou *feedback*) e por sua topologia;
4. **Aprendizado:** Capacidade de aprender por meio de exemplos e fazer inferências sobre o que aprendeu.

Como mencionado, as RNAs também se caracterizam por sua capacidade de aprender, adaptar, generalizar, agrupar ou organizar os dados. Apesar de estarmos nos referindo a uma máquina, é possível fazer com que esta aprenda. Segundo Zenon (2019), para que as máquinas aprendam, basicamente se faz necessário uma grande quantidade de dados que serão orientados no treinamento, que haja métricas para mensurar os resultados, e que tenha a possibilidade de ajuste. Dividiram-se os modelos de aprendizagem em três tipos: supervisionado, não supervisionado e por reforço.

O aprendizado supervisionado ocorre quando um agente externo à RNA comunica, na sua entrada, diversos padrões de dados identificados para supor a sua correspondência na saída. Todavia o agente externo sabe o conhecimento que o aguarda. Dessa forma é importantíssimo ter o conhecimento antecipado do comportamento que se espera ou se quer da rede. Para cada resposta é comunicada à RNA se está certa ou errada. Neste ponto a resposta é confrontada com a que se esperava. Caso haja erro, este é informado à rede que, por sua vez, realizará os acertos essenciais para melhorar as futuras respostas. Este modelo de aprendizado se mostrou eficaz no tratamento de doenças cardiovasculares, bem como na análise das imagens cardiovasculares.

O aprendizado não supervisionado se baseia na inexistência de retorno humano. A RNA ordena as entradas e, caso encontre regularidade, busca gradativamente estabelecer interpretações internas para codificar as características e relacioná-las automaticamente. Esse tipo de aprendizado pode

ser utilizado em bancos de sangue na busca por clientes com genótipos de hipertensão.

O terceiro tipo de aprendizado de máquina é o aprendizado por esforço, é uma mistura entre os outros aprendizados citados acima, porque a meta desse modelo é potencializar a impecabilidade dos algoritmos por tentativa e erro.

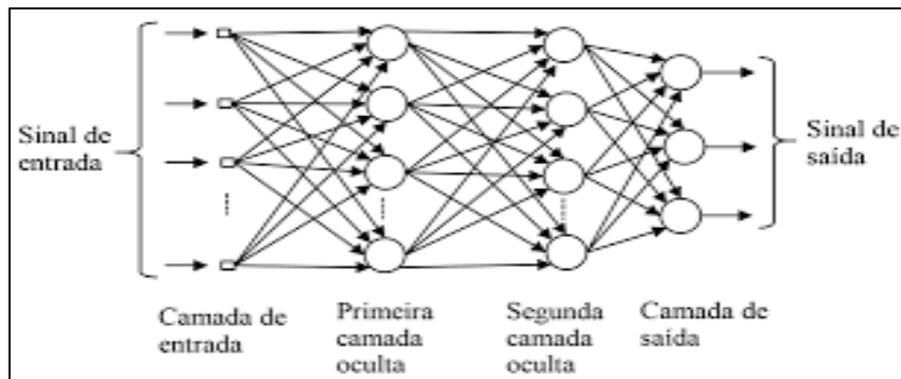
2.6 Aprendizado Profundo (Deep Learning)

Segundo Sousa (2020), a aprendizagem profunda (ou *deep learning*) trata-se de uma técnica de aprendizado de máquina na qual os programas que compõem a RNA possuem a capacidade, dentre uma grande quantidade de dados, de aprender e distinguir diferentes padrões tais como as pessoas fazem com o passar dos anos. Por exemplo, a rede aprende o que são flores ao verificar as imagens de vários tipos delas: grandes, pequenas e de diversos aspectos e cores. Da mesma forma, a rede pode diferenciar animais, plantas, partes do corpo humano e carros após analisar imagens previamente classificadas.

Segundo Suarez (2017), dentre os diversos tipos de RNA, as redes neurais convolucionais (CNN) é o estado da arte da organização automática de imagens naturais e foi inspirada na biologia humana de aprendizagem. Uma CNN normalmente é constituída por camadas (*layers*). De acordo com o problema a ser solucionado, o número de camadas profundas pode oscilar de dezenas até centenas. Contudo, a constituição da CNN deve envolver a complexidade do tema, o tempo e capacidade computacional disponível para a solução. Esta mostrou-se bastante eficaz quando utilizada para o reconhecimento de voz, classificação automática de pessoas por sexo ou pela roupa usada, assim como na medicina para resolver o problema de identificação de tipos de câncer.

Na figura 3 encontramos um exemplo de uma rede neural convolucional, que normalmente tem múltiplas camadas: a camada de entrada, a camada de saída e as camadas ocultas, que se localizam entre a entrada e a saída.

Figura 3 – Exemplo de uma rede convolucional



Fonte: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/15606/1/DAR20052019.pdf>

Para Zenon (2019), o *deep learning* faz uma imitação do funcionamento do cérebro humano, utilizando diversas camadas de redes neurais artificiais que podem produzir previsões automáticas desde um conjunto de dados de treinamento. Tal conhecimento pode ser bastante utilizado para reconhecimento de imagens, como também pode ser treinado para realizar tarefa de aprendizado não supervisionado, como, por exemplo, uma interação medicamentosa. Não há limitação quanto à memória de trabalho. O conhecimento profundo tem se mostrado superior a outras técnicas de aprendizado de máquina, como o SVM, pois pode utilizar múltiplas camadas e transformações, em comparação às duas camadas do MVR. Uma vez que o conhecimento profundo é geralmente uma análise não linear com muitos parâmetros e várias camadas, o *overfitting* pode ser grande, levando a um fraco desempenho preditivo.

As técnicas de aprendizagem profunda estão sendo utilizadas em diversos setores, como: a identificação de objetos e de imagens, o reconhecimento de voz, a combinação de itens de notícias, as postagens ou produtos com os interesses dos usuários e a seleção de resultados relevantes de uma pesquisa. A consequência é que a aprendizagem profunda está solucionando problemas que a IA por muito tempo não havia solucionado. A aprendizagem profunda se diferencia dos métodos que predefiniam os descritores de características para retratar os dados de um problema, porque busca descobrir uma estrutura característica em um imenso conjunto de dados (DARTORA, 2018).

As técnicas de aprendizagem profunda utilizam algoritmos de representação da aprendizagem que possuem múltiplos níveis obtidos pela composição de módulos simples, os quais transformam a representação de um nível (começando com uma entrada bruta) em outro nível mais alto (nível abstrato). Dessa forma, é possível representar os dados em múltiplos níveis de abstração, visto que os modelos são capazes de extrair as características automaticamente, tornando-se modelos de descritores treináveis.

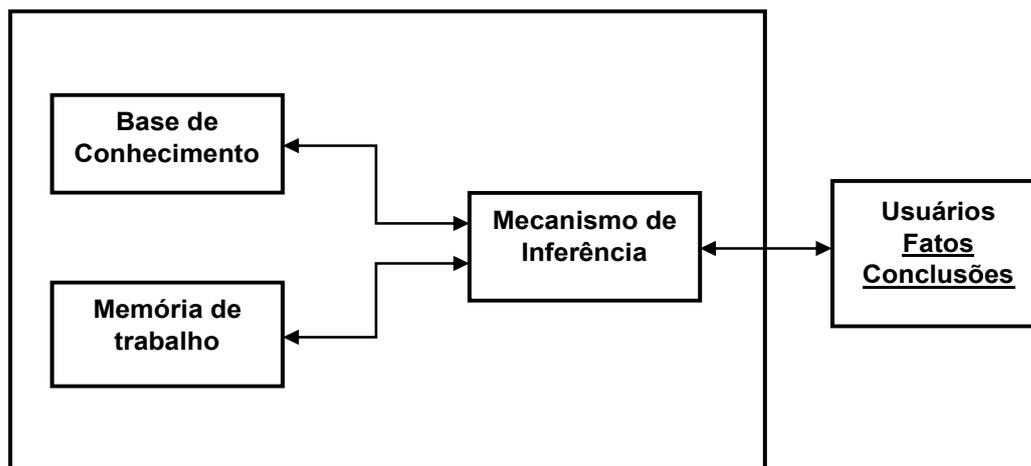
2.7 Sistemas Especialistas

É comum vivenciarmos situações em que nosso entendimento é incapaz de compreender alguns problemas, doenças ou ciência. A causa da nossa incompreensão se deve ao fato de não termos estudado e dominado suficientemente o assunto em questão. Como consequência lógica, não detemos os conhecimentos necessários para solucionar os problemas que a vida nos apresenta. Contudo, existem pessoas que se dedicam e estudam determinados assuntos, que adquiriram atributos ou procedimentos da atividade que desenvolve ou do meio em que vive. Essas pessoas são denominadas de especialistas (FERREIRA, 2001).

Para Hoppen (2020), sistema especialista (SE) é um conjunto de programas que duplicam e investigam os conhecimentos de um especialista na sua área de atuação. Estes sistemas tentam imitar a solução de problemas, como se fosse um especialista humano, e explicar as várias características referentes à descoberta da solução.

Segundo Avila (2018), um sistema especialista deve possuir basicamente quatro componentes essenciais: (1) base do conhecimento, (2) máquina de inferência, (3) memória de trabalho e (4) interface com os usuários. Tais componentes são ilustrados na Figura 4.

Figura 4 – Ilustração dos componentes de um SE



Fonte: (AVILA, 2018)

Na base do conhecimento estão localizados as regras e os procedimentos que o especialista humano, de uma área específica, deve utilizar em todas as consultas ao sistema durante a resolução dos problemas. A memória de trabalho armazena todas as ocorrências encontradas no decorrer da consulta. Por sua vez, a máquina de inferência é a entidade encarregada de vincular as ocorrências presentes na memória de trabalho com as diretrizes arquivadas na base de conhecimento para finalizar as novas ocorrências. A máquina de inferência funciona como um supervisor (AVILA, 2018).

Para FERRARI (2005), a máquina de inferência compara os dados fornecidos pelos usuários com as regras contidas na base de conhecimentos e os dados na memória de trabalho.

2.8 PACS (*Picture Archiving Communication System*)

Há alguns anos a informática está presente ostensivamente na radiologia e no suporte técnico, proporcionando novos equipamentos, sistemas de gestão com mais funcionalidades, comunicação entre as entidades do sistema hospitalar e integração de sistemas. Todos esses avanços tecnológicos possibilitaram o desenvolvimento do PACS (do inglês, *Picture Archiving and Communication System*) ou sistema de comunicação e arquivamento de imagens, o que por sua vez otimizou o sistema de arquivamento de imagens médicas e os seus respectivos laudos, como também otimizou toda a fluência de

trabalho dentro dos hospitais e clínicas de radiologia e a comunicação dentro e fora da radiologia. De certa forma abriu a radiologia para o mundo (SANTOS, 2010).

Ainda de acordo com Santos (2019), a atribuição fundamental de um PACS é aceitar as imagens no padrão de comunicação de imagem digital em medicina DICOM (do inglês, *Digital Imaging and Communications in Medicine*), dos diversos aparelhos de aquisição de imagens, como, por exemplo, raios X (RX), RX digital, radiologia computadorizada (CR), ultrassonografia (US), tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM), tornando-as disponíveis para que sejam estudadas por especialistas ou disponibilizadas para outros sistemas de informação ou, ainda, armazenadas organizadamente em bancos de dados. O PACS também é responsável pela integração com o sistema de informação clínica HIS (do inglês, *Hospital Information System*) e RIS (do inglês, *Radiology Information System*), possibilitando o desenvolvimento de diferentes modelos de auxílio computadorizado ao diagnóstico.

2.9 Banco de Dados

Astrônomos e geneticistas, pressionados por não terem como armazenar grandes quantidades de informações nos computadores, foram forçados a idealizar novas maneiras de equipamentos analisarem gigantescos bancos de dados. Com esse sentido ou acepção é que se utilizou a expressão *big data* no século XXI (SZINVELSKI, 2019).

Segundo Rosa (2020), *big data* vai muito além de um conjunto de dados comuns. Por definição, o chamado *big data* deve atender os **4V**, que são volume, velocidade, variedade e valor, propriedades pertinentes com a produção, transmissão, armazenamento, aquisição e manuseio minucioso da informação digital. Na realidade, um elemento quantitativo bastante imprescindível é a velocidade com que a influência do trabalho ocorre, já que será em bytes por unidade de tempo. Contudo *big data* demanda um enorme potencial de armazenamento e processamento durante o seu fluxo de trabalho, porque na verdade *big data* são gigantescos agrupamentos de dados, na maioria das vezes diferentes na sua variedade e valor.

Os sistemas de visualização de imagens e laudos radiológicos possuem como objetivo maximizar a assertividade dos exames e a solidez no entendimento dos exames, apoiar a análise na previsão do exame e apoiar a tomada de decisão da terapia. Entretanto, o elemento básico para a obtenção de tais objetivos são as imagens radiológicas geradas nas modalidades de exames, que são complexas e produzidas em grandes quantidades, pois, dependendo do tipo de exame realizado, podem produzir centenas de imagens, a exemplo de CT e RM. Com o advento do *big data* é possível atingir os objetivos dos sistemas de diagnósticos, porquanto a grande quantidade de imagens por exame gerada será armazenada adequadamente e manipulada com precisão, para serem utilizadas nos sistemas de laudos digitais (SANTOS, 2019).

2.10 Imagem

Segundo Santos (2019), no início dos anos 2000 a radiologia estava passando por uma transformação substancial que pretendia a eliminação do filme radiológico por imagens digitais, visando à implantação de um modelo de hospital digital que iria proporcionar a integração entre sistemas de informação e equipamentos.

Entretanto, para a substituição do uso de filme seria necessária a padronização das imagens para os laudos, mesmo havendo diversos padrões de metadados conhecidos na ciência da informação, da computação e dos recursos de interoperabilidade para aperfeiçoar a interação entre sistemas. O padrão escolhido foi o DICOM, divulgado pela Associação Nacional de Fabricantes Elétricos NEMA (do inglês, *National Electrical Manufacturers Association*). De acordo com Botão (2019), a utilização desse padrão possibilita:

1. Comunicação entre os equipamentos, que disponham do mesmo padrão;
2. Compartilhamento das imagens de diagnóstico entre sistemas como tomografia computadorizada, ressonância magnética, ultrassonografia, mamografia, hemodinâmica, medicina nuclear, raios X e outros;

3. Velocidade de busca e recuperação de material que se exprime por meio de imagem.

O padrão DICOM contém várias normas as quais permitem que imagens médicas e informações correlacionadas sejam permutadas entre equipamentos de diagnóstico geradores de imagens, computadores e hospitais. Além disso, o padrão DICOM possui todas as informações imprescindíveis que podem ser usadas na padronização entre os sistemas e no ensino da medicina (BOTÃO, 2019).

Segundo Botão (2019), existe uma obrigatoriedade de armazenar e recuperar a imensa quantidade de imagens médicas geradas nos exames. Para que essa obrigatoriedade seja atendida com segurança e agilidade, se faz necessário o uso de metadados, que geralmente são conceituados como “dados sobre dados”, tendo como principal função a descrição da informação para futura busca e recuperação.

“O termo metadados pode ser mais bem descrito como um conjunto de dados chamados de elementos, cujo número é variável de acordo com o padrão, e que descreve o conteúdo de um recurso, possibilitando a um usuário ou a um mecanismo de busca acessar e recuperar esse recurso. Esses elementos descrevem informações como nome, descrição, localização, formato, entre outras, que possibilitam um número maior de campos para pesquisa.” (BOTÃO, 2019; GRÁCIO, 2012.)

2.11 Telemedicina

Segundo Ferrar (2020), a telemedicina pode ser definida como a prestação de serviços e educação médica em geografias remotas com o uso de tecnologia da informação e comunicação (TICs).

O desenvolvimento tecnológico é implacável e impõe à humanidade a evolução como meio de sobrevivência a constante transformação em diversos setores balizada pelo crescimento da tecnologia. Notadamente, a saúde também é impactada por esse progresso, absorvendo conhecimentos para modernizar a relação médico/paciente (CORRÊA, 2020).

Como exemplos da telemedicina auxiliando no combate a doenças epidêmicas temos a triagem direta, que consiste em selecionar previamente os

pacientes antes que cheguem aos hospitais. Esta seleção mantém os pacientes assintomáticos fora do ambiente hospitalar, e os que realmente estão com sintomas mais preocupantes nos hospitais. Dessa forma, as unidades de saúde ganham tempo e minimizam a superlotação do sistema. Portanto, o simples uso de contatos virtuais ou de ligação telefônica, somado ao suporte de um profissional da saúde, são capazes de bloquear consultas desnecessárias nos hospitais, proporcionando atendimento rápido aos indivíduos que mais necessitam (CAETANO, 2020).

De acordo com Caetano (2020), os diferentes campos de atuação da telemedicina estão sintetizados a seguir:

Quadro 1 – Campos de atuação da telemedicina e suas atividades.

Campo de Atuação	Atividades
Teleconsultoria	Consulta registrada e realizada entre trabalhadores, profissionais e gestores da área de saúde, objetivando esclarecer dúvidas sobre procedimentos clínicos, ações de saúde e questões relativas ao processo de trabalho.
Telediagnóstico	Utilização das TICs em serviços de apoio ao diagnóstico por meio de distâncias geográficas e/ou temporais, que inclui telerradiologia, teleECG, teleespirometria, telepatologia, etc.
Telemonitoramento	Monitoramento à distância de parâmetros de saúde e/ou doença de pacientes, incluindo coleta de dados clínicos, transmissão, processamento e manejo por profissional de saúde.
Telerregulação	Ações em sistemas de regulação e avaliação e planejamento das ações, fornecendo à gestão uma inteligência reguladora operacional. Possibilita a redução nas filas de espera no atendimento especializado.
Tele-educação	Aulas, cursos ou disponibilização de objetos de aprendizagem interativos sobre temas relacionados à saúde.
Segunda opinião formativa	Resposta sistematizada, construída com base em revisão bibliográfica das melhores evidências científicas a perguntas originadas das teleconsultorias.
Teleconsulta	Realização de consulta médica ou de outro profissional de saúde à distância por meio de TICs, que, até à epidemia, só era permitida no Brasil pelo Conselho Federal de Medicina (CFM) em situações de emergência.

Fonte: (CAETANO, 2020).

Clínicas de radiologia que realizam exames de raios X, tomografia computadorizada, ressonância magnética, dentre outros, podem, através do uso

da telemedicina, realizar estudos e entregar laudos localmente, como também receber imagens de locais remotos através da transmissão dessas imagens, e, ainda, efetuar o diagnóstico e enviar o laudo para a localidade que solicitou o estudo. Desse modo, temos a garantia de que os pacientes, mesmo situados distantes geograficamente dos principais centros de diagnósticos, que convivem com a falta de serviços de saúde e especialistas, podem ser atendidos (CAETANO, 2020).

Para Caetano (2020), a utilização da telemedicina foi importantíssima na radiologia durante a pandemia da COVID-19, porque viabilizou suplantar o baixo número de médicos radiologistas em áreas geográficas distantes, possibilitando aumentar a abrangência dos sistemas locais, onde não havia profissionais disponíveis, prevendo a alta demanda da doença. O suporte ao diagnóstico foi importante devido às características de opacidade bilaterais na tomografia de tórax, pois permitiu agilidade da adoção de condutas pelos médicos. Contribuiu também com as evidências para as dúvidas da COVID -19 quando faltaram os kits de testagem do vírus. A criação de bancos de imagens de raios X e TC de tórax de pacientes da COVID-19 acessados à distância tem sido usada para auxiliar no atendimento dos casos, estratégia também seguida pelo Ministério da Saúde brasileiro.

Com todo o avanço tecnológico atual com sistemas de informação capazes de identificar patologias como se fossem um especialista radiologista, proporcionando uma segunda opinião sobre o laudo e, ao mesmo tempo, apontando achados clínicos que poderiam passar despercebido pelo médico, é sem dúvida a IA a serviço da excelência e da melhoria da sociedade. Ou seja, atingimos um nível de progresso na informática de tal modo que é possível levar toda essa tecnologia de laudos, como também a educação médica, aos mais distantes rincões dos centros urbanos. Este é o relevante papel da telemedicina.

3. METODOLOGIA

Este trabalho de conclusão de curso classifica-se como uma pesquisa bibliográfica de caráter exploratório. Primeiramente, visamos formular o problema em estudo; em seguida, elaboramos as possibilidades explicativas da nossa solução proposta, tomando por base os conceitos definidos na revisão bibliográfica, realizada no Capítulo 2.

A pesquisa bibliográfica exploratória foi realizada a partir do problema da entrega, com rapidez e precisão, dos laudos radiológicos às comunidades distantes geograficamente, condição suportada pela IA e a telemedicina. O objetivo desse estudo foi procurar padrões, ideias ou hipóteses, capazes de dar uma solução para o problema.

Contudo, a pesquisa bibliográfica exploratória foi capaz de dar ampla base tecno-científica que tornou possível a elaboração desse TCC. No próximo capítulo será demonstrada a ordenação do sistema de informática proposto.

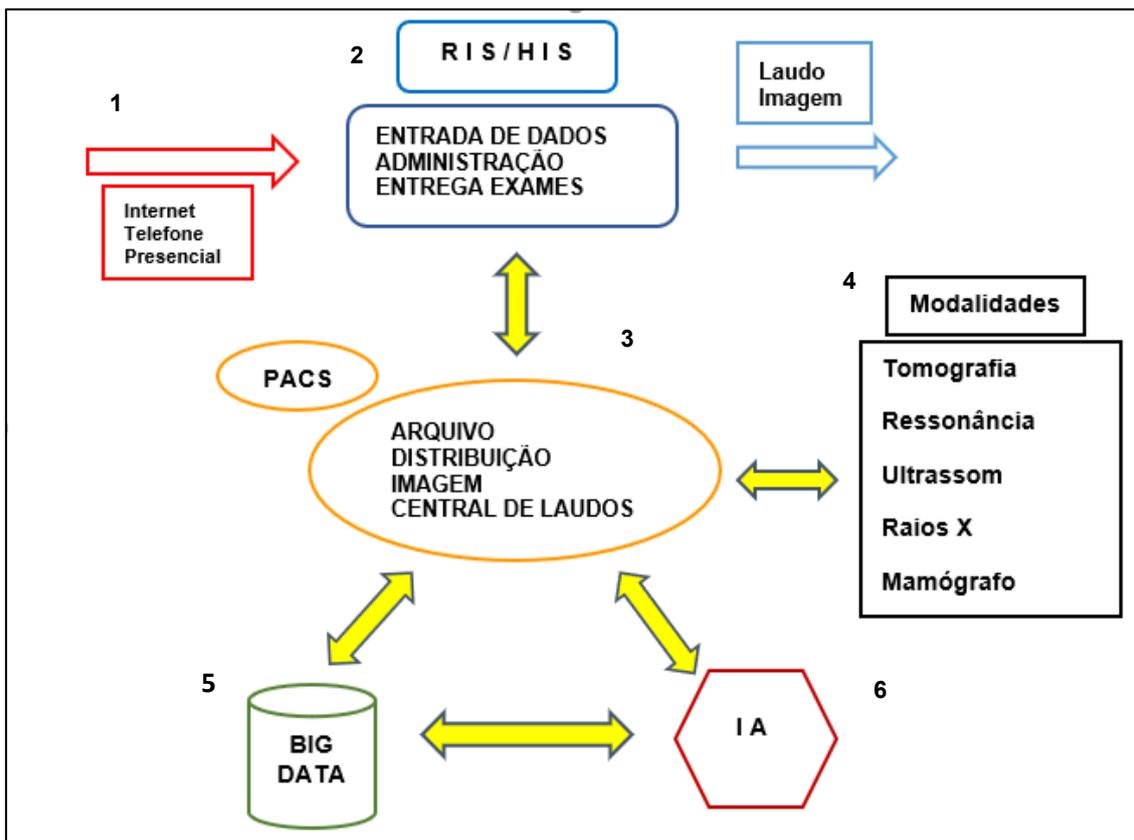
4. PROJETO PROPOSTO

O objetivo desse capítulo é apresentar detalhadamente uma proposta de arquitetura de um sistema de informação que ofereça laudos radiológicos a pacientes locais e distantes geograficamente, tendo como suporte aos estudos dos exames a utilização conjunta da IA e da telemedicina. Para formulação da proposta serão apresentados os modelos, as técnicas e os interconectores entre as várias entidades fundamentais que compõem o sistema proposto.

Em nossa pesquisa bibliográfica, realizada no Capítulo 2, apresentamos o estado da arte sobre a telemedicina, a IA com suas técnicas de aprendizado, o *big data* e as imagens médicas com metadados. Propomos nesse capítulo a integração dessas diferentes tecnologias em um único sistema para diagnóstico radiológico auxiliado por IA e telemedicina, o qual propiciará desde a entrada dos dados e a requisição dos exames até a entrega do laudo em qualquer localidade independente da sua posição geográfica.

Para uma melhor compreensão do sistema de informação proposto para apoio ao laudo com a integração da telemedicina e IA, a Figura 5 ilustra sua arquitetura geral, demonstrando o fluxo de trabalho da elaboração de laudos radiológicos. A execução do sistema inicia com uma determinada solicitação médica em um consultório ou com a execução do exame solicitado, até a entrega dos laudos e imagens, que podem ser distribuídas para o acesso no interior do hospital, acesso remoto ou na recepção através do sistema RIS.

Figura 5 – Ilustração da arquitetura do sistema proposto e seus componentes.



Fonte: o autor.

A Figura 5 ilustra, em forma de diagrama de blocos, o sistema de informação proposto, que notadamente é bastante complexo, porque as entidades que o compõem são outros sistemas, que por sua vez são constituídos por suas próprias entidades. Tais sistemas devem ser integrados para dar funcionamento ao sistema proposto.

Na entrada de dados (1), os dados são enviados para o sistema RIS ou HIS com a finalidade de agendar os exames. A marcação do exame pode ser presencial, por telefone ou através da Internet. De posse dos dados do paciente e do exame radiológico solicitado, o sistema RIS ou HIS (2) executará suas funções, que são agendar o exame, prover os recursos necessários, administrar a clínica ou hospital e informar ao sistema PACS (3) a agenda dos exames a serem realizados e os pacientes correspondentes. O sistema PACS, por sua vez, informará a cada modalidade (4) os dados do paciente e o exame a ser executado.

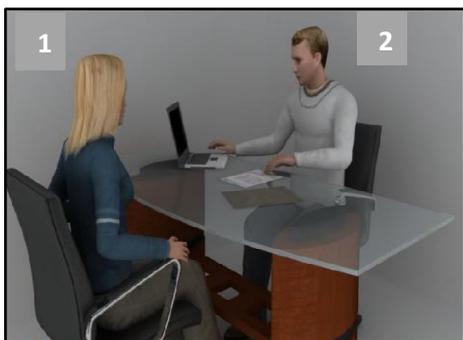
Uma vez concluídos os exames na modalidade pertinente, as imagens médicas serão enviadas para o sistema PACS, que, por sua vez, as enviará para o *big data* (5), que as armazenará adequadamente, e para a IA (6) onde serão realizados os estudos das imagens na busca por patologias. A penúltima função do PACS é disponibilizar as imagens para a central de laudos, onde é feito o estudo e a conclusão do laudo. E por fim, notificará o sistema RIS ou HIS da conclusão do exame.

4.1 Entrada de Dados

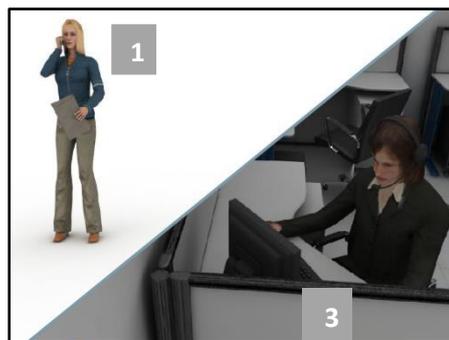
O início do funcionamento do sistema proposto tem origem com as requisições dos médicos, sejam elas solicitadas de forma remota ou no mesmo local da realização dos laudos, chegando ao sistema RIS, caso seja uma clínica, ou ao sistema HIS, caso se trate de um hospital.

Os dados de entrada no sistema proposto se originam a partir da solicitação de algum tipo de exame radiológico (por exemplo: RX, MG, US, CT e RM), para estudar essas imagens com a finalidade de identificar ou não patologias. O sistema RIS ou HIS, ao receber a solicitação médica, serão desencadeadas várias ações, como armazenamento da identificação do paciente, identificação da unidade solicitante, estudo solicitado, sexo, médico solicitante, motivo da solicitação, reserva dos recursos necessários, dentre outros.

Com o apoio da telemedicina, o paciente, independentemente da sua localização geográfica, de posse da requisição do exame solicitado por um especialista ou clínico geral - na qual obrigatoriamente deve constar a sua identificação, o tipo de exame, e a razão pela qual o exame foi solicitado - deve entrar em contato com uma unidade de radiologia para realizar o seu agendamento. Este pode ocorrer de duas maneiras: (a) dirigir-se pessoalmente a uma unidade de radiologia a que tenha acesso; ou (b) entrar em contato com a unidade radiológica através de uma linha telefônica, para receber as informações dos pré-requisitos para a realização do exame e concluir o agendamento. As etapas de solicitação e agendamento dos exames são ilustradas nas Figuras 6 e 7, respectivamente.

Figura 6 – Solicitação do exame.

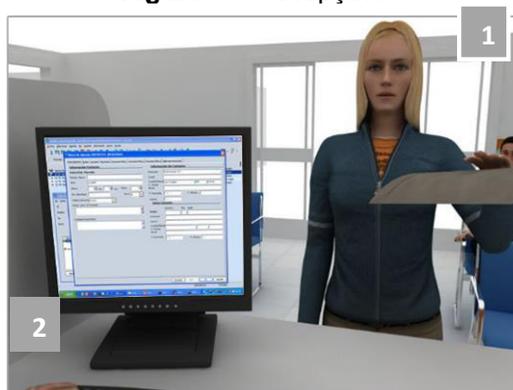
Fonte: Kodak Brasileira treinamento de funcionários.

Figura 7 – Agendamento.

Fonte: Kodak Brasileira treinamento de funcionários.

Nesse ponto do processo são informados todos os dados do paciente, como nome, idade, sexo, exame solicitado, solicitante do exame e o motivo da solicitação. O atendente utiliza o sistema RIS para clínicas ou HIS para hospitais a fim de dar entrada nos dados e agendar o exame para uma data conveniente, informando os pré-requisitos necessários para sua realização. O sistema controla os recursos necessários para a execução do exame e a disponibilidade de salas, as modalidades e os médicos.

Dando continuidade ao processo de realização do exame, são utilizados pela recepcionista todos os dados do agendamento. O paciente deverá comparecer à recepção da instituição na data e hora marcadas, para a realização do exame, portando a solicitação médica, seus documentos de identificação e, se houver, exames antigos e laudos. Estes poderão ser digitalizados para facilitar os estudos através da comparação entre exames e laudos antigos com os novos. As Figuras 8 e 9 ilustram tais procedimentos.

Figura 8 – Recepção.

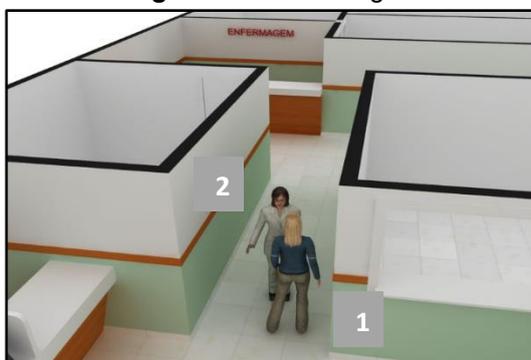
Fonte: Kodak Brasileira treinamento de funcionários.

Figura 9 – Digitalização.

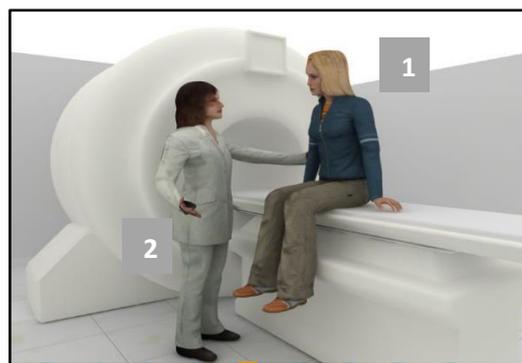
Fonte: Kodak Brasileira treinamento de funcionários.

A Figura 8 demonstra a paciente (1) na recepção da clínica entregando toda a documentação e exames anteriores para a realização dos exames, e a recepção (2) da unidade radiológica recebendo a documentação. A Figura 8 mostra a recepcionista (3) dando entrada dos dados da paciente no sistema RIS. Todavia, no caso de a instituição ser um hospital, o sistema que receberá os dados será o HIS, como mencionado anteriormente.

O próximo passo é o preparo para efetuar o exame, quando um profissional de saúde comprovará o cumprimento dos pré-requisitos necessários à realização do exame, administrará as substâncias devidas e encaminhará o paciente para a sala do exame específico. Essas etapas são ilustradas nas Figuras 10 e 11, respectivamente.

Figura 10 – Enfermagem.

Fonte: Kodak Brasileira treinamento de funcionários.

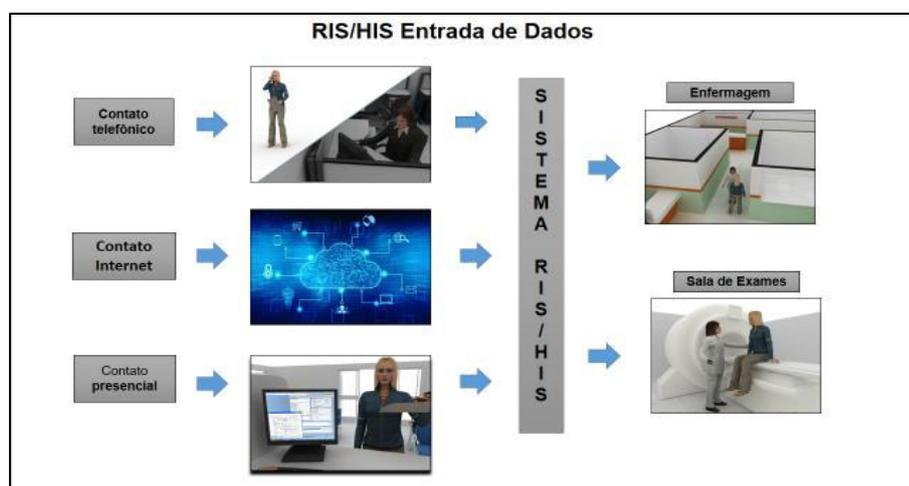
Figura 11 – Sala de exame.

Fonte: Kodak Brasileira treinamento de funcionários.

A Figura 10 ilustra a enfermeira (2) conduzindo a paciente (1) para a verificação dos procedimentos do exame, e sua condução para a sala de exames. Já na Figura 10, a enfermeira (2) está posicionando a paciente (1) para a realização do exame.

Nesse ponto do processo o sistema RIS ou HIS conclui a função de entrada dos dados, pois a função de agendamento foi realizada pelo setor de recepção. A enfermeira realizou a aplicação das substâncias necessárias e conduziu a paciente para a sala de exames, cumprindo os seus propósitos até então. Posteriormente novas funções serão descritas.

Para um maior entendimento quanto ao fluxo dos dados de entrada no sistema RIS ou HIS, a Figura 12 ilustra resumidamente todas as possibilidades.

Figura 12 – Diagrama de fluxo de informações do sistema RIS ou HIS.

Fonte 1: Kodak Brasileira treinamento de funcionários.

Fonte 2: <https://www.netobjex.com/internet-of-things-is-not-about-chasing-the-cool-factor/>.

Existem três formas básicas para que os dados dos pacientes sejam inseridos no sistema RIS ou HIS, como demonstra a Figura 12. A entrada de dados por um contato telefônico, através da internet ou presencialmente na instituição de saúde.

4.2 Coleta de Imagens DICOM

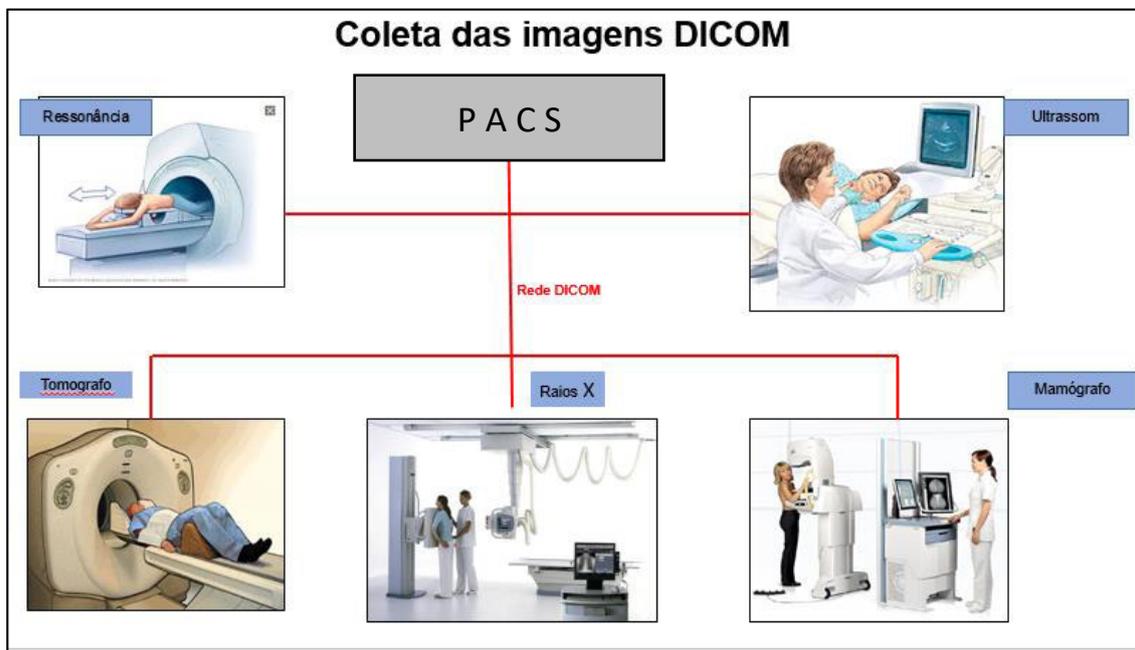
Nessa seção será demonstrada a coleta de imagens baseada na solicitação do médico para cada patologia. Pode ser requerido mais de um tipo de exame para o diagnóstico de uma determinada enfermidade, pois o diagnóstico ficará mais preciso por conta do tipo de aquisição realizada. Podemos afirmar que um exame completa o outro, como, por exemplo, o exame de mama no qual é solicitado três tipos de exames, visto que o paciente tem mama densa e possui prótese. Dessa forma, são solicitados os exames de ultrassonografia das mamas, acompanhado da mamografia, em conjunto com a ressonância magnética de mama, proporcionando uma visualização completa desse da mama e oferecendo ao radiologista mais recursos para um diagnóstico preciso.

A transição para tecnologias digitais e sistemas de informação sofisticados só traz benefícios reais para os departamentos do hospital se todas as fases do fluxo de trabalho aproveitarem o potencial dessas novas tecnologias. Hoje muitos departamentos utilizam sistemas HIS ou RIS (de informação hospitalar ou radiológica), armazenando todas as informações pessoais dos pacientes e do agendamento de exames. Esses dados podem ser requisitados durante a fase de aquisição das imagens médicas pelas modalidades DICOM, uma vez que os dispositivos de aquisição devem conhecer todos os dados relevantes do paciente e do exame, para armazená-los junto às imagens digitais que produzem.

As imagens adquiridas das diversas modalidades estão no formato DICOM, que é o padrão de imagens médicas mais conhecido e mais utilizado no mundo. São imagens ricas em definição e que utilizam o conceito de metadados, visto que, além das imagens das regiões do corpo humano, possuem também informações atreladas a essas imagens, como a identificação do paciente, identificação da instituição, exame solicitado e série a que pertence uma

determinada imagem. A classificação dos dados com metadados significativos garante a obtenção e a correta interpretação das informações clínicas com um contexto relevante sempre que necessário. Estão disponíveis formatos DICOM de metadados. Como forma de demonstrar o tráfego das imagens no sistema PACS, segue abaixo a Figura 13.

Figura 13 - Diagrama da rede DICOM.



Fonte 1: <https://eigierdiagnosticos.com.br/blog/exames/como-feito-diagnostico-cancer-mama/>.

Fonte 2: <https://www.tecmundo.com.br/medicina/10857-como-funcionam-a-tomografia-e-a-ecografia-3d.htm>, em 23/11/2020.

Fonte 3: <https://www.ecocardio.net/>.

Fonte 4: <https://clinicarj.com.br/exames/raios-x-digital/>.

Fonte 5: <http://www.topmed.med.br/mamografia-nuance-excel.php>.

A Figura 13 mostra a rede DICOM com as modalidades de exames conectadas. As modalidades recebem os dados dos exames e enviam as imagens referentes a cada estudo para o diagnóstico no PACS.

Um dos pontos mais importantes neste capítulo é demonstrar o real tamanho da imagem DICOM em MB (do inglês, *megabytes*). Tal informação permitirá prever o tamanho do banco de dados necessário e o cálculo do tráfego de dados na rede. Para uma maior compreensão a respeito disso, desenvolveremos uma série de tabelas até chegarmos ao real tamanho das imagens em nosso sistema. Na Tabela 1, temos a demonstração do tamanho

em *pixel* das imagens médicas radiológicas por tipo de exame. É perceptível que o tamanho das imagens é consideravelmente grande em virtude do seu grau de detalhamento necessário para a realização dos diagnósticos.

Tabela 1 - Pixel/Imagem.

Modalidade	Matriz	Pixel / Imagem
Raios X	2560 x 3072	7.864.320
Mamografia	3584 x 4608	16.515.072
Ressonância Magnética	512 x 512	264.144
Tomografia Computadorizada	512x 512	264.144
Ultrassom	256 x 256	65.536

Fonte: Kodak Brasileira treinamento de funcionários.

Nenhum exame, dentre os relacionados, faz aquisição de apenas uma imagem. Cada tipo de exame tem as suas características e formas de aquisição, para que os radiologistas as interpretem gerando os laudos corretamente. A Tabela 2 ilustra a quantidade de *pixels* correspondentes para cada tipo exame.

Tabela 2 - Pixel/Exames.

Modalidade	Imagem/Exame	Matriz	Pixel/imagem	Pixel/exame
Raios X	3	2560 x 3072	7.864.320	23.592.960,00
Mamografia	4	3584 x 4608	16.515.072	66.060.288,00
Ressonância Magnética	150	512 x 512	264144	39.621.600,00
Tomografia Computadorizada	800	512 x 512	264144	211.315.200,00
Ultrassom	25	256 x 256	65536	1.638.400,00

Fonte: Kodak Brasileira treinamento de funcionários.

Na realidade, uma clínica de radiologia ou hospital com unidade de radiologia anexa não realiza um único exame por dia, e muito menos um único exame por paciente. São dezenas de exames diariamente, e, em diversas situações, ocorre que a mesma solicitação médica contém vários exames de imagem para o mesmo paciente. Para o sistema de informação proposto, adotaremos a média diária de exames realizados por dia, conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3- Média diária de exames.

Média diária de exames dia	
Raios X	30
Mamografia	20
Ressonância Magnética	30
Tomografia Computadorizada	20
Ultrassom	25

Fonte: Kodak Brasileira treinamento de funcionários.

Continuando com o nosso propósito, é necessário saber a quantidade de cores que cada imagem possui. Sabemos que imagens radiológicas são monocromáticas. Assim trabalharemos com os tons de cinza que cada imagem possui. Todavia, a quantidade de tons de cinza depende da modalidade captadora de imagem, do seu fabricante e da tecnologia aplicada.

Cada fabricante informa o número de *bits* de profundidade para cada tipo de modalidade por ele fabricado. Quanto maior for o número de *bits* de profundidade, maior será a quantidade de tons de cinza que seus equipamentos possuirão, e, por consequência, é possível ter imagens de tamanhos maiores. O número de tons de cinza disponíveis é igual a 2 elevado à potência do número de *bits*, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Número de *bits* de profundidade.

Bits Por Pixel	Número de Cores Disponíveis
1	2
2	4
4	16
8	256
10	1024
12	4.096
13	8192
14	16384

Fonte: Kodak Brasileira treinamento de funcionários.

Na maioria das modalidades são utilizados 16.384 (2^{14}) tons de cinza, com exceção dos aparelhos de ultrassom, que utilizam geralmente 264

tons de cinza, ou seja 2^8 . Os *bits* de profundidade estão periodicamente mudando, pois os fabricantes das modalidades querem que seus equipamentos ofereçam cada vez mais tons de cinza, com a finalidade de promoverem seus equipamentos. Contudo, para os nossos cálculos, utilizaremos 14 *bits* de profundidade para a maioria das modalidades, e 8 para ultrassons.

Tomando como base as Tabelas 1, 2 e 3, podemos aferir, realizando o seguinte cálculo, a quantidade de memória que será necessária para armazenar as imagens para cada tipo de exame (em MB) e a quantidade de dados trafegando na rede:

Exemplo para raios X:

a. Quantidade de pixels por exame X número de bits de profundidade = Número de total de bits de dados.
 $23.592.960 \times 14 = 330.301.440$ bits

b. Número total de bits de dados dividido por 8 é igual ao tamanho do arquivo em bytes.
 $330.301.440 : 8 = 41.287.680$ bytes

c. Dividir o número de bytes por 1.024 para obter o tamanho do arquivo em Kilobytes. Divida por 1024 novamente e obtenha o tamanho do arquivo em Megabytes.
 $41.287.680 : 1.024 = 40.320$ Kilobytes
 $40.320 : 1024 = 39,375$ Megabytes

d. Para obter a quantidade total dos exames de raios X por dia em Megabytes, basta multiplicar pela quantidade de exames diários na Tabela 3.
 $39,375 \times 30 = 1.181,25$ Megabytes/dia

Realizando o mesmo procedimento anterior, calculado com os dados de exames de raios x, porém agora levando em consideração também os demais tipos de exames existentes, obtemos uma previsão para o total diário em MB de todos os exames, demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Total diário em MB.

Modalidades	Total MB/Dia
Raios X	1.181,25
Mamografia	2.205,00
Ressonância Magnética	1.983,77
Tomografia Computadorizada	7.053,41
Ultrassom	39,05
Total	12.492,49

Fonte: Kodak Brasileira treinamento de funcionários.

Todavia, mesmo com os tamanhos das imagens sendo grandes, podemos trabalhar o armazenamento diário dessas imagens utilizando os conceitos de *big data*. Este permite trabalhar com grandes volumes de dados variados, garantindo velocidade de armazenamento e acesso. Os aspectos de volume, variedade e velocidade, como explicamos no Capítulo 2, dizem respeito à grande quantidade de dados não estruturados que devem ser analisados pelas soluções de *big data* e que trarão custo-benefício para as instituições. Cada empresa deve se certificar, em sua realidade, se a análise de *big data* compensa o alto investimento desta solução.

Como foi demonstrado, o tamanho das imagens no padrão DICOM é grande. Entretanto, com a utilização de tecnologias de *big data*, o arquivamento e manipulação dessas imagens é plenamente possível. Somado a essa possibilidade, o padrão DICOM também proporciona vantagens como:

- 1. A liberdade no acesso:** As imagens podem ser acessadas em qualquer ou de qualquer lugar, desde que exista uma conexão com a Internet, a partir de outros dispositivos e sistemas digitais, não sendo necessária a presença dos profissionais da saúde para uma ação, seguindo os conceitos estabelecidos pela telemedicina;
- 2. Compartilhamento da informação:** Através de uma rede, profissionais podem fazer compartilhamento das imagens e, assim, dissipar quaisquer dúvidas, ter opiniões diferentes, mesmo quando não é possível reunir diversos profissionais em um único atendimento, principalmente equipes multidisciplinares sobre os exames. Mais uma vez a presença da telemedicina na radiologia;

3. **Qualidade garantida:** A transmissão das imagens pela Internet não afeta, de forma alguma, a sua qualidade. Mais um conceito da telemedicina sendo utilizado;
4. **Trato das imagens com segurança:** O padrão de comunicação DICOM também homogeneiza outros processos que envolvam protocolos. Como exemplo, o serviço de confirmação de armazenamento atesta se uma imagem foi armazenada com sucesso em outro equipamento, produzindo total segurança para os usuários que enviaram ou que receberam arquivos. Se for o caso, o usuário que enviou as imagens pode deletá-las do seu sistema ou não.
5. **Liberdade de laudo:** As clínicas e hospitais podem oferecer laudos e serviços em diversas especialidades, sem que seja necessário dispor de uma equipe de especialistas local, fortalecendo a ideia e potencialidades da telemedicina.

4.3 PACS

Sistema de arquivamento e distribuição de imagem comumente conhecido pela sigla PACS (do inglês, Picture Archiving and Communication Systems). É uma das possíveis respostas da informática para o desafio do crescente volume de imagens médicas e sua distribuição interna e externa da unidade de radiologia.

4.4 Armazenamento das Imagens DICOM

A *big data* é uma entidade do sistema PACS, pois possui a função de armazenamento das imagens referentes aos exames radiológicos solicitados e presentes no banco de dados. Também sabemos o tamanho das imagens, assim como a quantidade em MB de cada exame. Entretanto é necessário organizar, guardar e gerenciar as imagens para que estejam sempre disponíveis para o seu uso. A melhor forma de atingir tais objetivos é estar de acordo com os conceitos de *big data*, de ser capaz de gerenciar enormes quantidades de dados, ser capaz de gerenciar a variedade dos dados, de ser veloz quanto à capacidade de

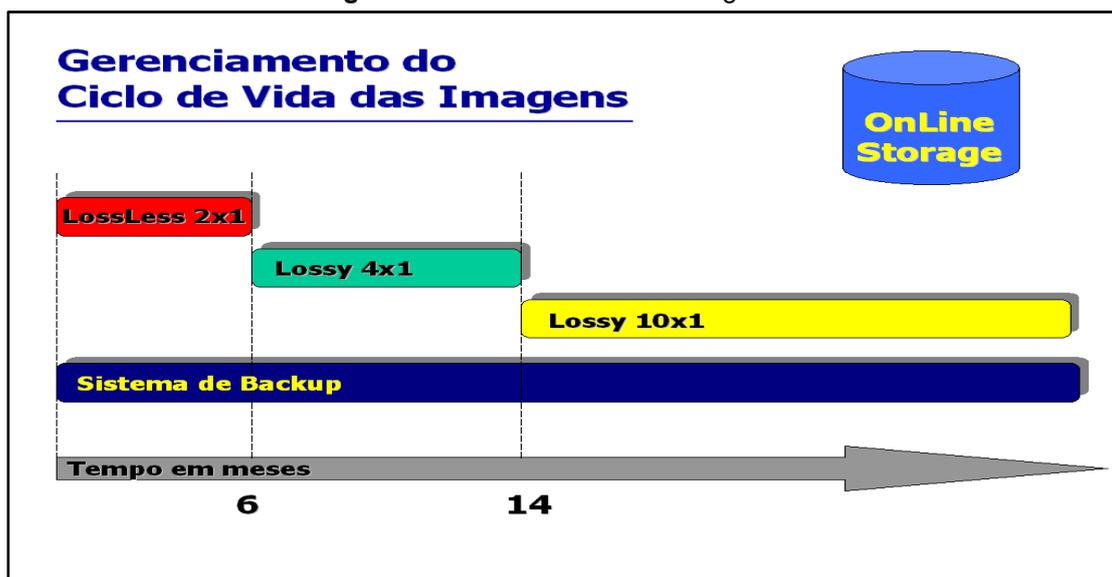
organizar os exames e permitir com rapidez o acesso, e, por último, tornar esses dados com valor. Portanto, exigem grande capacidade de armazenamento e processamento em todo o seu fluxo de trabalho.

O banco de dados deve ter como atribuição o armazenamento das imagens dos pacientes e gerenciar o fluxo dessas imagens para o laudo. Para tornar o acesso e a recuperação das imagens mais rápidos e eficientes, deve-se estruturar os dados de três formas, dirigidas pela possível necessidade de acesso aos laudos dos exames, a saber:

- 1) Imagens recentes que têm grande possibilidade do retorno do paciente e a sua utilização para comparação;
- 2) Imagens que por um curto tempo podem ser utilizadas;
- 3) Armazenamento das imagens que possivelmente não têm previsão de acesso rápido.

A legislação brasileira atribui à unidade que realizou o exame a guarda ou manutenção das imagens dos pacientes em arquivo por 20 anos. É evidente que a quantidade dos dados a serem arquivados é estratosférica, basta resgatar o resultado mostrado na Tabela 1. Todavia, como forma de diminuir a enorme quantidade de dados, pode ser usada a compressão de imagens, sem perdas (lossless) ou com perdas (lossy). Entretanto, essa ação não é uma unanimidade na radiologia, visto que a mamografia é um exame delicado, e uma das buscas no exame é identificar a existência de microcalcificações. Diante disso, teme-se que uma compressão lossy dessas imagens comprometa os achados médicos, quando a imagem for descomprimida. Entretanto, concluímos: (a) a utilização da compressão é útil; (b) a avaliação do impacto é difícil; (c) as análises devem ser feitas caso a caso; e (d) a aplicação médica é que deve determinar a qualidade da imagem. A Figura 14 ilustra o ciclo de vida das imagens, dividindo o armazenamento pelo tipo de compressão (lossless ou lossy), e o tempo de armazenamento sendo replicado no backup.

Figura 14 – Ciclo de vida das imagens.



Fonte: Kodak Brasileira treinamento de funcionários.

A Figura 14 demonstra o ciclo de vida das imagens em um determinado *storage*. A linha *backup* (azul) é particionada em três formas de compressão de imagens, nas cores vermelha (*lossless*), verde (*lossy*) e amarela (*lossy*) em relação ao tempo de armazenamento. No canto superior direito existe o armazenamento *online*.

O armazenamento das imagens DICOM é fundamental para que estas possam ser utilizadas numa consulta ou comparações em futuros diagnósticos. Entretanto, como já mencionado anteriormente, o tamanho e a quantidade das imagens no formato DICOM são bastante grandes e torna-se imperativa a gestão do ciclo de vida dessas imagens, que está diretamente relacionado com o tipo de imagem, o número de acesso a essas imagens em determinado tempo e a forma de compressão.

O gerenciamento do ciclo de vida das imagens funciona priorizando o acesso rápido às imagens com maior probabilidade de serem consultadas em curto tempo. Tais imagens devem ser armazenadas no *storage*. As demais imagens serão armazenadas de acordo com o tipo de compressão delas, com ou sem perdas, dependendo de qual exame pode ter perdas ou não. A grande contribuição do gerenciamento de imagens é proporcionar acessos mais rápidos no que realmente é mais consultado, armazenar imagens comprimidas, otimizando assim o espaço no *big data* e tornando o sistema mais dinâmico.

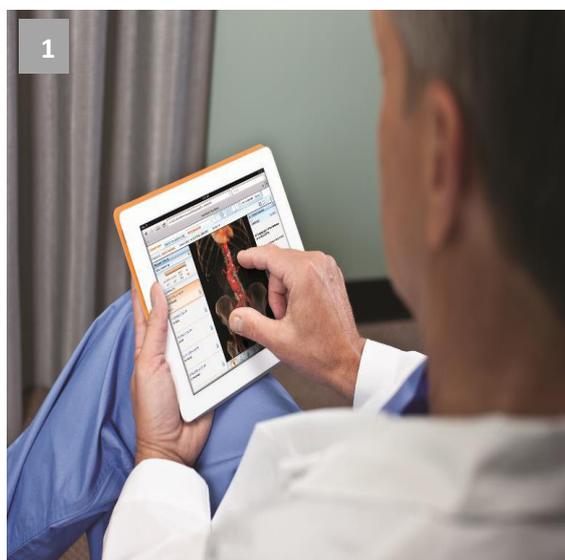
4.5 Distribuição de Imagens DICOM

O sistema de distribuição de imagens e de dados do paciente tem a função de levar toda informação necessária basicamente para três públicos: 1) a radiologia, onde os dados do cliente e as imagens são os materiais primordiais para que o laudo seja realizado; 2) setores internos do hospital ou clínica radiológica, como enfermarias, centros cirúrgicos e consultórios, podendo ser imagens com ou sem o laudo; e 3) ambientes externos à unidade de radiologia, como o médico solicitante, o paciente ou outro radiologista, para uma segunda opinião do laudo, etc.

O envio das imagens e laudos para os ambientes externos à unidade de radiologia possibilita, aos pacientes e aos médicos solicitantes localizados geograficamente distantes da unidade radiológica, receber os laudos correspondentes à solicitação, cumprindo uma das funções da telemedicina, que é aproximar o paciente ao tratamento médico. A opinião de um segundo radiologista é outro ponto com que a telemedicina contribui para a melhoria da qualidade dos laudos e para o estudo médico.

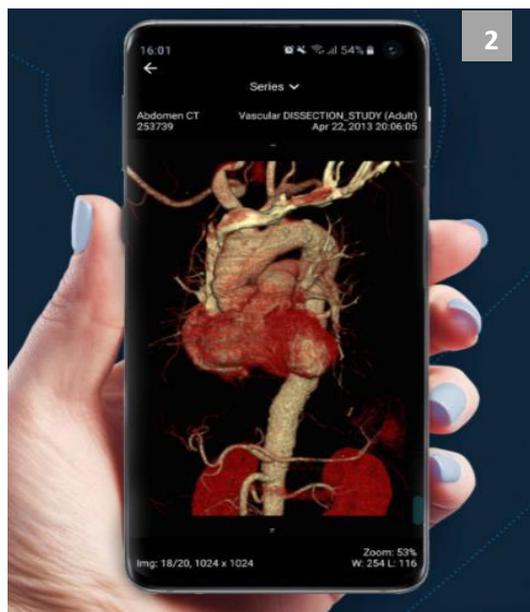
É possível distribuir as imagens para os ambientes internos e externos utilizando equipamentos como smartphones, tablets e computadores. Assim, o paciente e o médico solicitante terão acesso a todo seu histórico na unidade radiológica, como é mostrado nas Figuras 15 e 16.

Figura 15 – Consulta do laudo a distância.



Fonte: Kodak brasileira treinamento.

Figura 16 - Acesso aos exames por celular.



Fonte: <http://blog.medcloud.com.br/imagens-chave-o-que-sao-e-qual-importancia-para-os-laudos/>.

A Figura 15 retrata o acesso remoto aos resultados dos exames com imagens e laudo através de um *tablet* ou *ipad* (1). A Figura 16 (2) mostra o acesso aos exames por meio de um aparelho celular do tipo *smartphone*. Os profissionais envolvidos no processo do laudo, o paciente, o médico solicitante, o radiologista, um segundo profissional para segunda opinião ou, ainda, o acesso interno nos diversos departamentos de uma clínica ou hospital também podem ser beneficiados ao terem acesso às imagens e laudos pelos dispositivos citados.

O tráfego de dados, como já relatamos, é intenso e volumoso. Diante desse desafio, podemos pensar também em utilizar a compressão dos dados para melhorar a velocidade de tráfego/transmissão. Entretanto, devemos rigorosamente observar as regras e conceitos para que a qualidade das imagens não seja prejudicada no processo de execução do diagnóstico, como já citado acima.

4.6 Central de Laudos

Uma vez adquiridas as imagens no formato DICOM pelas unidades especializadas, estas serão enviadas para a plataforma de telemedicina, que em

seguida as enviará para o PACS e para o sistema de IA. Quanto às imagens internas da unidade radiológica, não é necessária a utilização da telemedicina, porque serão direcionadas automaticamente para o PACS e para o sistema de IA. No PACS, as imagens ficarão disponíveis para o estudo dos exames, que ocorrerá na central de laudos onde será elaborado o diagnóstico desses exames.

O sistema de IA consiste primeiramente em uma gigantesca coleção de imagens identificadas com patologias diversas, que servirão para o comparativo com as imagens dos laudos que estão disponíveis para análise. É possível construir esse *big data* à medida que os exames são executados e “laudados”, servindo, dessa forma, para auxiliar nos laudos dos exames mais recentes. Entretanto, quanto maior a quantidade de imagens identificadas previamente com patologias, melhor será o auxílio ao radiologista. Assim, muitas unidades de saúde adquirem tais imagens.

O aprendizado das patologias das imagens passa por áreas da IA, como aprendizagem de máquina (do inglês, machine learning) e aprendizagem profunda (do inglês, deep learning). O trabalho em conjunto desses dois conceitos nos remete para um futuro no qual as plataformas e sistemas poderão possuir inteligência para aprender com as nossas interações e com os nossos dados, podendo ficar independentes.

Com a aprendizagem de máquina, a IA identifica os modelos e gera conexões tendo como base os algoritmos e *big data*. Assim, a máquina torna-se capaz de aprender a realizar tarefas de classificação de maneira inteligente e autônoma, sem interferência humana.

A arquitetura das redes neurais pode apresentar um grande número de camadas ocultas entre as camadas de entrada e de saída. Isso é a base da tecnologia conhecida como aprendizagem profunda. Ela trabalha praticamente, na totalidade dos casos sem a supervisão humana, sendo muito utilizada na radiologia com a finalidade de identificar lesões e ordenar imagens com patologias e seus subgrupos, também para divisão automática de órgãos. No princípio a aprendizagem profunda se valeu da transferência de aprendizagem de redes pré-treinadas que reconheciam e analisavam imagens da vida cotidiana, sendo adaptadas para a avaliação de imagens radiológicas. Hoje, as redes neurais artificiais profundas estão sendo treinadas exclusivamente com dados radiológicos, permitindo uma melhora significativa no desempenho dos

laudos. Tais redes neurais também podem realizar o reconhecimento de voz, imagem e sons, apresentando elevada aplicabilidade.

Na ordenação, o deep learning possui a capacidade de processar todo o conteúdo de uma imagem radiológica e nos entregar as classes com as quais a imagem tem maior semelhança. Na saída, fornece a classe escolhida e sua probabilidade. Existe também um mapa de atenção que possibilita ver as áreas da imagem que tiveram maior importância para a decisão da rede.

Uma importante ferramenta das redes neurais é a segmentação automática de órgãos. As redes neurais convolucionais (CNN) (do inglês, convolutional neural network) podem aprender como os especialistas, sendo capazes de delinear uma anatomia em um conjunto considerável de dados rotulados. Dessa forma, se a rede apresentar uma boa generalização, será capaz de extrair a anatomia de qualquer novo conjunto de imagens que lhe seja apresentado. As CNNs permitem delinear órgãos automaticamente com sucesso.

Na prática, o funcionamento da IA dentro da radiologia, no que diz respeito à análise das imagens, pode ser observado de duas maneiras:

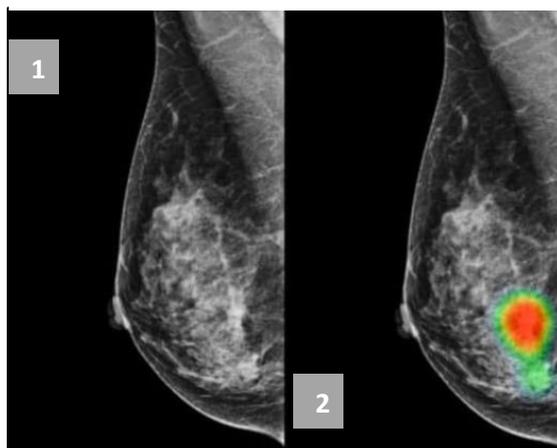
- 1. Análise pré-diagnóstica:** Nessa abordagem a IA acessa o *big data* onde estão armazenadas as imagens identificadas com patologias, realizada pelo aprendizado de máquina *deep learning*, conforme descrito anteriormente no Capítulo 2. Em seguida, são realizadas as comparações entre as imagens oriundas do *big data* com as imagens vindas da modalidade específica. O resultado da comparação produz duas situações. A primeira é a identificação das patologias nas imagens oriundas da modalidade. A segunda situação é o enriquecimento do *big data*, pois, com o aprendizado *deep learning*, este terá mais imagens previamente classificadas para serem utilizadas em novos diagnósticos. Nesse ponto o diagnóstico feito pelo sistema de IA está concluído. O sistema classificará os exames de acordo com a sua relevância e informará aos médicos radiologistas, de acordo com a gravidade da situação do paciente, qual é o exame prioritário

para o laudo humano. Essa informação mostrará aos radiologistas todos os achados patológicos dos exames, pois foram identificados pelo *deep learning*. O grande objetivo é definir prioridades de atendimento e agilizar o laudo, pois, como observamos, a IA fornece um “pré-diagnóstico” confiável.

- 2. Segmentação automática:** As formas de segmentação de imagens médicas são geralmente fundamentadas nos atributos básicos de níveis de cinza, de intervalos (contornos) ou igualdade depois de determinar extremidades ou utilizando cálculo de crescimento de região. A segmentação das partes humanas também é determinada pela IA. Nesse ponto, a máquina e médico radiologista trabalham simultaneamente porque o sistema de IA mostra ao médico todos os achados com uma análise quantitativa das imagens, como: medição de volumetria de um órgão específico, segmentação de um tumor, marcador automático de vértebras, achados patológicos apontados pelo *deep learning*. O radiologista fica responsável pela análise qualitativa do exame, que foi realizado com auxílio das informações e medições feitas pela IA. O objetivo é melhorar o resultado final do laudo e torná-lo mais rápido.

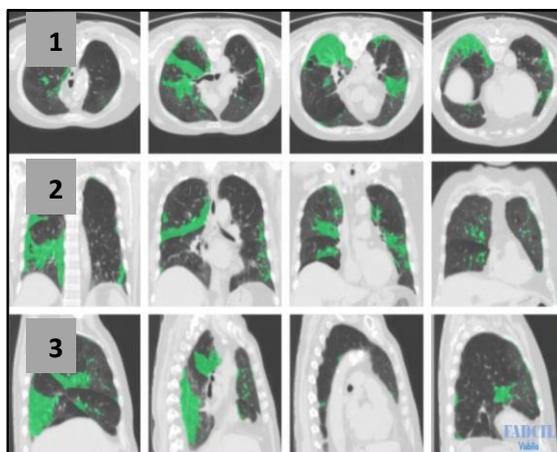
Após os estudos e classificação, realizados pelo sistema de IA, os resultados obtidos serão enviados para o estudo dos radiologistas nas estações de trabalho localizadas na central de laudos, com alertas de prioridade e tempo máximo para que o profissional conclua o diagnóstico, caso a patologia exija um laudo rápido, ou que colocam em risco a vida ou a integridade do paciente. As Figuras 16 e 17 ilustram alertas provenientes da IA em exames de mamografia e tomografia, respectivamente.

Figura 17 – Alerta da IA na mamografia.



Fonte: <https://ofuturodascoisas.com/ia-ajuda-radiologistas-no-diagnostico-do-cancer-de-mama-aumentando-a-precisao-de-95-para-848/>

Figura 18 – Alerta da IA na tomografia.



Fonte: <https://www.uol.com.br/ecoa/ultimas-noticias/2020/08/25/startups-brasileiras-usam-inteligencia-artificial-para-diagnosticar-covid.htm>

A Figura 17 mostra um exame de mamografia na posição crânio caudal. A imagem 17 (1) é proveniente do mamógrafo e a imagem 17 (2) é um achado patológico fornecido pelo sistema de IA apontando para um possível câncer. A Figura 18 demonstra um exame de pulmão realizado por tomografia computadorizada mostrando as imagens nos eixos axial 18 (1), coronal 18 (2) e sagital 18 (3). As imagens apresentam áreas pulmonares marcadas com a cor verde, que são marcações realizadas pelo sistema de IA que sugerem o diagnóstico da Covid-19.

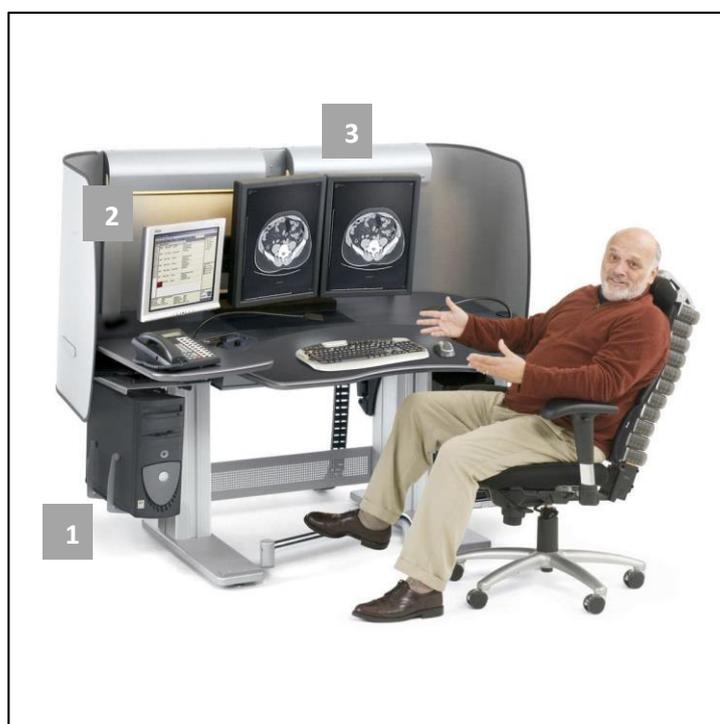
A IA atualmente não tem o propósito de substituir o médico radiologista. Pelo contrário, trata-se de uma ferramenta adicional à disposição do profissional, pois os algoritmos podem filtrar e classificar a lista de trabalho do radiologista em ordem de prioridade, dependendo da gravidade do paciente, e alertar para possíveis patologias identificadas nos exames. Isso tornará os profissionais radiologistas mais capazes de focarem nas tarefas mais relevantes, incorporando gradativamente o conhecimento de outras técnicas de diagnóstico, como genômica e anatomia patológica. Identificamos, dessa forma, várias vantagens para a utilização da IA na radiologia, sintetizadas a seguir:

1. Aprimoramento do fluxo de serviços com a determinação de prioridades de forma automatizada;
2. Início mais precoce dos tratamentos, devido à facilidade de diagnóstico, o que aumenta as chances de cura e a qualidade de vida dos pacientes;
3. Potencialização do trabalho do corpo clínico, pois diversas tarefas poderão ser realizadas pelas máquinas;
4. Maior organização e segurança com os dados dos pacientes com o armazenamento em nuvem;
5. Auxílio no diagnóstico de diversas patologias;
6. Contribuição para a telemedicina, com facilitação na execução de laudos médicos à distância;
7. Precisão no reconhecimento de modelos para o diagnóstico médico.

No departamento de radiologia deve existir o setor denominado central de laudos. Nele serão estudados os exames provenientes da própria unidade radiológica, como também os vindos das unidades distantes, sendo concluídos os respectivos diagnósticos. Dessa forma, a central de laudos é o setor da radiologia no qual a telemedicina encontra a sua finalidade principal no sistema de informação proposto, porque promove a centralização de todos os exames realizados e quebra a barreira geográfica, viabilizando o acesso aos especialistas, além de aproximar os pacientes de regiões remotas do diagnóstico de suas enfermidades.

Uma central de laudos deve ser um local com controle ambiental de luminosidade, temperatura, som, fluxo de pessoas e umidade, porque nela estarão presentes os médicos radiologistas concentrados em elaborar o laudo de todos os exames, devendo estar completamente confortáveis e focados para realizar as análises e estudos. Na central de laudos também existem os equipamentos para o suporte do diagnóstico, os quais necessitam cumprir as suas especificações para o seu pleno funcionamento. Na Figura 18 é mostrado um exemplo de uma típica estação de trabalho (*workstation*) para os estudos das imagens na central de laudo. Nela encontramos: um computador (1), um monitor para o acesso ao sistema RIS (2) e dois monitores para diagnóstico (3). Este modelo deve ser replicado de acordo com a quantidade de exames e radiologistas que trabalham na unidade radiológica.

Figura 19 – Exemplo de uma estação de trabalho do radiologista.



Fonte:
<https://www.medicalexpo.com/pt/prod/anthrocorporation/product-81680-706962.html>

A configuração das estações de trabalho na sala de laudos deverá ser a seguinte: um computador i7 ou similar com 8 GB de memória RAM, disco rígido de 1TB, pois deve possuir as especificações próprias para o trabalho com

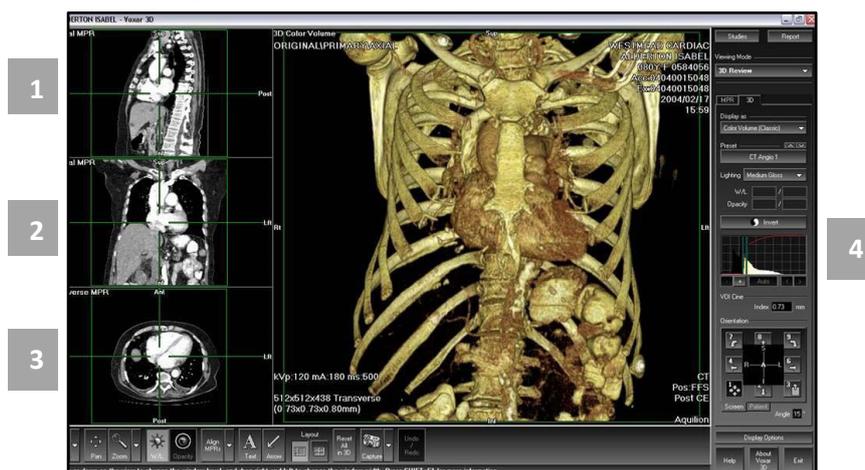
imagens, um monitor comum de 17 polegadas com resolução de 2MP. Entretanto os dois monitores diagnósticos devem ser monocromáticos com a seguinte orientação: para laudos de raios x, resolução de 3MP; para laudos de RM, CT e US, resolução de 2MP; e para os laudos de mamografia, resolução de 5MP, todos com 19 polegadas.

O uso de três monitores é necessário, pois um deles destina-se exclusivamente ao acesso do sistema RIS, onde será consultada a fila de exames a serem realizados, assim como as prioridades, a solicitação médica e a extração do PACS das imagens correspondentes desse exame para serem “laudadas” nos monitores de alta resolução, uma vez que o estudo das imagens deve ser realizado em monitores específicos.

Com a utilização de softwares apropriados para a visualização das imagens DICOM e suas respectivas ferramentas de manipulação de imagem e mensuração (Figura 18), como, por exemplo, MIP, MPR e 3D, os radiologistas poderão analisá-las primeiramente observando criteriosamente os alertas enviados pelo sistema de IA como a priorização de laudos, achados clínicos, sugestões de patologias e localização das patologias. Após o estudo concluído e laudo pronto, as conclusões ainda poderão ser submetidas à análise de um segundo profissional para a conclusão final do diagnóstico.

É mostrada na Figura 19 a riqueza de informações, porque na visão geral observamos a tela de um software de visualização das imagens DICOM. Ao mesmo tempo encontramos presentes ferramentas de trabalho da imagem, como o MPR (do inglês, multi-plane reconstruction), com os cortes axiais (3), coronal (2) e sagital (1). Tais cortes dão origem à reconstrução da imagem com praticamente só o esqueleto, e a nova imagem pode ser manipulada em 3D (4).

Figura 20 – Ferramenta de trabalho MIP e 3D.



Fonte: <http://www.cdnpcs.com/products/merlin-pacs/>

Após os radiologistas terem concluído o diagnóstico dos exames no sistema PACS, que, na maioria dos casos, são das partes internas do corpo humano de forma não invasiva, dentre eles a radiografia, a mamografia, a ultrassonografia, a tomografia e a ressonância magnética. Tais laudos serão retornados para o sistema RIS e estarão disponíveis para os pacientes locais ou para os pacientes distantes da unidade radiológica, fazendo uso mais uma vez da telemedicina. Ao mesmo tempo quando foi concluído o laudo, as imagens diagnosticadas com a patologia pertinente ao caso passam a integrar o *big data* da IA, enriquecendo o seu conteúdo para estudos e comparações futuras.

4.7 Integração Ris His PACS

A evolução contínua da tecnologia está melhorando a medicina através da criação de novos equipamentos, melhoria dos que já existem e permitindo o desenvolvimento de softwares de gerenciamento. São diversos os sistemas de gestão dentro de uma mesma instituição, e a integração desses sistemas é crucial para a otimização do setor de radiologia, quer esteja presente em uma clínica, quer em um hospital.

Existem hospitais que possuem o setor de radiologia, com sistema que gerencia essa entidade, como também existem clínicas de radiologia com os seus sistemas de gestão. Todavia, a radiologia trabalha objetivando o estudo de imagens para o seu diagnóstico. Dessa forma, encontramos três sistemas

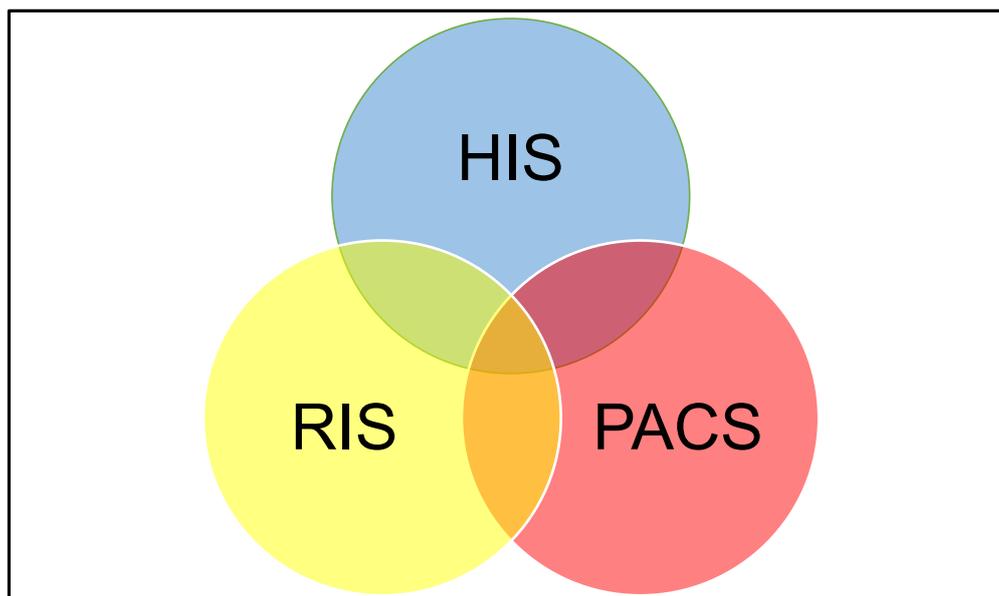
que têm a mesma finalidade, que é melhorar o serviço geral de radiologia. Porém trabalham de maneira autônoma:

O sistema RIS é um acrônimo para Radiologic Information System (Sistema de informação Radiológico). Possibilita o gerenciamento dos processos de uma clínica ou do setor de radiologia, que vai desde o pré-agendamento dos exames, a admissão do paciente, a interface com equipamentos, o rastreamento de imagens, o rastreamento de pacientes, a digitalização de documentos, o controle da execução dos exames e a elaboração dos laudos, até a entrega do diagnóstico ao paciente e ao médico solicitante. Além disso, ele também é responsável por produzir relatórios gerenciais e de gestão financeira.

O HIS, sistema de informação hospitalar (do inglês, Hospital Information System), deve prover o gerenciamento do fluxo de trabalho de um hospital. Tem como objetivos, dentre outros: o controle administrativo e financeiro do hospital, o gerenciamento de estoque, o gerenciamento dos prontuários dos pacientes, o gerenciamento dos leitos e o gerenciamento das internações e cirurgias.

O PACS, sistema de comunicação e arquivamento de imagens (do inglês, Picture Archiving and Communication System), possibilita a visualização, o gerenciamento e o armazenamento das imagens dos exames oriundas das modalidades médicas. Também disponibiliza o acesso remoto às imagens armazenadas, e, por consequência, a realização dos diagnósticos à distância.

A Figura 20 demonstra que os três círculos denominados HIS, RIS e PACS são perfeitos no que diz respeito à execução dos seus objetivos próprios. Entretanto, quando trabalham juntos, possuem muito em comum e são capazes de otimizar todo o fluxo de trabalho na radiologia, gerando satisfação por parte dos donos do serviço, dos pacientes e dos colaboradores.

Figura 21 - Integração dos sistemas HIS, RIS e PACS.

Fonte: o autor.

Contudo, observamos na Figura 21 que os sistemas RIS, HIS e PACS são sistemas completos no que se propõem a realizar. Todavia, para a eficiência da radiologia, é de suma importância a integração entre esses sistemas. Os sistemas RIS e HIS serão mais eficientes e eficazes quando trabalharem em conjunto com o PACS, pois serão interconectadas as informações contidas no RIS ou HIS com as imagens e laudos armazenados no PACS. Com a integração dos sistemas, o histórico de exames dos pacientes estará completo. No ponto de interseção entre os três sistemas está o objetivo deste sistema proposto, que é o laudo preciso, rápido e com valor agregado. Seguem abaixo algumas vantagens dessa integração:

- Pacientes com um único registro;
- Fluxo de trabalho otimizado;
- Gerenciamento e distribuição de imagens;
- Exclusão dos filmes radiológicos;
- Redução de custos;
- Tempo de espera do paciente reduzido;
- Eficiência operacional;

- Atendimento à distância via telemedicina, que aumenta a assistência aos pacientes residentes em localidades geograficamente remotas.
- Favorecimento também da educação dos profissionais de saúde, colaborando com a produção de pesquisas científicas e avaliações.

5. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema idealizado neste TCC é um sistema de informação que tem como entidades outros sistemas de informação. Esses sistemas integrados têm o objetivo comum de tornar a radiologia mais eficiente e eficaz, levando o laudo às regiões geograficamente mais distantes, também.

Este trabalho de conclusão de curso tem extrema importância, principalmente porque foram exercitados o estudo, a pesquisa e o conhecimento de algumas tecnologias. Não obstante, na integração dos sistemas, a ciência foi contemplada com um novo sistema de informação, que traz consequências absolutamente salutares para a sociedade, porque esse novo sistema proposto possibilitará o acesso a um diagnóstico radiológico mais rápido e assertivo, para todos, independentemente de onde estejam.

Com a integração dos sistemas RIS, HIS e PACS é possível entregar aos pacientes um laudo assertivo e rápido, pois a comparação ou cruzamento das imagens oriundas das modalidades com as imagens da *big data*, a IA apontará possíveis patologias, resultado do trabalho de *deep learn*, cabendo ao médico radiologista a decisão de aceitar ou não as indicações.

É possível observar que com as sugestões de patologias feitas pela IA nos exames radiológicos, o tempo de estudo para a conclusão dos diagnósticos foi bastante reduzido. Outro ganho que a IA possibilitou foi a de se tornar uma consultoria, informando ao médico radiologista patologias encontradas nas imagens, tornando, desta forma, o laudo muito mais preciso.

Entretanto, dissipando as conclusões de alguns radiologistas de que a IA veio para o mundo da radiologia com a finalidade de substituir o profissional, os radiologistas passaram a ter outra visão, que sem dúvidas é a correta: a de que a IA atualmente é a ferramenta que o radiologista possui para laudar com mais assertividade e rapidez.

Observamos que, com o ingrediente da telerradiologia, é factível levar para as regiões geograficamente distantes dos centros médicos a qualidade e a rapidez dos laudos suportados pela IA, dando às pessoas dessas localidades o acesso a uma radiologia igual à dos centros médicos de todo o país e melhorando a qualidade de vidas dessas populações.

Notadamente não são apenas os médicos e pacientes que desfrutam das benesses do sistema proposto, pois as instituições de diagnóstico por imagem têm ganhos tangíveis, que é o lucro obtido com o laudo feito pelos mesmos radiologistas e com qualidade superior. E ganhos intangíveis, se analisarmos o valor de uma instituição renomada.

Contudo, o sistema proposto - que é a integração dos sistemas RIS, HIS e PACS, suportados pela IA e a telemedicina - é a chave para uma radiologia atualizada tecnologicamente, rápida, eficaz e eficiente, que levará à satisfação de pacientes, médicos e executivos e dará mais dignidade às pessoas em locais distantes.

6. PERSPECTIVAS

A idealização do sistema proposto ficou no campo da descrição devido à enorme dificuldade de, no nível acadêmico, montarmos fisicamente o sistema. Foram encontradas dificuldades como aquisição dos sistemas e dos computadores e disponibilização de pessoal para operacionalização dos sistemas. Constatamos, entretanto, que o sistema proposto é plenamente viável.

A construção do sistema idealizado é uma realidade, porque a cada ano os sistemas RIS, HIS e PACS se aprimoram, a IA, com as redes convencionais, evolui a passos largos e a telemedicina se expande absurdamente.

Temos como enormes perspectivas de melhoria para o sistema proposto a constante criação e o melhoramento de sistemas e ferramentas para o diagnóstico. Estamos às vésperas da utilização do sistema 5G no Brasil, que nos proporcionará uma revolução nas comunicações.

É esperado que o sistema 5G propicie conexões muito mais rápidas, o que permitirá o envio dos estudos numa velocidade 20GB por segundo. Outra vantagem é a baixa latência, que possibilita aos médicos poder controlar dispositivos à distância durante uma cirurgia. A baixa latência fará com que os procedimentos sejam executados instantaneamente.

O sistema proposto, contudo, terá componentes tecnológicos que o tornarão uma realidade muito mais rápida do que imaginávamos, proporcionando benefícios para todos. Nesta perspectiva, poderemos dividir as pessoas em as que usam as tecnologias e as que não se adaptarão.

7. REFERÊNCIAS

AVILA, Alex Junior, de Oliveira. DE OLIVEIRA JUNIOR, EneDir Guimarães. BRANCO NETO, Wilson Castello. DURINGON, Ailton. Sistema Especialista para o Ensino-Aprendizagem de Expressões Algébricas. Sánchez, J. (2018) Editor. Nuevas Ideas en Informática Educativa, Santiago de Chile, v 14. p. 89 - 100. 2018. Disponível: <<http://www.tise.cl/Volumen14/TISE2018/89.pdf> > Acessado em: 09 outubro 2020.

BARONE, Dante Augusto Couto; Boesing, Ivan Jorge. Inteligência Artificial, Dialogo entre Mentas e Máquinas, 1. ed. Porto Alegre RS, AGE, 2015.

BOTÃO, Antonio Victor Rodrigues. Metadados para tratamento de imagens médicas como objeto de ensino e aprendizagem com fins de reuso. 2019, 118 p. Dissertação (Mestrado Ciência da Informação), Universidade Federal do Rio de Janeiro.

BRANDES, Gabriela Irene Garcia, Impacto da inteligência artificial na escolha de radiologia como especialidade médica por estudantes de medicina da cidade de São Paulo, Radiol Bras, São Paulo, vol.53 no.3, Maio - Junho 2020 Epub Apr 30, 2020.

CAETANO, Rosângela et al. Desafios e oportunidades para telessaúde em tempos da pandemia pela COVID-19: uma reflexão sobre os espaços e iniciativas no contexto brasileiro. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 36, n. 5, e00088920, 2020. Disponível em:http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2020000503001&lng=en&nrm=iso. Acessado em: 13 outubro de 2020. Epub June 01, 2020.

CAPELARI, Natalia Santa Bárbara. Telemetria aeronáutica com envio de Dados Meteorológicos e Informações para Correção Diferencial de Sistemas de Radiolocalização. 2012. Trabalho e Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Curso de Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo 2012.

CORRÊA, Julia Cariello Brotas, ZAGANELLI, Margareth Vetis, GONÇALVES, Bárbara Donnária da Silva, Telemedicina no Brasil: Desafios ético-jurídico em tempos de pandemia da covid-19, Minas Gerais, vol. 25, p. 200-219, julho - setembro. 2020.

DARTORA, Aline. Reconhecimento automático de padrões radiológicos utilizando Aprendizado profundo, 2019. 20 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Informática) Universidade Federal do Paraná, Curitiba 2018.

FERNEDA, Edberto. Redes neurais e sua aplicação em sistemas de recuperação de informação. Ci. Inf., Brasília, v. 35, n. 1, p. 25-30, abril. 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19652006000100003&lng=en&nrm=iso. Acessado em: 06 outubro 2020.

FERRARI, Giselle Lopes. Intellec: Shell Para Desenvolvimento de Sistemas Especialistas. 2005. Dissertação (Obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Miniaurélio Século XXI, 5. Ed. Rio de Janeiro: Nova Friburgo, Editora Nova Fronteira, 2001.

FERREIRA, Dácio Miranda et al. Comparação dos tempos de geração e digitação de laudos radiológicos entre um sistema eletrônico baseado em voz sobre IP (VoIP) e um sistema tradicional baseado em papel. Radiologia Brasileira [online]. 2010, v. 43, n. 1, pp. 7-12. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-39842010000100005>. Epub 09 Mar 2010. ISSN 1678-7099. <https://doi.org/10.1590/S0100-39842010000100005>. Acessado em: 2 outubro 2020

GRÁCIO, José Carlos Abbud. Preservação digital na gestão da informação: um modelo processual para as instituições de ensino superior. São Paulo – SP: Cultura Acadêmica 2012.

HOPPEN, Norberto; TRAHAND, Jacques. Os Sistemas Especialistas em gestão no Brasil: um desafio. Rev. adm. empres., São Paulo, v. 30, n. 3, p. 47-55, Sept. 1990. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75901990000300005&lng=en&nrm=iso. Acessado em: 09 outubro 2020.

HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro de Salles. Grande Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: Objetiva, 2008.

JUCÁ, S. C. S. A relevância dos softwares educativos na educação profissional. Ciências & Cognição Centro Federal de Educação e Tecnologia do Ceará (CEFET-CE), Fortaleza v. 8, 1 mar. 2011.

LOBO, Luiz Carlos. Inteligência Artificial e Medicina. Revista Brasileira de Educação Médica [online]. 2017, v. 41, n. 2, pp. 185-193. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-52712015v41n2esp>. ISSN 1981-5271. Acessado em: 29 setembro 2020.

LOPES, Isafias Lima; Santos, Flávia Aparecida Oliveira; Inteligência Artificial. 1. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

MELO JUNIOR, Carlos Fernando de. Radiologia Básica. 2. ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2016.

MORAES, Nicacia Andrade Borges. Predição de ranqueamento de lotes de sementes de milho por inteligência artificial, 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia, Pelotas 2020.

ROSA, REINALDO R. Estratégias de Ciência de Dados para Astronomia Multimesseger. A. Acad. Bras. Ciênc., Rio de Janeiro, v. 93, supl. 1, e20200861, 2021.

Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-37652021000200301&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 12 de outubro de 2020. Epub 28 de setembro de 2020.

RUSSELL, Stuart; Norvig, Peter. Inteligência Artificial - 3ª Edição. São Paulo – SP: Elsevier Editora, 2013.

SANTOS, Marcel Koenigkam et al. Inteligência artificial, aprendizado de máquina, diagnóstico auxiliado por computador e radiômica: avanços da imagem rumo à medicina de precisão. Radiol Bras, São Paulo, v. 52, n. 6, p. 387-396, Dec. 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842019000600011&lng=en&nrm=iso. Acessado em: 12 outubro. 2020. Epub Sep 23, 2019.

SOUZA, Ewerton Pacheco de et al. Aplicações do Deep Learning para diagnóstico de doenças e identificação de insetos vetores. Saúde em Debate [online]. v. 43, n. spe2.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0103-11042019S211>>. ISSN 2358-2898. Acessado em: 5 outubro 2020], pp. 147-154.

SUAREZ L, Arnol S et al . Clasificación y mapeo automático de coberturas del suelo en imágenes satelitales utilizando Redes Neuronales Convolucionales. Orinoquia, Meta , v. 21, supl. 1, p. 64-75, Dezembro 2017.

Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092017000300064&lng=en&nrm=iso. Acessado em: 18 Outubro 2020.

SZINVELSKI, Martín Marks; ARCENO, Taynara Silva; FRANCISCO, Lucas Baratieri. Perspectivas jurídicas da relação entre big data e proteção de dados. Perspect. ciênc. inf., Belo Horizonte, v. 24, n. 4, p. 132-144, Dec. 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-99362019000400132&lng=en&nrm=iso. Acessado em: 12 outubro 2020. Epub Feb 10, 2020.

ULIANO, Valério. Uma sequência didática para introdução à física das radiações ionizantes no ensino médio. 2018. 115 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018.

VELOSO, Fernando de Castro. Informática: Conceitos Básicos. 10 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

ZERON, Rubens Moura Campos; SERRANO JUNIOR, Carlos Vicente. Inteligência artificial no diagnóstico de doenças cardiovasculares. Rev. Assoc. Med. Bras., São Paulo, v. 65, n. 12, pág. 1438-1441, dezembro de 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-42302019001201438&lng=en&nrm=iso. Acesso em 05 de outubro de 2020. Epub 24 de janeiro de 2020.