

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA AO PROCESSAMENTO DE IMAGEM
DIAGNÓSTICA****ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLIED TO DIAGNOSTIC IMAGE PROCESSING**Anna Beatriz Gonçalves Garibaldi Leite¹Vivian Toledo Santos Gambarato²**RESUMO**

A radiologia diagnóstica é uma das principais áreas da medicina que avança tecnologicamente junto com a Inteligência Artificial (IA). Por mais que se faça presente no dia a dia das pessoas, é uma integração recente no meio diagnóstico. A utilização da IA vem com a intenção de complementar e auxiliar os profissionais da área, que por sua vez são responsáveis em fazer aquisições com segurança, para si e para o paciente, e com alta qualidade para que o diagnóstico possa ser realizado. Ainda assim, existem chances de ter uma margem de erro, os profissionais não estão isentos disso, mas com a aplicação de uma Rede Neural Artificial capaz de codificar imagens quantitativas e qualitativas, isso pode mudar. Através de sistemas como *Machine Learning* e o *Deep Learning*, as máquinas podem decodificar e armazenar exames radiológicos, em sistemas como o PACS (Picture Archiving and Communication System), e aprender ao decorrer do tempo utilizando resultados de processamento de imagens com sistemas como o CAD (Computer Aided Diagnosis). Isso faz com que os profissionais tenham um auxílio no diagnóstico, poupando tempo de pesquisa e análise da imagem. O principal objetivo desta integração na radiologia diagnóstica não é substituir o profissional da área, mas sim auxiliar e suplementar o diagnóstico, como uma segunda opinião, e entender sobre o assunto se faz necessário, pois em um futuro não tão distante, aqueles que entenderem sobre o assunto se destacarão no mercado de trabalho

Palavras-chave: CAD. PACS. Radiologia Diagnóstica. Redes Neurais Artificiais.

¹Graduado do curso de radiologia, Faculdade de Tecnologia de Botucatu-Fatec

²Docente da Faculdade de Tecnologia de Botucatu-Fatec-Botucatu. Av. José Ítalo Bacchi, s/n - Jardim Aeroporto, Botucatu - SP, 18606-851. e-mail: vivian.gambarato@fatec.sp.gov.br

ABSTRACT

Diagnostic radiology is one of the main areas of medicine that advances technologically along with Artificial Intelligence (AI). As much as it is present in people's daily lives, it is a recent integration in the diagnostic environment. The use of AI comes with the intention of complementing and helping professionals in the area, who in turn are responsible for making acquisitions safely, for themselves and for the patient, and with high quality so that the diagnosis can be made. Even so, there are chances of having a margin of error, professionals are not exempt from this, but with the application of an Artificial Neural Network capable of encoding quantitative and qualitative images, this can change. Through systems such as Machine Learning and Deep Learning, machines can decode and store radiological exams, in systems such as PACS (Picture Archiving and Communication System) and learn over time using image processing results with systems such as CAD (Computer Aided Diagnosis). This means that professionals have an aid in diagnosis, saving time for research and image analysis. The main objective of this integration in diagnostic radiology is not to replace the professional in the area, but to assist and supplement the diagnosis, as a second opinion, and understanding about the subject is necessary, because in the not-too-distant future, those who understand about the subject will stand out in the job market.

Keywords: CAD. Diagnostic Radiology. PACS. Artificial neural networks

¹Graduado do curso de radiologia, Faculdade de Tecnologia de Botucatu-Fatec

²Docente da Faculdade de Tecnologia de Botucatu-Fatec-Botucatu. Av. José Ítalo Bacchi, s/n - Jardim Aeroporto, Botucatu - SP, 18606-851. e-mail: vivian.gambarato@fatec.sp.gov.br

1 INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) é uma área que teve integração recente à saúde, com a intenção de otimizar e oferecer um diagnóstico preciso para os exames de imagens clínicas. A ideia de utilizar a IA é válida, já que seu diferencial é “aprender” com o decorrer do tempo. Isso acontece através de um *Deep Learnig* (Aprendizado Profundo), que é uma técnica utilizada pelo *Machine Learning* (Aprendizado de Máquina), que funciona por meio de redes neurais artificiais, que consiste em um conjunto de elementos tecnológicos com a capacidade de apresentar um resultado a fim de complementar o diagnóstico do paciente. Ainda segundo os autores, a radiologia digital é um ramo do diagnóstico por imagem que se utiliza de sistemas computacionais a fim de receber, compartilhar, armazenar e tratar as imagens radiográficas. Esse meio vem passando por mudanças devido aos avanços tecnológicos dos métodos de imagem que surgiram após a substituição de radiografias convencionais, com filmes radiográficos tirados em “chapas”, por radiografias digitalizadas, coloridas e de reconstrução 2D e 3D, processadas e armazenadas em sistemas chamados PACS (*Pictures Archiving and Communications System*) (SANTOS *et al.*, 2019).

Esta integração do PACS com outros sistemas de informações em hospitais possibilitou também o desenvolvimento de diferentes modelos de computadores que auxiliam no diagnóstico do paciente. Este *software* foi integrado em muitos aparelhos de aquisição de imagem diagnóstica, como por exemplo, em aparelhos de radiografia simples, Tomografia Computadorizada (TC), Ressonância Magnética (RM) e aparelhos de Ultrassonografia. Graças a esta integração, foi possível deixar cada imagem de cada paciente armazenada e disponível para especialistas, ou também para que outros sistemas computacionais pudessem acessá-las de maneira organizadas em uma grade base de dados (KOENIGKAM-SANTOS *et al.*, 2019).

O Diagnóstico Auxiliado por Computador (também conhecido como CAD, do inglês *Computer-Aided Diagnosis*) é um outro bom exemplo de tecnologia na saúde, pois funciona como um assistente no processo do diagnóstico, como uma segunda opinião para o médico radiologista, principalmente em casos de diagnóstico precoce, muito eficiente em exames por imagens (AZEVEDO-MARQUES, 2001).

É importante ressaltar que a IA, ou qualquer outra tecnologia, não tem como objetivo substituir os profissionais da saúde, até porque o exame de imagem diagnóstica é só um dos pontos para que o médico consiga realizar o diagnóstico final. A IA vem com objetivo de complementar o diagnóstico de forma rápida e eficiente (RIBEIRO, 2021).

Assim, o objetivo deste trabalho foi demonstrar através de revisões de literatura os avanços e adaptações tecnológicas na medicina, como é possível utilizar-se deste meio para realizar um rastreamento em anormalidades presentes no exame, e as vastas possibilidades desta integração no ramo da Radiologia Diagnóstica, demonstrando que a IA não é uma ameaça, mas sim uma aliada aos futuros especialistas da área Radiológica.

2 DESENVOLVIMENTO DO ASSUNTO

A área da radiologia diagnóstica tem se adaptado no decorrer dos anos, em paralelo com as evoluções tecnológicas desde sua descoberta, em 1895, até os dias de hoje. Um bom exemplo, são as radiografias digitais, como define bem Santos (2020) “A Radiologia digital é um ramo do diagnóstico médico que utiliza de sistemas computacionais a fim de adquirir, transferir, armazenar e tratar as imagens radiográficas a partir de quase todas as modalidades”. Outros avanços nítidos na sociedade atual são as próprias vertentes da radiologia diagnóstica, Tomografia Computadorizada (TC), Mamografia, radiografias convencionais e outras também que não utilizam de radiação ionizante, como a ultrassonografia e a mais atual no meio diagnóstico, Ressonância Magnética (RM) (SANTOS, 2020).

A radiologia é uma das áreas em que a IA tem mais se destacado e já trouxe mudanças no meio da saúde nos últimos anos, como por exemplo, um grupo de pesquisadores que desenvolveu um *software* para dispositivos móveis que consegue distinguir um tecido saudável de um melanoma, maligno ou não, com maior acurácia que dermatologistas que se dispuseram a participar no estudo (ESTEVA *et al.*, 2017).

No meio odontológico, a IA aplicada na radiologia vem sendo requisitada em radiografias periapicais, panorâmicas e em TC para diversos fins. Por exemplo, classificação de morfologias reticulares ou diferentes tipos de implantes, avaliação de ausência ou presença de lesões dentárias, como a cárie, entre outras patologias. Também a segmentação dentária e melhoria na identificação de descobertas por comparações entre exames. Tudo isso graças a uma rede neural convolucional não muito grande, o que mostra que não é preciso muito para fazer tanto (SILVA; SOUZA, 2020).

Outro fato é que grande maioria dos exames laboratoriais já não necessitam mais de profissionais para análise, uma pessoa não é necessariamente treinada para quantificar hemácias. Os avanços em estudos com diagnósticos automáticos começaram a produzir

resultados que sobressaem as análises de um profissional humano (PAIVA; PREVEDELLO, 2017).

A inclusão desses novos meios de análise através de redes neurais artificiais tem estado presente há muito tempo na medicina, tanto quanto no cotidiano das pessoas. Isso claramente vem trazendo um sentimento de ameaça entre os profissionais que já atuam na área radiológica, quanto aos demais que pretendem se especializar e exercer essa profissão que tanto carece de médicos radiologistas. Uma pesquisa feita por alunos da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (EPM-Unifesp) mostrou que no Brasil, para 100.000 habitantes, existem 6,7 médicos radiologistas distribuídos de forma desigual no território nacional. O medo é equivalente a falta de conhecimento sobre o assunto (BRANDES *et al.*, 2020).

De acordo com Langlotz (2019), claramente o fato de existirem tão poucos médicos especializados na área radiológica vem de muitos outros fatores, mas o fato de ultimamente esse assunto ter vindo à tona fez com que alguns profissionais que já atuam na área repensassem sua especialização. Este autor ainda comenta sobre os ávidos pronunciamentos que inicialmente deram uma pausa para estudantes de medicina considerarem sua especialização e estimulou muitos radiologistas a verificarem suas contas de aposentadoria. Não estranhos à inovação, os radiologistas têm confrontado esta suposta ameaça, esse ‘adversário terrível’, apenas para descobrir que se trata de um aprendiz amigável.

O medo de mudança não é de agora, com os primeiros dispositivos de RM, alguns profissionais especularam o fim a profissão. O contraste e imagens de aquisição com qualidade alta sem expor o paciente à radiação assustou muitos profissionais e estudantes. Porém, hoje a física da RM é incorporada na grade curricular de um profissional radiologista (LANGLOTZ, 2019).

A radiologia é frequentemente questionada sobre seu futuro. Existem dúvidas sobre se realmente futuramente se fará necessário que pessoas se especializem para que um paciente receba um diagnóstico, ou até mesmo um tratamento, mas concordar com essas afirmações é reconhecer que atualmente os especialistas estão carentes de informação sobre o assunto. Entender processos da própria IA se faz necessário atualmente, já que em um futuro não tão distante, os profissionais e as máquinas serão aliados no processo de diagnóstico.

2.1 Funcionamento da Inteligência Artificial

É sempre importante entender como o sistema funciona antes de relacionar ao ponto de interesse, que no caso é a radiologia diagnóstica. A IA se baseia no uso de computadores que são responsáveis por analisar um grande volume de dados através de sistemas que simulam o aprendizado e comportamento humano. Segundo Santos e Campos (2020), o aprendizado está diretamente ligado às seguintes capacidades: Adaptação, onde o sistema artificial e biológico devem ter a capacidade de alterar seu comportamento diante a novas situações que lhes são impostas; Correção de erros, onde deve identificar a falha e corrigir seu comportamento através deste erro; Otimização, onde após recolher informações suficientes, é capaz de executar o trabalho, sempre dentro das condições do que for executado; Base de dados, onde o sistema deve ser capaz de armazenar quantidade de informação para a execução.

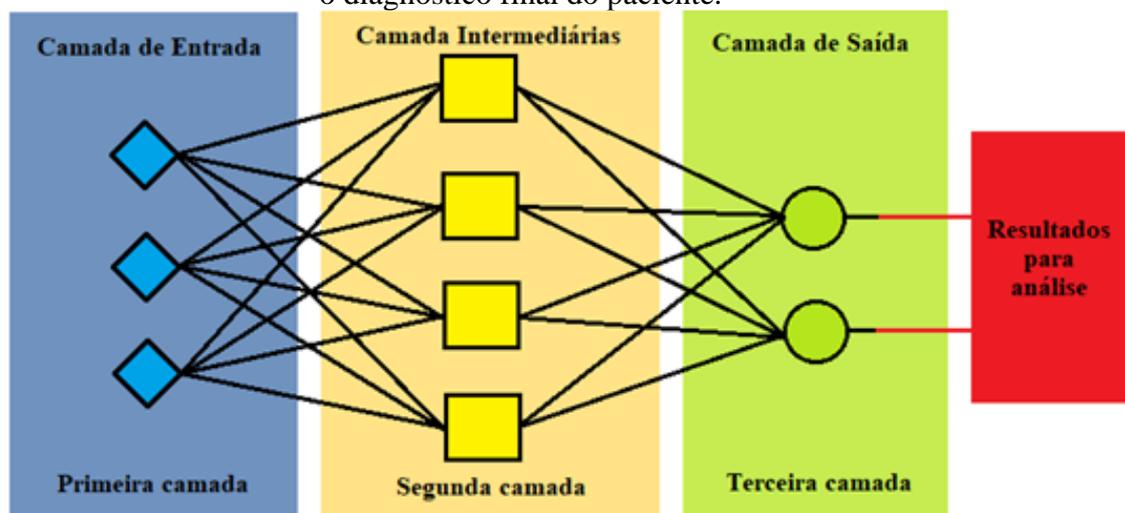
Entende-se, então, que a IA é um campo da ciência da computação que “imita” os processos de raciocínio e aprendizagem humana com o desenvolvimento de algoritmos de tarefas associadas com a capacidade de resolver problemas (BRAGA *et al.*, 2018).

Machine Learning é uma área da IA que possibilita aos computadores terem um aprendizado semelhante ao humano, capazes de decifram problemas e entenderem padrões através de dados disponibilizados anteriormente ao sistema, que podem ser armazenados e analisados pelas ferramentas de análise computacional, em grande volume e rapidamente. Dentro deste sistema de *Machine Learning*, existe o *Deep Learning* onde através do Aprendizado da Máquina, é capaz de configurar parâmetros básicos sobre os dados e treina o computador para aprender sozinho através do reconhecimento de padrões em várias camadas de processamento. *Deep Learning* capacita os computadores a aprenderem sem serem expressamente programados para tal objetivo, desenvolvendo algoritmos aptos a simularem a inteligência humana, usando como base exemplos já previamente aplicados a IA. Com ajuda de Redes Neurais Artificiais (RNA), que simulam o Sistema Nervoso Central humano, os algoritmos buscam reconhecer os padrões de cada unidade desse sistema (neurônios) utilizando a função de transferência para calcular o valor de saída para a seguinte etapa (FIGURA 1). Cada neurônio é conectado por canais de comunicação que estão associados a um determinado valor pré-estabelecido. A RNA que mais ganhou notoriedade na medicina é a Rede Neural Convolucional (RNC), que tem função específica para arquivos de imagem e vídeo, sendo capaz de reconhecer dados de duas dimensões (ARASAKI, 2021).

Com o tempo, a Rede Neural Convolutacional é capaz reconhecer padrões através de cruzamento de dados que teria obtido anteriormente, armazenando todos esses padrões em uma base de dados. Com essa capacidade, a máquina tem a habilidade de realizar tarefas que antes não eram possíveis, como o encurtamento de tempo na hora de diagnosticar o paciente. O que antes demoraria horas, com profissionais pesquisando e estudando o caso, hoje eles ganhariam tempo para tratar o paciente sem se preocupar com o que a imagem diagnóstica está mostrando, o que pode ser crucial no tratamento do paciente.

O *Deep Learning* funciona através de uma camada de entrada, onde os dados serão adquiridos ou introduzidos, as camadas intermediárias, onde os dados se correlacionam entre si para que seja possível, de maneira aprofundada, ter uma resposta, e pôr fim a camada de saída, onde os dados informativos com o resultado serão mandados para análise do profissional da área radiológica (KOENIGKAM-SANTOS *et al.*, 2019).

Figura 1. Modelo de RNA. Representação simples de uma RNA Convolutacional, em que na primeira camada se tem a camada de entrada, onde os dados são alterados e codificados. Na segunda camada existem camadas ocultas que transformam os códigos em dados, e a terceira camada chamada de camada de saída, onde os dados são calculados pela IA serão entregues aos profissionais especializados em radiologia para análise, complementando o diagnóstico final do paciente.



Fonte: Adaptado de Koenigkam-Santos *et al.* (2019)

Com o radiodiagnóstico digital consegue-se, através do *Picture Archiving and Communication System* (PACS) armazenar, analisar e compartilhar imagens diagnósticas, e graças a isso, o sistema de IA pode obter dados e formular comparativos, desta forma “aprendendo” mais rapidamente. Dentro deste meio da IA na radiologia, encontra-se o sistema

chamado de CAD responsável por, após todo esse processo de armazenamento de imagem e identificação de anomalia, dar um resultado com análises quantitativas automatizadas da imagem (SANTOS; CAMPOS, 2020).

2.2 Inteligência Artificial Aplicada à Radiologia Diagnóstica

Como já citado anteriormente, a radiologia diagnóstica e os avanços tecnológicos sempre andaram lado a lado. Primeiro com a digitalização dos ambientes radiológicos, depois com a evolução das técnicas e suas variações, em seguida com a IA e o desenvolvimento de sistemas de auxílio ao diagnóstico, e atualmente com o amadurecimento de modelos computacionais de suporte a decisões clínicas (KOENIGKAM SANTOS, 2019).

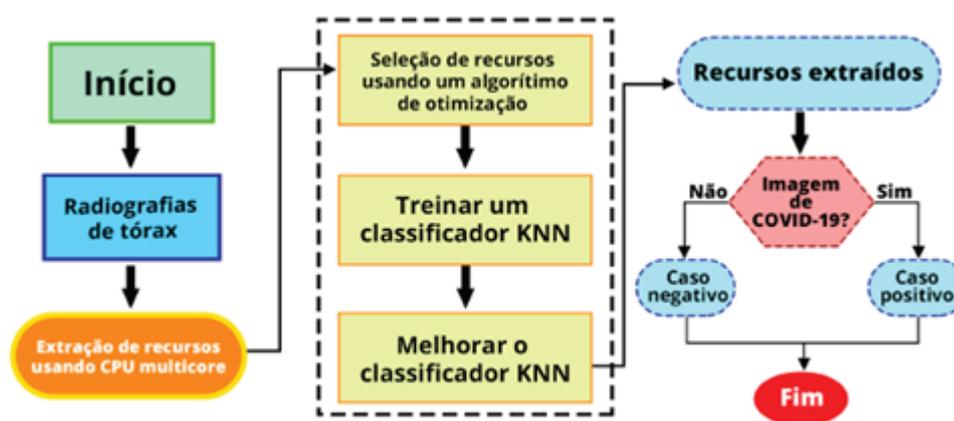
A ideia de se utilizar as RNAs como um adjunto no estudo de casos radiológicos, embora seja mais comentada atualmente, pesquisadores da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) em 2009 utilizaram da IA para analisar imagens radiográficas de coluna lombar para diagnosticar osteoartrite primária, através de uma base de dados provenientes de um serviço de radiologia localizado em Criciúma (SC). Após meses de pesquisa, puderam concluir que o uso de computadores no auxílio ao diagnóstico de imagens radiológicas teria se mostrado eficaz, em uma época em que não se tinha uma base de dados abundante. Veronezi *et al.* (2011) comenta que não necessita inicialmente de alta acurácia e, sim, obter um desempenho próximo ao do especialista para servir de apoio e não substituto, buscando, inclusive, auxiliar o processo de ensino médico. É possível observar que o autor era firme e certo em seus resultados, demonstrando que implementar o suporte pela IA vem com o principal objetivo de complementar o diagnóstico, servindo como uma segunda opinião ao médico radiologista e não com o objetivo de substituir o profissional da área.

Hoje o assunto é bem mais explorado, por vários pesquisadores e trabalhos vêm sendo apresentados em pesquisas recentes.

Em um artigo publicado sobre avaliações dos tumores musculoesquelético no Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem, Costa (2018) comenta que a distinção imediata dos tumores ósseos em benignos e malignos pelo profissional radiologista, pode garantir uma abordagem adequada, assegurando uma excelência no tratamento dos pacientes. Exames insuficientes e/ou interpretações inadequadas podem ocasionar em planejamentos inadequados para o tratamento do paciente. Em vista disto, o desenvolvimento da IA no meio radiológico pode mudar esse cenário.

No artigo apresentado no Encontro Nacional de Ensino, Pesquisa e Extensão na Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), Santos e Campos (2020) comentam sobre a IA aplicada à otimização do diagnóstico por imagem e citam uma pesquisa que comprova que o *Machine Learning* tem demonstrado alto desempenho para várias aplicações de processamento de imagens, utilizando Redes Neurais Convolucionais capazes de decodificar exame de tórax onde o COVID-19 está presente (FIGURA 2).

Figura 2. Fluxograma do método de análise de exames. Na primeira etapa são analisadas radiografias de tórax de pacientes positivos para COVID-19, na segunda são classificados, através do *k-Nearest Neighbors* (KNN) os pacientes nos grupos que tiveram teste positivo ou não, e por fim, após os recursos serem extraídos e analisados, é possível ter o resultado após a segmentação dos dados dos exames analisados.



Fonte: Santos e Campos (2020)

Em um trabalho realizado na Universidade de Brasília, Elpídio, Brasil e Lamas (2021) comentam sobre a IA no auxílio de avaliações de calcificação mamária e apresentam como seria possível utilizar da técnica de processamento de imagem digital para realizar extração de informações morfológicas das calcificações utilizando uma RNA para classificar as calcificações analisadas de acordo com a classificação morfológica, com base no BI-RADS (*Breast Imaging Reporting and Data System*, no português, Sistemas de Relatório e Dados de Imagens da Mama). O desempenho da RNA foi avaliado em um teste controlado com calcificações sintéticas, e posteriormente, sendo validada com calcificações reais. A importância de os testes com calcificações sintéticas serem validadas com calcificações reais demonstra que se pode também simular uma base dados para que a IA identifique com facilidade exames reais, não necessitando expressamente de somente exames reais.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O meio do diagnóstico por imagem sempre irá se modelar, a medicina em si sempre se altera, muitos métodos de até menos de 10 anos atrás hoje não são como no início. Métodos e integrações novas aparecem todos os dias e temer essa mudança é fechar os olhos para a realidade atual, onde a tecnologia e a informações está de fácil acesso, praticamente na palma das mãos.

A radiologia diagnóstica tem sim mais afluência com os avanços tecnológicos, entender cada processo se faz necessário, pois em um futuro não tão distante, as máquinas integradas a IA e os futuros profissionais serão aliados no processamento e diagnóstico de imagens radiográficas.

É possível supor que, no futuro, os técnicos e tecnólogos que irão trabalhar com a IA integrada deverão até mesmo aprender o mínimo de programação, e atuarem em desenvolvimento de algoritmos.

No decorrer da pesquisa a partir de revisões literárias percebeu-se a importância do envolvimento da IA na radiologia. O que antes levaria horas, dias ou semanas para que fosse enfim dado um ultimato para um diagnóstico ao paciente, com o auxílio da tecnologia, uma base de dados eficiente (simulada ou não), pode fazer toda a diferença, e a segunda opinião dada pelo CAD pode ser crucial para a vida de alguém.

É necessário também reconhecer que atualmente existem desvantagens em relação a toda essa nova integração, já que nem todos os hospitais utilizam de sistemas com radiografias digitais, ou aparelhos como o de Ressonância Magnética e Tomografia Computadorizada. Sabendo disto, entende-se que é necessário um conjunto relevante de imagens diagnósticas de qualidade, sem isso existe sim uma dificuldade de um sistema integrado a IA se desenvolver e aprender ao decorrer do tempo. Ou seja, muitos hospitais que têm interesse nessa integração terão que se atualizar, causando talvez um grande impacto financeiro.

Em praticamente a maioria dos trabalhos analisados durante a pesquisa, o assunto “não temer a substituição” veio à tona, a necessidade de entendimento sobre o assunto e evitar que os futuros e atuais profissionais se fechem a essa ideia é realmente válida. A radiologia diagnóstica ainda precisará de muitos profissionais capacitados e atualizados no mercado para que IA aplicada ao processamento de imagem diagnóstica se torne presente na maioria dos hospitais.

REFERÊNCIAS

- ARASAKI, H. K. **Viabilidade do uso de inteligência Artificial em fotografias de Radiografias de Tórax para o Diagnóstico de Pneumonia**. 2021. Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo, Tecnologia em Radiologia. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/61665>. Acesso em: 16 set. 2021.
- AZEVEDO-MARQUES, P. M. de. Diagnóstico auxiliado por computador na radiologia. **Radiologia Brasileira**, v. 34, p. 285-293, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rb/a/CdBG8KRdKfBf9HThBF5yKjR/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 22 jul. 2021.
- BRANDES, G. I. G., D'IPPOLITO G., AZZOLINI A. G., MEIRELLES G.; O Impacto da Inteligência Artificial na escolha de Radiologia como especialidade médica por estudantes de medicina da cidade de São Paulo. **Radiol Bras.** 2020 Mai/Jun.; 53 (3): 167-170. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-3984.2019.0101>. Acesso em: 14 set. 2021.
- BRAGA, A. V. *et al.* Inteligência artificial na medicina. **CIPEEX**, v. 2, p. 937-941, 2018. Disponível em: <http://anais.unievangelica.edu.br/index.php/CIPEEX/article/view/2997>. Acesso em: 14 set. 2021.
- COSTA, F. M. **Avaliação dos Tumores Musculoesqueléticos na Nova Era da Inteligência Artificial**. 2018. Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-3984.2018.51.6e3>. Acesso em: 20 out. 2021.
- ELPÍDIO, F. G. G.; BRASIL, L. M.; LAMAS, J. M. **Sistema de Auxílio na Avaliação de Calcificações Mamárias por Processamento Digital de Imagem e Inteligência Artificial**. Universidade de Brasília, FGA-Faculdade Gama. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/11783>. Acesso em: 20 out. 2021.
- ESTEVA, A.; KUPREL, B.; NOVOA R. A.; KO, J.; SWETTER, S. M.; BLAU, H. M.; THRUN, S. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. **Nature** 2017; 542:113-8. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature21056?spm=5176.100239.blogcont100708.20.u9mVh>. Acesso em: 20 set. 2021.
- KOENIGLA-SANTOS, M.; FERREIRA-JUNIOR, J. R.; WADA, D. T.; TENÓRIO, A. P. M.; NOGUEIRA-BARBOSA, M. H.; AZEVEDO-MARQUES P. M. A. Inteligência Artificial, aprendizado de máquina, diagnóstico auxiliado por computador e radiômica: avanços da imagem rumo à medicina de precisão. **Radiol Bras.** 2019 Nov./Dez.; 52 (6): 387-396. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rb/a/8668GxBGMLncZY3W3n8nkr/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 16 set. 2021.
- LANGLOTZ, C. P. W. **Artificial Intelligence replace radiologists?** 2019. Disponível em: <https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/ryai.2019190058>. Acesso em: 21 out. 2021.
- PAIVA, O.; PREVEDELLO, L. M. O Potencial Impacto da Inteligência Artificial na Radiologia. **Radiol. Bras.** 2017 Set./Out.; 50(5) Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rb/a/7brY5YfCcTGcySkwyNXSZYJ/?lang=pt>. Acesso em: 12 set. 2021.

RIBEIRO, R. T. A Inteligência Artificial e o Técnico de Radiologia-um futuro otimista! **ROENTGEN-Revista Científica das Técnicas Radiológicas**, v. 2, n. 1, p. 9-12, 2021.

Disponível em:

https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:dxY2ym7MPLUJ:scholar.google.com/+RIBEIRO,+R.+T.+A+Intelig%C3%A2ncia+Artificial+e+o+T%C3%A9cnico+de+Radiologia-um+futuro+otimista!&hl=pt-BR&as_sdt=0,5. Acesso em: 22 jul. 2021.

SANTOS, M. K. *et al.* Inteligência artificial, aprendizado de máquina, diagnóstico auxiliado por computador e radiômica: avanços da imagem rumo à medicina de precisão. **Radiologia Brasileira**, v. 52, p. 387-396, 2019. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rb/a/8668GxBGMLncZY3W3n8nkr/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 23 jul. 2021.

SANTOS, N. M.; CAMPOS, C. F. S. Inteligência Artificial Aplicada à Otimização do Diagnóstico por Imagem. **UNOESTE. ENEPE – Encontro Nacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**. 2020 Pág. 993. Disponível em:

<http://www.unoeste.br/Areas/Eventos/Content/documentos/EventosAnais/564/anais/Sa%C3%BAde/Medicina.pdf#page=92>. Acesso em: 02 set. 2021.

SILVA, J. P.; SOUSA, M. P.; O Impacto da Inteligência Artificial na Radiologia Odontológica. **Revista de Odontologia da UNESP**. 2020. 49 (N Especial): 40. Disponível em: <https://revodontolunesp.com.br/journal/rou/article/60491ecea95395716c2de102>. Acesso em: 12 set. 2021.

VERONEZI, C. C. D. *et al.* Análise computacional para auxílio ao diagnóstico de osteoartrite de coluna lombar baseado em redes neurais artificiais. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 46, p. 195-199, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-36162011000200014>. Acesso em: 16 out. 2021.