



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

NATAN VINÍCIUS DA SILVA LUCENA

**OS IMPACTOS PRESENTES E FUTUROS DO AVANÇO DA IA NA
MEDICINA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

CAMPINA GRANDE - PB

2024

NATAN VINÍCIUS DA SILVA LUCENA

**OS IMPACTOS PRESENTES E FUTUROS DO AVANÇO DA IA NA
MEDICINA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

**Trabalho de Conclusão Curso
apresentado ao Curso Bacharelado em
Ciência da Computação do Centro de
Engenharia Elétrica e Informática da
Universidade Federal de Campina
Grande, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Ciência da Computação.**

Orientador : Joseana Macêdo Fechine Régis de Araújo

CAMPINA GRANDE - PB

2024

NATAN VINÍCIUS DA SILVA LUCENA

**OS IMPACTOS PRESENTES E FUTUROS DO AVANÇO DA IA NA
MEDICINA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

**Trabalho de Conclusão Curso
apresentado ao Curso Bacharelado em
Ciência da Computação do Centro de
Engenharia Elétrica e Informática da
Universidade Federal de Campina
Grande, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Ciência da Computação.**

BANCA EXAMINADORA:

**Joseana Macêdo Fachine Régis de Araújo
Orientador – UASC/CEEI/UFCG**

**Francilene Procópio Garcia
Examinador – UASC/CEEI/UFCG**

**Francisco Vilar Brasileiro
Professor da Disciplina TCC – UASC/CEEI/UFCG**

Trabalho aprovado em: 17 de Maio de 2024.

CAMPINA GRANDE - PB

2024

RESUMO

The advancement of Artificial Intelligence (AI) is redefining the boundaries of contemporary medicine, offering new possibilities and challenges. This work aims to analyze the present and future impacts of AI on medical practice, highlighting its transformative influence. By defining AI as the ability of computational systems to perform tasks that would require human intelligence, we explore how these technologies are being successfully applied in medicine, from more accurate diagnostics to the development of personalized therapies.

Throughout this study, it will be demonstrated that while AI brings significant benefits to medical practice, it will not completely replace the role of physicians, primarily due to the lack of inherently human emotions. Utilizing a variety of sources and analyzing the impact of artificial intelligence in different sectors of medicine, we will provide a balanced analysis to understand how AI is shaping the present and future of medicine.

Thus, this work seeks to contribute to a deeper understanding of the implications of AI in the healthcare field and provide valuable insights for professionals and researchers interested in this rapidly evolving field.

Keywords: Artificial Intelligence; AI; AI in medicine

CAMPINA GRANDE - PB

2024

THE PRESENT AND FUTURE IMPACTS OF AI ADVANCEMENT IN MEDICINE: AN INTEGRATIVE REVIEW

ABSTRACT

The advancement of Artificial Intelligence (AI) is redefining the boundaries of contemporary medicine, offering new possibilities and challenges. This work aims to analyze the present and future impacts of AI on medical practice, highlighting its transformative influence. By defining AI as the ability of computational systems to perform tasks that would require human intelligence, we explore how these technologies are being successfully applied in medicine, from more accurate diagnostics to the development of personalized therapies.

Throughout this study, it will be demonstrated that while AI brings significant benefits to medical practice, it will not completely replace the role of physicians, primarily due to the lack of inherently human emotions. Utilizing a variety of sources and analyzing the impact of artificial intelligence in different sectors of medicine, we will provide a balanced analysis to understand how AI is shaping the present and future of medicine.

Thus, this work seeks to contribute to a deeper understanding of the implications of AI in the healthcare field and provide valuable insights for professionals and researchers interested in this rapidly evolving field.

Keywords: Artificial Intelligence; AI; AI in medicine

CAMPINA GRANDE - PB

2024

Os impactos presentes e futuros do avanço da IA na medicina: uma revisão integrativa

Natan Vinícius da Silva Lucena

Universidade Federal de Campina Grande

Campina Grande, Paraíba

natan.lucena@ccc.ufcg.edu.br

Joseana Macêdo Fachine Régis de Araújo

Universidade Federal de Campina Grande

Campina Grande, Paraíba

joseana@computacao.ufcg.edu.br

Resumo

O avanço da Inteligência Artificial (IA) está redefinindo as fronteiras da medicina contemporânea, oferecendo novas possibilidades e desafios. Este trabalho tem como objetivo analisar os impactos presentes e futuros da IA na prática médica, destacando sua influência transformadora. Ao definir IA como a capacidade de sistemas computacionais executarem tarefas que exigem inteligência humana, exploramos como essas tecnologias estão sendo aplicadas com sucesso na medicina, desde diagnósticos mais precisos até o desenvolvimento de terapias personalizadas. Ao longo deste estudo, será demonstrado que, embora a IA traga benefícios significativos para a prática médica, ela não substituirá completamente o papel dos médicos, principalmente pela falta de sentimentos inerentemente humanos.

Utilizando uma variedade de fontes, e analisando o impacto da inteligência artificial em diferentes setores da medicina, faremos uma análise equilibrada para buscar compreender como a IA está moldando o presente e o futuro da medicina. Dessa forma, o presente trabalho busca contribuir para uma compreensão mais profunda das implicações da IA na área da saúde e fornecer insights valiosos para profissionais e pesquisadores interessados neste campo em rápida evolução.

Palavras-Chave

Inteligência Artificial (IA). IA na medicina.

1. INTRODUÇÃO

A inteligência artificial (IA) é utilizada para referenciar-se a sistemas informáticos que foram criados para pensar e/ou agir como pessoas, numa abordagem mais humana, e sistemas que pensam ou agem de forma racional.[1]. Neste trabalho é explorado a possível associação entre tecnologias de IA e compaixão na saúde. Este tópico está relacionado aos debates atuais sobre a forma como a IA pode ser percebida, ou imaginada, como atenciosa ou compassiva [2]. Será abordado que nem todo o trabalho dessa área pode ser substituído [3], simplesmente pelo fato que a compaixão é descrita como uma sensibilidade ao sofrimento próprio e dos outros, com o compromisso de tentar aliviá-lo e preveni-lo [4].

A compaixão é percebida como uma característica evolutiva de sobrevivência de uma espécie social, que promove comportamentos de cuidado úteis num campo interligado de relações sociais, orientado por valores éticos e normas sociais [5]. Por outro lado, o comportamento compassivo é modelado e aprendido por meio de interações humanas, como parentalidade e ensino [6].

No entanto, a compaixão é pouco conceituada e explorada em relação às tecnologias de IA [7] ou à questão de

como as tecnologias de IA podem ser usadas para gerar ou aumentar a compaixão [3]. A exploração das associações entre

tecnologias de IA e compaixão tem sido dificultada por dois pressupostos amplamente difundidos: o primeiro, de que a compaixão é uma emoção sentida no corpo, produzida através de relacionamentos e dinâmicas sociais: o segundo, de que as tecnologias são objetivas e incapazes de compaixão [8]. Embora seja debatido se a IA pode sentir ou expressar empatia genuína [9], a compaixão é diferente, porque é um sistema de cuidado motivacional [6].

Contudo, utilizado de maneira a ajudar o trabalho do profissional de saúde, a inteligência artificial na área da saúde resultou em um aumento significativo nas aplicações de IA no ramo. O objetivo da pesquisa médica em IA é construir aplicativos que usem tecnologias de IA para auxiliar os médicos na tomada de decisões médicas [10]. A IA é usada em várias aplicações médicas, como diagnóstico de doenças [11], cirurgia [12] e muito mais.

Um exemplo dessas aplicações de IA para auxílio médico é o COVID-Net, que usa imagens de radiografia de tórax para identificar casos de COVID-19 e possui uma precisão de 93% nos seus diagnósticos [13]. Outros exemplos são aplicações para analisar imagens de tecidos para auxiliar patologistas no diagnóstico de câncer colorretal e de pulmão [14].

2. OBJETIVO

Frente ao que foi exposto, o presente artigo tem como principal objetivo mostrar como a IA está afetando a medicina em todas as áreas, desde o atendimento e identificação das doenças, até o tratamento das mesmas, bem como analisar perspectivas futuras desse impacto.

3. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo exploratório, do tipo Revisão Integrativa, o qual buscou levantar os principais impactos das IAs nas diversas áreas da medicina. Ao revisar a literatura atual, buscou-se responder à seguinte pergunta de pesquisa: “Quais os principais impactos do avanço da IA na medicina?”

A seleção dos artigos se deu nas bases de dados Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e PubMed, com termos indexados no Medical Subject Headings (MeSH). Os seguintes termos de busca foram utilizados em ambas as bases de dados: “Artificial Intelligence”, “AI”, “Deep learning”, “AI impacts on medicine”.

Para os critérios de inclusão foram utilizados artigos somente em inglês, e que foram disponibilizados e indexados na íntegra nos referidos bancos de dados, que foram publicados nos últimos 5 anos e apenas artigos de revisão, informativos e editoriais.

Para os critérios de exclusão, foram definidos artigos presentes em ambos os bancos e artigos fora desses 5 temas e áreas de atuação, sendo eles: análise de imagens, descoberta e desenvolvimento de drogas, patologias, impactos financeiros e empregos.

4. RESULTADOS

A amostra final desta revisão foi constituída de 20 artigos científicos, que foram selecionados pelos critérios de inclusão e exclusão previamente citados.

Destes, 3, da área de análise de imagem, 4, da área de descoberta e desenvolvimento de drogas, 5, da área de patologias, 4 sobre impactos financeiros e 4 sobre empregos.

5. IMPACTOS

A seguir serão analisados os impactos da IA nas diferentes áreas de medicina e como ela está afetando e pode afetar esse mercado no futuro, além de impactar toda a rede de saúde mundial.

5.1 Análise de imagem

No contexto de análise de imagens existem várias ferramentas que auxiliam nesse processo para a área médica uma delas é o eXplainable AI (XAI), ferramenta de pesquisa dentro da inteligência artificial que busca desenvolver métodos e técnicas para tornar os modelos de aprendizado de máquina mais transparentes e compreensíveis para os seres humanos. Isso é especialmente importante em domínios críticos, como a análise de imagens médicas, onde a confiança e a interpretabilidade dos resultados são fundamentais.

O XAI basicamente utiliza mapas de ativações, visualizações de características específicas das imagens e gera um relatório explicando todos os fatores que influenciaram o diagnóstico exposto naquela imagem e com isso auxiliam e aprimora o desempenho dos profissionais que utilizam o XAI em seus diagnósticos, onde, em pesquisas feitas, cerca de 77% dos médicos que utilizavam o XAI, tiveram o seu desempenho aprimorado [15].

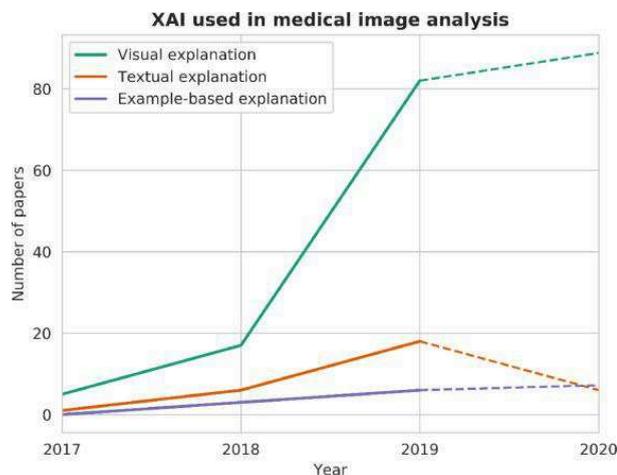


Figura 1: Uso do XAI ao longo do tempo

Outro setor que é muito importante é sobre as aplicações da inteligência artificial (IA) em imagens híbridas para o diagnóstico e tratamento de câncer em diferentes tipos de tumores, como pulmão, próstata e neuroendócrinos. Na área do primeiro, a IA vem sendo aplicada para detecção de nódulos pulmonares e predição de prognóstico; já no segundo tipo, a tecnologia está sendo utilizada para detecção de lesões, estratificação de risco e avaliação terapêutica; Para os tumores neuroendócrinos, vem sendo aplicada na detecção de lesões e previsão de resposta terapêutica.

O maior potencial da IA nessa área é automatizar a identificação, caracterização e monitoramento espacial de doenças oncológicas (cancerígenas), porém aponta desafios a serem superados, como validação das ferramentas de IA, integração de múltiplas fontes de dados e melhoria da confiança pública. Apesar das expectativas elevadas, são necessárias mais pesquisas e desenvolvimento para garantir que as aplicações de IA em imagens médicas híbridas atinjam seu potencial máximo e possam ser integradas de forma segura e eficaz na prática clínica [16].

Uma outra área que é muito afetada no contexto da análise de imagens é a IA na área da dermatologia, que baseia-se em princípios de aprendizado de máquina e redes neurais, incluindo o aprendizado profundo, que são modelos estatísticos capazes de aprender a partir de conjuntos de dados rotulados. As redes neurais convolucionais (Convolutional Neural Network / CNN), em particular, têm se mostrado eficazes na classificação de imagens dermatoscópicas, com várias arquiteturas de CNNs desenvolvidas e disponibilizadas para uso público.

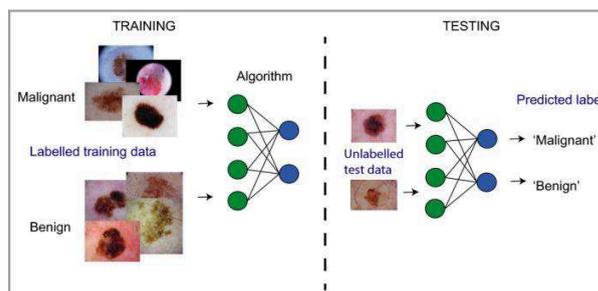


Figura 2: Como funciona, de maneira simplificada, o treinamento de IAs para rotular imagens

Nas pesquisas realizadas, os algoritmos demonstraram uma precisão superior à dos especialistas humanos na identificação de lesões melanocíticas como benignas ou malignas. No entanto, há várias limitações e questões éticas a serem consideradas. Uma limitação significativa é a falta de generalização dos algoritmos, que muitas vezes são treinados e testados nos mesmos conjuntos de dados. Além disso, a explicabilidade das decisões dos algoritmos permanece uma preocupação, já que muitas vezes funcionam como "caixas pretas", tornando difícil compreender os motivos por trás de suas recomendações.

Também ocorrem preocupações quanto à segurança e ao impacto econômico do uso generalizado da inteligência artificial na dermatologia. Biópsias desnecessárias e encaminhamentos excessivos podem sobrecarregar o sistema de saúde e causar danos aos pacientes. Apesar desses desafios, a IA na dermatologia oferece oportunidades significativas para melhorar o diagnóstico precoce e a triagem de lesões cutâneas, especialmente em áreas onde há escassez de dermatologistas. A tecnologia tem o potencial de fornecer um auxílio valioso aos profissionais de saúde, melhorando o acesso dos pacientes aos cuidados adequados e otimizando os caminhos clínicos [17].

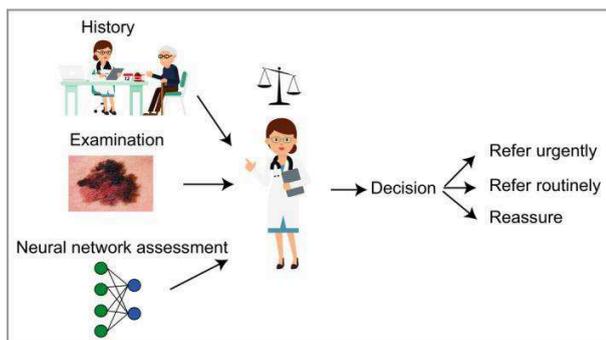


Figura 3: Uso ideal da inteligência artificial nas decisões médicas

5.2 Descoberta e desenvolvimento de drogas

Na área de descoberta e desenvolvimento de drogas a revolução do processo de descoberta de medicamentos se dá por meio do uso de big data e inteligência artificial.

Com o avanço das tecnologias como microarray¹, RNA-seq² e sequenciamento de alto rendimento, enormes quantidades de dados biomédicos são geradas diariamente, o que impulsionou a transição da descoberta de medicamentos para a era do big data.

Na descoberta de medicamentos, o primeiro passo é identificar os alvos apropriados, como genes ou proteínas associados à doença. Com a ajuda de repositórios de dados biomédicos, e técnicas de IA, como aprendizado de máquina, é possível analisar assinaturas de expressão gênica e identificar genes-alvo para diferentes distúrbios. No processo de projeto e descoberta de medicamentos, diversos bancos de dados químicos, são utilizados para síntese e triagem de compostos. Esses dados são filtrados e submetidos a modelos de IA, como aprendizado profundo e redes neurais, para análise adicional. Essas ferramentas são essenciais para identificar efeitos colaterais de medicamentos, interações proteína-proteína e outras relações relevantes para a descoberta de medicamentos [18].

No contexto de desenvolvimento de anticancerígenos, há várias aplicações, baseadas em IA, que trabalham junto para esse processo. Inicialmente falando sobre o conceito de "drogabilidade", que refere-se à capacidade de um medicamento se ligar a uma proteína e modificar sua atividade.

Apesar do grande número de alvos farmacológicos potenciais no sistema humano, apenas uma pequena fração é suscetível de ser alvo de medicamentos. Assim, é crucial avaliar a drogabilidade dos alvos, especialmente na busca por novos alvos anticancerígenos.

Duas abordagens são destacadas: análise biológica baseada em rede e análise biológica baseada em aprendizado de máquina. Na análise de rede, é apresentada uma ferramenta para prever a identificação de alvos drogáveis e fazer descoberta de medicamentos, utilizando triagem e reaproveitamento de medicamentos. Na perspectiva de aprendizagem de máquina, são destacados avanços na modelagem de estrutura de proteínas e análise de afinidade droga-alvo que utiliza redes neurais para prever interações entre drogas e proteínas oferecendo uma maneira eficaz de identificar novas terapias anticâncer, reduzindo tempo e custos de experimentação [19].

¹ Suportes sólidos contendo fragmentos de DNA que permitem a análise de todo o genoma de forma simultânea

² Permite obter extensa cobertura dos genes existentes no genoma com custo consideravelmente baixo

No desenvolvimento de medicamentos, as abordagens convencionais para o design de novas moléculas são dispendiosas e complexas, tornando a avaliação de seus efeitos biológicos difícil, e para o desenvolvimento completo de um medicamento soma-se o custo que ultrapassa os 2,6 bilhões de dólares ao longo de 12 anos em média. Para isso, foram criados algoritmos de Deep Learning (DL), Machine Learning (ML) para reduzir despesas e acelerar a descoberta de novos medicamentos e gerar automaticamente novas arquiteturas moleculares, gerando um impacto significativo nos procedimentos de descoberta de medicamentos e, eventualmente, na saúde pública [20].

Algoritmos de Machine Learning foram treinados para prever os rendimentos das reações químicas com base em características moleculares dos reagentes, melhorando significativamente a eficiência do processo. Além disso, métodos de síntese digitalizados e padronizados foram desenvolvidos, como a plataforma Chemputer, que integra códigos químicos para mecanizar a síntese de compostos. Esse sistema permitiu a síntese bem-sucedida de moléculas farmacêuticas sem intervenção humana, resultando em produtos com qualidade comparável ou superior aos obtidos manualmente [21].

5.3 Patologias

Na área de patologia³, o desenvolvimento da patologia digital e a progressão de algoritmos de última geração levaram a um interesse crescente no uso de inteligência artificial, na patologia tumoral. As aplicações dessa tecnologia em patologia não só contribuem para melhorar a precisão e a objetividade do diagnóstico, mas também reduzem a carga de trabalho dos patologistas e, subsequentemente, permitem-lhes dedicar mais tempo a tarefas de tomada de decisão de alto nível.

Algoritmos de IA, especialmente aqueles baseados em redes neurais convolucionais, têm alcançado altas precisões na distinção entre tumores malignos e benignos em diversas áreas, como mama, colorretal, gástrica, esofágica e cervical. Esses modelos também demonstraram eficácia na diferenciação de várias lesões com precisões que rivalizam com as dos patologistas profissionais. Além disso, a IA tem sido aplicada com sucesso em diagnósticos de lesões cervicais e urinárias, mostrando alta precisão na identificação de células normais e anormais [22].

Outra ferramenta utilizada nessa área é a de Patologia computacional auxiliada por IA e seus benefícios para o fluxo de trabalho no departamento de patologia. A integração da IA permite o controle de qualidade em diversas fases do processo, como a pré-analítica, analítica e pós-analítica, incluindo o controle de qualidade de imagens digitalizadas e blocos de tecido. Além disso, facilita o diagnóstico integrado com informações clínicas, a solicitação de estudos patológicos necessários, a automatização de tarefas repetitivas, consultas sob demanda e o gerenciamento de servidor em nuvem. Essas tecnologias possibilitam a medicina de precisão, utilizando uma ampla gama de dados de pacientes, incluindo imagens patológicas, para desenvolver métodos de prevenção e tratamento adaptados às características individuais do paciente [23].

Na identificação de células cancerígenas, essas ferramentas se fazem ainda mais necessárias, pois sendo a segunda maior causa de mortes no mundo essas ferramentas poderiam ajudar e muito em diminuir esses números principalmente se feita de maneira precoce. Isso também ajudaria

³ É um ramo da biologia e medicina primariamente dedicado à análise e estudo de órgãos, tecidos e fluidos corporais, com a finalidade de fazer um diagnóstico das doenças.

a servir uma população maior que não usufrui de tantos profissionais.

A IA em histopatologia (Estudo celular) busca padronizar e automatizar esse processo dividindo as imagens em pequenos blocos para análise detalhada, permitindo a extração de dados quantitativos sobre características fenotípicas do tumor. Em oncopatologia (Estudo de câncer) são o diagnóstico e a classificação de tumores, bem como o prognóstico do câncer. Modelos baseados em IA têm sido aplicados com sucesso em várias áreas, como a classificação de câncer de pulmão e ovário. Além disso, a IA tem sido utilizada para avaliação de margem operatória, área afetada, e previsão de sobrevivência em pacientes com câncer [24].

A inteligência artificial e o aprendizado de máquina, inclusive o aprendizado profundo, estão prontos para desempenhar uma função significativa na administração do diagnóstico, tratamento e acompanhamento do câncer. O avanço desses sistemas resultará em uma maior presença de imagens digitais e sistemas eletrônicos de registros médicos em centros de tratamento de câncer. A transição para essas plataformas digitais possibilitará a geração e análise de grandes conjuntos de dados para extrair novos insights que poderão ser aplicados na prática clínica [25].

Um exemplo de aplicação, que não é limitada pela falta de transparência em suas operações, o que gera desconfiança, é um novo método chamado "DeepXplainer". Ele utiliza redes neurais convolucionais para detectar câncer de pulmão e explicar suas previsões usando um método explicável de inteligência artificial conhecido como "SHAP". Ao fornecer explicações para suas previsões, o modelo pode ajudar os médicos a tratar pacientes com câncer de pulmão de forma mais eficaz. [26].

5.4 Impactos Financeiros

Nos impactos financeiros, mesmo a IA tendo um potencial extremamente alto para reduzir custos e esforços, para especificar esses valores ainda faltam pesquisas mais refinadas que considerem principalmente a velocidade com que a tecnologia se auto aprimora [27].

Porém, alguns estudos indicam que a IA pode resultar em economias significativas, como a redução de 12,9% nos custos de tratamento. Projeções sugerem que a integração da IA poderia levar a economias substanciais na saúde, de 200 a 360 bilhões de dólares só nos Estados Unidos, o que justifica um investimento em IA de 5,2 bilhões de dólares, de empresas privadas, na descoberta de novos medicamentos [28].

Na Holanda, para reduzir custos de operação, o Pacmed Critical, que é utilizado para orientar os profissionais na melhor tomada de decisões, é implementado de maneira a reduzir custos, orientando o melhor momento para dar alta em pacientes que estão em unidades tratamento intensivo, projetando uma redução bruta de 30% a 40% nos seus custos [29].

Contudo existe a incerteza quanto ao financiamento da IA, especialmente em relação à cobertura pelos governos e planos de seguro. Em meio a essas incertezas, grandes sistemas de saúde podem optar por desenvolver sua própria IA internamente para garantir um serviço equitativo aos pacientes, embora os custos de desenvolvimento possam ser desafiadores. Ao calcular os custos associados à IA na saúde, é crucial considerar não apenas o preço inicial, mas também os recursos adicionais necessários devido à maior conveniência das decisões habilitadas pela IA. Também é importante considerar os custos de coleta de dados. Em última análise, a IA na saúde pode precisar ser tratada como uma despesa, especialmente em seu uso inicial [30].

5.5 Empregos

No mercado de trabalho, a inteligência artificial já está colocando em risco profissões que antes pareciam seguras, como por exemplo atendentes e motoristas.

Na área da medicina, a IA já superou a precisão dos médicos em diagnósticos. Pois, a capacidade de uma máquina cruzar dados de milhões de pacientes está muito além do alcance humano. Na área cirúrgica, cirurgias robóticas estão se tornando cada vez mais comuns, já que hoje a robótica é amplamente utilizada em certos tipos de operações [31].

Nos 23 países da OCDE, observou-se que, de 2012 a 2019, o emprego cresceu em quase todas as profissões assistidas por inteligência artificial. Não foi identificada uma relação clara entre a exposição à IA e o crescimento do emprego em geral. A automação parcial por meio dessa tecnologia pode aumentar a produtividade além de poder beneficiar trabalhadores com boas habilidades, movendo-os para tarefas não automatizáveis e de maior valor [32].

Mesmo os robôs agora podendo ajudar os médicos a operar instrumentos cirúrgicos, mesmo que seja muito cedo para falar sobre eles realizando todos os procedimentos. Prevê-se que se desenvolva em uma indústria com cerca de 39 bilhões de dólares em cinco anos. Utilizando IA, estima-se que seja reduzido em 20% o tempo do paciente em cirurgia e problemas cirúrgicos sejam reduzidos em 50%. Prevê-se que a automação provocada pela IA resultaria na criação de 2 milhões de empregos na área médica até 2025. Isto porque a IA e o Machine Learning só podem automatizar as operações diárias, algumas das quais são bastante complexas. Assim, isso permite que especialistas humanos assumam tarefas mais sofisticadas. [33].

Contudo, assim como acontece com o advento de novas tecnologias, a introdução da IA provavelmente significará que as habilidades e conhecimentos exigidos aos profissionais de saúde mudarão. À medida que a IA continuar a evoluir nos cuidados de saúde, haverá provavelmente um crescimento na procura de novos conjuntos de competências, como a informática [34].

6 Conclusão

Diante do inevitável avanço da inteligência artificial nos mais diferentes setores, a área de saúde não seria exceção para o seu alcance e efeitos. Contudo, nessa área, os efeitos são muito benéficos, pois a tecnologia vem principalmente para auxiliar e melhorar o desempenho dos profissionais da área, e não para substituir, como acontece em vários outros setores. Por conta disto, e das tecnologias que mais estão sendo investidas, serem tecnologias que servem principalmente para auxiliar os profissionais, não será visto máquinas substituindo médicos, pelo menos nas próximas décadas. E o principal fator para reforçar essa tese, é a de que, desde que a profissão de médico foi concebida por Hipócrates, ela se baseia na relação humana, e principalmente na compaixão, algo que não pode ser simulado por uma máquina.

REFERÊNCIAS

- [1] RUSSELL, Stuart J.; NORVIG, Peter. Artificial intelligence: a modern approach. Pearson, 2020.
- [2] DE TOGNI, G. et al. What makes AI ‘intelligent’ and ‘caring’? Exploring affect and relationality across three sites of intelligence and care. *Social Science & Medicine*, v. 277, p. 113874, maio 2021.
- [3] DAY, J. et al. Compassion-Focused Technologies: Reflections and Future Directions. *Frontiers in Psychology*, v. 12, p. 603618, 13 maio 2021.
- [4] GILBERT, P. The origins and nature of compassion focused therapy. *British Journal of Clinical Psychology*, v. 53, n. 1, p. 6–41, mar. 2014.
- [5] GILBERT, P. Explorations into the nature and function of compassion. *Current Opinion in Psychology*, v. 28, p. 108–114, ago. 2019.
- [6] GOETZ, J. L.; KELTNER, D.; SIMON-THOMAS, E. Compassion: An evolutionary analysis and empirical review. *Psychological Bulletin*, v. 136, n. 3, p. 351–374, maio 2010.
- [7] KERASIDOU, A. Artificial intelligence and the ongoing need for empathy, compassion and trust in healthcare. *Bulletin of the World Health Organization*, v. 98, n. 4, p. 245–250, 1 abr. 2020.
- [8] WHITE, D.; KATSUNO, H. Cultural Anthropology for Social Emotion Modeling: Principles of Application toward Diversified Social Signal Processing. 2019 8th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction Workshops and Demos (ACIIW). *Anais...Cambridge, United Kingdom: IEEE*, set. 2019.
- [9] MONTEMAYOR, C.; HALPERN, J.; FAIRWEATHER, A. In principle obstacles for empathic AI: why we can’t replace human empathy in healthcare. *AI & SOCIETY*, v. 37, n. 4, p. 1353–1359, dez. 2022.
- [10] ALLOGHANI, M. et al. The Application of Artificial Intelligence Technology in Healthcare: A Systematic Review. Em: KHALAF, M. I.; AL-JUMEILY, D.; LISITSA, A. (Eds.). *Applied Computing to Support Industry: Innovation and Technology*. Cham: Springer International Publishing, 2020. v. 1174p. 248–261.
- [11] LOH, E. Medicine and the rise of the robots: a qualitative review of recent advances of artificial intelligence in health. *BMJ Leader*, v. 2, n. 2, p. 59–63, jun. 2018.
- [12] ZHOU, X.-Y. et al. Application of artificial intelligence in surgery. *Frontiers of Medicine*, v. 14, n. 4, p. 417–430, ago. 2020.
- [13] MELDO, A. et al. The natural language explanation algorithms for the lung cancer computer-aided diagnosis system. *Artificial Intelligence in Medicine*, v. 108, p. 101952, ago. 2020.
- [14] SABOL, P. et al. Explainable classifier for improving the accountability in decision-making for colorectal cancer diagnosis from histopathological images. *Journal of Biomedical Informatics*, v. 109, p. 103523, set. 2020.
- [15] VAN DER VELDEN, B. H. M. et al. Explainable artificial intelligence (XAI) in deep learning-based medical image analysis. *Medical Image Analysis*, v. 79, p. 102470, jul. 2022.
- [16] FEUERECKER, B. et al. Artificial Intelligence in Oncological Hybrid Imaging. *RöFo - Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren*, v. 195, n. 02, p. 105–114, fev. 2023.
- [17] DU-HARPUR, X. et al. What is AI? Applications of artificial intelligence to dermatology. *British Journal of Dermatology*, v. 183, n. 3, p. 423–430, set. 2020.
- [18] GUPTA, R. et al. Artificial intelligence to deep learning: machine intelligence approach for drug discovery. *Molecular Diversity*, v. 25, n. 3, p. 1315–1360, ago. 2021.
- [19] YOU, Y. et al. Artificial intelligence in cancer target identification and drug discovery. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, v. 7, n. 1, p. 156, 10 maio 2022.
- [20] ZHU, H. Big Data and Artificial Intelligence Modeling for Drug Discovery. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, v. 60, n. 1, p. 573–589, 6 jan. 2020.
- [21] SARKAR, C. et al. Artificial Intelligence and Machine Learning Technology Driven Modern Drug Discovery and Development. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 24, n. 3, p. 2026, 19 jan. 2023.
- [22] JIANG, Y. et al. Emerging role of deep learning-based artificial intelligence in tumor pathology. *Cancer Communications*, v. 40, n. 4, p. 154–166, abr. 2020.
- [23] KIM, I. et al. Application of Artificial Intelligence in Pathology: Trends and Challenges. *Diagnostics*, v. 12, n. 11, p. 2794, 15 nov. 2022.
- [24] MAJUMDER, A.; SEN, D. Artificial intelligence in cancer diagnostics and therapy: current perspectives. *Indian Journal of Cancer*, v. 58, n. 4, p. 481, 2021.
- [25] TRAN, W. T. et al. Personalized Breast Cancer Treatments Using Artificial Intelligence in Radiomics and Pathomics. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, v. 50, n. 4, p. S32–S41, dez. 2019. TRAN, W. T. et al. Personalized Breast Cancer Treatments Using Artificial Intelligence in Radiomics and Pathomics. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, v. 50, n. 4, p. S32–S41, dez. 2019.
- [26] WANI, N. A.; KUMAR, R.; BEDI, J. DeepXplainer: An interpretable deep learning based approach for lung cancer detection using explainable artificial intelligence. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, v. 243, p. 107879, jan. 2024.
- [27] WOLFF, J. et al. Systematic Review of Economic Impact Studies of Artificial Intelligence in Health Care. *Journal of Medical Internet Research*, v. 22, n. 2, p. e16866, 14 fev. 2020.

- [28] AL MESLAMANI, A. Z. Beyond implementation: the long-term economic impact of AI in healthcare. *Journal of Medical Economics*, v. 26, n. 1, p. 1566–1569, 31 dez. 2023.
- [29] DE VOS, J. et al. The Potential Cost-Effectiveness of a Machine Learning Tool That Can Prevent Untimely Intensive Care Unit Discharge. *Value in Health*, v. 25, n. 3, p. 359–367, mar. 2022.
- [30] HENDRIX, N. et al. Assessing the Economic Value of Clinical Artificial Intelligence: Challenges and Opportunities. *Value in Health*, v. 25, n. 3, p. 331–339, mar. 2022.
- [31] BUTTAZZO, G. Rise of artificial general intelligence: risks and opportunities. *Frontiers in Artificial Intelligence*, v. 6, p. 1226990, 25 ago. 2023.
- [32] GEORGIEFF, A.; HYEE, R. Artificial Intelligence and Employment: New Cross-Country Evidence. *Frontiers in Artificial Intelligence*, v. 5, p. 832736, 10 maio 2022.
- [33] DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE, COLLEGE OF COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION SYSTEMS, NAJRAN UNIVERSITY; MASHRAQI, A. M. Current trends on the application of artificial intelligence in medical sciences. *Bioinformation*, v. 18, n. 11, p. 1050–1061, 30 nov. 2022.
- [34] HAZARIKA, I. Artificial intelligence: opportunities and implications for the health workforce. *International Health*, v. 12, n. 4, p. 241–245, 1 jul. 2020.