

Usos da inteligência artificial na cardiologia: uma revisão da literatura

Uses of artificial intelligence in cardiology: a literature review

DOI:10.34119/bjhrv6n6-267

Recebimento dos originais: 20/10/2023

Aceitação para publicação: 24/11/2023

Ana Bela Alcântara Neves

Graduanda em Medicina

Instituição: Faculdade de Ciências Médicas de Itabuna, Afya

Endereço: Av. Ibicaraí, 3270, Nova Itabuna, Itabuna - BA, CEP: 45600-769

E-mail: andreza.katu@hotmail.com

Erica Medeiros de Alencar

Graduanda em Medicina

Instituição: Faculdade de Ciências Médicas de Itabuna, Afya

Endereço: Av. Ibicaraí, 3270, Nova Itabuna, Itabuna - BA, CEP: 45600-769

E-mail: erica-alencar19@hotmail.com

Ivina Marcella Costa dos Santos

Graduanda em Medicina

Instituição: Faculdade de Ciências Médicas de Itabuna, Afya

Endereço: Av. Ibicaraí, 3270, Nova Itabuna, Itabuna - BA, CEP: 45600-769

E-mail: ivinamcs@gmail.com

Sara Tais Fernandes dos Santos

Graduanda em Medicina

Instituição: Faculdade de Ciências Médicas de Itabuna, Afya

Endereço: Av. Ibicaraí, 3270, Nova Itabuna, Itabuna - BA, CEP: 45600-769

E-mail: sarahtsfernandes@gmail.com

Luciano de Oliveira Souza Tourinho

Pós-Doutor em Direitos Humanos pela Universidad de Salamanca

Instituição: Faculdade de Ciências Médicas de Itabuna, Afya

Endereço: Av. Ibicaraí, 3270, Nova Itabuna, Itabuna - BA, CEP: 45600-769

E-mail: luciano.tourinho@afya.com.br

RESUMO

São muitas as aplicações da inteligência artificial na medicina, em especial na cardiologia, auxiliando na análise de imagens, diagnósticos, tratamentos precisos e monitorização, diante disso, faz-se relevante estudo sobre esse entrelaçamento na atualidade, observando os usos atuais e as perspectivas futuras. Assim, foi objetivo desta pesquisa analisar a literatura científica para compreender as abordagens atuais no diagnóstico e prevenção de doenças cardíacas por meio dos avanços tecnológicos relacionados à inteligência artificial. O método adotado foi a revisão integrativa da literatura, por meio de buscas por artigos publicados entre os anos de 2020 e 2023, nas bases de dados LILACS, MEDLINE e PubMed. Os descritores utilizados foram “cardiologia” e “inteligência artificial” e seus equivalentes em inglês, combinados por meio do operador booleano AND. Foram incluídos nesta revisão 17 artigos que corresponderam

aos critérios de inclusão e exclusão. Os resultados mostraram os efeitos positivos do uso da IA na cardiologia, tanto na atualidade quanto no futuro, a partir da análise de imagens, oferecimento de diagnóstico preciso e abordagens personalizadas, mas a necessidade de atenção a questões éticas e de segurança. Concluiu-se que em vista dos avanços e benefícios da IA na cardiologia, é essencial garantir o uso responsável da tecnologia.

Palavras-chave: cardiologia, doenças cardiovasculares, inteligência artificial, medicina personalizada.

ABSTRACT

There are many applications of artificial intelligence in medicine, in particular in cardiology, assisting in the analysis of images, diagnoses, precise treatments and monitoring, on the other hand, there is a relevant study about this interweaving nowadays, observing the current uses and future prospects. Thus, the objective of this research was to analyze the scientific literature to understand the current approaches in the diagnosis and prevention of heart disease through technological advances related to artificial intelligence. The method adopted was the integrative review of the literature, through searches for articles published between the years 2020 and 2023, in the LILACS, MEDLINE and PubMed databases. The descriptors used were "cardiology" and "artificial intelligence" and their equivalents in English, combined by the boolean operator AND. 17 articles meeting the inclusion and exclusion criteria were included in this review. The results showed the positive effects of the use of AI in cardiology, both now and in the future, from the analysis of images, offering precise diagnosis and personalized approaches, but the need to pay attention to ethical and safety issues. It was concluded that in view of the advances and benefits of AI in cardiology, it is essential to ensure the responsible use of the technology.

Keywords: cardiology, cardiovascular diseases, artificial intelligence, personalized medicine.

1 INTRODUÇÃO

As doenças cardiovasculares vêm sendo descritas como sério problema de saúde pública mundial, tanto em países desenvolvidos quanto em subdesenvolvidos, apontadas como principais causas de morbidade e mortalidade. Estima-se que cerca de 17,9 milhões de pessoas morrem de doenças cardiovasculares no mundo anualmente. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), representam aproximadamente 31% de todas as mortes globais e, dentro desse número, 75% mortes acontecem em países de baixa e média renda e 80% são devido a ataques de coração e derrames atingindo pessoas com idade superior a 50 anos. Representam ainda a principal causa de morte em mulheres na pós-menopausa (FREIRE et al., 2017).

São um grupo de distúrbios que afetam o coração e os vasos sanguíneos e incluem uma variedade de condições, tais como, doença arterial coronariana, doenças cerebrovasculares, insuficiências cardíacas, entre outras. Diversos fatores aumentam o risco de desenvolver doenças cardiovasculares, incluindo idade, sexo, histórico familiar, hábitos como tabagismo e

abuso de álcool, diabetes, níveis elevados de colesterol LDL, obesidade e sedentarismo (ARNETT et al., 2019).

O tratamento das doenças cardiovasculares depende do tipo e da gravidade da condição e podem ter abordagem medicamentosa e procedimentos cirúrgicos, assim como a recomendação de mudanças no estilo de vida, na dieta, inclusão de exercícios físicos de forma regular. Mas, a detecção precoce e a prevenção também desempenham um papel crucial na redução do risco de doenças cardiovasculares (FREIRE et al., 2017).

Um dos principais obstáculos nessa prevenção, entretanto, são os supracitados elementos de risco que têm aumentado consideravelmente com o progresso da urbanização e com as transformações nos padrões de vida, demandando estratégias efetivas para instruir e estimular as pessoas a adotarem comportamentos saudáveis. A sensibilização pública, programas educacionais e iniciativas de promoção da saúde também desempenham um papel fundamental na indução de mudanças em condutas prejudiciais (SANT'ANNA et al., 2022).

Além disso, a detecção precoce e o manejo eficaz de condições médicas subjacentes, como diabetes e níveis elevados de colesterol, desempenham um papel crucial na diminuição do risco cardiovascular (CHAYAKRIT et al., 2022).

Diante desse cenário de prevenção, a tecnologia tem um papel crescente na era contemporânea, com a utilização de dispositivos vestíveis, aplicações de saúde e telemedicina que possibilitam a monitorização constante da saúde cardiovascular, auxiliando as pessoas a tomarem atitudes proativas para reduzir o risco, como é o caso da inteligência artificial (IA) (ZERON; SERRANO JÚNIOR, 2019; MASCARENHAS; SILVA; BARRA, 2021).

Historicamente, a denominação inteligência artificial foi utilizada pela primeira vez no ano de 1956, em uma conferência realizada na cidade estadunidense de Dartmouth, pelos pesquisadores John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester e Claude Shannon, que se basearam no trabalho do matemático e cientista da computação Alan Turing (LIMA, 2018).

Assim, em uma conceituação mais generalista, a IA pode ser referida como uma tecnologia que busca desenvolver sistemas inteligentes capazes de aprender e resolver problemas complexos de forma autônoma. Alguns outros conceitos básicos ligados a temática são o machine learning (aprendizado da máquina, em livre tradução) que se trata da capacidade de uma máquina aprender e melhorar sua performance a partir de exemplos, sendo um dos principais campos da inteligência artificial, baseado em algoritmos que analisam dados e fazem previsões (SANTOS et al., 2019).

As redes neurais artificiais são outro conceito amplamente utilizado pela IA, as quais simulam o funcionamento do cérebro humano, sendo compostas por camadas de neurônios

artificiais que recebem inputs, processam as informações e geram outputs (SANTOS et al., 2019). A robótica também é um conceito aplicada à inteligência artificial e consiste na utilização de robôs programados para realizar tarefas específicas de forma autônoma, como montar peças em uma linha de produção, fazer a limpeza de um ambiente e auxiliar em cirurgias (SANTOS et al., 2019).

Na área da saúde, a inteligência artificial tem sido aplicada em diversas áreas, desde o diagnóstico de doenças até a previsão de epidemias. Alguns exemplos incluem o uso de algoritmos de aprendizado de máquina para identificar diagnósticos precoces de câncer, o desenvolvimento de sistemas de monitoramento remoto de pacientes e a criação de *chatbots* para ajudar a responder a perguntas de saúde (BRAGA et al., 2019; NETO, 2020).

Além disso, a inteligência artificial tem sido usada em estudos de genômica e na análise de grandes quantidades de dados clínicos para identificar padrões e tendências. No entanto, é importante destacar que o uso da inteligência artificial na saúde ainda apresenta desafios, como a necessidade de garantir a segurança e privacidade dos dados dos pacientes (BOULETREAU, 2019).

O uso da IA na cardiologia permite agilidade no diagnóstico, redução da complexidade da análise dos dados médicos coletados dos pacientes (SOUZA FILHO et al., 2020), tem o potencial de melhorar o processo de tratamento, tornando-o mais personalizado para cada paciente, podendo ajudar também na prevenção de doenças e nos cuidados com a saúde a longo prazo (MASCARENHAS et al., 2021).

Em síntese, a prevenção de enfermidades cardiovasculares na era atual envolve desafios complexos, mas também proporciona oportunidades promissoras. A combinação de avanços tecnológicos e medicina personalizada tem o potencial de reduzir significativamente o impacto das enfermidades cardiovasculares, melhorando a saúde cardiovascular da população global.

Diante disso, foi objetivo desta pesquisa analisar a literatura científica para compreender as abordagens atuais no diagnóstico e prevenção de doenças cardíacas por meio dos avanços tecnológicos relacionados à inteligência artificial.

2 METODOLOGIA

A pesquisa foi elaborada a partir da metodologia revisão integrativa da literatura com abordagem qualitativa, tipo de estudo que permite a inclusão tanto de estudos experimentais, quanto não-experimentais para que o pesquisador possa obter uma compreensão mais completa do fenômeno estudado (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010).

Os resultados deste estudo fornecem um contexto mais amplo de compreensão das

ideias existentes sobre um determinado tópico, incluindo resultados conclusivos de natureza prática, incluindo políticas públicas criadas com base em evidências, além de recomendações para diretrizes futuras e direções de pesquisa (MENDES; SILVEIRA; GALVÃO, 2008).

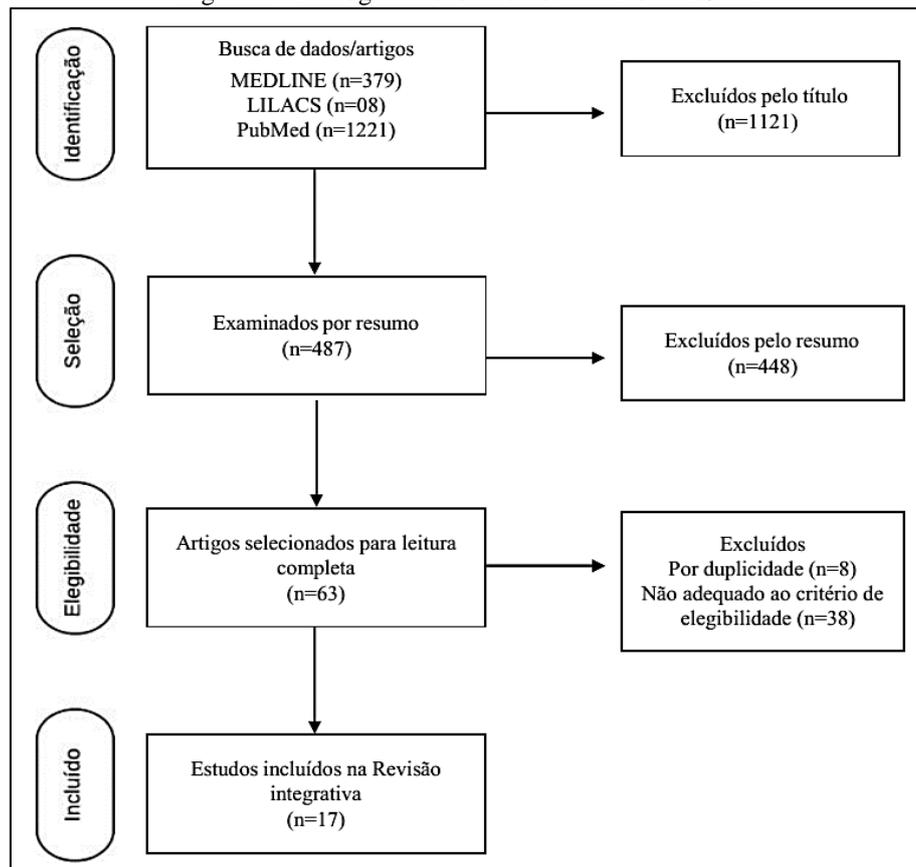
As buscas por pesquisas científicas ocorreram no banco de dados Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), pelas bases Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e MEDLINE (*Medical Literature Analysis and Retrieval System Online*) e pela plataforma de busca PUBMED.

Os critérios de inclusão foram: artigos originais, disponíveis na íntegra e para *download* gratuito, publicados entre 2020 e 2023, que abordem a temática, nos idiomas português e inglês. Os critérios para exclusão foram: artigos que não respondiam aos objetivos do estudo, duplicados, editoriais e artigos de opinião.

Foram utilizados os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS): “cardiologia” e “inteligência artificial”, assim como seus equivalentes em inglês definidos a partir do MeSH (*Medical Subject Headings*), “*cardiology*” e “*artificial intelligence*” para abranger ainda mais as buscas. Os descritores foram combinados com o operador booleano AND para elaboração da estratégia de busca, obedecendo as particularidades de cada base de dados.

As buscas se deram entre os meses de setembro e outubro de 2023. A triagem inicial selecionou estudos de acordo com a questão norteadora e os critérios de inclusão previamente definidos. Todos os estudos identificados por meio da estratégia de busca foram inicialmente avaliados por meio da análise dos títulos e resumos. Nos casos em que estes não se mostraram suficientes para definir a seleção inicial, procedeu-se à leitura da íntegra da publicação, como demonstrado pelo fluxograma (Figura 1) a seguir, que se baseou no checklist PRISMA:

Figura 1 – Fluxograma baseado no checklist PRISMA



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o processo de buscas, foram encontrados 1608 artigos, no total. A amostra final desta revisão é composta por 17 artigos, selecionados a partir dos critérios de elegibilidade anteriormente estabelecidos. Destes, 15 estavam indexados na MEDLINE, 02 foram encontrados no LILACS e nenhum no PubMed, uma vez que os artigos dessa base já haviam sido selecionados nas outras, portanto, entraram na categoria de duplicados. Importa destacar que parte considerável dos artigos encontrados no momento das buscas não estavam disponíveis para download de forma gratuita, sendo por isso excluídos da amostra final. Também, cumpre ressaltar que a grande maioria dos estudos foi escrito na língua inglesa, portanto, há escassez de publicações com essa abordagem no idioma português brasileiro.

O quadro 2, abaixo, apresenta a sistematização dos artigos a partir de informações como autor(es)/ano, base de dados e apresentação da temática, organizados do mais antigo ao mais recente.

Esta amostra significativa demonstra que o tema da utilização da inteligência artificial na área da Cardiologia vem sendo amplamente explorado pela literatura especializada. Assim,

neste texto, aborda-se questões históricas, os principais usos na atualidade e perspectivas futuras além das questões éticas.

Quadro 2 – Sistematização dos artigos que compõem a amostra final

Autor(es)/Ano	Procedência	Apresentação da temática
Lopez-Jimenez et al. (2020)	MEDLINE	Aborda os usos da IA na cardiologia, apontando o futuro nesta área e na medicina em geral.
Souza Filho et al. (2020)	LILACS	Aponta as principais aplicações da IA em Cardiologia, impactos e desafios.
Pieszko et al. (2021)	MEDLINE	Fornecer informações sobre o machine learning (ML) e aplicações na medicina cardiovascular.
Quer et al. (2021)	MEDLINE	Introduz os profissionais da cardiologia sobre ML, apresentando métodos emergentes.
Petch; Di; Nelson (2022)	MEDLINE	Apresenta conceitos-chave e técnicas de ML aplicadas a cardiologia.
Juarez-Orozco et al. (2022)	MEDLINE	Resume os princípios relativos às técnicas de cardiologia nuclear e IA e evidências atuais.
Manlihot et al. (2022)	MEDLINE	Analisa as perspectivas atuais e futuras do ML e IA na cardiologia.
Nakamura; Sasano (2022)	MEDLINE	Apresenta princípios da IA e implementação na Cardiologia.
Paixão et al. (2022)	LILACS	Introduz a temática do ML e apresenta aos médicos como a ferramenta auxilia a prática clínica
Seetharam et al. (2022)	MEDLINE	Apresenta as aplicações da IA na cardiologia.
Karatzia; Nay Aung; Dunja Aksentijevic (2022)	MEDLINE	Apresenta o momento atual e perspectivas futuras sobre o uso da IA na cardiologia e dilemas éticos.
Krajcer (2022)	MEDLINE	Oferece uma visão ampla acerca do passado, presente e futuro da IA na cardiologia.
Koulaouzidis et al. (2022)	MEDLINE	Apresenta dados importantes sobre IA e cardiologia e como a IA ocupará lugar central neste campo.
Alabdjalbar et al. (2023)	MEDLINE	Oferece informações de como a IA pode auxiliar no diagnóstico e tratamento em países de média e baixa renda.
Ledzinski; Grzesk (2022)	MEDLINE	Apresenta explicações sobre a IA e seu uso na cardiologia.
Gala; Makaryus (2023)	MEDLINE	Identifica os diversos usos dos modelos de linguagem na área de cardiologia, tais como Chat-GPT.
Reich; Meder (2023)	MEDLINE	Fornecer uma visão geral dos aspectos relevantes da IA e ML, destaca aplicações selecionadas em cardiologia e discute considerações éticas e legais centrais.
Vandenberk et al. (2023)	MEDLINE	Expõem uma visão geral das metodologias atuais e identifica desafios clínicos e organizacionais para IA na área da saúde.
Nakajima; Maruyama (2022)	MEDLINE	Demonstra as aplicações da IA na cardiologia nuclear e oferece informações sobre as aplicações básicas da IA no diagnóstico de doenças arteriais coronarianas e insuficiência cardíaca

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

3.1 DADOS HISTÓRICOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A gênese da IA data de 1943 quando Warren McCulloch e Walter Pitts criaram um modelo computacional para redes neurais baseado no algoritmo *threshold logic* (transistor com alto limiar), impulsionando toda uma série de trabalhos sobre redes neurais e sua ligação com modelos matemáticos computacionais. Ao longo da década de 1950, Frank Rosenblatt avançou

ainda mais, apresentando o que seria o primeiro relato de *machine learning*, descrevendo a primeira máquina “capaz de ter uma ideia original” (KRAJCER, 2022).

A utilização do termo IA, propriamente dito, ocorreu pela primeira vez na Conferência de Dartmouth, no ano de 1956, quando John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester e Claude Shannon apresentaram um artigo no referido evento utilizando a expressão cunhada pelo próprio McCarthy. Esses pesquisadores, entretanto, se inspiraram nas experiências de Alan Turing, que levantou a possibilidade de que as máquinas podiam simular o comportamento humano a partir do chamado teste de Turing, teste criado para diferenciar os seres humanos das máquinas (SOUZA FILHO et al., 2020).

A partir de todo o progresso observado até os dias atuais, pode-se essencialmente definir a IA como um campo da ciência da computação em que os computadores executam tarefas que normalmente requerem a intervenção humana a partir da combinação de complexos modelos matemáticos e computadores. De modo mais amplo, é um domínio com enfoque na construção de dispositivos que podem detectar, processar, aprender e executar tarefas que “imitem” o comportamento humano.

Além desta definição, é preciso falar em *machine learning* (ML) ou aprendizado da máquina, expressão frequentemente utilizada em associação com IA. Trata-se de uma abordagem que se concentra no desenvolvimento de algoritmos e modelos que permitem aos computadores aprender e tomar decisões com base em dados. Em vez de programar explicitamente um computador para realizar uma tarefa específica, como a classificação de imagens ou a previsão de preços, os algoritmos de ML são projetados para aprender com os dados e melhorar seu desempenho à medida que mais dados são disponibilizados (PETCH; DI; NELSON, 2022).

Uma subárea do ML é o *deep learning* (aprendizado profundo) na qual se concentra no treinamento de redes neurais artificiais profundas, compostas por múltiplas camadas de neurônios artificiais, ou unidades de processamento, sobrepostas, por isso o termo “profundo” fazendo referência ao grande número de camadas intermediárias entre a entrada e a saída (QUER et al., 2021; VANDENBERK et al., 2023).

Sua principal característica é a capacidade de aprender representações hierárquicas complexas dos dados, sendo frequentemente aplicado em tarefas de processamento de dados brutos, como imagens, áudio e texto. Um exemplo é a aplicação na análise de imagens médicas, como raios-X e ressonâncias magnéticas, para auxiliar no diagnóstico (PIESZKO et al., 2020).

3.2 USOS DA IA NA CARDIOLOGIA E PERSPECTIVAS FUTURAS

A inteligência artificial (IA) tem desempenhado um papel significativo na cardiologia, ajudando na prevenção, diagnóstico e tratamento de doenças cardiovasculares (SOUZA FILHO et al., 2020). Nesse sentido, é importante conhecer alguns dos usos atuais, bem como, o que a literatura aponta para as perspectivas futuras.

Uma das aplicações mais importantes está na análise de exames para auxiliar no diagnóstico e detecção de anomalias cardíacas. Assim, os algoritmos de IA podem analisar eletrocardiogramas (ECGs) para identificar padrões de arritmias cardíacas e outras anormalidades, interpretar imagens ecocardiográficas, detectando problemas como insuficiência cardíaca e doenças valvulares (NAKAMURA; SASANO, 2022; REICH; MEDER, 2023). Além de tomografias e ressonâncias magnéticas cardíacas identificando problemas como obstruções nas artérias coronárias (REICH; MEDER, 2023; KOULAOUZIDIS et al., 2023).

Na ecocardiografia, especificamente, os métodos de ML usam redes neurais convolucionais para classificação de imagens, melhorando a interpretação, padronização e o fluxo de trabalho por meio de quantificação automatizada, identificação de características patológicas e aplicação rápida de dados de resultados no local de atendimento (KOULAOUZIDIS et al., 2023). A vantagem da IA em ecocardiografia está, portanto, na identificação de características de imagem sutis ou não reconhecidas que podem representar doenças subclínicas ou indicar o prognóstico do paciente (LOPEZ-JIMENEZ et al., 2020; NAKAMURA; SASANO, 2022; REICH; MEDER, 2023; KOULAOUZIDIS et al., 2023).

Ainda, os sistemas de diagnóstico auxiliado por computador (Computer-aided diagnosis – CAD) podem ser usados para analisar imagens e fornecer sugestões de diagnóstico aos médicos. Como exemplo, o CAD pode ser usado para detectar doença arterial coronariana, analisando imagens das artérias coronárias e identificando áreas de estenose e outras anormalidades, como arritmia (JUAREZ-OROZCO et al., 2022; LEDZINSKI; GRZESK, 2023).

Os algoritmos de regressão logística, presentes no ML, podem ser usados para prever a probabilidade de vários eventos cardiovasculares, incluindo infarto do miocárdio (ataque cardíaco), acidente vascular cerebral e insuficiência cardíaca a partir de fatores de risco como idade, sexo e pressão arterial, sugerindo intervenções específicas, tais como modificações no estilo de vida (LEDZINSKI; GRZESK, 2023).

A ausculta, exame importante para cardiologistas, também pode ser aprimorada pelo ML, uma vez que a análise de informações sonoras é uma das áreas onde a IA se destaca. Foram

desenvolvidos modelos de ML para diagnosticar valvulopatias a partir de dados de áudio obtidos de estetoscópio digital, demonstrando que a precisão do diagnóstico de estenose aórtica e regurgitação mitral possuía compatibilidade à de especialistas (NAKAMURA; SASANO, 2022).

Por meio destas abordagens, é possível que a IA avalie os fatores de risco cardiovascular de pacientes, ajudando os médicos a identificar aqueles que têm maior probabilidade de desenvolver doenças cardíacas e exigem monitoramento mais intensivo (VANDENBERK et al., 2023; LOPEZ-JIMENEZ et al., 2020).

Este monitoramento ocorre a partir de dispositivos vestíveis com sensores (*wearable sensors*), como relógios inteligentes, que podem rastrear continuamente os sinais vitais e fornecer alertas precoces de problemas cardíacos. Isso ocorre por meio do uso de dados do *smartwatch* para detectar dados de fibrilação atrial, assim os algoritmos de IA analisam dados de monitoramento contínuo para identificar padrões que sugerem riscos futuros ou necessidade de intervenção (LOPEZ-JIMENEZ et al., 2020; SOUZA FILHO et al., 2020).

O DL ainda pode auxiliar da detecção de doenças raras. Utilizando aplicativos de IA, é possível encontrar padrões genéticos que talvez não sejam identificados pelos modos tradicionais, mas sim pelas profundas camadas do DL, o qual acumula uma grande quantidade de dados para treinamento e validação (QUER et al., 2021; VANDENBERK et al., 2023).

Outra possibilidade interessante, diz respeito aos *clinical decision support systems* (CDSS), sistemas de apoio à tomada de decisão dos médicos em relação ao paciente. Assim, o ML auxiliará com insights adicionais aos médicos, ajudando-os a tomar decisões baseadas em evidências ao considerar opções de tratamento para pacientes com doenças cardíacas, podendo ainda personalizar planos de tratamento com base nas características individuais dos pacientes, otimizando os resultados e minimizando os efeitos colaterais (SOUZA FILHO et al., 2020; PAIXÃO et al., 2022; REICH; MEDER, 2023).

O uso do ChatGPT-4, um modelo de linguagem com chatbots na área da cardiologia, também auxiliam no diagnóstico médico e na tomada de decisões, reduzindo o número de diagnósticos potenciais, recomendando opções de tratamento adequadas e criando materiais educativos para pacientes que sejam simples de entender e úteis para a prevenção de uma variedade gama de doenças cardiovasculares (GALA; MAKARYUS, 2023).

A IA também permite que médicos avaliem pacientes a distância, tornando o atendimento médico mais acessível, especialmente para pessoas em áreas remotas. Os algoritmos podem analisar dados de pacientes ao longo do tempo para prever o risco de eventos cardiovasculares e tomar medidas preventivas (SOUZA FILHO et al., 2020).

As possibilidades da IA também auxiliam no processo de formação dos futuros profissionais, podendo ser usada para desenvolver simulações e ferramentas de treinamento para médicos e profissionais de saúde, permitindo o aprimoramento de suas habilidades e conhecimentos (NAKAJIMA; MARUYAMA, 2022).

Não obstante os usos atuais, a capacidade do ML é infinita no que diz respeito a área da medicina. As perspectivas futuras incluem o aprimoramento das técnicas, a integração de dados de diversas fontes, como genômica e dados ambientais e a expansão do uso de IA na medicina personalizada.

Uma das aplicações futuras seria o reposicionamento de medicamentos e o desenvolvimento de novas drogas. Nesse sentido, o potencial uso para IA é a modelagem de interação droga-alvo, que envolve modelagem tridimensional do alvo, assim como a previsão de efeitos colaterais (NAKAJIMA; MARUYAMA, 2022).

Utilizar imagens holográficas também faz parte do futuro. A holografia pode ser usada para ensinar anatomia a médicos em formação de uma forma atraente e intuitiva. Também pode ser usada por médicos para fornecer uma imagem visual ao explicar a anatomia ou vários procedimentos aos seus pacientes. Além disso, existe a possibilidade de a holografia armazenar e recuperar dados de imagem, o que a tornará o meio de armazenamento preferido no futuro (KRAJCER, 2022).

No entanto, é fundamental garantir que as aplicações de IA na cardiologia sejam seguras, éticas e regulamentadas adequadamente para proteger a privacidade dos pacientes e a qualidade dos cuidados de saúde.

3.3 ASPECTOS ÉTICOS LIGADOS A IA NA ÁREA DA SAÚDE

A aplicação da IA e ML na cardiologia e na área da saúde em geral traz consigo uma série de questões éticas importantes que precisam ser consideradas. Alguns desses questionamentos precisam ser observados e discutidos, na medida em que impactam tanto o trabalho médico quanto a vida e saúde dos pacientes.

Deve ser dada especial atenção para garantir o tratamento e uso responsável e ético dos dados sob a premissa de proteger a liberdade, os direitos pessoais e a autonomia do indivíduo. Para tanto, são necessários alguns direcionamentos: o cumprimento das normas e princípios éticos não deve ser violado no desenvolvimento ou utilização da IA e deve ser rigorosamente aplicado; os dados pessoais devem ser tratados com o maior cuidado a partir do estabelecimento de limites morais e de análise minuciosa e contínua; e os riscos de armazenamento, transferência e utilização devem ser considerados numa fase inicial (REICH; MEDER, 2023;

LEDZINSKI; GRZESK, 2023).

A coleta e o armazenamento de dados de saúde sensíveis levantam preocupações de privacidade. Os sistemas de IA devem garantir a segurança dos dados do paciente e a conformidade com regulamentos, como o Regulamento Geral de Proteção de Dados (RGPD) na União Europeia, a Lei de Portabilidade e Responsabilidade do Seguro de Saúde (HIPAA) nos Estados Unidos e a Lei nº 13.709, Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) brasileira, que estabelece um conjunto de regras para coleta, tratamento, armazenamento e compartilhamento de dados pessoais.

Um pré-requisito fundamental para a aplicação da IA é a disponibilidade e a qualidade dos dados. Os algoritmos de IA médica devem aprender com os dados selecionados dos pacientes para posteriormente funcionarem com precisão e confiabilidade para um único paciente. Por outro lado, deve-se questionar sobre como proteger os dados vulneráveis dos pacientes num momento em que estes se tornam um bem cada vez mais valioso e a linha entre a inovação e a exploração se dissolve.

Além disso, muito embora as redes neurais e todo aparato que compõe o ML, é preciso avaliação constante em todos os pontos do seu ciclo de vida. Modelos de IA em saúde, particularmente em cardiologia, podem ser complexos. Garantir a transparência e a interpretabilidade dos modelos é fundamental para que médicos e pacientes compreendam como as decisões são tomadas (MANLHIOT et al., 2022).

Ainda é possível falar sobre a possibilidade de os algoritmos assumirem certos vieses, “herdando” preconceitos e práticas arraigadas presentes nos dados de treinamento, o que pode levar a disparidades na qualidade do atendimento. É importante implementar medidas para mitigar o viés e garantir que os sistemas sejam justos e equitativos para todos os grupos de pacientes (PIESZKO et al., 2022).

Vale ressaltar a questão da responsabilidade, pois, em caso de erros, é importante definir claramente a responsabilidade legal, considerando aspectos como fabricantes de dispositivos, médicos que usam IA e os próprios algoritmos. Os sistemas clínicos requerem controle e supervisão rigorosos e deve existir um limiar de tolerância baixo, especialmente no que diz respeito a erros técnicos. A transparência e a eficiência terão um grande impacto na confiança médica no uso da IA (REICH; MEDER, 2023).

Algo pouco falado, é sobre o potencial para falsas descobertas é um problema comum em algoritmos de ML. Os reguladores de saúde precisam desenvolver diretrizes e regulamentos claros para avaliar e aprovar sistemas de IA na medicina. Esses regulamentos devem abordar questões de segurança, eficácia e ética (SEETHARAM et al., 2022).

Ademais, muito embora a tecnologia de ML não exija essencialmente conhecimento clínico, uma justificativa clínica deve ser incorporada nas variadas etapas, pois a capacidade de explicar uma decisão também é importante do ponto de vista clínico, uma vez que os médicos podem não confiar nas sugestões do DL, por exemplo. Na prática médica, a tomada de decisão envolve sempre explicabilidade e responsabilidade pelo prognóstico do paciente, expondo as razões e os resultados esperados aos pacientes (NAKAJIMA; MARUYAMA, 2022).

Por isso, médicos e profissionais de saúde devem ser devidamente treinados para usar sistemas de IA de maneira ética e eficaz. A supervisão adequada é fundamental para garantir que as decisões da IA sejam validadas por profissionais de saúde.

Alguns médicos têm visto o avanço da IA na medicina com preocupação e alguns afirmam que o ML poderá substituir os médicos na área da saúde. Esta é uma preocupação injustificada, pois nenhum software, até o momento, foi capaz de substituir o aspecto subjetivo da experiência clínica na tomada de decisões favoráveis ao paciente, justamente porque a medicina não é uma ciência exata. Assim, o que deve ocorrer é a combinação de ML e julgamento clínico para aprimoramento dos resultados, ao invés de usos isolados (PAIXÃO et al., 2022).

Assim, mesmo que a introdução de IA na prática médica levante questões sobre como isso afeta a relação entre médicos e pacientes, é importante garantir que a IA seja usada para apoiar e complementar, não substituir, a relação médico-paciente.

Diante das informações aqui apresentadas, fica perceptível os efeitos positivos do uso da IA na cardiologia, tanto na atualidade quanto no futuro, a partir da análise de imagens, oferecimento de diagnóstico preciso e abordagens personalizadas. Entretanto, é importante que governos, instituições de saúde, desenvolvedores de IA e a comunidade médica trabalhem juntos para abordar questões éticas e garantir que a IA seja utilizada de maneira responsável e benéfica para pacientes e profissionais de saúde. A ética deve estar no centro do desenvolvimento e implementação da IA na cardiologia e na área da saúde em geral.

4 CONCLUSÃO

Em termos de conclusão, percebe-se que a cardiologia está na vanguarda da IA na medicina, com grandes desenvolvimentos no processamento de sinais, segmentação de imagens e análise de dados. Grandes avanços foram observados nos últimos anos em quase todas as áreas da cardiologia, sobretudo na análise de ECG, interpretação automática de imagem e previsão de risco.

A capacidade de diagnóstico mais preciso e precoce, juntamente com a personalização

dos planos de tratamento, pode melhorar significativamente a qualidade dos cuidados cardiovasculares. Além disso, a IA pode ser uma ferramenta valiosa na pesquisa e no desenvolvimento de novos tratamentos e medicamentos, acelerando avanços significativos em uma área crítica da medicina.

No entanto, esses avanços vêm acompanhados de desafios éticos e práticos importantes. A privacidade dos dados do paciente, o viés nos algoritmos, a necessidade de regulamentação e a complexidade dos modelos de IA são preocupações fundamentais a serem observadas. Portanto, à medida que a cardiologia abraça a inteligência artificial, é essencial garantir que essa tecnologia seja implementada de forma responsável, ética e equitativa, proporcionando benefícios reais para os pacientes e aprimorando o tratamento das doenças cardiovasculares.

REFERÊNCIAS

- ARNETT, D. K.; BLUMENTHAL, R. S.; ALBERT, M. A.; BUROKER, A. B.; GOLDBERGER, Z. D.; HAHN, E. J., et al. ACC/AHA Guideline on the Primary Prevention of Cardiovascular Disease: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. **Jornal do Colégio Americano de Cardiologia**, v. 74, n. 10, p. 1376-1414, 2019.
- BOULETREAU, P. et al. Artificial Intelligence: Applications in Orthognathic Surgery. **J Stomatol Oral Maxillofac Surg**, v. 120, n. 4, p. 347-354, 2019.
- BRAGA, A. V.; LINS, A. F.; SOARES, L. S.; FLEURY, L. G.; CARVALHO, J. C.; PRADO, R. S. Machine learning: O Uso da Inteligência Artificial na Medicina. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 16407-16413sep. 2019.
- CHAYAKRIT, K. C. et al. Artificial Intelligence-Powered Blockchains for Cardiovascular Medicine. **Canadian Journal of Cardiology**, v. 38, n. 2, p. 185-195, 2022.
- FREIRE, A. K. D. S.; ALVES, N. C. C.; SANTIAGO, E. J. P.; TAVARES, A. S.; TEIXEIRA, D. D. S.; CARVALHO, I. A. et al. Panorama no Brasil das doenças cardiovasculares dos últimos quatorze anos na perspectiva da promoção à saúde. **Revista Saúde e Desenvolvimento**, v. 11, n. 9, p. 21-44, 2017.
- GALA, D.; MAKARYUS, A. N. The Utility of Language Models in Cardiology: A Narrative Review of the Benefits and Concerns of ChatGPT-4. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 20, 6438, 2023.
- JUAREZ-OROZCO, L. E.; KLÉN, R.; NIEMI, M.; RUIJSINK, B.; DAQUARTI, G.; VAN ES, R.; BENJAMINS, J. W.; YEUNG, M. W.; van der HARST, P.; KNUUTI, J. Artificial Intelligence to Improve Risk Prediction with Nuclear Cardiac Studies. **Curr Cardiol Rep.** v. 24, n. 4, p. 307-316, 2022.
- KOULAOUZIDIS, G.; JADCZYK, T.; IAKOVIDIS, D. K.; KOULAOUZIDIS, A.; BISNAIRE, M.; CHARISOPOULOU, D. Artificial Intelligence in Cardiology: A Narrative Review of Current Status. **J. Clin. Med.**, v. 11, 3910, 2022.
- KRAJCER, Z. Artificial intelligence in cardiovascular medicine: historical overview, current status, and future directions. **Tex Heart Inst J**, v. 49, n. 2, 2022.
- LEDZINSKI, L.; GRZESK, G. Artificial Intelligence Technologies in Cardiology. **J. Cardiovasc. Dev. Dis.**, v. 10, p. 1-22, 2023.
- LIMA, M. Perspectivismo maquínico à luz dos ecossistemas comunicacionais. **Revista Eletrônica Mutações**, v. 9, n. 16, abril 2018.
- LOPEZ-JIMENEZ, F.; ATTIA, Z.; ARRUDA-OLSON, A. M.; CARTER, R.; CHAREONTHAITAWEE, P.; JOUNI, H.; KAPA, S.; LERMAN, A.; LUONG, C.; MEDINA-INOJOSA, J. R.; NOSEWORTHY, P. A.; PELLIKKA, P. A.; REDFIELD, M. M.; ROGER, V. L.; SANDHU, G. S.; SENEAL, C.; FRIEDMAN, P. A. Artificial Intelligence in Cardiology: Present and Future. **Mayo Clin Proc.**, v. 95, n. 5, p. 1015-1039, 2020.

MANLHIOT, C.; EYNDE, J van den; KUTTY, S.; ROSS, H. J. A Primer on the Present State and Future Prospects for Machine Learning and Artificial Intelligence Applications in Cardiology. **Canadian Journal of Cardiology**, v. 38, p. 169-184, 2022.

MASCARENHAS, A. S. S.; SILVA, SILVA, M. M.; BARRA, R. R. Artificial intelligence and nuclear cardiology -a current overview. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v.4, n.2, p.7678-7682mar./apr.2021.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto Contexto Enferm**, Florianópolis, v. 17, n. 4, p. 758-64, 2008.

NAKAJIMA, K.; MARUYAMA, K. Nuclear Cardiology data analyzed using machine learning. **Annals of Nuclear Cardiology**, v. 8, n. 1, p. 80-85, 2022.

NAKAMURA, T.; SASANOT. Artificial intelligence and cardiology: current status and perspective. **Journal of Cardiology**, v. 79, p. 326–333, 2022.

NETO, C. Inteligência artificial e novas tecnologias em saúde: desafios e perspectivas. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, 2020.

PAIXÃO, G. M. M.; SANTOS, B. C.; ARAUJO, R. M.; RIBEIRO, M. H.; MORAES, J. L.; RIBEIRO, A. L. Machine Learning in Medicine: Review and Applicability. **Arq Bras Cardiol.**, v. 118, n. 1, p. 95-102, 2022.

PETCH, J.; SHUANG, D.; NELSON, W. Opening the Black Box: The Promise and Limitations of Explainable Machine Learning in Cardiology. **Canadian Journal of Cardiology**, v. 38, p. 204-213, 2022.

PIESZKO, K.; HICZKIEWICZ, J.; BUDZIANOWSKI, J.; MUSIELAK, B.; HICZKIEWICZ, D.; FARON, W.; RZEŹNICZAK, J.; BURCHARDT, P. Clinical applications of artificial intelligence in cardiology on the verge of the decade. **Cardiol J.**, v. 28, n. 3, p. 460-472, 2021.

QUER, G.; ARNAOUT, R.; HENNE, M.; ARNAOUT, R. Machine Learning and the Future of Cardiovascular Care. **JACC**, v. 77, n. 3, 2021.

REICH, C.; MEDER, B. The Heart and Artificial Intelligence. How Can We Improve Medicine Without Causing Harm. **Current Heart Failure Reports**, v. 20, p. 271–279, 2023.

SANT'ANNA, R. M.; CAMACHO, A. C. L. F.; SOUZA, V. M. F.; MENEZES, H. F.; SILVA, R. P. Tecnologias educacionais no cuidado à pacientes com doenças cardiovasculares. **Rev Recien.**, v. 12, n. 37, p. 163- 175, 2022.

SANTOS, M. K. et al. Artificial intelligence, machine learning, computer-aided and radiomatic diagnostics: advances in image for precision medicine. **Radiol. Bras**, v. 52, n. 6, nov./ dez. 2019.

SEETHARAM, K.; BALLA, S.; BIANCO, C.; CHEUNG, J.; PACHULSKI, R.; ASTI, D.; NALLURI, N.; TEJPAL, A.; MIR, P.; SHAH, J.; BHAT, P.; MIR, T.; HAMIRANI, Y. Applications of Machine Learning in Cardiology. **Cardiol Ther.**, v. 11, n. 3, p. 355-368, 2022.

SOUZA FILHO, E. M. de; FERNANDES, F. de A.; SOARES, C. L. de A.; SEIXAS, F. L.; SANTOS, A. A. S. M. D. dos; GISMONDI, R. A.; MESQUITA, E. T.; MESQUITA, C. T. Inteligência Artificial em Cardiologia: Conceitos, Ferramentas e Desafios – “Quem Corre é o Cavalo, Você Precisa ser o Jockey?”. **Arq Bras Cardiol.**, v. 114, n. 4, p. 718-725, 2020.

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**, v. 8, n. 1, p. 102-6, 2010.

VANDENBERK, B.; CHEW, D. S.; PRASANA, D.; GUPTA, S.; EXNER, D. V. Successes and challenges of artificial intelligence in cardiology. **Front. Digit. Health**, v. 5, 2023.

VILLARREAL, L. V.; BERBEY-ALVAREZ, A. Evaluation of mHealth Applications Related to Cardiovascular Diseases: a Systematic Review. **Acta Informatica Médica**, v. 28, n. 2, p. 130-137, 2020.

ZERON, R. M. C.; SERRANO JÚNIOR, C. V. Artificial intelligence in the diagnosis of cardiovascular disease. **Rev Assoc Med Bras**, v. 65, n. 12, p. 1438-1441, 2019.