

Inteligência artificial na medicina

Sofia B. Nunes¹, Rui Nunes¹

1. Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Resumo

A inteligência artificial está a transformar progressivamente a prática da medicina, sendo em muitos casos importante ferramenta de rastreio, diagnóstico, tratamento e acompanhamento de doentes. Se adequadamente utilizada, e se houver a participação de médicos em sua concepção e desenvolvimento (*physician in the loop*), pode tornar os médicos ainda melhores. Este artigo aborda a interface entre a inteligência artificial, em suas múltiplas variantes, e a medicina. Aprecia-se a problemática do impacto inevitável da inteligência artificial na relação médico-doente, em especial face à evolução dos sistemas de transcrição de entrevista médica com o paciente. Conclui-se que considerações éticas, regulatórias e de boa governança são essenciais no desenho e implementação da inteligência artificial, assim como recomenda-se atitude prudente sobre a inteligência artificial na medicina, de acordo com o princípio da precaução.

Palavras-chave: Bioética. Inteligência artificial. Medicina. Relações médico-paciente. Robótica.

Resumen

La inteligencia artificial en la medicina

La inteligencia artificial está transformando progresivamente la práctica de la medicina, siendo en muchos casos una herramienta importante para el cribado, el diagnóstico, el tratamiento y el seguimiento de los pacientes. Si utilizada adecuadamente y con la participación de médicos en su diseño y desarrollo (*physician in the loop*), la inteligencia artificial puede hacer que los médicos sean aún mejores. Este artículo aborda la interfaz entre la inteligencia artificial, en sus múltiples variantes, y la medicina. Se analiza la problemática del impacto inevitable de la inteligencia artificial en la relación médico-paciente, especialmente ante la evolución de los sistemas de transcripción de las entrevistas médicas con el paciente. Se concluye que las consideraciones éticas, normativas y de buena gobernanza son esenciales en el diseño y la implementación de la inteligencia artificial, y se recomienda una actitud prudente sobre la inteligencia artificial en la medicina, de acuerdo con el principio de precaución.

Palabras clave: Bioética. Inteligencia artificial. Medicina. Relaciones médico-paciente. Robótica.

Abstract

Artificial intelligence in medicine

Artificial intelligence is progressively transforming medical practice, in many cases serving as an important tool for screening, diagnosis, treatment, and patient follow-up. If used appropriately, and with the participation of physicians in its design and development (*physician in the loop*), it can even improve physicians. This article addresses the interface between artificial intelligence, in its many variants, and medicine. The issue of the inevitable impact of artificial intelligence on the physician-patient relationship is examined, particularly considering the evolution of medical interview transcription systems. Ethical, regulatory, and good governance considerations concluded to be essential in the design and implementation of artificial intelligence, and recommends a cautious approach to artificial intelligence in medicine, in accordance with the precautionary principle.

Keywords: Bioethics. Artificial intelligence. Medicine. Physician-Patient Relations. Robotics.

Declararam não haver conflito de interesse.

A inteligência artificial (IA) está a transformar progressivamente a prática da medicina, sendo em muitos casos importante ferramenta de rastreio, diagnóstico, tratamento e acompanhamento de pacientes. Se adequadamente utilizada, e se houver a participação de médicos em sua concepção e desenvolvimento (*physician in the loop*), pode e deve tornar os médicos ainda melhores. Mas existe o risco crescente e documentado na literatura de que a falta de explicabilidade da IA faça com que médicos se tornem excessivamente dependentes dos sistemas automatizados, a ponto de comprometer sua autonomia profissional.

Este artigo tem como objetivo principal abordar a interface entre a IA, em suas múltiplas variantes, e a medicina – não apenas a clínica, nas diferentes áreas médicas, mas também outras ciências da vida e da saúde. Um segundo objetivo é apreciar o impacto inevitável da IA na relação médico-paciente face à evolução dos sistemas de transcrição de entrevista médica, bem como a ressonância médico-legal da adoção generalizada da IA na medicina. Para tanto, serão abordados o potencial da IA na gestão da saúde, seja em hospitais, na atenção primária ou na saúde coletiva, e os benefícios previsíveis para uma assistência médica humana e de qualidade decorrentes da liberação dos médicos de tarefas administrativas.

A essência da relação médico-paciente

A medicina e as demais profissões da saúde, como a odontologia, a psicologia ou a fisioterapia, são intrinsecamente humanas, de modo que a confiança é a base para um encontro singular, como é a relação entre médico e paciente. Desde os tempos hipocráticos que os médicos se comprometem, por dever profissional, a se dedicar plenamente a pacientes e a construir uma relação clínica sólida, fiduciária por natureza.

Isso implicou, ao longo de mais de dois milênios, que a entrevista clínica se desenrolasse com tempo e privacidade e que os médicos fossem excelentes clínicos, mas também que exercessem funções de *advocacy*, ou seja, de defesa dos pacientes perante a comunidade¹. A ética médica e os códigos em que ela está vertida refletem tal arquitetura de deveres e obrigações, e o inalienável dever de segredo médico garante que a informação

que o paciente transmite ao médico em ambiente de total confiança é fidedigna e corresponde ao essencial da história clínica do primeiro.

Porém, a evolução dos sistemas de saúde em todo o mundo tem originado consequências paradoxais e imprevisíveis. Por exemplo, a pressão por maior produtividade nos sistemas públicos de saúde – como no caso do Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil ou do Serviço Nacional de Saúde (SNS) em Portugal – tem como consequência um reduzido tempo de atendimento a pacientes, por vezes poucos minutos, o que afeta os fundamentos da relação médico-paciente; ou o fato de que a transição digital da saúde e a criação do Registo Eletrônico de Saúde originaram a situação paradoxal de os médicos despenderem grande parte do tempo da entrevista clínica a registrar digitalmente os dados obtidos na anamnese, e não na consulta propriamente dita.

Ou seja, há pelo menos duas consequências sistêmicas negativas para a medicina. De um lado, os pacientes referem que os médicos não têm tempo para estabelecer uma relação médico-paciente efetiva. A maior dependência dos sistemas digitais afeta a necessária interação visual com os pacientes, e a comunicação não verbal fica também seriamente prejudicada. Os médicos despendem hoje mais tempo com tarefas administrativas, incluindo a realização dos registros clínicos durante a anamnese, do que construindo uma relação autenticamente humana com os pacientes, como acontecia no passado.

De outro lado, se essa situação é nociva para os pacientes, não o é menos para os médicos. Estudos quantitativos² demonstram que médicos gastam 35%-40% do tempo com documentação eletrônica, dado que se correlaciona a índices elevados de *burnout* (exaustão). Muitos hospitais já utilizam assistentes humanos – o escrivão médico – para documentação administrativa e clínica a fim de melhorar a eficiência e o atendimento ao paciente. A utilização de assistentes de IA para documentação pode reduzir esse tempo em até 20%, com melhoria nos escores de satisfação profissional³.

Sob o lema “IA para o bem de todos”, o Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA) 2024-2028 tem investimento previsto de R\$ 23 bilhões até 2028, sendo uma das áreas centrais de atuação a modernização do SUS. Algumas iniciativas incluem

os eixos: 1) prontuário falado no SUS (transcrição de teleconsultas médicas); 2) IA para decisões de compras de medicamentos; 3) otimização de diagnósticos no SUS; 4) IA em saúde bucal; e 5) idoso bem cuidado⁴. A transição digital em curso no Brasil⁵ e a previsível sustentabilidade dos custos da implementação de IA no SUS obrigam a existência de adequado planejamento estratégico da implementação generalizada desses sistemas e firmes regulação e supervisão. Legislação moderna deve existir, como parece ser o caso do Projeto de Lei 2.338/2023⁶, já aprovado pelo Senado Federal, dado que a prática clínica está significativamente dependente de diferentes tecnologias de informação e comunicação (TIC), como a telemedicina ou aplicações digitais como o *chatbot*⁷. Estudo recente demonstrou que, para otimizar a eficácia administrativa e reduzir a insatisfação e o *burnout* dos médicos na prática clínica, a utilização da IA para responder a mensagens de pacientes enviadas a clínicos por meio de portal de pacientes pode ser especialmente útil. De fato, em sua maioria, os pacientes preferem mensagens escritas por IA, mas sua satisfação diminui quando descobrem que a IA as escreveu. Isso realça a importância de aprofundar a relação médico-paciente, e a IA pode ajudar a alcançar esse objetivo⁸.

A telemedicina refere-se ao uso de informação eletrônica e de tecnologias de comunicação para providenciar cuidados de saúde quando a distância separa médico e paciente⁹. Trata-se de prover serviços clínicos remotos em tempo real utilizando meios eletrônicos audiovisuais¹⁰. Tradicionalmente, os médicos já recorriam a tecnologias remotas, como o telefone, para prestar assistência a pacientes¹¹. Questões éticas colocavam-se desde então, as quais permanecem vivas, como a potencial distorção da relação médico-paciente pela separação física dos intervenientes, a quebra do dever de confidencialidade, a dificuldade em proteger os dados pessoais do paciente, o adequado registro da entrevista clínica, além de questões mais gerais, como cobrança de honorários ou as implicações médico-legais¹². O recurso à via telefônica é habitual, ainda hoje, no acesso à emergência médica pré-hospitalar, por meio de centros de contato e de triagem.

O Conselho Federal de Medicina (CFM), em sua Resolução 2.314/2022¹³, define a telemedicina como o *exercício da medicina mediado por*

Tecnologias Digitais, de Informação e de Comunicação (TDICs), para fins de assistência, educação, pesquisa, prevenção de doenças e lesões, gestão e promoção de saúde, podendo ser utilizada em tempo real on-line (síncrona) ou off-line (assíncrona). São legítimas e adequadas as seguintes modalidades: teleconsulta, teleinterconsulta, telediagnóstico, telemonitoramento ou televigilância, telecirurgia, teletriagem e teleconsultoria.

De fato, a evolução das TIC permitiu importantes inovações nesse domínio, entre as quais a telecirurgia, na qual o cirurgião, de forma remota, ou seja, à distância, guia instrumentos robóticos para efetuar cirurgia. Note-se que não se trata de mero conselho, como nas consultas por via telefônica do passado (frequentes, por exemplo, na pediatria), mas de verdadeiras consultas para fins de diagnóstico e terapêutica, em que naturalmente os preceitos éticos são ainda mais exigentes em matéria de privacidade, proteção de dados, armazenamento e registro de informação sensível ou partilha de informação com colegas de profissão. Isso implica adequação dos processos de obtenção de consentimento dos pacientes para tratamento de dados pessoais, tais como as imagens de radiologia, e, assim, a evolução de um consentimento genérico para um consentimento informado e específico¹⁴.

Mais ainda, sobretudo após a pandemia de covid-19, o recurso a essas tecnologias tornou-se habitual para efeitos de ensino, formação profissional, saúde pública ou mesmo para a gestão operacional da saúde, devido a seu conforto e conveniência, mas também porque, se implementadas de forma adequada, melhoram o acesso à saúde sem prejuízo à qualidade assistencial. De fato, em uma perspectiva ético-social, os modernos sistemas de IA podem ter enorme efeito na interface entre a medicina clínica e a gestão de hospitais e de outras unidades de saúde¹⁵. Ou seja, com a implementação de uma gestão operacional moderna, ou com o recurso à IA conjugada à telemedicina, por exemplo, pode garantir-se o acesso à saúde de muitos pacientes que tradicionalmente estão excluídos do sistema por falta de recursos.

Outras ferramentas digitais mais ou menos propulsionadas pela IA, como o *chatbot* generativo, terão consequências significativas na relação médico-paciente e na gestão da saúde. *Chatbot* é um *software* específico que simula a conversação humana, escrita ou falada, em qualquer idioma,

via *website*, mensagem, telefone ou aplicação móvel. Tipicamente, um *chatbot* funciona com base em *prompts* de pergunta e resposta.

Mais recentemente, surgiu a IA de conversação, um conjunto alargado de tecnologias que permitem a máquinas (robôs, por exemplo) entender e processar linguagem humana e responder ao interlocutor de modo interativo, na forma de voz ou texto. Enormes volumes de dados são geralmente utilizados como *inputs* para imitar as interações humanas em contextos muito diferentes. Na medicina, os *chatbots* são hoje de utilização corrente, nomeadamente na saúde pública, na educação para a saúde, na avaliação de sintomas, na triagem, na gestão da medicação, ou como suporte à telemedicina. Note-se que todas essas tecnologias existem em simultâneo e em total interdependência e interoperabilidade com redes sociais, *blogs*, *sites*, *e-mail*, imagens, vídeos ou música¹⁶. Nas diferentes especialidades médicas, os *chatbots* ajudam os pacientes a marcar consultas, contribuem para o autocuidado respondendo a questões de saúde e podem mesmo ser úteis em promover a literacia em saúde. Mas, apesar de os *chatbots* em medicina apresentarem potencial significativo, eles também comportam riscos importantes, que incluem: fornecimento de informações incorretas ou desatualizadas, dificuldade em reconhecer emergências, questões de privacidade no armazenamento de dados sensíveis, limitações na compreensão de contextos clínicos complexos e taxa de acurácia variável dependendo da especialidade e complexidade dos casos.

Percebe-se, assim, que a tradicional relação médico-paciente está em profunda e constante mutação, devendo ajustar-se essa evolução tecnológica aos princípios da ética médica, e não o contrário¹⁷, e sendo também necessário que essas novas tecnologias se conformem com a legislação sobre proteção de dados e privacidade individual, como a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais no Brasil¹⁸ ou o Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados na Europa¹⁹.

Mas, paradoxalmente, a IA pode ser uma revolução extraordinariamente positiva neste domínio. O advento das modernas *AI-written patient handoff notes*, ou seja, o registro digital da entrevista clínica mediado por IA, sem intervenção do médico na redação, portanto em mãos livres, é um avanço notável na consolidação e aprofundamento da relação médico-paciente²⁰. Ao liberar

o médico de tarefas administrativas, permitindo total concentração nos cuidados aos pacientes e prevenindo o *burnout* profissional, essa “sumarização médica” condensa a complexa informação do paciente com evidentes benefícios para todos.

Por razões médicas, éticas e legais, alguns aspectos devem ser considerados. Por um lado, deve haver supervisão médica intensa na concepção e desenho dessas aplicações, isto é, o médico deve estar sempre no circuito (*physician in the loop*). Mais ainda, salvo razão excepcional, só o médico assistente deve poder alterar essas notas, em conformidade com o dever de segredo e a confidencialidade do ato médico. Existe então grande expectativa sobre a usabilidade, tanto na prática clínica cotidiana como em emergências, dessas novas aplicações de assistentes de IA na transcrição da consulta médico-paciente.

Porém, antecipa-se que essa transcrição ou sumarização do estado médico do paciente, incluindo o diagnóstico diferencial, possa rapidamente evoluir para a recomendação de meios auxiliares de diagnóstico ou mesmo para a elaboração de plano de tratamento, o que suscita especial avaliação do ponto de vista ético e médico-legal. Os modernos sistemas de IA na medicina, ao colidirem com a exigível autonomia profissional, representam enorme desafio para a ética médica. Ainda assim, a transição digital em curso pode trazer inúmeros benefícios para a medicina e para a relação médico-paciente. Por exemplo, sugeriu-se que a obtenção de consentimento informado pode ser substancialmente melhorada com a IA generativa ao permitir ao “paciente médio” maior legibilidade e inteligibilidade do documento de informação, por exemplo, para uma cirurgia²¹, e estudos-piloto sugerem que a IA melhora a compreensão do consentimento informado graças à linguagem simplificada e aos recursos visuais. Contudo, apenas uma reduzida percentagem dos pacientes compreende adequadamente termos técnicos mesmo com assistência de IA, o que evidencia a necessidade de validação humana especializada.

Para além do impacto nas mais diferentes áreas da medicina, a IA tem o potencial de contribuir com melhores cuidados de saúde de populações tradicionalmente vulneráveis, como idosos, pessoas com deficiência ou pacientes terminais. Por exemplo, a IA, sobretudo se conjugada com outras tecnologias, poderá ser de enorme utilidade

para melhorar a comunicação com populações vulneráveis, tais quais os surdos profundos que comunicam por métodos visuais de comunicação, como a língua gestual ou a leitura labial. Contudo, um aspecto crítico frequentemente negligenciado é o viés algorítmico, pelo qual sistemas de IA podem perpetuar ou amplificar desigualdades existentes na saúde. Algoritmos treinados predominantemente com dados de populações específicas podem apresentar *performance* inferior em grupos minoritários, exacerbando disparidades no cuidado médico. A implementação de IA na medicina deve incluir auditorias regulares para identificar e mitigar esses vieses, incluindo a realização de avaliações de impacto ético dos sistemas de IA.

Por outro lado, estão a desenvolver-se sistemas de IA que permitem prever o que uma pessoa com competência diminuída decidiria caso se encontrasse incapaz de se exprimir por si própria e não existisse representante legal que pudesse eficazmente efetuar um “juízo substitutivo”²². A combinação de dados comportamentais obtidos por diferentes vias, como redes sociais, com dados de saúde, como os que constam no Registo Eletrónico de Saúde, poderá ser uma alternativa para interpretar a vontade de um paciente incapaz. Embora na maioria das vezes essa aplicação da IA na terminalidade da vida não deva ser alternativa às diretivas antecipadas de vontade, na forma de testamento vital ou de nomeação de procurador de cuidados de saúde²³, ela pode auxiliar e melhorar tais decisões. Essa aparente contradição entre os benefícios e riscos da IA resolve-se com a implementação de modelos híbridos de supervisão humana. A literatura sugere que sistemas *human in the loop* preservam a autonomia médica quando²⁴: 1) mantêm transparência sobre limitações da IA; 2) exigem validação humana para decisões críticas; 3) proporcionam treinamento adequado aos profissionais; e 4) implementam salvaguardas técnicas contra dependência excessiva.

A progressiva dependência da IA por médicos, mais do que representar um desafio à medicina do século XXI, promete alterar profundamente o regime médico-legal de exigência de responsabilidade médica, dado que aos médicos se exige o respeito das *leges artis* determinadas pela medicina baseada em evidências²⁵. Só quando se comprova que um médico agiu com imperícia, imprudência ou negligência, ou seja, que teve

culpa no desfecho, é que no plano médico-legal se pode atribuir responsabilidade por determinada consequência negativa. Contudo, se o médico for “copiloto” da IA – por exemplo, se, em uma cirurgia robótica, a falta de explicabilidade da IA atingir um nível tal que não seja possível ao médico comum tomar uma decisão verdadeiramente pessoal (fenômeno *Blackbox*) –, ter-se-á de encontrar outro caminho para que os legítimos direitos dos pacientes sejam ressarcidos por mau desfecho e, simultaneamente, ao médico não seja atribuída responsabilidade que, de fato, não é sua.

Diagnóstico, tratamento e robótica cirúrgica

Não há praticamente área da medicina em que a IA não tenha já hoje profundo impacto²⁶. Na atenção primária, nos hospitais, nos setores público ou privado, a IA é essencial na gestão operacional das organizações, no armazenamento de dados, no Registo Eletrónico de Saúde, no apoio ao diagnóstico, na interpretação de imagem, assim como no tratamento de pacientes, incluindo o recurso à robótica cirúrgica. Também os cuidados continuados a pacientes idosos e mesmo os cuidados paliativos – áreas tradicionalmente consideradas intrinsecamente humanizantes – sofrem hoje a influência da IA em vários níveis, desde logo no acompanhamento que robôs humanoides vão efetuar com enorme eficácia e total disponibilidade²⁷.

Essa evolução suscita óbvias questões éticas, sobretudo no que respeita à autonomia de médicos e pacientes, a qual pode ficar seriamente comprometida se não forem feitas as precauções necessárias para garantir adequada informação ao paciente. Também é necessário assegurar equidade no acesso a essas tecnologias pelos cidadãos e em escala global²⁸. Por exemplo, a evolução recente da medicina de precisão denota a necessidade de garantir que os benefícios de sua implementação sejam universalmente partilhados. Esse é um problema ético de enorme relevância e que deve ser abordado o mais rapidamente possível.

A medicina de precisão refere-se ao ajustamento do diagnóstico e tratamento médico a uma subpopulação com alguma homogeneidade genética e que apresenta suscetibilidade a determinada doença ou resposta semelhante a

determinado fármaco²⁹. Apesar de não se tratar de conceito novo, o impulso da IA é notório e está expandindo consideravelmente o âmbito de sua intervenção. Em estreita conexão com outras áreas da medicina e da ciência – tais como a genômica, a epigenômica, a proteômica, a metabolômica, a fármaco-genética – e com o tratamento de dados e biomarcadores dos pacientes, provenientes de registros de saúde, a IA desenha complexos algoritmos que dirigem a prática médica para determinados grupos populacionais. Não se pode esquecer que, sendo a influência genética essencial, determinantes sociais e ambientais são igualmente importantes, com impacto não apenas na prática da medicina, mas também na saúde coletiva. O objetivo é gerar ganhos em saúde combinando informação molecular com dados de saúde.

A medicina de precisão permite também que a medicina seja progressivamente personalizada, preditiva, preventiva e mesmo participativa (medicina 4P)³⁰, o que, sendo uma evolução significativa, será seguramente exponenciada pelos modernos sistemas de IA. Embora a medicina 4P represente avanços importantes, sua implementação por meio da IA enfrenta limitações significativas, incluindo viés algorítmico e desigualdades no acesso. Esse modelo, tendo o potencial de ser o padrão ouro universal, não pode ser reservado a poucas pessoas, quais sejam, aquelas que pertencem a grupos populacionais com traços genéticos específicos e que na loteria da vida têm maior poder aquisitivo e por isso atraem a *big pharma* e a *big tech*, como as populações caucasianas do norte da América e da Europa.

Isto é, na ciência e na saúde, a IA deve promover equidade e justiça global, e não contribuir para agravar a exclusão social pelo reduzido acesso a inovações médicas³¹. De certa forma, o acesso à saúde mediado por IA pode ser considerado um bem público global e, sendo assim, necessita de robusta estrutura regulatória para sua implementação³².

Esse impacto da IA já se faz sentir em diferentes áreas da medicina e das ciências da vida, e todas elas serão transversalmente afetadas, ainda que algumas sejam, de partida, mais suscetíveis a efeitos imediatos³³⁻³⁹, como as apresentadas a seguir:

- análises sanguíneas: reconhecimento de padrões, identificação de morfologia anormal e avaliação de outras características das células

sanguíneas, detecção e classificação precoce de doenças (leucemia);

- radiologia: análise de imagem por IA (raios-X, ultrassonografia, tomografia computadorizada, ressonância magnética nuclear), interpretação de mamografia, detecção de neoplasia do pulmão, diagnóstico de acidente vascular cerebral, detecção de tumor cerebral, análise quantitativa, análise preditiva;
- oncologia: tratamento personalizado, análise de imagem, análise preditiva, detecção automática de tumores, radioterapia, medicina de precisão, descoberta de novos fármacos, detecção de melanoma;
- patologia: análise de imagem, patologia digital, diagnóstico apoiado em IA, análise preditiva, diagnóstico de câncer, análise histológica, interpretação imunohistoquímica, detecção do câncer da próstata;
- cardiologia: diagnóstico apoiado por IA, análise de imagem, detecção de arritmias, interpretação de ecocardiogramas, avaliação de risco cardiovascular, diagnóstico de doença coronária;
- neurologia: análise preditiva, diagnóstico apoiado em IA, análise de imagem, diagnóstico de doença de Alzheimer, diagnóstico de doença de Parkinson, detecção de esclerose múltipla, detecção de epilepsia;
- otorrinolaringologia: interpretação de imagem e vídeo, diagnóstico automático de distúrbios da voz e do sono, tele-endoscopia, análise de som e voz, reabilitação auditiva, comunicação automática com os pacientes, incluindo pessoas com surdez profunda;
- dermatologia: análise de imagem, análise preditiva (melanoma), análise de lesões cutâneas, diagnóstico de acne, psoríase e eczema;
- oftalmologia: diagnóstico, vigilância e tratamento de glaucoma, retinopatia diabética, degenerescência macular, catarata, erros de refração, descolamento de retina, estrabismo, câncer ocular, análise de imagem, predição do curso de uma doença, cálculo do poder de lente intraocular, ou planejamento de injeção intravítrea;
- nutrição: nutrição de precisão/personalizada, análise preditiva (obesidade, diabetes ou doença cardíaca), assistência virtual (hábitos alimentares), algoritmos autônomos para planejamento de alimentação, diagnóstico preditivo;

- odontologia: imagem dentária (raios-X, tomografia computadorizada), plano de tratamento, ortodontia, próstética (criação de modelos 3D para dentes e maxilas), periodontologia, endodontia, patologia oral, robótica dentária.

A cirurgia robótica é outra área em pleno desenvolvimento em todos os domínios da medicina, da urologia à oftalmologia, à neurocirurgia ou à otorrinolaringologia⁴⁰. Prevê-se que a IA seja progressivamente determinante, podendo mesmo vir a ser indispensável.

Algumas aplicações, porém, são já hoje exemplo da importante evolução nesse domínio⁴¹. De salientar que essa evolução se trata de *continuum*, e não de um momento disruptivo no tempo. A cirurgia robótica já se realiza há largos anos quer em presença física, quer com o cirurgião à distância. No que respeita à telecirurgia (cirurgia remota, à distância), por exemplo, não existe diferença significativa de paradigma comparativamente à cirurgia tradicional. Ainda que exista dissociação física entre o cirurgião que faz o diagnóstico e que conduz remotamente a cirurgia e o *proxy surgeon*, ou seja, o substituto que efetivamente executa a operação, a responsabilidade é sempre do primeiro.

Contudo, não deixa de ser um dispositivo eletrônico que executa os passos mais importantes da cirurgia, dado que o cirurgião tradicional não é um simples técnico que recorre a dados, mas antes alguém que utiliza seus conhecimentos técnicos e competências humanas, seu tato e sua empatia na relação com um paciente, ou seja, o ato cirúrgico é apenas uma das componentes de toda a interação com o paciente, a cujas peculiaridades o médico se ajusta. Esse ajustamento, a telecirurgia tende a não concretizar, sobretudo com o avanço de automação que redunde em autonomia total do robô cirúrgico. Mais uma vez, é essencial que o médico cirurgião esteja em controle para que não se reforce a desumanização na relação médico-paciente.

Ainda que a cirurgia robótica autônoma esteja em larga medida em fase experimental, existe evidência de seu efeito a curto prazo em áreas como punção venosa, implante capilar, anastomose intestinal, substituição total do joelho ou radiocirurgia⁴². Em uma primeira fase, a cirurgia robótica é uma extensão da cirurgia minimamente invasiva em que os cirurgiões operam

remotamente, mas no mesmo bloco operatório. Os instrumentos operatórios especializados são utilizados como extensão dos movimentos do cirurgião, sobretudo na cirurgia abdominal e torácica, graças a complexos algoritmos que permitem mimetizar os movimentos do médico. Mesmo intervenções cirúrgicas de elevada complexidade estão já na mira da cirurgia robótica autônoma por IA. Por exemplo, a implantação coclear, isto é, a colocação de sofisticado implante eletrônico no ouvido interno⁴³. O avanço na cirurgia dentária, por sua vez, já é significativo. Em Xi'an, China, um robô independente colocou, sem envolvimento humano, dois implantes dentários efetuados por impressão 3D. O aumento significativo da produção em massa de robôs humanoides será fator decisivo em sua generalização no setor da saúde.

Em uma perspectiva ética, mas também médico-legal, deve-se obter consentimento informado na forma escrita. O consentimento deve ser obtido pelo cirurgião responsável, mas, em situações específicas, como quando o cirurgião responsável está a distância, o consentimento pode ser obtido pelo cirurgião assistente, isto é, aquele que se encontra junto do robô cirúrgico e do paciente. Note-se que, por agora, compete ao cirurgião responsável prestar contas do resultado da cirurgia e assumir suas consequências. Existe longa curva de aprendizagem na cirurgia pelos métodos tradicionais, curva que se mantém ou aprofunda na cirurgia robótica. A implementação da prática médica robótica deve incluir treino intensivo em IA e robótica cirúrgica, bem como nas necessárias adaptações da tomada de decisão intraoperatória⁴⁴. O consentimento informado em sistemas de IA apresenta desafios únicos⁴⁵, incluindo a dificuldade de explicar algoritmos complexos em linguagem acessível, a necessidade de consentimento dinâmico para sistemas que aprendem continuamente e questões sobre literacia digital dos pacientes. Além disso, deve-se considerar o direito do paciente de não ser submetido a decisões baseadas exclusivamente em processamento automatizado, conforme previsto na legislação de proteção de dados de diferentes países.

Entretanto, com a progressiva automação da robótica cirúrgica, pode-se perguntar quem é, de fato, o agente responsável em sede de litígio médico-legal: o cirurgião responsável, o cirurgião assistente (aquele que presta assistência

ao robô), a empresa que construiu e comercializou o dispositivo, o engenheiro que o concebeu, o hospital que o disponibiliza aos médicos e pacientes ou o próprio robô (falando-se hoje da possibilidade de existir verdadeira personalidade jurídica cibernética). Se surgirem complicações intraoperatórias e se um robô não for considerado responsável, de quem será a culpa? Por regra, os cirurgiões, não os robôs, são considerados agentes responsáveis. Tais questões devem ser cuidadosamente apreciadas tendo sempre em atenção a necessidade de se estabelecerem laços de confiança entre os sistemas de IA e a sociedade em geral⁴⁶. Porém, a atribuição de personalidade jurídica a sistemas de IA é ainda controversa e não tem precedentes consolidados. O Parlamento Europeu rejeitou proposta nesse sentido em 2021. O foco regulatório atual incide na responsabilidade dos desenvolvedores e operadores, para além do desenvolvimento de modernos sistemas de responsabilidade civil “sem culpa formada”, de modo que o paciente seja ressarcido em qualquer circunstância⁴⁷.

A IA tem hoje efeito crescente no diagnóstico, no diagnóstico preditivo, na biópsia dirigida por IA, na análise preditiva, no tratamento e seu planeamento, no acompanhamento (*coaching* virtual), na robótica cirúrgica, entre muitos outros âmbitos de intervenção na medicina. Em todo caso, é essencial que a medicina e os médicos consigam o melhor dos dois mundos. Por um lado, o médico deve estar sempre no circuito da IA. Por outro lado, o desconhecimento da evolução futura da IA na medicina deve alertar a medicina para a necessidade de uma estratégia cautelosa de acordo com o princípio da precaução.

Trata-se de princípio ético e legal que aborda a inovação científica e tecnológica com prudência, não com o intuito de colocar barreiras à ciência e ao desenvolvimento, mas de tornar transparente o modo como a tecnologia é desenvolvida. Deve enfatizar-se a cautela e a necessidade de refletida pausa para avaliar o potencial impacto das novas tecnologias⁴⁸. A aplicação desse princípio deve pautar-se por quatro eixos centrais: 1) implementação de medidas preventivas face à incerteza; 2) transferência do ônus da prova para os proponentes de determinada tecnologia; 3) proposta de cenários alternativos sobre danos

potenciais; e 4) promoção da participação ativa do público no debate.

Esse princípio é invocado quando existem dúvidas sobre a segurança de uma tecnologia – como a IA na medicina –, não sendo possível prever a magnitude de seu efeito. É elemento central da regulação baseada no risco, evidenciado, por exemplo, no AI Act, o Regulamento da União Europeia sobre IA⁴⁹. Existe hoje consenso de que na medicina seis princípios éticos devem estar sempre no horizonte de médicos e organizações que recorram a sistemas de IA na saúde e na prática médica⁵⁰: 1) justiça; 2) universalidade; 3) rastreabilidade; 4) usabilidade; 5) robustez; e 6) explicabilidade.

Ou seja, para que a IA seja considerada de confiança, deve-se respeitar um conjunto de princípios éticos internacionalmente validados⁵¹ e alcançar-se o mais amplo consenso internacional sobre boas práticas da IA na medicina e sobre seu impacto nos mais diferentes aspectos da atividade humana⁵².

Considerações finais

Neste artigo, realçou-se a necessidade de a medicina acompanhar de perto a evolução da inteligência artificial na saúde, dado seu previsível impacto na relação médico-paciente e na própria concepção de ato médico. De fato, é fundamental que a IA esteja sempre sob supervisão humana (*human in the loop*) e que os médicos estejam sempre envolvidos na concepção, desenvolvimento e aplicação dos novos sistemas de IA na medicina (*physician in the loop*), tendo em consideração os valores éticos e civilizatórios universalmente partilhados.

Existe o receio, contudo, de que a falta de conhecimento, informação e confiança na IA, associada a uma potencial alteração da identidade profissional da medicina, condicione a autonomia e a liberdade dos médicos, bem como a qualidade da relação médico-paciente. A inteligência artificial deve ser copiloto dos médicos, e nunca o contrário. Por isso, considerações éticas, regulatórias e de boa governança são essenciais no desenho e implementação da inteligência artificial, assim como uma atitude prudente e expectante sobre a IA na medicina, de acordo com o princípio da precaução e com a prudência exigível nessas circunstâncias.

Referências

1. Nunes R. Bioética. Brasília: Conselho Federal de Medicina; 2022.
2. Olson K, Meeker D, Troup M, Barker T, Nguyen V, Manders J *et al*. Use of ambient AI Scribes to reduce administrative burden and professional burnout. *JAMA Netw Open* [Internet]. 2025 [acesso 29 jul 2025];8(10):e2534976. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2025.34976
3. Yadav GS, Longhurst CA. Will AI make the electronic health record more efficient for clinicians?. *N Eng J Med AI* [Internet]. 2025 [acesso 29 jul 2025];2(3). DOI: 10.1056/AIe2500020
4. Paula M. IA na saúde pública: avanços, lacunas e oportunidades do Plano Brasileiro de Inteligência Artificial. Instituto Brasileiro de Inovação em Saúde [Internet]. 2024 [acesso 4 out 2025]. Disponível: <http://bit.ly/4jt8CMQ>
5. Estratégia de Saúde Digital para o Brasil 2020-2028. Ministério da Saúde [Internet]. 2 jul 2021 [acesso 29 set 2025]. Disponível: <https://bit.ly/4vjEBv>
6. Brasil. Projeto de Lei nº 2.338, de 2023. Dispõe sobre o uso da inteligência artificial. Senado Federal [Internet]. 2023 [acesso 11 ago 2025]. Disponível: <https://bit.ly/4qdo0T>
7. Lee P, Bubeck S, Petro J. Benefits, limits, and risks of GPT-4 as an AI chatbot for medicine. *N Engl J Med* [Internet]. 2023 [acesso 29 jul 2025];388(13):1233-9. DOI: 10.1056/NEJMsr2214184
8. Cavalier J, Goldstein B, Ravitsky V, Bélisle-Pipon JC, Bedoya A, Maddocks J *et al*. Ethics in patient preferences for artificial intelligence-drafted responses to electronic messages. *JAMA Network Open* [Internet]. 2025 [acesso 20 mar 2025];8(3):e250449. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2025.0449
9. Committee on Evaluating Clinical Applications of Telemedicine. In: Field MJ, editor. *Telemedicine: a guide to assessing telecommunications in health care* [Internet]. Washington: National Academies Press; 1996 [acesso 20 mar 2025]. Disponível: <https://bit.ly/49djJWV>
10. American Telemedicine Association [Internet]. Washington: ATA; 2023 [acesso 11 jan 2025]. Disponível: <https://www.americantelemed.org/>
11. Nunes R, Rego G. Questões ético-jurídicas da consulta médica por via telefônica. Parecer do Conselho Médico-Legal. *Revista do Centro de Estudos Judiciários*. 2009;11:235-41.
12. Cornford T, Klecun-Drabowska E. Perspectivas éticas na avaliação da telessaúde. *Camb Q Healthc Ethics* [Internet]. 2001 [acesso 10 fev 2025];10(2):161-9. DOI: 10.1017/s0963180101002079
13. Conselho Federal de Medicina. Resolução CFM nº 2.314/2022. Telemedicina: serviços mediados por tecnologias de comunicação. *Diário Oficial da União* [Internet]. Brasília, p. 227, 5 maio 2022 [acesso 11 jan 2025]. Seção 1. Disponível: <https://bit.ly/4aQDh4H>
14. Kotsenas AL, Balthazar P, Andrews D, Geis JR, Cook TS. Rethinking patient consent in the era of artificial intelligence and big data. *J Am Coll Radiol* [Internet]. 2021 [acesso 18 dez 2024];18(1):180-4. DOI: 10.1016/j.jacr.2020.09.022
15. Belciug S. *The hospital manager's guide to artificial intelligence: concepts, methods, and techniques* [Internet]. Berlin: Springer Nature; 2025 [acesso 11 jan 2025]. DOI: 10.1007/978-3-031-80314-7
16. Zanetti JK, Nunes R. To wallet or not to wallet: the debate over digital health information storage. *Computers* [Internet]. 2023 [acesso 18 dez 2024];12(6):114. DOI: 10.3390/computers12060114
17. Ledzinski L, Grzések G. Artificial intelligence technologies in cardiology. *J Cardiovasc Dev Dis* [Internet]. 2023 [acesso 28 fev 2025];10(5):202. DOI: 10.3390/jcdd10050202
18. Brasil. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). *Diário Oficial da União* [Internet]. Brasília, 15 ago 2018 [acesso 19 jan 2025]. Disponível: <https://bit.ly/3L6OVxV>
19. Parlamento Europeu. Regulamento (UE) 2016/679 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de abril de 2016. Relativo à proteção das pessoas singulares no que diz respeito ao tratamento de dados pessoais e à livre circulação desses dados e que revoga a Diretiva 95/46/CE (Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados). *Jornal Oficial da União Europeia* [Internet]. Bruxelas, 27 abr 2016 [acesso 28 fev 2025]. Disponível: <https://bit.ly/4qCuBmQ>

20. Hartman V, Zhang X, Poddar R, McCarty M, Fortenko A, Sholle E *et al.* Developing and evaluating large language model-generated emergency medicine handoff notes. *JAMA Netw Open* [Internet]. 2024 [acesso 10 fev 2025];7(12):e2448723. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2024.48723
21. Mirza F, Tang OY, Connolly ID, Abdulrazeq HA, Lim RK, Roye GD. Using ChatGPT to facilitate truly informed medical consent. *NEJM AI* [Internet]. 2024 [acesso 14 jan 2025];1(2):1-6. DOI: 10.1056/Alcs2300145
22. Brender TD, Smith AK, Block BL. Can artificial intelligence speak for incapacitated patients at the end of life?. *JAMA Intern Med* [Internet]. 2024 [acesso 28 jan 2025];184(9):1005-6. DOI: 10.1001/jamainternmed.2024.2676
23. Nunes R. Directivas antecipadas de voluntad. Brasília: CFM; 2020. Disponível: <https://bit.ly/3Z5THPI>
24. Ahuja AS. The impact of artificial intelligence in medicine on the future role of the physician. *PeerJ* [Internet]. 2019 [acesso 29 jul 2025];7:e7702. DOI: 10.7717/peerj.7702
25. Nunes R. Evidence-based medicine: a new tool for resource allocation?. *Med Health Care Philos* [Internet]. 2003 [acesso 13 fev 2025];6(3):297-301. DOI: 10.1023/a:1025969303573
26. Mittelstadt B. The impact of artificial intelligence on the doctor-patient relationship [Internet]. Strasbourg: Council of Europe; 7 jun 2021 [acesso 4 fev 2025]. Disponível: <https://bit.ly/4sN11NE>
27. Peruselli C, De Panfilis L, Gobber G, Melo M, Tanzi S. Artificial intelligence and palliative care: opportunities and limitations. *Recenti Prog Med* [Internet]. 2020 [acesso 29 jul 2025];111(11):639-45. DOI: 10.1701/3474.34564
28. Nunes R. Healthcare as a universal human right: sustainability in global health. London: Routledge; 2022 [acesso 28 jan 2025]. Disponível: <https://bit.ly/4qo6N6D>
29. Naithani N, Sinha S, Misra P, Vasudevan B, Sahu R. Precision medicine: concept and tools. *Med J Armed Forces India* [Internet]. 2021 [acesso 29 jul 2025];77(3):249-57. DOI: 10.1016/j.mjafi.2021.06.021
30. Nunes R. GeneÉtica. Coimbra: Almedina; 2013. p. 13.
31. Haug CJ, Drazen J. Artificial intelligence and machine learning in clinical medicine, 2023. *N Engl J Med* [Internet]. 2023 [acesso 13 fev 2025];388:1201-8. DOI: 10.1056/NEJMra2302038
32. Mooghali M, Stroud AM, Whi Yoo DW, Barry BA, Grimshaw AA, Ross JS. Trustworthy and ethical AI-enabled cardiovascular care: a rapid review. *BMC Med Inform Decis Mak* [Internet]. 2024 [acesso 28 jan 2025];24(247):1-12. DOI: 10.1186/s12911-024-02653-6
33. Rajpurkar P, Lungren MP. The current and future state of AI interpretation of medical images. *N Engl J Med* [Internet]. 2023 [acesso 13 fev 2025];388:1981-90. DOI: 10.1056/NEJMra2301725
34. Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, Schwartz LH, Aerts HJ. Artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Cancer* [Internet]. 2018 [acesso 29 jul 2025];18:500-10. Disponível: <https://tinyurl.com/56sdzn6m>
35. Johnson KW, Soto JT, Glicksberg BS, Shameer K, Miotto R, Ali M *et al.* Artificial intelligence in cardiology. *J Am Coll Cardiol* [Internet]. 2018 [acesso 5 mar 2025];71(23):2668-79. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.03.521
36. Zargarzadeh A, Javanshir E, Ghaffari A, Mosharkesh E, Anari B. Artificial intelligence in cardiovascular medicine: an updated review of the literature. *J Cardiovasc Thorac Res* [Internet]. 2023 [acesso 29 jul 2025];15(4):204-9. DOI: 10.34172/jcvtr.2023.33031
37. Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, Ko J, Swetter SM, Blau HM, Thrun S. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature* [Internet]. 2017 [acesso 29 jul 2025];542:115-8. DOI: 10.1038/nature21056
38. McKinney SM, Sieniek M, Godbole V, Godwin J, Antropova N, Ashrafian H *et al.* International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature* [Internet]. 2020 [acesso 29 jul 2025];577:89-94. Disponível: <https://tinyurl.com/whe4pfbj>
39. Bond A, Mccay K, Lal S. Artificial intelligence & clinical nutrition: what the future might have in store. *Clin Nutr ESPEN* [Internet]. 2023 [acesso 29 jul 2025];57:542-9. DOI: 10.1016/j.clnesp.2023.07.082
40. Bhargava K, Mason K. The role of artificial intelligence and applications in ENT surgery. *ENT & Audiology News* [Internet]. 4 jul 2024 [acesso 28 abr 2025]. Disponível: <https://bit.ly/4sCPsIM>
41. Constantinescu M, Crisp R. Can robotic ai systems be virtuous and why does this matter?. *Int J Soc Robot* [Internet]. 2022 [acesso 5 mar 2025];14(6):1547-57. DOI: 10.1007/s12369-022-00887-w

42. Rivero-Moreno Y, Rodríguez M, Losada-Muñoz P, Redden S, Lopez-Lezama S, Vidal-Gallardo A *et al.* Autonomous robotic surgery: has the future arrived?. *Cureus* [Internet]. 2024 [acesso 5 mar 2025];16(1):e52243. DOI: 10.7759/cureus.52243
43. Abari J, Heuninck E, Topsakal V. Entirely robotic cochlear implant surgery. *Am J Otolaryngol* [Internet]. 2024 [acesso 5 mar 2025];45(5):104360. DOI: 10.1016/j.amjoto.2024.104360
44. Power D. Ethical considerations in the era of AI, automation, and surgical robots: there are plenty of lessons from the past. *Discover Artificial Intelligence* [Internet]. 2024 [acesso 28 fev 2025];4(65). DOI: 10.1007/s44163-024-00166-9
45. World Health Organization. Ethics and governance of artificial intelligence for health [Internet]. Geneva: WHO; 2021 [acesso 25 set 2025]. Disponível: <https://bit.ly/49rPkD1>
46. European Commission. Ethics guidelines for trustworthy AI [Internet]. Brussels: European Commission; 2019 [acesso 13 fev 2025]. Disponível: <https://bit.ly/4aR8NPT>
47. Nunes R, Nunes SB. Inteligência artificial: uma ponte para o futuro da medicina. *Rev. bioét. (Impr.)* [Internet]. 2025 [acesso 12 fev 2026];33(2):24-34. DOI: 10.1590/1983-803420254115PT
48. Organisation for Economic Co-operation and Development. Understanding and applying the precautionary principle in the energy transition [Internet]. Paris: OECD Publishing; 2023 [acesso 2 mar 2025]. Disponível: <https://bit.ly/49RoqVB>
49. AI Act. European Commission [Internet]. 2024 [acesso 5 dez 2024]. Disponível: <https://bit.ly/49szNTD>
50. Lekadir K, Alejandro FF, Porras AR, Glocker B, Cintas C, Langlotz CP *et al.* FUTURE-AI: international consensus guideline for trustworthy and deployable artificial intelligence in healthcare. *BMJ* [Internet]. 2025 [acesso 5 mar 2025];388. DOI: 10.1136/bmj-2024-081554
51. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Recommendation on the ethics of artificial intelligence [Internet]. Paris: Unesco; 2024 [acesso 25 set 2025]. Disponível: <https://bit.ly/49v4oQg>
52. Nunes R, Nunes SB. Reliable Artificial Intelligence: the 18th Sustainable Development Goal. *JELT* [Internet]. 2024 [acesso 3 mar 2025];6(2):1-19. DOI: 10.14658/pupj-JELT-2024-2-2

Sofia B. Nunes – Doutora – asnunes@med.up.pt

 0000-0002-7182-9890

Rui Nunes – Doutor – ruinunes@med.up.pt

 0000-0002-1377-9899

Correspondência

Sofia B. Nunes – Al. Prof. Hernâni Monteiro, CP 4200-319. Porto, Portugal.

Contribuições dos autores (CRediT)

Ambos os autores contribuíram de forma igual na concepção, elaboração, redação e revisão crítica do manuscrito, aprovaram a versão final e assumem responsabilidade pela integridade do conteúdo.

Disponibilidade de dados: Todos os dados utilizados ou gerados na pesquisa estão integralmente descritos e apresentados no corpo do artigo.

Editora responsável: Dilza Teresinha Ambrós Ribeiro

Recebido: 23.3.2025

Revisado: 16.9.2025

Aprovado: 8.10.2025