

ÉTICA NO CONTEXTO DA ROBÓTICA: DOS FUNDAMENTOS BIOÉTICOS E NORMATIVOS À GOVERNANÇA DOS SISTEMAS AUTÓNOMOS

ETHICS IN THE CONTEXT OF ROBOTICS: FROM BIOETHICAL AND NORMATIVE FOUNDATIONS TO THE GOVERNANCE OF AUTONOMOUS SYSTEMS

ÉTICA EN EL CONTEXTO DE LA ROBÓTICA: DE LOS FUNDAMENTOS BIOÉTICOS Y NORMATIVOS A LA GOBERNANZA DE LOS SISTEMAS AUTÓNOMOS

Elfas Alberto Macia¹

RESUMO: Esse artigo buscou analisar os fundamentos éticos, bioéticos e normativos relacionados à robótica e aos sistemas autónomos, considerando os desafios decorrentes da crescente autonomia tecnológica para a dignidade humana, a privacidade, a equidade e a responsabilização. Metodologicamente, desenvolveu-se uma pesquisa qualitativa, exploratória, bibliográfica e documental, de caráter teórico-analítico, fundamentada na revisão da literatura científica e de normativas nacionais e internacionais, articuladas a referências clássicas da área. Os resultados evidenciam que a expansão da Inteligência Artificial e da robótica exige a superação de abordagens centradas exclusivamente na funcionalidade tecnológica, favorecendo uma concepção de robótica responsável baseada na supervisão humana, na bioética, na prevenção de riscos algorítmicos e na responsabilização ao longo do ciclo de vida dos sistemas. A análise também evidencia desafios associados aos sistemas militares letais autónomos e à atribuição de personalidade jurídica às tecnologias. Conclui-se que a governança dos sistemas autónomos deve priorizar a responsabilidade humana e sociotécnica, apresentando-se, para o contexto moçambicano, a necessidade de fortalecer marcos regulatórios e estratégias nacionais de governança ética da Inteligência Artificial.

Palavras-chave: Robótica. Inteligência Artificial. Governança Ética.

ABSTRACT: This article aimed to analyze the ethical, bioethical, and normative foundations related to robotics and autonomous systems, considering the challenges arising from increasing technological autonomy concerning human dignity, privacy, equity, and accountability. Methodologically, a qualitative, exploratory, bibliographic, and documentary study with a theoretical-analytical approach was conducted, based on a review of scientific literature and national and international, complemented by classical references in the field. The results demonstrate that the expansion of Artificial Intelligence and robotics requires moving beyond approaches focused exclusively on technological functionality, favoring a conception of responsible robotics based on human oversight, bioethics, algorithmic risk prevention, and accountability throughout the systems' life cycle. The analysis also highlights challenges associated with lethal autonomous weapon systems and the attribution of legal personality to technologies. It is concluded that the governance of autonomous systems should prioritize human and sociotechnical responsibility, emphasizing, in the Mozambican context, the need to strengthen regulatory frameworks and national strategies for the ethical governance of Artificial Intelligence.

Keywords: Robotics. Artificial Intelligence. Ethical Governance.

¹Mestre em Demografia – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Especialista em Educação, Gênero e Sexualidade | Nutrição Clínica e Hospitalar | Doenças Tropicais, Licenciado em Ensino de História e Geografia – Universidade Pedagógica de Moçambique.

RESUMEN: Este artículo buscó analizar los fundamentos éticos, bioéticos y normativos relacionados con la robótica y los sistemas autónomos, considerando los desafíos derivados de la creciente autonomía tecnológica para la dignidad humana, la privacidad, la equidad y la responsabilidad. Metodológicamente, se desarrolló una investigación cualitativa, exploratoria, bibliográfica y documental, de carácter teórico-analítico, fundamentada en la revisión de la literatura científica y de las normativas nacionales e internacionales, articuladas con referencias clásicas del área. Los resultados evidencian que la expansión de la Inteligencia Artificial y de la robótica exige superar enfoques centrados exclusivamente en la funcionalidad tecnológica, favoreciendo una concepción de robótica responsable basada en la supervisión humana, la bioética, la prevención de riesgos algorítmicos y la responsabilidad a lo largo del ciclo de vida de los sistemas. El análisis también evidencia desafíos asociados a los sistemas militares letales autónomos y a la atribución de personalidad jurídica a las tecnologías. Se concluye que la gobernanza de los sistemas autónomos debe priorizar la responsabilidad humana y sociotécnica, destacándose, para el contexto mozambiqueño, la necesidad de fortalecer los marcos regulatorios y las estrategias nacionales de gobernanza ética de la Inteligencia Artificial.

Palabras clave: Robótica. Inteligencia Artificial. Gobernanza Ética.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da robótica e da Inteligência Artificial (IA) tem ampliado a capacidade das máquinas de executar tarefas que antes dependiam exclusivamente da intervenção humana. A incorporação dessas tecnologias em áreas como saúde, indústria, agricultura, transportes e segurança tem produzido benefícios relevantes, mas também novos desafios relacionados à privacidade, à segurança, à dignidade humana, à equidade e à responsabilização. Quanto maior o grau de autonomia dos sistemas, maior se torna a necessidade de compreender quem deve responder pelas decisões tomadas e pelos possíveis danos decorrentes de sua utilização.

Esse cenário tem ampliado o debate sobre a ética no desenvolvimento e na utilização de sistemas autónomos. A questão já não se limita a definir o comportamento esperado de uma máquina, mas envolve as relações entre desenvolvedores, utilizadores, instituições, governos e os próprios sistemas tecnológicos. Nesse sentido, a robótica responsável procura incorporar princípios éticos desde a concepção e o desenvolvimento das tecnologias, valorizando a supervisão humana, a prevenção de danos, a transparência e a responsabilização dos diferentes atores envolvidos (MURPHY; WOODS, 2009; BRANDÃO; MANSOURI; MAGNUSSON, 2022). Organismos internacionais também têm reforçado a necessidade de orientar o desenvolvimento da Inteligência Artificial por princípios relacionados aos direitos humanos, à segurança, à transparência e à responsabilidade (UNESCO, 2022; OECD, 2024).

Apesar do crescimento das discussões sobre ética, bioética e regulação da Inteligência Artificial e da robótica, ainda existem desafios na articulação entre princípios bioéticos, normas jurídicas e mecanismos de governança capazes de responder às situações produzidas por sistemas com elevado grau de autonomia. Essa questão é particularmente relevante em países como Moçambique, onde a expansão das tecnologias digitais ocorre em um contexto de transformação institucional e de construção de mecanismos regulatórios para acompanhar as novas formas de inovação tecnológica. Assim, torna-se necessário discutir não apenas os benefícios dessas tecnologias, mas também os limites éticos e as responsabilidades associados à sua concepção, implementação e utilização.

Diante dessa problemática, este artigo parte da seguinte questão: como os fundamentos éticos, bioéticos e normativos podem contribuir para uma governança responsável dos sistemas robóticos autónomos, de modo a assegurar a dignidade humana, a segurança e a responsabilização sem limitar indevidamente a inovação tecnológica?

Para responder a essa questão, o presente artigo tem como objetivo analisar os fundamentos éticos, bioéticos e normativos relacionados aos sistemas robóticos autónomos, identificando princípios e mecanismos de governança orientados à supervisão humana, à prevenção de danos e à responsabilização, com particular atenção aos desafios e às possibilidades de aplicação no contexto moçambicano.

3

MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, exploratória, bibliográfica e documental, de natureza teórico-analítica, orientada pela lógica dedutiva. Essa abordagem foi adotada por permitir a análise crítica dos fundamentos éticos, bioéticos e jurídico-normativos relacionados à robótica e aos sistemas autónomos, bem como a identificação de princípios capazes de orientar sua governança responsável.

A pesquisa bibliográfica foi realizada a partir de literatura científica relacionada à ética da tecnologia, bioética, robótica, Inteligência Artificial, responsabilidade e governança algorítmica. A pesquisa documental contemplou normas, recomendações e documentos institucionais nacionais e internacionais relacionados ao desenvolvimento e à utilização responsável dessas tecnologias. Na seleção das fontes, foram priorizadas publicações científicas e documentos normativos, considerando sua atualidade e pertinência para o problema investigado, sem excluir obras clássicas necessárias à fundamentação histórica, filosófica e

teórica do estudo. Entre as referências contemporâneas analisadas encontram-se trabalhos de Brey e Dainow (2024), Divino (2024), Gülmez (2023), Husbands (2021), Instituto Nacional de Tecnologias de Informação e Comunicação (INTIC, 2025, 2026), OECD (2024), Pirni et al. (2021), Robbins (2023), Trusilo e Burri (2021) e UNESCO (2022, 2024), articulados a contribuições clássicas de Asimov (2014), Beauchamp e Childress (2002), Knight (1921), Mittelstadt et al. (2016), Murphy e Woods (2009), Pessini (2007), Sparrow (2007) e Sharkey (2012).

A seleção das fontes considerou como critérios de inclusão a pertinência temática, a contribuição teórica ou normativa para o problema de investigação, a atualidade das publicações e a relevância para a compreensão dos desafios éticos e jurídicos associados aos sistemas autônomos. Foram excluídos materiais sem relação direta com o objeto do estudo, textos de caráter meramente opinativo e documentos que não apresentassem contribuição substantiva para as categorias analíticas definidas.

Os dados obtidos foram submetidos à leitura analítica, sistematização temática e interpretação crítico-reflexiva. A análise foi organizada em quatro eixos: (a) autonomia e agência, com atenção à distinção entre automação técnica e agência moral; (b) dignidade humana e prevenção de danos, considerando os princípios da bioética e os debates sobre os limites da intervenção tecnológica; (c) responsabilidade e prestação de contas, examinando a atribuição de responsabilidade pelos atos e danos associados aos sistemas autônomos e o debate sobre a personalidade jurídica eletrônica; e (d) governança e supervisão humana, enfocando mecanismos de controle, transparência, responsabilidade e os princípios de Ethics by Design e Human-in-Command.

Por se tratar exclusivamente de pesquisa bibliográfica e documental, sem coleta de dados diretamente com seres humanos ou animais, não houve participação de sujeitos de pesquisa nem necessidade de submissão a Comitê de Ética em Pesquisa. A análise foi conduzida mediante o uso responsável das fontes consultadas, com identificação dos autores e documentos utilizados e respeito aos princípios de integridade e rigor científico.

RESULTADOS

Os resultados da revisão teórico-analítica foram organizados em cinco eixos de discussão: a transição da moralidade funcional para a robótica responsável; a aplicação dos princípios bioéticos aos sistemas robóticos; os riscos algorítmicos e a autonomia em sistemas

militares; a incerteza causal e os regimes de responsabilidade; e, por fim, os requisitos de governança ética e normativa, com atenção às possibilidades de aplicação no contexto moçambicano. As tabelas apresentadas constituem sínteses analíticas elaboradas pelo autor a partir da literatura examinada, com o objetivo de sistematizar conceitos e relações fundamentais para a compreensão do problema.

Da moralidade funcional à robótica responsável

A análise da literatura evidencia que a discussão sobre ética na robótica possui uma trajetória que antecede o desenvolvimento contemporâneo dos sistemas autônomos. As formulações de Isaac Asimov contribuíram para consolidar, no imaginário científico e tecnológico, a ideia de que o comportamento dos robôs poderia ser orientado por regras previamente estabelecidas. Entretanto, a complexidade dos sistemas robóticos atuais demonstra que regras codificadas não são suficientes para resolver situações caracterizadas por incerteza, interação com seres humanos e múltiplos contextos de decisão.

A comparação entre o paradigma asimoviano e a perspectiva da robótica responsável permite identificar uma mudança importante: a centralidade deixa de estar exclusivamente no comportamento programado da máquina e passa a envolver todo o sistema sociotécnico no qual a tecnologia é concebida, desenvolvida, implementada e utilizada (Tabela 1).

5

Tabela 1 – Sistemas de Robótica: Evolução do Paradigma Ético

MODELO DE ASIMOV (1947/1969)	ROBÓTICA RESPONSÁVEL (MURPHY; WOODS)
Moralidade funcional (robô-cêntrica)	Moralidade operacional (humano-cêntrica)
Robô concebido como agente moral isolado	Sistema homem-robô integrado
Pressupõe decisão ética no robô / regras rígidas em código	Responsabilidade legal dos criadores / regras operacionais
Falha diante da incerteza real / foco centrado no robô	Transferência de controle / foco centrado no ser humano

Fonte: Elaborada pelo autor com base em Asimov (2014) e Murphy e Woods DC (2009).

A síntese apresentada na Tabela 1 indica que a principal limitação do modelo baseado em regras rígidas está na dificuldade de antecipar todas as circunstâncias nas quais um sistema autônomo poderá operar. Os sistemas contemporâneos são desenvolvidos para ambientes dinâmicos, nos quais os dados podem ser incompletos, ambíguos ou sujeitos a mudanças. Por

essa razão, a segurança e a responsabilidade não podem ser atribuídas exclusivamente à arquitetura computacional.

Murphy e Woods (2009) deslocam a discussão para uma perspectiva de robótica responsável, na qual a interação entre humanos e máquinas constitui uma dimensão fundamental da segurança. Essa abordagem é particularmente relevante diante de sistemas capazes de operar parcialmente sem intervenção imediata, pois exige mecanismos que permitam ao ser humano acompanhar, compreender e, quando necessário, reassumir o controle.

A literatura contemporânea reforça essa mudança de perspectiva. Brey e Dainow (2024) defendem uma integração sistemática dos valores éticos no processo de desenvolvimento tecnológico, aproximando a concepção técnica de abordagens como *Ethics by Design*. Nessa perspectiva, princípios como segurança, transparência, privacidade e responsabilidade não devem ser incorporados apenas depois da implementação do sistema, mas considerados desde a fase de concepção.

Assim, o resultado central deste eixo é a identificação de uma transição de uma concepção robô-cêntrica da moralidade para uma abordagem sociotécnica da responsabilidade. O problema ético deixa, portanto, de ser simplesmente “como fazer um robô agir moralmente?” e passa a envolver uma questão mais ampla: como estruturar sistemas tecnológicos nos quais seres humanos, organizações e instituições mantenham responsabilidades claramente identificáveis ao longo de todo o ciclo de vida da tecnologia?

Bioética principialista, cirurgia robótica e transumanismo

A revisão demonstra que a utilização de sistemas robóticos em contextos de elevada vulnerabilidade humana amplia significativamente a importância da bioética. Na medicina, por exemplo, sistemas robóticos podem contribuir para maior precisão, estabilidade e capacidade técnica em determinados procedimentos, mas a incorporação dessas tecnologias não elimina a necessidade de julgamento profissional e de proteção dos direitos do paciente.

A análise foi orientada pelos quatro princípios da bioética principialista, autonomia, beneficência, não maleficência e justiça, formulados sistematicamente por Beauchamp e Childress (2002). Esses princípios permitem avaliar não apenas a eficiência técnica de uma tecnologia, mas também suas consequências para os sujeitos submetidos à intervenção.

No caso da autonomia, a utilização de sistemas robóticos exige que o paciente permaneça adequadamente informado sobre os procedimentos, riscos e limitações associados à tecnologia. A beneficência requer que a utilização do sistema produza benefícios clinicamente justificáveis, enquanto a não maleficência impõe a necessidade de reduzir riscos evitáveis. A justiça, por sua vez, introduz a questão da distribuição equitativa do acesso às tecnologias, especialmente quando os sistemas robóticos possuem custos elevados.

A literatura analisada indica, portanto, que a introdução de tecnologias autônomas na assistência médica não deve ser avaliada exclusivamente pela precisão ou eficiência operacional. A questão fundamental consiste em estabelecer condições nas quais a inovação tecnológica permaneça subordinada à proteção da pessoa humana. Araújo e Araújo (2021) e Pirni et al. (2021) contribuem para esse debate ao enfatizarem a necessidade de considerar as dimensões relacionais, éticas e sociais da incorporação tecnológica nos cuidados de saúde.

Esse problema torna-se ainda mais complexo quando a robótica é articulada às neurotecnologias, próteses avançadas e tecnologias de aprimoramento humano. Nesse domínio, o debate transumanista questiona até que ponto a tecnologia pode ser utilizada não apenas para restaurar funções comprometidas, mas também para ampliar capacidades humanas.

De um lado, perspectivas críticas associadas ao bioconservadorismo chamam atenção para riscos relacionados à desigualdade, à seleção social e à possibilidade de transformação de tecnologias de aprimoramento em mecanismos de exclusão. De outro, perspectivas transumanistas defendem a possibilidade de utilizar tecnologias emergentes para ampliar capacidades e reduzir limitações humanas. O resultado da análise sugere que a questão ética não reside simplesmente em aceitar ou rejeitar o aprimoramento tecnológico, mas em estabelecer limites normativos, critérios de justiça e mecanismos de proteção da dignidade humana.

Nesse sentido, a distinção entre intervenção terapêutica e aprimoramento tecnológico assume importância central. Enquanto a primeira está predominantemente associada à prevenção, tratamento ou recuperação de condições de saúde, o segundo envolve a ampliação de capacidades para além dos parâmetros terapêuticos convencionais. A governança ética deverá, portanto, considerar os diferentes graus de risco, vulnerabilidade, acesso e impacto social associados a essas aplicações.

Riscos algorítmicos e robótica militar

A análise dos riscos associados aos sistemas algorítmicos demonstra que a autonomia tecnológica não constitui apenas uma questão de eficiência computacional. Sistemas que processam grandes volumes de dados podem reproduzir erros, vieses, assimetrias informacionais e decisões difíceis de explicar ou contestar. A classificação sistematizada por Mittelstadt et al. (2016), posteriormente retomada e discutida em trabalhos contemporâneos, permite organizar diferentes dimensões desses riscos (Tabela 2).

Tabela 2 – Taxonomia dos Riscos Algorítmicos

PREOCUPAÇÃO ÉTICA	MANIFESTAÇÃO PRÁTICA E IMPACTO SOCIAL
Falibilidade	Correlações indutivas inadequadas resultantes do processamento de evidências inconclusivas.
Opacidade	Funcionamento pouco transparente dos sistemas e dificuldade de compreender determinados processos decisórios.
Viés	Incorporação ou reprodução de padrões enviesados presentes nos dados, modelos ou processos de desenvolvimento.
Discriminação	Produção ou reprodução de desigualdades em decisões automatizadas.
Autonomia	Influência dos sistemas sobre escolhas e comportamentos dos utilizadores.
Privacidade	Coleta, processamento e utilização de grandes volumes de dados pessoais.
Responsabilidade	Dificuldade de identificar os agentes responsáveis por decisões e danos produzidos pelo sistema.

Fonte: Elaborada pelo autor com base em Mittelstadt et al. (2016) e Rossetti e Angeluci (2021).

A Tabela 2 evidencia que os riscos algorítmicos possuem natureza simultaneamente técnica, social e normativa. Rossetti e Angeluci (2021) destacam que problemas relacionados à opacidade, ao viés e à discriminação podem comprometer direitos e produzir consequências que ultrapassam o funcionamento interno do algoritmo. Trusilo e Burri (2021), por sua vez, reforçam a importância de mecanismos capazes de garantir controle e responsabilização em contextos nos quais sistemas autônomos assumem funções anteriormente desempenhadas diretamente por seres humanos.

A questão torna-se particularmente sensível quando esses sistemas são utilizados em contextos militares. Os Sistemas de Armas Letais Autônomas (LAWS) representam uma das manifestações mais controversas da autonomia tecnológica porque envolvem a possibilidade de sistemas identificarem, selecionarem e atacarem alvos com diferentes graus de intervenção humana.

A literatura distingue três modalidades de intervenção humana, apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Níveis de Intervenção Humana nos Sistemas Militares

HUMAN-IN-THE-LOOP	HUMAN-ON-THE-LOOP	HUMAN-OUT-OF-THE-LOOP
O ser humano participa diretamente da decisão final de disparar ou atacar.	O sistema pode atuar autonomamente, enquanto o ser humano acompanha a operação e conserva possibilidade de intervenção.	O sistema executa o ciclo decisório e operacional sem intervenção humana direta.

Fonte: Elaborada pelo autor com base na literatura sobre controlo humano e autonomia em sistemas militares.

Os resultados da análise indicam que a redução da intervenção humana aumenta os problemas relacionados à previsibilidade, ao controlo e à atribuição de responsabilidade. Sparrow (2007) e Sharkey (2012) já haviam identificado dificuldades associadas à atribuição de responsabilidade moral quando decisões letais são delegadas a sistemas autônomos. O problema permanece atual porque a autonomia do sistema não elimina as responsabilidades dos agentes humanos que participam de sua concepção, desenvolvimento, aquisição, implementação ou utilização.

No debate contemporâneo, a noção de Meaningful Human Control, ou Controlo Humano Significativo, ganha relevância por exigir mais do que a simples presença formal de um operador. Cummings (2021) e Robbins (2023) apontam para a necessidade de que a supervisão humana seja acompanhada de informação adequada, capacidade efetiva de intervenção e tempo suficiente para impedir ou interromper ações potencialmente danosas.

Nesse contexto, a supervisão humana deve ser compreendida como uma capacidade efetiva de controlo, e não como mera formalidade institucional. A análise também reforça a importância de manter a cadeia de responsabilidade humana, evitando que a autonomia técnica seja utilizada para produzir um vazio jurídico ou moral.

Incerteza causal, teoria do risco e responsabilidade civil

Outro resultado relevante da revisão diz respeito à dificuldade de estabelecer relações causais claras entre decisões automatizadas e danos produzidos por sistemas autônomos. Essa dificuldade é particularmente significativa em tecnologias baseadas em aprendizagem automática, nas quais o comportamento do sistema pode resultar da interação entre dados, modelos, parâmetros, ambiente operacional e atualizações posteriores.

A distinção epistemológica entre risco e incerteza, formulada por Knight (1921), contribui para compreender esse problema (Tabela 4).

Tabela 4 – Distinção Epistemológica de Knight (1921)

RISCO	INCERTEZA
Os eventos futuros são desconhecidos, mas suas probabilidades podem ser estimadas com base em informações disponíveis.	Os eventos futuros são desconhecidos e não existem informações suficientes para determinar probabilidades confiáveis.

Fonte: Elaborada pelo autor com base em Knight (1921).

10

A distinção apresentada na Tabela 4 possui implicações importantes para a discussão da responsabilidade civil. Em situações nas quais os resultados são estatisticamente previsíveis, é possível desenvolver mecanismos de avaliação e gestão do risco. Entretanto, quando os comportamentos não podem ser adequadamente previstos, torna-se mais complexa a determinação antecipada das consequências jurídicas de determinadas decisões automatizadas.

Divino (2024) chama atenção para os desafios jurídicos relacionados às tecnologias baseadas em Inteligência Artificial, especialmente quando sistemas capazes de aprender e adaptar-se operam em ambientes complexos. Nesse contexto, a responsabilidade não deve ser deslocada automaticamente para a máquina, uma vez que o sistema não constitui, por si só, um sujeito jurídico equiparável às pessoas físicas ou jurídicas responsáveis por sua criação e utilização.

A análise sugere, contudo, cautela com a adoção indiscriminada de um único regime de responsabilidade. A responsabilidade objetiva pode ser adequada a determinados contextos de elevado risco ou regimes jurídicos específicos, enquanto em outras situações poderá ser

necessário examinar deveres de cuidado, previsibilidade, falhas de concepção, supervisão, manutenção ou utilização. Portanto, a questão central não é escolher abstratamente entre responsabilidade objetiva e subjetiva, mas determinar qual regime melhor distribui os custos e riscos de acordo com a natureza da atividade, o grau de autonomia tecnológica e o contexto jurídico aplicável.

Essa conclusão também permite questionar propostas que procuram atribuir personalidade jurídica própria aos sistemas de Inteligência Artificial. A criação de uma denominada personalidade eletrônica não resolveria, por si só, o problema da responsabilidade. Ao contrário, poderia dificultar a identificação dos agentes humanos e institucionais que efetivamente controlam recursos, decisões e processos de desenvolvimento.

Governança ética e normativa da robótica

A análise integrada da literatura demonstra que a governança da robótica deve ultrapassar uma perspectiva exclusivamente centrada na regulação posterior dos danos. A natureza adaptativa e complexa dos sistemas autônomos exige mecanismos preventivos que incorporem valores éticos e jurídicos desde as primeiras etapas de desenvolvimento.

Nesse sentido, a abordagem Ethics by Design propõe que princípios como transparência, segurança, privacidade, não discriminação e responsabilização sejam incorporados à própria arquitetura dos sistemas. Brey e Dainow (2024) contribuem para essa perspectiva ao defenderem uma aproximação entre o desenho tecnológico e os requisitos éticos e normativos.

11

A mesma lógica pode ser articulada ao conceito de Rule of Law by Design, segundo o qual determinados requisitos jurídicos devem ser considerados na própria concepção dos sistemas tecnológicos. A vantagem desse modelo está em deslocar parte da governança para uma etapa anterior à ocorrência do dano, criando mecanismos de prevenção, auditoria e controle.

A revisão também demonstra que a supervisão humana continua sendo particularmente relevante em aplicações de alto risco. O princípio Human-in-Command (HIC) representa, nesse contexto, uma orientação segundo a qual determinadas decisões críticas devem permanecer sob autoridade humana efetiva. Isso implica não apenas a existência de um operador, mas também a disponibilidade de mecanismos técnicos e institucionais para interromper o sistema, rever decisões e assumir o controle quando necessário.

A governança ética da robótica, portanto, deve ser compreendida como um processo contínuo, abrangendo concepção, desenvolvimento, testes, implementação, monitorização,

auditoria e responsabilização. Essa abordagem permite substituir uma lógica predominantemente reativa por uma estratégia preventiva e sociotécnica de gestão dos riscos.

Implicações e diretrizes para Moçambique

No contexto moçambicano, os resultados da análise apontam para a necessidade de construir uma governança da robótica e da Inteligência Artificial ajustada às condições institucionais, económicas, sociais e tecnológicas do país. A simples reprodução de modelos desenvolvidos em países com diferentes níveis de infraestrutura digital, capacidade regulatória e disponibilidade de recursos poderá produzir normas formalmente avançadas, mas de difícil implementação.

A Avaliação de Prontidão em Inteligência Artificial da UNESCO (2024) e os documentos do Instituto Nacional de Tecnologias de Informação e Comunicação (INTIC, 2025, 2026) constituem referências importantes para compreender o processo de construção de capacidades nacionais relacionadas à governança da Inteligência Artificial. Esses instrumentos indicam a importância de desenvolver políticas capazes de articular inovação, direitos fundamentais, inclusão digital, segurança e desenvolvimento.

A partir da síntese teórico-analítica realizada neste estudo, propõe-se um Modelo de Governança Ética em Seis Níveis para Sistemas Robóticos em Moçambique, apresentado como uma estrutura orientadora e não como modelo regulatório já institucionalizado no país:

Nível 1 – Avaliação Ética Inicial: realização de avaliação prévia dos possíveis impactos sociais, éticos e sobre direitos fundamentais antes da conceção, aquisição ou implementação de sistemas robóticos.

Nível 2 – Desenvolvimento Ético (Ethics by Design): incorporação de requisitos de transparência, auditabilidade, privacidade, segurança e não discriminação desde a fase de desenvolvimento.

Nível 3 – Testes e Validação Rigorosa: realização de testes técnicos, de segurança e de resiliência em diferentes cenários, especialmente em aplicações classificadas como de maior risco.

Nível 4 – Supervisão Humana (Human-in-Command): garantia de mecanismos efetivos de intervenção, interrupção e reassunção do controlo humano em sistemas críticos.

Nível 5 – Auditoria e Monitorização Contínua: acompanhamento dos sistemas após sua implementação, permitindo identificar alterações de desempenho, novos riscos, vieses ou falhas que não tenham sido observados durante a fase inicial de desenvolvimento.

Nível 6 – Responsabilidade e Reparação: manutenção de uma cadeia identificável de responsabilidades entre desenvolvedores, fornecedores, proprietários, operadores e demais agentes envolvidos, acompanhada de mecanismos adequados de reparação dos danos.

A proposta dos seis níveis procura responder à principal lacuna identificada na revisão: a necessidade de articular ética, bioética, direito, tecnologia e governança em uma estrutura integrada. Em vez de tratar a ética como uma dimensão externa ao desenvolvimento tecnológico, o modelo procura incorporá-la ao ciclo completo de vida dos sistemas autónomos.

No âmbito académico e institucional, podem desempenhar papel relevante na formação interdisciplinar, na investigação aplicada e na criação de espaços institucionais de reflexão sobre os impactos da robótica e da Inteligência Artificial. A formação de profissionais capazes de dialogar entre engenharia, computação, direito, filosofia, bioética e ciências sociais constitui condição importante para que a inovação tecnológica seja acompanhada por capacidade crítica e regulatória.

Os resultados também indicam que a governança da robótica em Moçambique não deve ser orientada apenas pela preocupação em acompanhar tecnologicamente países mais desenvolvidos. É necessário estabelecer uma agenda nacional que considere problemas concretos do país, capacidade institucional, inclusão digital, desigualdades de acesso, proteção de dados, segurança cibernética e desenvolvimento humano.

Dessa forma, a principal contribuição deste estudo consiste em demonstrar que uma política de robótica responsável requer mais do que normas direcionadas ao comportamento das máquinas. É necessário construir uma governança sociotécnica baseada na responsabilidade humana, na prevenção de riscos, na supervisão efetiva e na proteção da dignidade humana.

Limitações do estudo e agenda de investigação

Embora a revisão teórico-analítica permita integrar diferentes perspetivas éticas, bioéticas e normativas, o estudo apresenta limitações. Por não envolver pesquisa empírica, não foram produzidos dados primários capazes de avaliar diretamente a percepção de desenvolvedores, utilizadores, reguladores ou instituições moçambicanas acerca da robótica e

da Inteligência Artificial. Além disso, a rápida evolução tecnológica e regulatória pode modificar determinados pressupostos analisados.

Essas limitações indicam possibilidades para pesquisas futuras. Estudos empíricos poderão avaliar a capacidade institucional moçambicana para implementar mecanismos de governança ética, investigar percepções sociais sobre sistemas autônomos e analisar aplicações concretas da robótica nos setores da saúde, agricultura, indústria, educação, transportes e segurança. Também se mostra pertinente desenvolver estudos comparativos entre Moçambique e outros países africanos, de modo a identificar modelos de governança adequados às especificidades do continente.

A partir desse enquadramento, a investigação futura poderá testar empiricamente os seis níveis de governança propostos, verificando sua viabilidade institucional, jurídica e tecnológica e identificando mecanismos capazes de transformar princípios éticos em práticas concretas de desenvolvimento e utilização responsável da robótica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida demonstra que a expansão da robótica e da Inteligência Artificial exige uma abordagem ética e normativa capaz de acompanhar o crescente grau de autonomia dos sistemas tecnológicos. Os resultados evidenciam que a concepção da máquina como agente moral autônomo é insuficiente para responder às situações de incerteza, risco e complexidade presentes nos sistemas contemporâneos. Nesse sentido, a robótica responsável representa uma mudança de perspectiva ao deslocar a responsabilidade para o conjunto de atores humanos e institucionais envolvidos na concepção, desenvolvimento, implementação, supervisão e utilização das tecnologias.

A preservação da dignidade humana, a autonomia, a beneficência, a não maleficência e a justiça constituem referências fundamentais para orientar aplicações robóticas em contextos de elevada vulnerabilidade. Do mesmo modo, a identificação dos riscos associados à falibilidade, opacidade, viés, discriminação, privacidade e dificuldade de atribuição de responsabilidade demonstra a necessidade de mecanismos permanentes de avaliação, transparência, auditoria e supervisão humana. Nos sistemas de elevado risco, particularmente nas aplicações militares, o controlo humano significativo constitui elemento essencial para preservar a responsabilização e evitar que a autonomia tecnológica produza lacunas éticas ou jurídicas.

A análise também indica que a atribuição de personalidade jurídica aos sistemas de Inteligência Artificial não constitui, por si só, solução adequada para os problemas de responsabilidade. A governança deve, antes, manter identificável a cadeia de responsabilidades humanas e institucionais e incorporar princípios éticos e jurídicos desde a concepção dos sistemas, por meio de abordagens como Ethics by Design, Rule of Law by Design e Human-in-Command.

No contexto moçambicano, os resultados apontam para a necessidade de fortalecer uma governança tecnológica que articule inovação, proteção de direitos, segurança, inclusão e desenvolvimento humano. O modelo de governança ética em seis níveis proposto neste estudo constitui uma contribuição teórica para esse processo, ao integrar avaliação ética, desenvolvimento responsável, testes, supervisão humana, monitorização e responsabilização. A sua aplicação e validação em estudos empíricos futuros poderão contribuir para a construção de mecanismos regulatórios e institucionais ajustados às especificidades de Moçambique.

Conclui-se, portanto, que o desenvolvimento responsável da robótica não depende apenas da capacidade técnica de produzir sistemas cada vez mais autónomos, mas da capacidade social, ética e institucional de definir limites, assegurar supervisão humana e atribuir responsabilidades pelos efeitos produzidos por essas tecnologias. A inovação tecnológica torna-se socialmente sustentável quando permanece orientada pela proteção da pessoa humana, pela justiça e pela responsabilidade ao longo de todo o ciclo de vida dos sistemas autónomos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO JA, ARAÚJO ATM. Bioética e Inteligência Artificial: o uso da tecnologia em face do princípio da não maleficência. In: Encontro Virtual do CONPEDI, 3., 2021, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: CONPEDI, 2021; p. 151-170.

ASIMOV I. Eu, robô. Tradução de Aline Storto Pereira. São Paulo: Aleph; 2014.

BEAUCHAMP TL, CHILDRESS JF. Princípios de ética biomédica. Tradução de Luciana Pudenzi. São Paulo: Edições Loyola; 2002.

BRANDÃO M, MANSOURI M, MAGNUSSON M. Editorial: Responsible Robotics. *Frontiers in Robotics and AI*, 2022; 9. DOI: 10.3389/frobt.2022.937612.

BREY P, DAINOW B. Ethics by design for artificial intelligence. *AI and Ethics*, 2024; 4: 1265-1277. DOI: 10.1007/s43681-023-00330-4.

CUMMINGS ML. The human role in autonomous weapon design and deployment. In: GALLIOTT J, MACINTOSH D, OHLIN JD, editores. *Lethal Autonomous Weapons: Re-*

examining the Law and Ethics of Robotic Warfare. Oxford: Oxford University Press; 2021. p. 273-288.

DIVINO SBS. Inteligência artificial, danos e responsabilidade: da tutela ética à tutela jurídica. *Revista Brasileira de Direito Civil – RBDCivil*, 2024; 33(3): 45-77.

GÜLMEZ S. Military robots: ethics of lethal autonomous weapon systems. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Graduate School of Social Sciences, Middle East Technical University, Ancara; 2023.

HUSBANDS P. Robot ethics. In: **HUSBANDS P.** Robots: What Everyone Needs to Know. Oxford: Oxford University Press; 2021. p. 137-153.

INTIC – INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO. Inteligência Artificial: desafios e oportunidades para Moçambique. Maputo: INTIC; 2025.

INTIC – INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO. Consulta pública da proposta da Estratégia Nacional de Inteligência Artificial. Maputo: INTIC; 2026.

KNIGHT FH. Risk, uncertainty and profit. Boston: Houghton Mifflin Company; 1921.

MITTELSTADT BD, et al. The ethics of algorithms: mapping the debate. *Big Data & Society*, 2016; 3(2): 1-21.

MURPHY RR, WOODS DD. Beyond Asimov: The Three Laws of Responsible Robotics. *IEEE Intelligent Systems*, 2009; 24(4): 14-20.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. OECD AI Principles. Paris: OECD; 2024.

PESSINI L. Bioética e o desafio do transumanismo: ideologia ou utopia, ameaça ou esperança? *Revista Bioética*, 2007; 15(1): 125-143.

PIRNI A, et al. Robot care ethics between autonomy and vulnerability: coupling principles and practices in autonomous systems for care. *Frontiers in Robotics and AI*, 2021; 8. DOI: 10.3389/frobt.2021.654298.

ROBBINS S. The many meanings of meaningful human control. *AI and Ethics*, 2023. DOI: 10.1007/s43681-023-00320-6.

ROSSETTI R, ANGELUCI A. Ética algorítmica: questões e desafios éticos do avanço tecnológico da sociedade da informação. *Galáxia*, 2021; 46: 1-18.

SHARKEY N. The evitability of autonomous robot warfare. *International Review of the Red Cross*, 2012; 94(886): 787-799.

SPARROW R. Killer robots. *Journal of Applied Philosophy*, 2007; 24(1): 62-77.

TRUSILO D, BURRI T. The ethical assessment of autonomous systems in practice. *Applied Sciences*, 2021; 4(4): 749-763.

UNESCO – UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. Paris: UNESCO; 2022.

UNESCO – UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. Mozambique: Artificial Intelligence Readiness Assessment. Paris: UNESCO; 2024.