

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EDSON CAVALCANTE MACHADO

A UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ENGENHARIA CLÍNICA

CURITIBA

2024

EDSON CAVALCANTE MACHADO

A UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ENGENHARIA CLÍNICA

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de Especialização em Engenharia Clínica, do setor de Engenharia Clínica do Complexo Hospitalar de Clínica da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Renato Bocamino Doro.

CURITIBA

2024

A UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ENGENHARIA CLÍNICA

Edson Cavalcante Machado.

RESUMO

A inteligência artificial (IA) na engenharia clínica está revolucionando a administração de dispositivos médicos na saúde, aprimorando a eficiência, segurança e precisão dos diagnósticos.

A inteligência artificial possibilita a transição de estratégias convencionais de manutenção para sistemas proativos, como a manutenção preditiva, que emprega dados em tempo real para prever falhas em equipamentos. Isso permite uma priorização eficiente das tarefas de manutenção e otimização na distribuição de recursos. A IA também automatiza processos administrativos, permitindo que uma equipe clínica se concentre no atendimento ao paciente, o que é essencial em ambientes hospitalares de alta pressão.

Apesar dos progressos, a implementação da IA enfrenta desafios preocupantes à privacidade de dados e falhas tecnológicas, exigindo regulamentações para garantir a segurança do paciente e fomentar a confiança. A integração eficaz da IA exige treinamento para que os profissionais de saúde se adaptem a novos sistemas e fluxos de trabalho.

Com o progresso contínuo da inteligência artificial, sua função na engenharia clínica deve se ampliar, especialmente em medicina personalizada e monitoramento de pacientes. O avanço dessas tecnologias oferece oportunidades significativas para melhorar os serviços de saúde, promovendo a inovação na área de desenvolvimento de tecnologia médica, de gestão de equipamentos hospitalares e serviços médicos.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Engenharia Biomédica, Hospitais.

ABSTRACT

Artificial intelligence (AI) in clinical engineering is revolutionizing the management of medical devices in healthcare, improving efficiency, safety, and diagnostic accuracy. AI is enabling the transition from conventional maintenance strategies to proactive systems such as predictive maintenance, which uses real-time data to predict equipment failures. This enables efficient prioritization of maintenance tasks and optimization of resource allocation. AI also automates administrative processes, allowing clinical staff to focus on patient care, which is essential in high-pressure hospital environments.

Despite progress, AI implementation faces serious challenges in data privacy and technological gaps, requiring regulations to ensure patient safety and foster trust. Effective integration of AI requires training for healthcare professionals to adapt to new systems and workflows.

As AI continues to advance, its role in clinical engineering is set to expand, especially in personalized medicine and patient monitoring. The advancement of these technologies offers significant opportunities to improve health services, promoting

innovation in the area of medical technology development, hospital equipment management and medical services.

Keywords: Artificial Intelligence, Biomedical Engineering, Hospitals

1 INTRODUÇÃO

Qual é a definição de Engenharia Clínica?

A engenharia clínica é um ramo da engenharia biomédica focado na utilização de métodos e práticas de engenharia para aprimorar a utilização e administração de tecnologias de saúde em ambientes hospitalares, clínicos, odontológicos e laboratoriais. Este campo trata da gestão de equipamentos médicos, incluindo sua compra, instalação, uso, manutenção e a garantia de que funcionarão de forma segura e eficaz. Os engenheiros clínicos se dedicam a aprimorar a qualidade da assistência médica, garantindo que a tecnologia médica seja aplicada de maneira eficiente e segura, minimizando riscos e despesas. Frequentemente participa de decisões sobre o planejamento da infraestrutura hospitalar e na incorporação de novas tecnologias, trabalhando diretamente com as equipes médicas e administrativas do hospital. Ela também pode abranger campos como a formação de pessoal para a utilização de equipamentos de proteção e a execução.

Qual é a definição de Inteligência Artificial (IA)?

A Inteligência Artificial (IA) refere-se a sistemas ou máquinas que imitam a capacidade cognitiva humana para executar tarefas, podendo se aperfeiçoar progressivamente com base nas informações que coletamos. Ela abrange diversas tecnologias, como o aprendizado de máquina, que utiliza grandes quantidades de dados para considerar padrões e fazer escolhas. As Inteligências Artificiais são redes neurais, sistemas computacionais inspirados na estrutura cerebral humana. Essas redes executam o processamento de linguagem natural, possibilitando que as máquinas entendam e interpretem a linguagem humana. A combinação dessas características com o processamento computacional permite que as inteligências artificiais sejam capazes de interpretar e agir com base em informações, imagens e vídeos. A inteligência artificial é utilizada em uma ampla variedade de aplicações, que vão desde assistentes pessoais, como o *Siri (Apple)* ou a *Gemini (Google)*, até

sistemas complexos de análise de dados em áreas como saúde, finanças, engenharia, entre outras, melhorando a eficiência e a eficácia de procedimentos em várias áreas.

A aplicação de inteligência artificial (IA) na engenharia clínica refere-se ao uso de tecnologias de IA na administração e melhoria de equipamentos médicos em instituições de saúde. Esta integração está revolucionando o cenário da saúde para melhorar a eficácia operacional, aumentar a segurança do paciente e permitir diagnósticos mais exatos.

Este trabalho visa fornecer uma compreensão abrangente do papel da Inteligência Artificial na Engenharia Clínica, identificando os desafios e sugerindo métodos para a sua implementação eficiente nos serviços de Engenharia Clínica dentro de hospitais e sistemas de saúde.

2 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

A origem da Inteligência Artificial (IA) data dos anos 50, quando visionários como Alan Turing e John McCarthy conceberam máquinas capazes de imitar o pensamento humano. (Assunção P, 2023). Desde então, a Inteligência Artificial avançou consideravelmente, expandindo suas aplicações em diversos campos, como a engenharia clínica, onde desempenha um papel fundamental na gestão de equipamentos hospitalares. Nos primeiros anos, a Inteligência Artificial focou na solução de problemas específicos em condições limitadas. Contudo, avanços tecnológicos e teóricos fizeram dela uma ferramenta versátil, utilizada em atividades complexas como manutenção preditiva e análise de dados operacionais. De acordo com Kaul Vivek et.al. (2020), a aplicação da inteligência artificial na engenharia clínica está melhorando a otimização de procedimentos hospitalares, como a programação automática de manutenções e a automatização de processos administrativos, desta forma melhorando a eficácia e a segurança do ambiente hospitalar. Além disso, as utilizações da Inteligência Artificial no processamento de grandes volumes de dados têm mostrado eficiência na administração de ativos médicos, na antecipação de necessidades futuras e na redução de riscos ligados a falhas de equipamentos. (Ravi D et. al., 2017).

A implementação de inteligência artificial (IA) na engenharia clínica, particularmente na gestão de dispositivos médicos, representa um progresso notável na tecnologia da saúde. No início, a Engenharia Clínica administrava equipamentos

médicos por meio de um procedimento majoritariamente manual, sob a supervisão de Engenheiro clínico, com o objetivo de garantir a confiabilidade, segurança e disponibilidade dos aparelhos médicos nas instituições de saúde. O surgimento de tecnologias de Inteligência Artificial, como o aprendizado de máquina e o processamento de linguagem natural, possibilitou usos inovadores que aprimoraram a administração de equipamentos médicos, resultando em uma eficiência operacional superior. (Varnosfaderani SM et.al., 2024).

A complexidade crescente dos equipamentos médicos, impulsionada pela inovação tecnológica, levou ao crescimento dos custos de compra e da manutenção, o que estimulou a implementação de métodos mais estruturados para a administração desses dispositivos.

O surgimento da inteligência artificial no começo do século XXI começou a mudar as práticas tradicionais de engenharia clínica. A implementação da Inteligência Artificial na medicina moderna introduziu métodos inovadores de manutenção preditiva e administração de recursos, possibilitando que engenheiros clínicos melhorem os cronogramas de manutenção, diminuição dos custos e maior eficácia da equipe técnica. (Zamzam AH et.al., 2021)

A capacidade da Inteligência Artificial de analisar grandes volumes de dados de vários aparelhos médicos aumentou a confiabilidade e a eficácia das operações de saúde, permitindo uma distribuição mais eficiente de recursos e prevenindo a possibilidade de paralisação dos aparelhos. (da Silva RGL., 2024).

A Inteligência Artificial começou a ter um papel essencial no cumprimento das regulamentações e nos desafios operacionais das instituições de saúde, destacando sua relevância crescente na engenharia clínica. (Varnosfaderani SM et.al., 2024). Com o progresso no campo da saúde, a importância da inteligência artificial tem se tornado cada vez mais clara, especialmente para enfrentar os desafios apresentados em crises de saúde pública, como na pandemia da COVID-19. Esses acontecimentos destacam a importância de sistemas capazes de lidar com grandes volumes de dados dinâmicos, para desenvolver estratégias para enfrentar a progressão da doença, bem como para prestar assistência à população impactada. (Choudhury A et. al., 2020)

Esses avanços deixam evidente a capacidade de a Inteligência Artificial revolucionar a medicina atual, pois os sistemas passaram a compreender, prever e informar com base em conjuntos de dados complexos, modificando, assim, as práticas na medicina.

3 METODOLOGIA

Utilização de inteligência artificial (IA) em engenharia clínica, com ênfase na administração de equipamentos médicos. O estudo inicial abrange diversas fontes acadêmicas. Foram selecionados os artigos acadêmicos mais recentes para garantir que análises retratassem tendências e tecnologias contemporâneas. As pesquisas foram realizadas em bases de dados como PubMed, IEEE Xplore, BMC e Scopus, empregando termos estratégicos, como "inteligência artificial", "engenharia clínica", "manutenção preditiva" e "engenharia biomédica". A escolha dos artigos foi feita através de uma análise, dando prioridade a pesquisas que aplicam metodologias adequadas ao contexto clínico. Durante a pesquisa, os artigos foram avaliados quanto à sua importância para entender as tecnologias de Inteligência Artificial na engenharia clínica. As informações recolhidas foram organizadas em categorias temáticas, possibilitando uma avaliação crítica dos principais progressos na área, tais como manutenção preditiva, automação de processos administrativos e tomada de decisões. O objetivo da estrutura analítica do artigo é refletir sobre progressos tecnológicos e suas consequências na eficácia hospitalar, além de investigar os desafios éticos e de aprimoramento relacionados. Foram também analisadas as consequências práticas para profissionais de saúde e engenheiros clínicos, oferecendo uma perspectiva completa das possibilidades e obstáculos para a incorporação efetiva da Inteligência Artificial em sistemas de saúde.

4 USOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ÁREA DA SAÚDE QUE IMPACTAM DIRETAMENTE E INDIRETAMENTE O SERVIÇO DE ENGENHARIA CLINICA

4.1 SUPORTE PARA DECISÃO COM AJUDA DA IA

As inteligências artificiais (IA) são recursos que podem ser integrados diretamente nos programas dos aparelhos, otimizando seu rendimento.

As aplicações de inteligência artificial em imagens médicas ajudam os médicos a diagnosticar e tratar doenças com maior exatidão e agilidade. Os sistemas de Inteligência Artificial analisam imagens e gráficos como do Raio X, ressonância magnética e tomografia computadorizada, ultrassons, ECG, cardiotocógrafos, entre

outros, com o objetivo de detectar padrões e irregularidades. Isso permite um diagnóstico mais rápido e exato de enfermidades, contudo é uma ferramenta para suporte de decisão clínica e não diagnósticos finais. (Hunter B et. Al., 2022)

4.2 GESTÃO DE INFRAESTRUTURAS

A tecnologia de inteligência artificial pode contribuir para a administração das instalações ao aprimorar os sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC), por meio da análise de dados acumulados de sensores como termômetros e termo higrômetros. Isso leva à redução dos gastos energéticos e à preservação de um ambiente agradável para pacientes e colaboradores. (Varnosfaderani SM et.al., 2024)

4.3 ATIVIDADES ADMINISTRATIVAS AUTOMATIZADAS

A inteligência artificial também tem um papel importante na automação de atividades administrativas. Instrumentos como *chatbots* e sistemas de gestão automatizados de prontuários eletrônicos de saúde (EHR) evitam falhas na inserção de dados, aceleram o atendimento aos pacientes e melhoram o agendamento de consultas, facilitando a demanda da equipe de saúde e aumentando a eficácia operacional. (Thomas LB et. al., 2021)

Os algoritmos de inteligência artificial melhoram a otimização da distribuição de recursos em instituições hospitalares. Ao examinar grandes volumes de dados, como registros de pacientes e disponibilidade de pessoal, a Inteligência Artificial tem a capacidade de aprimorar o agendamento de cirurgias e procedimentos médicos, maximizando o uso de salas cirúrgicas, além de automatizar atividades administrativas ligadas à administração de equipamentos hospitalares (Thomas LB et.al., 2021)

4.4 USOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM ENGENHARIA CLÍNICA

As aplicações da Inteligência Artificial (IA) na engenharia clínica incluem a manutenção preditiva, preventiva e corretiva, além de análise de dados clínicos, aprimoramento o desempenho e disponibilidade dos equipamentos hospitalares. A manutenção preditiva utiliza algoritmos de Inteligência Artificial para examinar dados

em tempo real dos aparelhos, antecipando falhas e programando reparos antes que problemas graves surjam, levando a uma maior confiabilidade e durabilidade dos aparelhos (Assunção P, 2023). A Inteligência Artificial melhora a manutenção preventiva ao examinar o histórico de uso e manutenção dos equipamentos, permitindo um planejamento de instruções mais eficaz e prevenindo gastos desnecessários com manutenção corretiva. No âmbito da manutenção corretiva, a Inteligência Artificial melhora a detecção de origens complexas de defeitos e fornece sugestões curadas para consertos, acelerando o retorno dos equipamentos ao funcionamento (Rahman NHA et. al., 2023). A avaliação de dados clínicos através de inteligência artificial auxilia na tomada de decisões embasadas sobre a localização e funcionamento dos aparelhos, contribuindo para uma administração hospitalar mais eficaz e segura (Alves M, et. al., 2024).

Essas aplicações demonstram como a Inteligência Artificial pode ser um instrumento para a atualização da infraestrutura hospitalar e o aprimoramento constante dos serviços de saúde.

A inteligência artificial (IA) está na engenharia clínica, no aprimoramento da administração de equipamentos médicos e conseqüentemente melhorando o cuidado ao paciente através de várias aplicações. Esses avanços permitem às instituições de saúde melhorar a eficiência operacional, aumentar a precisão diagnóstica e fornecer resultados rápidos aos pacientes.

4.4.1 Fases De Aplicação De Sistemas De Engenharia Clinica Com IA

Estudos indicam uma série de obstáculos persistentes à aplicação da inteligência artificial em vários cenários, não sendo a área de engenharia clínica uma exceção. Eles incluem a demanda por dados de alta qualidade, a cooperação de equipe multidisciplinar e a execução de estratégias de gerenciamento de mudanças. Os estudos apontam que é crucial melhorar a qualidade e a solidez dos dados, além de formar equipes multidisciplinares com as habilidades possíveis para gerenciar implementações complexas. (Nair M et.al., 2024)

Os estudos apontam três fases cruciais na implementação da Inteligência Artificial: planejamento, implementação e manutenção do uso. A etapa de planejamento engloba ações preparatórias, a escolha do sistema de Inteligência Artificial e a análise do seu impacto potencial no cenário específico da assistência

médica. A aplicação prática da tecnologia de Inteligência Artificial é definida como etapa de implementação, enquanto a etapa de manutenção se concentra nos exercícios após a implementação para garantir o uso eficiente do sistema de IA nas tarefas diárias.

Isso destaca a importância do apoio da liderança, criando um senso de urgência e assegurando uma comunicação constante durante todo o processo de implementação da Inteligência Artificial. (Nair M et.al. 2024)

Frequentemente, estudos de casos bem-sucedidos destacam a importância da participação de agentes multidisciplinares no processo de implementação. Este envolvimento auxilia na criação de soluções de Inteligência Artificial que satisfaçam as demandas particulares de pacientes e profissionais de saúde, ao mesmo tempo que permite a realização de estudos de validação e obtenção da opinião dos usuários. São recomendados encontros regulares entre equipes clínicas, desenvolvedores e engenharia clínica para garantir que o modelo de Inteligência Artificial seja contextualizado e eficazmente incorporado à prática, fomentando um processo de aprendizado iterativo. (Nair M et.al., 2024)

A aplicação da Inteligência Artificial em cenários clínicos exige uma formação intensiva adaptada às demandas específicas do ambiente de saúde. Os líderes destacaram a importância do treinamento básico em Inteligência Artificial para a equipe inteira, além do treinamento especializado para os indivíduos diretamente envolvidos na aplicação da tecnologia. A dificuldade está em equilibrar a alocação de recursos entre iniciativas amplas de formação e programas específicos, especialmente considerando o avanço tecnológico que muitas vezes ultrapassa as metodologias de treinamento existentes.

A capacidade e a disposição para adotar novas tecnologias são essenciais para uma implementação eficaz de soluções de Inteligência Artificial em ambientes de saúde. (Varnosfaderani SM et.al., 2024)

A segurança dos sistemas de inteligência artificial é uma questão relevante. Os gestores da saúde expressaram desconfiança em relação à capacidade da Inteligência Artificial de fornecer avaliações confiáveis, principalmente devido à sua característica de "caixa preta", que esconde a lógica por trás de suas sugestões. A falta de clareza pode limitar a liberdade da equipe clínica, que pode exigir maior segurança na precisão das avaliações humanas. (Varnosfaderani SM et.al., 2024)

Além disso, uma integração bem-sucedida da Inteligência Artificial requer um banco de dados em tempo real, para gerenciar com eficiência os dados provenientes de dispositivos. A falta de eficácia na execução desses sistemas pode restringir as habilidades preditivas das tecnologias de Inteligência Artificial e reduzir sua aplicabilidade prática em ambientes hospitalares. (Zamzam AH.et.al., 2021)

Condições externas, como normas imprecisas e barreiras na comunicação de dados entre entidades, pioram a situação para a aplicação da Inteligência Artificial na engenharia clínica. É necessário ter cuidado com esses elementos externos para promover um ambiente propício à inovação e à cooperação nas instituições de saúde. (Varnosfaderani SM et.al., 2024)

4.4.2 Manutenção Preditiva Com IA

Um dos usos mais importantes da inteligência artificial na engenharia clínica é a manutenção preditiva, que envolve a supervisão e administração proativa de aparelhos médicos para evitar incidentes inesperados. Ao examinar dados passados, os sistemas de Inteligência Artificial são capazes de prever falhas em equipamentos antes de acontecerem. A manutenção preditiva, conduzida pela Inteligência Artificial, utiliza dados em tempo real e análises avançadas para detectar possíveis problemas, ordenar tarefas de manutenção de acordo com o risco e otimizar a distribuição de recursos. A Inteligência Artificial melhorou a implementação de métodos como a Manutenção Centralizada na Confiabilidade (RCM), potencializando as habilidades preditivas ao se concentrar em verificações específicas e avaliações baseadas em riscos para diminuir a chance de falhas em aparelhos. (Zamzam AH et.al., 2021)

4.4.3 Administração De Estoques Com IA

As soluções que utilizam inteligência artificial são fundamentais para uma administração eficaz do inventário hospitalar. Ao analisar os hábitos de uso e o fluxo dos pacientes, esses sistemas têm a capacidade de prever a necessidade de suprimentos médicos, medicamentos e equipamentos, garantindo a preservação dos níveis adequados de estoque. (Kelly CJ et.al., 2019). Essa administração diminui desperdícios e garante a disponibilidade de materiais necessários, evitando faltas que

possam afetar o serviço. O mesmo princípio pode ser aplicado ao inventário de peças e acessórios de engenharia clínica.

4.4.4 Eficiência Na Operação Com IA

Os sistemas de Inteligência Artificial têm a capacidade de executar diversas funções operacionais, desde a administração de estoque até a alocação de recursos. Uma análise preditiva baseada em Inteligência Artificial pode antecipar a admissão de pacientes e prever períodos de tratamento, possibilitando aos hospitais otimizar a equipe e os estoques de forma mais eficaz. Esses aprimoramentos levam à redução de custos operacionais e à otimização de recursos, combatendo as ineficiências que podem levar a perdas financeiras significativas em sistemas de saúde. (Alves M et. al., 2024)

O uso de inteligência artificial na engenharia clínica torna as decisões mais embasadas. Ao fornecer avaliações sobre o desempenho de equipamentos, taxas de uso e necessidades de manutenção, entre outros aspectos, as ferramentas de Inteligência Artificial podem disponibilizar essas informações em tempo real para engenheiros clínicos e gestores hospitalares, que podem usar essas informações para tomar decisões estratégicas que melhoram a qualidade dos serviços prestados.

Com essa ferramenta é possível detectar possibilidades de diminuição de despesas, conseqüentemente aprimoramento dos níveis de estoque, auxiliando na estabilidade financeira das instituições de saúde.

4.5 PESQUISAS DE CASO CUSTO E EFETIVIDADE

A aplicação de inteligência artificial na gestão de equipamentos hospitalares e demais recursos da saúde pode resultar em economias consideráveis de despesas, segue pesquisa que evidenciou essa assertiva.

“ Financeiramente, a ausência de ferramentas de tomada de decisão orientadas por IA em instalações de saúde pode levar a ineficiências significativas na alocação de recursos, resultando em aumento de custos operacionais. Por exemplo, um estudo publicado na *Health Affairs* estimou que as ineficiências no sistema de saúde dos EUA podem chegar a US\$ 935 bilhões anualmente, em grande parte devido a complexidades administrativas e serviços desnecessários. Esses desafios ressaltam o impacto potencial das ferramentas de IA, que podem agilizar os processos de tomada de decisão, otimizar o uso de recursos e reduzir os custos

operacionais. Apoiando esse potencial, um estudo da Accenture projeta que as aplicações de IA na saúde podem gerar até US\$ 150 bilhões em economias anuais nos EUA até 2026. ” (Alves M et. al., 2024, p. 2, tradução nossa)

4.6 DESAFIOS

Apesar dos benefícios promissores, a aplicação da Inteligência Artificial na engenharia clínica se depara com obstáculos significativos. Questões éticas ligadas à privacidade de dados e ao perigo de danos ao paciente devido a falhas na Inteligência Artificial são reflexões relevantes que precisam ser tratadas através de orientação e supervisão direcionadas. (Filho EMS et. al., 2020)

À medida que a Inteligência Artificial evolui, será indispensável superar esses obstáculos para maximizar seu efeito na instituição de saúde.

A qualidade dos dados é fundamental para a formação de algoritmos de Inteligência Artificial (IA), especialmente em cenários de engenharia clínica hospitalar, onde a exatidão e a confiabilidade das informações impactam diretamente na administração e funcionamento de equipamentos médicos. É essencial ter dados sólidos e limpos para garantir que os algoritmos de Inteligência Artificial aprendam padrões específicos para fazer previsões confiáveis, mitigando assim o perigo de falhas que possam afetar a segurança e eficácia dos sistemas hospitalares (Alves M et. al., 2024). No entanto, a coleta e o armazenamento de dados clínicos encontram obstáculos consideráveis, como a fragmentação de informações entre vários sistemas, a diversidade nas técnicas de coleta, além das questões relativas à privacidade e segurança. A combinação de informações provenientes de várias fontes, como registros eletrônicos de saúde e sensores de aparelhos, demanda soluções avançadas de interoperabilidade, que muitas vezes são intrincadas e onerosas para serem rompidas. Além disso, para garantir a proteção de dados sensíveis de acordo com Leis e normas, como a LGPD, requer uma infraestrutura de TI estruturada e uma políticas de segurança rigorosa (Dourado DA et.al., 2022). Para maximizar o uso da Inteligência Artificial na otimização de recursos hospitalares, é crucial implementar estratégias coordenadas que promovam a uniformização de formatos de dados e o reforço das redes de comunicação hospitalar.

As diversas aplicações das inteligências artificiais na engenharia clínica tem seus resultados evidenciados em estudos de caso na área. Frequentemente, esses

estudos de caso ilustram os obstáculos encontrados na execução e nas táticas empregadas para superá-los. Contudo alguns dos estudos de casos isolados podem proporcionar uma visão restrita, focando frequentemente em áreas específicas e enfatizando várias terminologias, o que complica a transferência de conhecimento entre os estudos. (Nair M et.al., 2024)

Nos próximos anos, a implementação da inteligência artificial (IA) na engenharia clínica deverá avançar, à medida que fabricantes de equipamentos deverão investir nesta tecnologia assim como os desenvolvedores de softwares de gestão hospitalar e engenharia clínica. Um dos maiores obstáculos na aplicação da Inteligência Artificial na área da saúde é a compreensão do atual contexto legal e regulatório. Atualmente o Brasil está se preparando e discutindo sobre essa regulamentação, está em andamento o Projeto de Lei 2338/23, o qual foi inspirado no *EU AI Act* da União Europeia. O projeto de Lei 2338/23, recebeu, até a data de publicação deste artigo, 148 emendas, sendo que destas foram retiradas 3 por seus autores, as 145 emendas restantes estão sendo analisadas pelo relator.

Esta regulamentação da utilização da IA na saúde é extremamente importante, pois se trata da gestão de riscos, seu impacto social na área da saúde, cybersegurança, transparência de seu funcionamento, comprovação da eficiência da IA, órgãos regulatórios da IA e gestão de dados sensíveis.

Essa regulamentação impacta diretamente no desenvolvimento destas tecnologias no Brasil, pois ela pode atrair ou afastar investidores, que fomentam a pesquisa e o desenvolvimento do seguimento no país, como por exemplo se a Lei trazer insegurança jurídica. (Pacagnella, RC, 2024)

À medida que as entidades reguladoras se adaptam ao avanço tecnológico, é possível que surjam orientações mais precisas, o que facilitará a incorporação mais eficiente de ferramentas de Inteligência Artificial na administração de equipamentos hospitalares.

4.7 LEVANTAMENTOS ÉTICOS E TRANSPARENTES

Com a expansão das tecnologias de Inteligência Artificial na área da saúde, a ética e a transparência serão essenciais para sua implementação. A falta de clareza nas reformas institucionais relacionadas à Inteligência Artificial pode prejudicar a confiança e a aceitação pública, logo se existir um diálogo franco sobre essas

mudanças tecnológicas, poderá se estimular o suporte social, reduzindo e reações negativas às novas tecnologias. (da Silva, RGL, 2024)

4.8 PARCERIAS GLOBAIS E INDEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA

A cooperação entre investidores e sistemas de saúde pode fomentar a troca de conhecimentos e recursos essenciais para a incorporação efetiva da Inteligência Artificial em estudos e pesquisas no campo da saúde. As economias emergentes, especialmente a do Sul Global, lidam com desafios únicos que exigem estratégias personalizadas para o desenvolvimento de tecnológica. (da Silva, RGL, 2024)

“Devido aos custos impeditivos, às elevadas taxas de insucesso e à resistência a tecnologias disruptivas, as iniciativas melhoradas pela IA podem exigir investimento governamental sustentado até que os riscos sejam suficientemente reduzidos para suscitar a colaboração e o investimento do setor privado. ” (da Silva, RGL 2024, p.10, tradução nossa)

A ideia de soberania tecnológica centra-se na importância de os estados adquirirem e desenvolverem tecnologias fundamentais de forma independente, evitando a dependência de outras entidades e incentivando a inovação local.

4.9 PROJEÇÕES DO AVANÇO DA IA NA SAÚDE NO FUTURO

A aplicação da inteligência artificial na área da saúde é ampla, indo desde diagnósticos até planejamento de tratamento e funções administrativas. À medida que as organizações melhoram suas competências na criação, o potencial dos sistemas de Inteligência Artificial se torna mais claro para aprimorar decisões clínicas e a distribuição de recursos. (Petersson L et.al., 2023)

As perspectivas futuras sugerem que uma Inteligência Artificial deixará de ser apenas um instrumento experimental para se tornar um componente crucial nos processos clínicos, apoiada por avanços constantes na melhoria de algoritmos e na criação de sistemas de experimentação autônoma (AE), como o utilizado pela empresa de biotecnologia *Insilico Medicine* na criação da droga INS018_055 para tratar fibrose pulmonar idiopática. Esses sistemas de inteligência artificial, que operam de forma autônoma para conduzir experimentos e avaliar os resultados, estão

aptos a revolucionar a pesquisa biomédica e a inovação clínica, impulsionando a descoberta de novos medicamentos e iniciativas de medicina personalizada. (da Silva RGL et. al., 2024)

A habilidade da Inteligência Artificial de examinar rapidamente grandes volumes de dados somado ao fato que cada vez mais são gerados dados de qualidade, permitirá que a IA possa realizar diagnóstico mais preciso e até criar planos de tratamento personalizados. (Choudhury, A. et. al., 2020)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A incorporação da inteligência artificial (IA) na engenharia clínica tem mostrado um potencial inovador na gestão de equipamentos médicos, elevando a eficácia operacional e contribuindo de maneira significativa para aprimorar a segurança do paciente e a exatidão dos diagnósticos. Apesar de ter habilidades avançadas, a Inteligência Artificial é vista como um recurso auxiliar, não como uma alternativa ao julgamento humano. A integração da Inteligência Artificial em processos decisórios promove um ambiente de colaboração, possibilitando que os administradores façam escolhas baseadas em dados e vivências humanas, garantindo uma gestão hospitalar mais refinada.

Esta interação entre tecnologia e experiência humana é crucial para lidar com as complexidades das operações de saúde contemporâneas e garantir que o cuidado ao paciente continue sendo o foco principal.

As ferramentas de IA ao automatizar processos possibilitam uma implementação de manutenções preditivas baseadas em dados dos equipamentos, dessa forma as manutenções se mostram mais assertivas, diminuindo o tempo de inatividade dos equipamentos e aprimoradas a alocação de recursos. Entretanto, a implementação dessas tecnologias não é isenta de desafios. As questões de privacidade de dados e a necessidade de um treinamento abrangente para profissionais de saúde apresentam barreiras específicas que exigem atenção por meio de regulamentações, ajustes e estratégias de implementação meticulosamente planejadas. Com a evolução da IA, prevê-se sua ampliação nas áreas de medicina personalizada, monitoramento de pacientes e aumento na autonomia da IA em analisar problemas e obter soluções assim como realizar pesquisas principalmente na área farmacêutica, gerando oportunidades inovadoras para a melhoria dos serviços

de saúde, além de serem utilizadas para ajudar a traçar estratégias de saúde pública principalmente em casos emergenciais. Para melhorar seu impacto positivo, é essencial que o desenvolvimento e a implementação de IA na engenharia clínica sejam acompanhados por um compromisso com práticas éticas e transparentes, bem como por políticas que promovam uma inovação responsável. Persistem, portanto, perspectivas auspiciosas para uma integração mais profunda da inteligência artificial, com o potencial de reconfigurar o futuro da assistência médica e estabelecer novos paradigmas na gestão de recursos em saúde.

Ao automatizar processos, as ferramentas de Inteligência Artificial permitem a execução de manutenções preditivas fundamentadas em dados dos equipamentos. Assim, as manutenções se tornam mais precisas, reduzindo o tempo de inatividade dos aparelhos e otimizando a distribuição de recursos. No entanto, a aplicação dessas tecnologias não está livre de obstáculos. A proteção de dados e a exigência de um treinamento completo para profissionais de saúde são obstáculos que exigem cuidado por meio de regulamentações adequadas e estratégias de implementação cuidadosamente planejadas. Com o progresso da Inteligência Artificial, espera-se um crescimento em campos como a medicina personalizada e o monitoramento contínuo de pacientes mesmo fora de instituições de saúde. Isso abre possibilidades inovadoras para aprimorar os serviços de saúde, além de ser empregado para auxiliar na elaboração de estratégias de saúde pública, especialmente em situações de emergência. Para potencializar seu efeito benéfico, é crucial que o desenvolvimento e a aplicação da IA na engenharia clínica estejam alinhados com um compromisso com práticas éticas e transparentes, além de políticas que incentivem uma inovação consciente. Portanto, permanecem perspectivas promissoras para uma incorporação mais aprofundada da inteligência artificial, com a capacidade de transformar o futuro da assistência médica e criar novos padrões na administração de recursos de saúde.

REFERÊNCIAS

- Hunter, B.; Hindocha, S.; Lee, RW **O papel da inteligência artificial no diagnóstico precoce do câncer.** *Cancers* , 14, 1524, 2022. <https://doi.org/10.3390/cancers14061524>. Acesso em 01 dez. 2024.
- Maleki Varnosfaderani, S.; Forouzanfar, M. **O papel da IA em hospitais e clínicas: transformando a assistência médica no século XXI.** *Bioengenharia* , 11, 337, 2024. <https://doi.org/10.3390/bioengineering11040337>. Acesso em 01 dez. 2024.
- Alowais, SA, Alghamdi, SS, Alsuhebany, N. et al. **Revolucionando a assistência médica: o papel da inteligência artificial na prática clínica.** *BMC Med Educ* 23, 689, 2023. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04698-z>. Acesso em 01 dez. 2024.
- Rahman, N., Hasikin, K., Razak, N., Al-Ani, A., Anni, J., & Mohandas, P. **Previsões de falhas de dispositivos médicos por meio de análise orientada por IA de registros de manutenção multimodal.** *IEEE Access*,11, 93160-93179, 2023. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3309671>. Acesso em 01 dez. 2024.
- Alves, M., Seringa, J., Silvestre, T. et al. **Uso de ferramentas de Inteligência Artificial no apoio à tomada de decisão na gestão hospitalar.** *BMC Health Serv Res* 24, 1282, 2024. <https://doi.org/10.1186/s12913-024-11602-y>. Acesso em 01 dez. 2024.
- Kelly, CJ, Karthikesalingam, A., Suleyman, M. et al. **Principais desafios para fornecer impacto clínico com inteligência artificial.** *BMC Med* 17, 195, 2019. <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1426-2>. Acesso em 01 dez. 2024.
- Nair M, Svedberg P, Larsson I, Nygren JM. **Uma visão geral abrangente das barreiras e estratégias para implementação de IA na área da saúde: Design de método misto.** *PLoS ONE* 19(8): e0305949, 2024. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.030594>. Acesso em 01 dez. 2024.
- Dourado DA, Aith FMA. **A regulação da inteligência artificial na saúde no Brasil começa com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais.** *Rev Saude Publica* 56, 80, 2022. <https://doi.org/10.11606/s15188787.2022056004461>. Acesso em 01 dez. 2024.
- Pacagnella RC. **Desafios Legislativos E Impactos No Avanço Tecnológico No Brasil.** Simpósio Inteligência Artificial Na Saúde. Rio De Janeiro, 05 de setembro de 2024. ANM - Academia Nacional de Medicina. <https://www.anm.org.br/simposio-inteligencia-artificial-na-saude-desafios-legislativos-e-impactos-no-avanco-tecnologico-no-brasil-rio-de-janeiro-05-de-setembro-de-2024-1a-parte>. Acesso em 01 dez. 2024.
- Petersson, L., Larsson, I., Nygren, JM et al. **Desafios para implementar inteligência artificial na área da saúde.** Um estudo de entrevista qualitativa com líderes da área da saúde na Suécia. *BMC Health Serv Res* 22 , 850, 2022. <https://doi.org/10.1186/s12913-022-08215-8>. Acesso em 01 dez. 2024.
- Silva, RGL. **O avanço da inteligência artificial na pesquisa biomédica e inovação em saúde: desafios e oportunidades em economias emergentes.** *Global Health* 20, 44, 2024. <https://doi.org/10.1186/s12992-024-01049-5>. Acesso em 01 dez. 2024.
- Choudhury A , Asan O. **Papel da inteligência artificial nos resultados de segurança do paciente: revisão sistemática da literatura.** *JMIR Med Inform* 8(7):e18599, 2020. <https://doi: 10.2196/18599>. Acesso em 01 dez. 2024.
- Assunção, Paula. **Utilização da inteligência artificial no aprimoramento da predição de manutenção em equipamentos médico-hospitalares.** Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Engenharia Biomédica). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2024. Acesso em 01 dez. 2024.

Kaul, Vivek et. al. **História da inteligência artificial na medicina**. *Gastrointestinal Endoscopy*. Ed. 4, 807– 812, volume 92, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.gie.2020.06.040>. Acesso em 01 dez. 2024.

D. Ravi et. al. **Aprendizado profundo para informática em saúde**, *IEEE J Biomed Informação de Saúde* vol. 21, no. 1, pp. 4-21, Jan. 2017, doi:10.1109/JBHI.2016.2636665. Acesso em 01 dez. 2024.

Souza Filho, Erito Marques de; Fernandes, Fernando de Amorim; Pereira, Nikolas Cunha de Assis; Mesquita, Claudio Tinoco; Gismondi, Ronaldo Altenburg. **Ética, Inteligência Artificial e Cardiologia**. *Arq. Bras. Cardiol.*, v. 115, n. 3, p. 579-583, set. 2020. <https://abccardiol.org/article/etica-inteligencia-artificial-e-cardiologia/>. Acesso em 01 dez. 2024.

Zamzam AH, Al-Ani AKI, Wahab AKA, Lai KW, Satapathy SC, Khalil A, Azizan MM and Hasikin K. **Avaliação de Priorização e Sistema Preditivo Robusto para Equipamentos Médicos: Uma Gestão de Manutenção Estratégica Abrangente**. *Fronteiras em Saúde Pública* Volume 9, 782203. 2021. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.782203>. Acesso em 01 dez. 2024.

Thomas LB, Mastorides SM, Viswanadhan NA, Jakey CE, Borkowski AA. **Inteligência Artificial: Revisão das Aplicações Atuais e Futuras na Medicina**. *Praticante Federal*. 38(11):527-538. 2021. <https://www.mdedge.com/fedprac/article/248362/mixed-topics/artificial-intelligence-review-current-and-future-applications>. Acesso em 01 dez. 2024.

BRASIL. **Projeto de Lei nº 2338, de 2023**. Regulamentação da utilização da inteligência artificial na Saúde. Senado Federal do Brasil. <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/157233>. Acesso em 01 dez. 2024.