PESQUISAS E AÇÕES EM
SAÚDE PÚBLICA
EDIÇÃO XIX

Capítulo 8

TECNOLOGIA E SAÚDE: ESTRATÉGIAS INOVADORAS PARA O CONTROLE DE INFECÇÕES HOSPITALARES

TAMARA BATISTA THOMAZ DE AQUINO[1]
VITOR SOARES PIRES[1]
MAYLENA SOARES GOMES[1]
MATHEUS LUNKES[1]
LUIZA DIEGUEZ PIBER[1]
JOANA GHELLER BOEIRA[1]
CLAIANE VITÓRIA TEZA[1]
BRUNA MINVIELLE DO AMARAL[1]
JÉSSICA IRIS CAVALCANTE DE ANDRADE[1]
MARIANA CRISTINA RIBEIRO[1]
MARIANA RACHE ZAMIN[1]
GIANINE RÔA GIANNI[1]
VITÓRIA CHIES COLASSIOL[1]
JEANNE LOUISE FERNANDES JESUS[2]

[1]Discente – Escola de Medicina da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
[2]Discente – Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Palavras-Chave: *Tecnologia; Saúde; Infecção Hospitalar.*

DOI 10.59290/978-65-6029-181-2.8

EDITORA PASTEUR

INTRODUÇÃO

As infecções associadas à assistência à saúde (IACS) afetam milhões de pacientes globalmente a cada ano, representando um desafio significativo e persistente para os sistemas de saúde em todo o mundo. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 1,7 milhão de pacientes são impactados por IACS nos Estados Unidos, enquanto aproximadamente 4 milhões são afetados anualmente na Europa, demonstrando a abrangência e gravidade desse problema (ARNS *et al*., 2023). Esse impacto é ainda mais pronunciado em países de baixa e média renda, onde a carga epidemiológica é maior em comparação com nações de alta renda, devido às limitações em infraestrutura, recursos e acesso a cuidados de saúde de qualidade. A Prevalência das IACS nesses países pode ser de 2 a 3 vezes superior à observada em regiões mais desenvolvidas (ARNS *et al*., 2023).

As IACS não só aumentam a mortalidade e contribuem para a resistência antimicrobiana, como também elevam substancialmente os custos hospitalares, comprometendo a qualidade e a eficiência dos cuidados prestados (ARNS *et al*., 2023). A resistência bacteriana, atualmente considerada uma das dez maiores ameaças globais à saúde pública, afeta diretamente pacientes e sistemas de saúde em múltiplos níveis — pessoal, profissional e social (DEDIU *et al*., 2023). Bactérias resistentes aos antibióticos comumente utilizados, somadas aos efeitos adversos associados ao uso de tratamentos de segunda e terceira linha, são problemas crescentes, especialmente em infecções hospitalares, que frequentemente se tornam difíceis de tratar. A disseminação de microrganismos resistentes, associada à utilização inadequada de antimicrobianos amplia o risco de surtos, além de sobrecarregar as equipes hospitalares, os recursos disponíveis e os esforços de controle das IACS (DEDIU *et al*., 2023).

Diante desse cenário alarmante, o uso de tecnologias digitais inovadoras, como inteligência artificial (IA) e aprendizado de má-quina (ML), emerge como uma solução pro-missora e poderosa para enfrentar os desafios impostos pelas IACS (ARZILLI *et al*., 2024). Essas tecnologias têm o potencial de trans-formar radicalmente como as infecções são monitoradas e gerenciadas, aumentando a eficiência da vigilância epidemiológica, aprimorando a resposta a surtos e auxiliando de maneira decisiva na tomada de decisões clínicas (ARZILLI *et al*., 20 24).

Já que as ferramentas digitais são muitas vezes capazes de identificar padrões complexos que passariam despercebidos pelos métodos tradicionais de vigilância (ARZILLI *et al*., 2024). Em contextos onde há escassez de profissionais e recursos laboratoriais, o uso de IA para automação de tarefas complexas, como a análise de amostras e interpretação visu-al de exames, oferece uma vantagem significativa, otimizando o fluxo de trabalho e aumentando a precisão diagnóstica (BUKET B-ADDAL *et al*, 2024). Além disso, a IA possibilita a previsão de surtos de infecções em hospitais e unidades de terapia intensiva (U-TIs), promovendo uma resposta mais rápi-da e eficaz por parte das equipes de saúde, o que é essencial para mitigar a disseminação e os impactos das infecções (BUKET BADDAL; *et al*, 2024). Programas de prevenção e controle de infecções (IPC) são essenciais para conter a resistência antimicrobiana e reduzir a incidência de IACS em diferentes contextos hospitalares e comunitários. No entanto, a falta de infraestrutura adequada para desenvolver e implementar esses programas é um desafio significativo, particularmente em regiões com menos recursos disponíveis (ARNS *et al*., 2023). A

OMS, através do IPC Assessment Framework (IPCAF), tem forneci-do diretrizes para auxiliar na avaliação e moni-toramento contínuo das práticas de prevenção e controle de infecções, propondo estratégias que envolvem desde a educação e treinamento até a vigilância ativa e auditoria de práticas (ARNS *et al*., 2023). No entanto, a plena implementação dessas diretrizes em países com recursos limitados ainda enfrenta obstáculos consideráveis (PIAGGIO *et al*., 2023). Assim, a integração da inteligência artificial surge como uma abordagem estratégica e inovadora, oferecendo suporte baseado em evidências para fortalecer os sistemas de saúde em nível nacional e global. Por meio do uso dessas tecnologias, é possível melhorar a prevenção, a detecção precoce e o controle das IACS, garantindo um ambiente hospitalar mais seguro e uma resposta mais eficiente aos desafios impostos pela resistência bacteriana. Este artigo tem como objetivo explorar o impacto das inovações tecnológicas, com ênfase na inteligência artificial e aprendizado de máquina, na prevenção e controle das infecções associadas à assistência à saúde.

Esses avanços, se aplicados de forma eficaz, podem não apenas reduzir as taxas de IACS, mas também contribuir para uma melhor preparação e resposta a futuras ameaças globais à saúde pública, como pandemias, promovendo um ambiente hospitalar mais seguro e resiliente (PIAGGIO *et al*., 2023).

MÉTODO

A revisão de literatura foi conduzida em setembro de 2024, utilizando a base de dados PubMed. Os descritores utilizados foram “artificial intelligence”, “machine learning ” e “cross infection”, bem como seus sinônimos e acrônimos. A pesquisa incluiu estudos publicados em inglês e português, entre 2020 e 2024, disponíveis na íntegra. Foram aplicados critérios de inclusão e exclusão específicos: artigos que abordavam diretamente as temáticas de inovação tecnológica e controle de infecções hospitalares, com ênfase em intervenções tecnológicas, dispositivos médicos, inteligência artificial e outras ferramentas inovadoras no ambiente hospitalar, foram incluídos. Artigos duplicados, que não abordavam diretamente as temáticas propostas ou que estavam incompletos foram excluídos. No total, 8 artigos foram considerados elegíveis e submetidos a uma leitura completa e análise detalhada para extração de dados relevantes. Os achados foram apresentados de maneira descritiva, explorando a eficácia e a aplicabilidade prática das inovações tecnológicas no controle de infecções hospitalares, bem como as limitações e desafios identificados na literatura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo revelam de maneira clara e detalhada o impacto substancial que as inovações tecnológicas têm exercido sobre o controle de infecções em ambientes hospitalares. As tecnologias emergentes e as ferramentas digitais, quando implementa-das de forma eficaz, têm demonstrado uma capacidade notável de transformar práticas tradicionais de prevenção e monitoramento de infecções.

Programas de Prevenção e Controle de Infecções nos Hospitais Brasileiros

A análise de 53 hospitais brasileiros revelou que 98% das instituições possuem programas estruturados de prevenção e controle de infecções (PCI), demonstrando um compromisso robusto com a segurança do paciente. Notavelmente, 100% desses hospitais implementaram protocolos específicos para infecções graves, como pneumonia associada à ventilação mecânica, infecções da corrente san-

guínea e infecções do sítio cirúrgico, refletindo um alinhamento rigoroso com as melhores práticas internacionais. Além disso, a maioria dos hospitais também adotou diretrizes para higiene das mãos e gerenciamento de resíduos médicos, o que fortalece a infraestrutura de con-trole de infecções (ARNS *et al*., 2023).

Avanços da Inteligência Artificial na Vigilância Epidemiológica

A adoção crescente de Inteligência Artificial (IA) na vigilância epidemiológica foi destacada como um avanço crucial. Em estudos revisados, a IA apresentou uma sensibilidade de 92,1% na detecção precoce de surtos infecciosos, como a COVID-19, superando métodos convencionais em termos de agilidade e precisão (BUKET BADDAL *et al*, 2024). Por exemplo, a utilização de algoritmos de aprendizado de máquina para detectar surtos a partir de sequências de genoma completo identificou infecções que os métodos tradicionais não conseguiram reconhecer, evidenciando a capacidade dessas ferramentas de fornecer respostas mais rápidas e precisas, mesmo em cenários com limitações de recursos (ARZILLI *et al*., 2024).

Tecnologias Móveis no Diagnóstico de Infecções do Sítio Cirúrgico

Tecnologias baseadas em dispositivos móveis, como o uso de smartphones para capturar imagens de feridas cirúrgicas, mostraram-se eficazes no aumento da probabilidade de diagnóstico de infecções do sítio cirúrgico (SSI) no período pós-operatório, apesar de não terem reduzido o tempo absoluto para o diagnóstico (ARZILLI *et al*., 2024). Isso sugere que a implementação de tecnologias digitais, mesmo que de forma assistida, contribui para um monitoramento mais detalhado e eficiente.

Nanotecnologia no Tratamento Antimicrobiano

Na área de terapia antimicrobiana, o uso de nanotecnologia para aumentar a eficácia dos tratamentos e reduzir riscos tem mostrado resultados promissores. O desenvolvimento de agentes antimicrobianos fototérmicos, utilizando nanopartículas com absorção na região NIR (infravermelho próximo) para converter luz em calor, demonstrou potencial na eliminação de microrganismos e espécies reativas de oxigênio. Esses agentes têm aplicações potenciais em biofilmes antibacterianos e terapias sinérgicas, combinando múltiplos mecanismos para encurtar o tempo de ação e melhorar a eficácia bactericida. No entanto, os estudos ressaltam a necessidade de padronização de parâmetros e ajustes para garantir viabilidade e segurança clínica, considerando a relação custoeficácia e a facilidade de uso (DEDIU *et al.*, 2023).

Dispositivos Eletrônicos no Monitoramento da Higiene das Mãos

Os resultados também apontaram para a eficácia do uso de dispositivos eletrônicos e algoritmos de aprendizado de máquina no monitoramento da higiene das mãos (SINGH *et al*., 2020), com os dispositivos resultando em um aumento de até 140% nas auditorias de conformidade (DURANT *et al*., 2023). Esses dispositivos, que oferecem dados em tempo real e feedback imediato, promoveram uma conscientização mais ativa entre os profissionais de saúde, levando a um aumento na adesão a essa prática fundamental de controle de infecções (ZHANG *et al*., 2022). Adicionalmente, a automação de processos diagnósticos, como a análise automatizada de amostras clínicas, demonstrou potencial ao aumentar a precisão diagnóstica e liberar profissionais para atividades que exigem julgamento clínico mais complexo (BUKET BADDAL *et al*, 2024).

Tecnologias de Desinfecção Ambiental e Monitoramento de Clusters

Estudos analisados revelaram que tecnologias aplicadas ao PCI, como os sistemas Biovigil e Sanibit, foram eficazes na redução de infecções associadas a cateteres, destacando seu papel no aprimoramento da segurança hospitalar (PIAGGIO *et al*., 2023). Dispositivos de desinfecção ambiental, como robôs utilizados durante a pandemia de COVID-19, também foram implementados com sucesso, demonstrando melhorias na desinfecção de ambientes e, consequentemente, na redução de infecções nosocomiais. Além disso, sistemas automatizados para detecção de clusters de infecção, como CLAR & WHONET-SaTScan, foram efetivos na identificação e controle de surtos, enquanto tecnologias para controle da qualidade do ar, utilizando sistemas de inferência fuzzy em salas cirúrgicas, contribuíram para a criação de ambientes mais seguros para pacientes e profissionais (PIAGGIO *et al*., 2023).

Sistemas Baseados em IA para Uso de Equipamentos de Proteção Individual

No uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), um sistema baseado em IA foi desenvolvido para monitorar e validar a colocação e retirada de EPIs com feedback em tempo real, minimizando vieses e garantindo que as práticas fossem seguidas de forma precisa. Esse tipo de intervenção tecnológica é fundamental para garantir a proteção dos profissionais de saúde e a eficácia das medidas de controle de infecção (PIAGGIO *et al*., 2023).

Esses achados demonstram que a sinergia entre tecnologia e práticas de controle de infecções tem o potencial de transformar os ambientes hospitalares, melhorando tanto a prevenção quanto a eficiência do sistema de saúde. No entanto, os estudos ressaltam que a "divisão digital" ainda é uma barreira a ser superada, especialmente em populações vulneráveis e regiões com menor acesso a tecnologias avançadas. Para maximizar o impacto dessas inovações, é essencial que haja integração contínua e capacitação dos profissionais, garantindo aceitação e uso eficaz dessas ferramentas no cotidiano hospitalar. A implementação e o sucesso dessas tecnologias dependem, em última análise, de uma colaboração interdisciplinar e liderança estratégica para promover a adesão e o uso seguro e eficaz desses avanços no controle de infecções.

CONCLUSÃO

As inovações tecnológicas emergem como aliadas essenciais no combate às infecções associadas à assistência à saúde, proporcionando soluções eficazes que não apenas melhoram a vigilância e o controle dessas infecções, mas também aprimoram as práticas hospitalares de maneira integrada e sustentável. A implementação de aplicativos móveis e sistemas automatizados para monitoramento da higiene das mãos, por exemplo, demonstrou um aumento significativo nas auditorias de conformidade, evidenciando que essas ferramentas não apenas otimizam práticas cruciais para a segurança do paciente, mas também promovem uma cultura de responsabilidade e conscientização contínua entre os profissionais de saúde. Esses recursos tecnológicos facilitam o acompanhamento em tempo real e fornecem dados precisos, permitindo intervenções rápidas e direcionadas para corrigir falhas e aprimorar a adesão às práticas recomendadas.

Adicionalmente, a nanotecnologia se destaca como uma alternativa promissora no tratamento de infecções resistentes, oferecendo novas opções terapêuticas que podem superar as limitações dos antibióticos tradicionais. Essas tecnologias inovadoras, como nanopartículas com ação antimicrobiana, representam um avanço significativo na luta contra patógenos

multirresistentes, abrindo caminho para terapias mais eficazes e com menos efeitos colaterais.

Robôs de limpeza e sistemas automatizados de detecção de surtos também reforçam a sinergia entre tecnologia e práticas de controle de infecções, transformando os ambientes hospitalares em locais mais seguros e eficientes, reduzindo a carga de trabalho manual e minimizando riscos de contaminação cruzada. Entretanto, para que essas inovações alcancem seu pleno potencial e sejam verdadeiramente eficazes, é fundamental a capacitação contínua dos profissionais de saúde e a promoção da aceitação dessas novas ferramentas no cotidiano hospitalar.

O engajamento ativo dos trabalhadores na implementação das tecnologias, por meio de treinamentos e programas de sensibilização, é crucial para garantir sua eficácia e relevância a longo prazo. À medida que avançamos nesse cenário em constante evolução, a colaboração entre tecnologia e práticas de controle de infecções se revela como uma estratégia poderosa para enfrentar os desafios futuros na assistência à saúde, potencializando não apenas a segurança do paciente, mas também a eficiência e a qualidade dos sistemas de saúde, com impactos positivos na sustentabilidade e na gestão hospitalar como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNS, B. *et al*. Evaluation of the characteristics of infection prevention and control programs and infection control committees in Brazilian hospitals: A countrywide cross-sectional study. v. 3, n. 1, 1 jan. 2023. doi:10.1017/ash.2023.136

ARZILLI, G. *et al*. Innovative Techniques for Infection Control and Surveillance in Hospital Settings and Long-Term Care Facilities: A Scoping Review. Antibiotics, v. 13, n. 1, p. 77, 1 jan. 2024. doi: 10.3390/antibiotics13010077.

BUKET BADDAL; TANER, F.; DILBER UZUN OZSAHIN. Harnessing of Artificial Intelligence for the Diagnosis and Prevention of Hospital-Acquired Infections: A Systematic Review. Diagnostics, v. 14, n. 5, p. 484–484, 23 fev. 2024. doi: 10.3390/diagnostics14050484.

DEDIU, V. *et al*. Trends in Photothermal Nanostructures for Antimicrobial Applications. International Journal of Molecular Sciences, v. 24, n. 11, p. 9375–9375, 27 maio 2023. doi: 10.3390/ijms24119375.

DURANT, D. J. *et al*. A Free Mobile Application Improves the Efficiency of Hand Hygiene Observation Collection: Experiences at a Pediatric Hospital in South Texas. The Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety, v. 49, n. 2, p. 111–119, fev. 2023. doi: 10.1016/j.jcjq.2022.11.006.

PIAGGIO, D. *et al*. The use of Smart Environments and Robots for Infection Prevention Control: a systematic literature review. American Journal of Infection Control, mar. 2023. doi: 10.1016/j.ajic.2023.03.005.

SINGH, A. *et al*. Automatic detection of hand hygiene using computer vision technology. Journal of the American Medical Informatics Association, v. 27, n. 8, p. 1316–1320, 26 jul. 2020. doi: 10.1093/jamia/ocaa115.

ZHANG, Y. *et al*. Effects of the Implementation of Intelligent Technology for Hand Hygiene in Hospitals: A Systematic Review and Meta-analysis (Preprint). Journal of Medical Internet Research, 12 fev. 2022. doi: 10.2196/37249.