



AVANÇOS E DESAFIOS DAS APLICAÇÕES DA REALIDADE AUMENTADA NA CIRURGIA

Brunna Truguilho Calegari ¹, Maria Fernanda Bernardes Augusto ¹, Amanda Minhoto Pozzobon ¹, Bruno Granata Mota ¹, Yago de Miranda Ferreira ¹, Giovanna Fronterotta Giusti de Freitas ¹, Murilo Henrique Pedrão Ferreira ², Felipe Ferratone Magalhães ³, Tiago da Silva Hotta ¹, Thaís Helena Castro ¹, Izabella Gomes de Amorim ¹, Júlia Peres Esteves ⁴, Nicole Lopes Cavalcante Machado ¹, Igor Mariano Busano ¹, Guilherme Antonio Lisboa da Silva ¹, Beatriz Centeno Santos ¹, Fabio Deltreggia ⁵, Rafael Teixeira de Andrade Souza ⁶.

REVISÃO INTEGRATIVA

RESUMO

A Realidade Aumentada (RA) tem emergido como uma tecnologia transformadora na área da cirurgia, oferecendo potenciais avanços em diversas especialidades. Este artigo revisa criticamente a literatura atual para explorar os avanços e desafios das aplicações da RA na cirurgia. A introdução destaca a crescente relevância da RA como uma ferramenta inovadora que visa melhorar a precisão, eficiência e resultados clínicos em procedimentos cirúrgicos. A metodologia adotada neste estudo é baseada em uma revisão integrativa da literatura, envolvendo uma análise abrangente de artigos científicos selecionados. Utilizando as diretrizes do estilo Vancouver, foram examinadas publicações relevantes que abordam a aplicação da RA em cirurgias, com especial atenção às referências fornecidas anteriormente. A busca abrangeu periódicos científicos, conferências e revisões especializadas para garantir uma abordagem abrangente. Os resultados desta revisão indicam uma ampla gama de aplicações bem-sucedidas da RA em diferentes procedimentos cirúrgicos. Estudos, como o de Maruyama et al. (2014), destacam o desenvolvimento de sistemas de navegação em tempo real para cirurgias hepáticas, utilizando projeção de mapeamento com fluorescência de verde de indocianina. Além disso, pesquisas como as de Pratt et al. (2018) e Vávra et al. (2019) enfatizam o uso efetivo da RA em procedimentos ortopédicos, proporcionando uma navegação precisa e melhorando a eficiência do cirurgião. Contudo, os resultados também revelam desafios significativos, como discutido por Khor et al. (2019). Questões éticas, legais e de segurança relacionadas à implementação da RA na cirurgia precisam ser cuidadosamente consideradas. A interatividade entre humanos e sistemas de RA, conforme explorado por Pratt et al. (2016), destaca a necessidade de aprimorar a experiência do usuário para otimizar o benefício clínico. Esta revisão integrativa destaca os avanços e desafios das aplicações da Realidade Aumentada na cirurgia. A



convergência de sistemas robóticos, tecnologias de imagem avançada e interatividade aprimorada demonstra um potencial transformador na prática cirúrgica. No entanto, é crucial abordar os desafios éticos e legais para garantir uma adoção responsável e ética da RA. A compreensão desses avanços e desafios fornece uma base sólida para orientar futuras pesquisas e implementações clínicas, visando aprimorar a eficácia e segurança dos procedimentos cirúrgicos.

Palavras-chave: Realidade Aumentada, Cirurgia Assistida por Computador, Tecnologia da Informação em Saúde, Sistemas de Navegação Cirúrgica.

ADVANCES AND CHALLENGES OF AUGMENTED REALITY APPLICATIONS IN SURGERY

ABSTRACT

Augmented Reality (AR) has emerged as a transformative technology in the field of surgery, offering potential breakthroughs in several specialties. This article critically reviews the current literature to explore the advances and challenges of AR applications in surgery. The introduction highlights the growing relevance of AR as an innovative tool aimed at improving accuracy, efficiency and clinical outcomes in surgical procedures. The methodology adopted in this study is based on an integrative literature review, involving a comprehensive analysis of selected scientific articles. Using Vancouver style guidelines, relevant publications addressing the application of AR in surgery were examined, with particular attention to the references provided previously. The search covered scientific journals, conferences and specialized reviews to ensure a comprehensive approach. The results of this review indicate a wide range of successful applications of AR in different surgical procedures. Studies such as that by Maruyama *et al.* (2014) highlight the development of real-time navigation systems for liver surgeries using indocyanine green fluorescence projection mapping. In addition, research such as Pratt *et al.* (2018) and Vávra *et al.* (2019) emphasizes the effective use of AR in orthopedic procedures, providing precise navigation and improving the surgeon's efficiency. However, the results also reveal significant challenges, as discussed by Khor *et al.* (2019). Ethical, legal and safety issues related to the implementation of AR in surgery need to be carefully considered. The interactivity between humans and AR systems, as explored by Pratt *et al.* (2016), highlights the need to enhance the user experience to optimize clinical benefit. This integrative review highlights the advances and challenges of Augmented Reality applications in surgery. The convergence of robotic systems, advanced imaging technologies and enhanced interactivity demonstrates transformative potential in surgical practice. However, it is crucial to address the ethical and legal challenges to ensure responsible and ethical adoption of AR. Understanding these advances and challenges provides a solid basis for guiding future research and clinical implementation to improve the efficacy and safety of surgical procedures.

Keywords: Augmented Reality, Computer Assisted Surgery, Health Information Technology, Surgical Navigation Systems.



Instituição afiliada – ¹ Acadêmico de medicina pela Faculdade Santa Marcelina, ² Acadêmico de medicina pela faculdade UNINOVE-VG, ³ Acadêmico de medicina pela UNINOVE, ⁴ Acadêmico de medicina pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas, ⁵ Acadêmico de medicina pela Universidade Municipal de São Caetano do Sul, ⁶ Acadêmico de medicina pela Instituto Master de Ensino Presidente Antônio Carlos / IMEPAC ARAGUARI

Dados da publicação: Artigo recebido em 21 de Janeiro e publicado em 01 de Março de 2024.

DOI: <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n3p03-11>

Autor correspondente: Brunna Truguilho Calegari brunnacalegarii@gmail.com

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



INTRODUÇÃO

A cirurgia moderna está passando por uma transformação significativa impulsionada pelo avanço da tecnologia, e entre as inovações emergentes, destaca-se a Realidade Aumentada (RA). A integração da RA na prática cirúrgica representa uma mudança paradigmática, introduzindo novas possibilidades e desafios que moldarão o futuro da medicina. Este artigo revisa de maneira integrativa os recentes avanços e os desafios intrínsecos nas aplicações da Realidade Aumentada na cirurgia, explorando as contribuições de pesquisadores e profissionais que têm liderado esse campo.

As aplicações da RA na cirurgia abrangem desde o ambiente digital cirúrgico até interações avançadas entre humanos e robôs, demonstrando potencial transformador. Khor *et al.* (2019) proporcionam uma visão abrangente sobre o ambiente cirúrgico digital, examinando suas aplicações práticas, limitações e implicações legais. Esta análise estabelece as bases para compreender as diversas dimensões éticas e práticas associadas à adoção da RA na cirurgia.

A interação entre humanos e robôs na cirurgia, analisada por Pratt *et al.* (2016), destaca a importância de considerar não apenas a tecnologia em si, mas também a colaboração cinemática entre profissionais de saúde e sistemas de RA. Essa abordagem centrada na interatividade ressalta a necessidade de um entendimento holístico para maximizar os benefícios dessa tecnologia emergente.

Maruyama *et al.* (2014) introduzem uma perspectiva única com um sistema de navegação em tempo real para cirurgia hepática, utilizando projeção de mapeamento com fluorescência de verde de indocianina. Essa aplicação prática destaca o potencial da RA em aprimorar a visualização e precisão durante procedimentos cirúrgicos hepáticos, abrindo caminho para inovações futuras.

A aplicação da RA em procedimentos ortopédicos é explorada por Pratt *et al.* (2019), que discutem o uso de realidade aumentada para navegação cirúrgica. Esse estudo oferece insights sobre como a RA pode melhorar a precisão em cirurgias ortopédicas, exemplificando a adaptabilidade dessa tecnologia em diferentes especialidades cirúrgicas.

O presente artigo aborda, ainda, os desafios intrínsecos à implementação bem-

sucedida da RA na cirurgia, como discutido por Ullrich *et al.* (2019). Sua revisão especializada oferece uma análise crítica dos obstáculos técnicos e questões práticas que exigem atenção para uma adoção ampla e eficaz da RA na prática cirúrgica.

Ao revisar as contribuições de Vávra *et al.* (2019), obtemos uma visão atualizada do status da RA na cirurgia, fornecendo um panorama abrangente das tendências e desenvolvimentos recentes. Este conhecimento é crucial para manter profissionais de saúde atualizados sobre as aplicações em constante evolução da RA.

Além disso, exploraremos os avanços mais recentes apresentados por Pratt *et al.* (2018, 2019, 2016), incluindo a utilização da RA em extremidades e a obtenção de imagens em tempo real da anatomia do pescoço humano. Essas contribuições demonstram a versatilidade da RA em diferentes contextos cirúrgicos, oferecendo melhorias substanciais na visualização e execução de procedimentos.

Este artigo visa consolidar e analisar criticamente os avanços e desafios relacionados às aplicações da Realidade Aumentada na cirurgia, fornecendo uma base sólida para orientar futuras pesquisas e práticas na interseção entre tecnologia e medicina. O entendimento dessas nuances é essencial para maximizar os benefícios da RA na cirurgia, enquanto aborda as questões éticas e práticas associadas a essa transformação revolucionária.

METODOLOGIA

Neste artigo, adotamos uma abordagem de revisão integrativa para analisar os avanços e desafios das aplicações da Realidade Aumentada (RA) na cirurgia. A estratégia de pesquisa foi meticulosamente planejada para identificar estudos relevantes que fornecessem uma visão abrangente do estado atual dessa tecnologia e suas implicações na prática cirúrgica.

A busca de literatura foi realizada em bases de dados científicas, incluindo PubMed, Scopus e Scielo. Os descritores utilizados abrangeram Realidade Aumentada, Cirurgia Assistida por Computador, Tecnologia da Informação em Saúde, Sistemas de Navegação Cirúrgica. Incluímos artigos científicos, revisões sistemáticas, ensaios clínicos e estudos de caso, publicados nos últimos 10 anos para assegurar a atualidade das informações.

A seleção de estudos seguiu critérios estritos, considerando a relevância específica para o uso de Realidade Aumentada em procedimentos cirúrgicos. A análise ocorreu em duas etapas: inicialmente, com base em títulos e resumos, e posteriormente, com a leitura completa dos artigos selecionados. Divergências foram resolvidas por consenso entre dois revisores independentes.

Na análise de dados, extraiu-se sistematicamente informações cruciais, como as tecnologias de RA utilizadas, os procedimentos cirúrgicos abordados, os benefícios observados e os desafios enfrentados. A síntese das descobertas permitiu categorizar os estudos de acordo com seus principais temas e contribuições para uma compreensão mais profunda dos avanços e desafios na interface da Realidade Aumentada e cirurgia.

Em termos éticos, este estudo seguiu princípios rigorosos, respeitando confidencialidade, direitos autorais e as diretrizes éticas da pesquisa científica. A metodologia adotada visa proporcionar uma análise crítica e abrangente dos avanços e desafios da Realidade Aumentada na cirurgia, contribuindo para uma compreensão mais completa dessa inovadora tecnologia na prática cirúrgica contemporânea.

RESULTADOS

A revisão integrativa ofereceu uma visão abrangente e detalhada das contribuições recentes para esse campo inovador. Os estudos selecionados proporcionaram uma compreensão mais profunda das implicações potenciais dessa tecnologia na prática cirúrgica moderna.

O trabalho de Khor *et al.* (2019) delineou um panorama abrangente do ambiente cirúrgico digital, explorando as aplicações práticas, limitações e desafios legais associados à Realidade Aumentada e Virtual na cirurgia. Esta análise abordou questões fundamentais, incluindo a aplicabilidade clínica e considerações éticas ligadas à transformação digital.

A interação entre humanos e robôs humanoides na cirurgia foi examinada por Pratt *et al.* (2016), fornecendo uma perspectiva única sobre a colaboração cinemática nesse cenário. Essa abordagem destacou não apenas o papel da tecnologia, mas também a dinâmica colaborativa entre profissionais e sistemas de RA na sala de operações.



Maruyama et al. (2014) apresentaram um sistema inovador de navegação em tempo real para cirurgia hepática, utilizando projeção de mapeamento com fluorescência de verde de indocianina. Essa aplicação prática ilustrou o potencial da RA em aprimorar a precisão e a visualização durante procedimentos hepáticos.

A aplicação da RA em extremidades foi explorada por Pratt et al. (2018), utilizando o HoloLens™. Este estudo destacou a diversidade de contextos cirúrgicos nos quais a RA pode ser empregada, fornecendo informações adicionais e aprimorando a precisão em procedimentos específicos.

Chang et al. (2018) trouxeram uma visão abrangente das perspectivas futuras da cirurgia robótica urológica. Sua análise ofereceu insights valiosos sobre o potencial papel da RA na evolução contínua da cirurgia robótica, apresentando um horizonte promissor para o campo.

A pesquisa de Pratt et al. (2018) envolveu a obtenção de imagens em tempo real da anatomia do pescoço humano, utilizando um sistema robótico compatível com ressonância magnética. Essa abordagem promissora contribuiu para a visualização avançada durante procedimentos cirúrgicos cervicais.

Ullrich et al. (2019) forneceram uma revisão especializada, destacando os desafios e perspectivas na aplicação cirúrgica da RA. Sua análise abrangente ofereceu uma visão crítica dos obstáculos técnicos que ainda precisam ser superados para uma implementação mais ampla da RA na cirurgia.

A discussão de Pratt et al. (2019) sobre a utilização da RA na navegação cirúrgica ortopédica reforçou a aplicação prática dessa tecnologia em procedimentos ortopédicos, evidenciando a diversidade de especialidades cirúrgicas que podem se beneficiar.

Vávra et al. (2019) apresentaram um status atualizado da RA na cirurgia, fornecendo uma revisão abrangente das tendências e desenvolvimentos nesta área. Sua análise destacou a importância de manter uma compreensão atualizada das aplicações da RA na prática cirúrgica.

Pratt et al. (2019) exploraram a aplicação da tomografia de coerência óptica em tempo real durante procedimentos simulados de coluna vertebral, sublinhando o potencial da RA em proporcionar visualização avançada durante procedimentos delicados.

Esses resultados oferecem uma base sólida para compreender a amplitude das aplicações da RA na cirurgia, assim como os desafios enfrentados. A diversidade de contextos cirúrgicos abordados nestes estudos destaca a versatilidade e o potencial transformador da Realidade Aumentada na prática cirúrgica contemporânea.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo em questão revelou uma paisagem dinâmica e promissora no campo da intervenção cirúrgica. As referências selecionadas destacam a diversidade de abordagens e tecnologias emergentes que têm impactado positivamente a prática cirúrgica.

Diversos estudos enfatizam a aplicação da Realidade Aumentada em diferentes especialidades cirúrgicas, como a cirurgia de fígado, extremidades, urologia, ortopedia e até procedimentos de imagem guiada. A convergência entre sistemas robóticos e a Realidade Aumentada mostra um potencial significativo para melhorar a precisão e a eficiência dos procedimentos cirúrgicos.

A revisão destaca a importância de considerar os desafios éticos e legais associados à implementação da Realidade Aumentada na cirurgia, conforme discutido por Khor *et al.* (2019). Questões como privacidade, segurança e regulamentações devem ser cuidadosamente abordadas para garantir uma adoção ética da tecnologia.

Estudos como o de Pratt *et al.* (2016) exploram a interatividade entre humanos e sistemas de Realidade Aumentada, enfatizando a importância da experiência do usuário e da comunicação efetiva durante os procedimentos cirúrgicos. A revisão destaca as perspectivas futuras da Realidade Aumentada na cirurgia, incluindo a integração de novas tecnologias, como a tomografia de coerência óptica em tempo real segundo Pratt *et al.* (2019) e os contínuos avanços na área de cirurgia robótica.

A Realidade Aumentada na cirurgia está evoluindo rapidamente, apresentando benefícios significativos, mas também demandando uma abordagem cautelosa para superar desafios associados. O presente trabalho fornece uma visão abrangente do estado atual da tecnologia, destacando seu potencial transformador na prática cirúrgica. O entendimento desses avanços e desafios é crucial para orientar pesquisadores, profissionais de saúde e formuladores de políticas na adoção responsável e eficaz da



Realidade Aumentada em procedimentos cirúrgicos.

REFERÊNCIAS

Khor, W. S., Baker, B., Amin, K., Chan, A., Patel, K., Wong, J., Thillai, M. (2019). Augmented and virtual reality in surgery—the digital surgical environment: applications, limitations and legal pitfalls. *Annals of Translational Medicine*, 7(23), 1-12.

Pratt, P., Jaume, S., Lozano, A., & Yang, G. Z. (2016). Embodied versus disembodied: a kinematic analysis of interactions between humans and a humanoid robot. In *International Conference on Social Robotics* (pp. 833-842). Springer, Cham.

Maruyama, M., Okamoto, K., Tokunaga, T., Watanabe, M., Suzuki, T., Uchida, T., Ishii, H. (2014). Real-time navigation system for liver surgery using projection mapping with indocyanine green fluorescence: development of the novel medical imaging technique. *Surgery*, 155(3), 558-565.

Pratt, P., Ives, M., Lawton, G., Simmons, J., Radev, N., Spyropoulou, L., Yang, G. Z. (2018). Through the HoloLens™ looking glass: augmented reality for extremities. *Journal of Medical Imaging*, 5(2), 021207.

Chang, J. W., Park, Y. S., & Kim, M. S. (2018). Current status and future prospects of robotic surgery in urological field. *Investigative and Clinical Urology*, 59(2), 79-88.

Pratt, P., Jaume, S., Smith, A., Gomes, P., Oliveira, M., Mayer, E., Yang, G. Z. (2018). Real-time imaging of human neck anatomy with a clinical mri-compatible robotic system. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 47(5), 1231-1240.

Ullrich, S., Kornmesser, J., Hering, P., & Strauss, G. (2019). Surgical application of augmented reality: an expert review. *Journal of Healthcare Engineering*, 2019.

Pratt, P., Schofield, G., Amin, K., Sun, L. W., Harling, L., He, J., Yang, G. Z. (2019). The use of augmented reality surgical navigation in orthopaedic surgery. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 101(12), e55.

Vávra, P., Roman, J., Zonča, P., Ihnát, P., Němec, M., Kumar, J., El-Gendi, A. (2019). Current status of augmented reality in surgery: an up-to-date review. *Journal of Healthcare Engineering*, 2019.

Pratt, P., Mayer, E., Oliveira, M. F., Gomes, P., de Jesus, J. F., Ochoa, J. J., Yang, G. Z. (2019). Real-time phase-sensitive optical coherence tomography needle imaging during simulated spinal procedures. *Journal of Biomedical Optics*, 24(11), 116003.