

BIOMEDICINA ESPACIAL: impacto das tecnologias aeroespaciais na educação e agricultura

Márliton Pereira dos Santos¹; Marlete Brito Santos²

marlitonsantos@hotmail.com

Área Temática: Biomedicina.

RESUMO

Introdução: A biomedicina espacial é um campo emergente que investiga as interseções entre biomedicina e tecnologias aeroespaciais, com aplicações significativas na educação e na agricultura. **Objetivos:** Este estudo propõe que a incorporação de tecnologias aeroespaciais na biomedicina pode aprimorar práticas de saúde e oferecer soluções inovadoras para a agricultura, especialmente em áreas de recursos limitados. **Metodologia:** A revisão sistemática foi conduzida utilizando o protocolo PRISMA, com buscas nas bases de dados CAPES e SciELO entre 2014 e 2024, utilizando palavras-chave como "tecnologias aeroespaciais" AND "biomedicina" AND ("educação" OR "agricultura") NOT "animais" NOT "não humanos". Os critérios de inclusão focaram em estudos que abordassem diretamente a aplicação de tecnologias aeroespaciais na biomedicina, educação ou agricultura. A análise qualitativa organizou os estudos por temáticas principais, destacando os impactos das tecnologias aeroespaciais em ambas as áreas. **Resultados e discussões:** Os resultados mostraram que tecnologias como a bioimpressão 3D, desenvolvida inicialmente para missões espaciais, estão sendo aplicadas na medicina regenerativa para criar tecidos e órgãos artificiais, enquanto a telemedicina, aprimorada para monitorar astronautas, agora facilita o acompanhamento remoto de pacientes em áreas remotas, melhorando significativamente os desfechos de saúde. No setor agrícola, o sensoriamento remoto e os drones estão revolucionando o monitoramento de plantações, permitindo intervenções rápidas e eficientes que aumentam a produtividade e promovem práticas agrícolas sustentáveis. A análise evidenciou que a integração dessas tecnologias pode enfrentar desafios globais como o crescimento populacional e as mudanças climáticas. **Conclusão:** A conclusão do estudo sugere diretrizes para a inclusão dessas inovações no currículo de biomedicina, enfatizando a necessidade de uma formação interdisciplinar que prepare profissionais de saúde para lidar com as inovações tecnológicas de ponta, aumentando sua capacidade de resolver problemas complexos e promovendo a sustentabilidade na agricultura.

Palavras-chave: Microgravidade; Telemedicina; Bioimpressão; Sustentabilidade; Inteligência artificial.

1 INTRODUÇÃO

A biomedicina espacial é um campo em crescimento que busca explorar as conexões entre a biomedicina e as tecnologias aeroespaciais, destacando suas aplicações na educação e na agricultura. Com o avanço constante da exploração espacial e o desenvolvimento de tecnologias relacionadas, a influência dessas inovações na biomedicina se tornou um tema de grande importância e interesse científico. De acordo com Demontis *et al.* (2017), as missões espaciais oferecem um ambiente único para estudos biomédicos, proporcionando oportunidades

para entender melhor os efeitos da microgravidade, radiação e outros fatores espaciais na saúde humana.

O impacto das tecnologias aeroespaciais na saúde vai além do contexto das viagens espaciais. Essas inovações têm o potencial de transformar práticas médicas e agrícolas na Terra. Por exemplo, pesquisas realizadas em condições de microgravidade têm revelado novas perspectivas sobre a regeneração óssea e muscular, além do funcionamento do sistema imunológico (Blaber; Sato; Almeida, 2014). Essas descobertas não apenas ampliam o conhecimento científico, mas também fornecem bases para o desenvolvimento de novas abordagens terapêuticas e preventivas que podem ser aplicadas em ambientes terrestres.

A integração dessas tecnologias no currículo educacional biomédico ainda enfrenta desafios significativos. A escassez de recursos didáticos adequados e a necessidade de formação especializada são barreiras que precisam ser superadas para preparar os futuros profissionais de saúde para os desafios interdisciplinares impostos pelas tecnologias aeroespaciais. Como aponta Mason *et al.* (2016), a educação biomédica tradicional muitas vezes não abrange as competências necessárias para lidar com as inovações tecnológicas de ponta, o que pode resultar em uma lacuna significativa entre o conhecimento adquirido na academia e as exigências do mercado de trabalho.

A hipótese central deste estudo é que a incorporação das tecnologias aeroespaciais na biomedicina pode não apenas aprimorar as práticas de saúde, mas também oferecer soluções inovadoras para a agricultura, especialmente em áreas com recursos limitados. Tecnologias como a telediagnose, o monitoramento remoto de pacientes e sistemas de suporte à decisão baseados em inteligência artificial, originalmente desenvolvidas para missões espaciais, podem ser adaptadas para aumentar a eficiência e a sustentabilidade das práticas agrícolas (Elbeheiry; Balog, 2023).

É fundamental realizar uma revisão abrangente sobre o impacto das tecnologias aeroespaciais na biomedicina, especialmente em suas aplicações na educação e na agricultura. (Zhang *et al.*, 2021). Este estudo tem como objetivo preencher essa lacuna, apresentando uma análise detalhada das tecnologias relevantes, seus efeitos e sugerindo diretrizes para a incorporação desses avanços no currículo de biomedicina. Assim, espera-se contribuir para a formação de profissionais de saúde mais capacitados para enfrentar os desafios interdisciplinares do futuro, além de promover práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes.

Desse modo, o objetivo geral do presente estudo é avaliar: o impacto das tecnologias aeroespaciais na biomedicina e como esses conhecimentos podem ser integrados na educação biomédica. E os seus objetivos específicos são: (1) revisar as tecnologias aeroespaciais

relevantes para a pesquisa biomédica. (2) analisar os impactos dessas tecnologias na saúde e agricultura. (3) desenvolver diretrizes para a incorporação desses avanços tecnológicos no currículo de biomedicina, preparando profissionais para desafios interdisciplinares.

2 METODOLOGIA

Este estudo foi realizado por meio de uma revisão sistemática da literatura, seguindo o protocolo Principais Itens para Relatar em Revisões Sistemáticas e Meta-análises (PRISMA).

As bases de dados utilizadas na pesquisa foram CAPES e SciELO, selecionadas pela relevância de seus acervos nas áreas de saúde e ciências aplicadas. A busca foi realizada entre os anos de 2014 e 2024, focando em publicações recentes que discutem as interseções entre biomedicina e tecnologias aeroespaciais. Foram utilizadas as seguintes palavras-chave: "tecnologias aeroespaciais" AND "biomedicina" AND ("educação" OR "agricultura") NOT "animais" NOT "não humanos". Essas combinações permitiram um refinamento na busca, garantindo que apenas estudos relevantes ao tema central fossem considerados.

Os critérios de inclusão foram definidos para assegurar a relevância dos artigos selecionados. Foram considerados estudos que tratassem diretamente da aplicação de tecnologias aeroespaciais na biomedicina, na educação ou na agricultura, publicados dentro do período estabelecido e em português ou inglês. Por outro lado, foram excluídos artigos que não focassem nas interações entre biomedicina e tecnologias aeroespaciais, assim como aqueles que abordassem apenas aspectos teóricos sem aplicação prática.

A análise dos dados foi realizada de maneira qualitativa, iniciando-se pela leitura dos títulos e resumos dos artigos selecionados. Em seguida, os estudos foram organizados de acordo com suas temáticas principais, o que permitiu identificar padrões e lacunas na literatura. Essa abordagem facilitou a síntese das informações coletadas, possibilitando uma discussão sobre os impactos das tecnologias aeroespaciais na biomedicina, educação e agricultura. A análise final foi compilada em um relatório, que destaca as principais informações e diretrizes para futuras integrações curriculares na área de biomedicina.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Revisão das tecnologias aeroespaciais relevantes para a pesquisa biomédica.

As tecnologias aeroespaciais têm um papel fundamental na pesquisa biomédica, trazendo inovações que vão desde a análise dos efeitos da microgravidade na saúde humana até a criação de novos métodos de diagnóstico e tratamento. Segundo (Ludtka *et al.*, 2021), os ambientes de microgravidade permitem observar reações biológicas que não podem ser estudadas na Terra, possibilitando, por exemplo, investigações sobre regeneração celular e os impactos do espaço no sistema imunológico. Uma das inovações mais importantes nesse cenário é a bioimpressão 3D, que tem sido utilizada para desenvolver tecidos e órgãos artificiais. Essa tecnologia, que começou em projetos espaciais, agora é aplicada na medicina regenerativa, trazendo novas possibilidades para o tratamento de doenças degenerativas (Cui *et al.*, 2017).

Além disso, as técnicas de telemedicina, que foram amplamente aprimoradas para monitorar astronautas durante longas missões espaciais, têm se mostrado valiosas na medicina terrestre. O sistema de monitoramento remoto de saúde, que permite a coleta de dados vitais e diagnósticos à distância, foi adaptado para atender populações em áreas remotas com acesso limitado a serviços de saúde (Banbury; Roots; Nancarrow, 2014). Essa tecnologia não só melhora o acompanhamento de condições crônicas, mas também facilita intervenções precoces, resultando em melhores resultados de saúde. Assim, a telemedicina ilustra como as inovações aeroespaciais podem ser integradas à prática biomédica convencional, oferecendo soluções criativas para desafios existentes.

Por fim, os sistemas de sensoriamento remoto e monitoramento ambiental, que foram desenvolvidos para a exploração planetária, também têm aplicações importantes na agricultura e na saúde pública. O uso de drones com sensores avançados possibilitou a coleta de dados em tempo real sobre o crescimento das culturas e a detecção precoce de doenças nas plantas, o que pode ser crucial para aumentar a produtividade agrícola (Abbas *et al.*, 2023). Além disso, esses sistemas têm sido utilizados para monitorar a qualidade do ar e da água, contribuindo para a saúde ambiental e pública. Assim, as tecnologias aeroespaciais não apenas expandem as fronteiras da pesquisa biomédica, mas também oferecem ferramentas valiosas para enfrentar desafios interdisciplinares nas áreas de saúde e agricultura (Scarpa; Parazynski; Strangman, 2023).

3.2 Análise dos impactos das tecnologias aeroespaciais na saúde e agricultura.

A análise dos impactos das tecnologias aeroespaciais na saúde e na agricultura mostrou uma série de benefícios importantes em ambas as áreas, evidenciando a versatilidade dessas inovações. A Tabela 1 resume os principais impactos identificados, destacando as tecnologias utilizadas, os benefícios para a saúde e a agricultura, além de exemplos de sua aplicação prática.

Tabela 1 - Impactos das tecnologias aeroespaciais na saúde e agricultura.

TECNOLOGIA AEROESPACIAL	APLICAÇÃO NA SAÚDE	APLICAÇÃO NA AGRICULTURA
Bioimpressão 3D	Desenvolvimento de tecidos e órgãos artificiais para transplantes	Criação de modelos de crescimento de plantas e produção de biocombustíveis
Telemedicina	Monitoramento remoto de pacientes com condições crônicas	Consultas à distância para agricultores em áreas remotas
Sensoriamento remoto	Monitoramento de saúde pública e qualidade do ar	Detecção precoce de doenças em plantações através de drones
Inteligência Artificial (IA)	Análise de dados para diagnósticos mais precisos	Otimização da irrigação e uso de insumos agrícolas
Nanotecnologia	Desenvolvimento de sistemas de liberação controlada de medicamentos	Criação de fertilizantes e pesticidas mais eficazes

Fonte: Autoria própria (2024).

As tecnologias aeroespaciais têm impactado a saúde humana de maneira significativa, especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento de novas abordagens para diagnóstico e tratamento. A bioimpressão 3D, por exemplo, não só facilitou a criação de tecidos e órgãos artificiais, mas também permitiu a personalização de tratamentos, adaptando-os às necessidades específicas de cada paciente (Lam *et al.*, 2023). Isso resultou em melhores resultados em transplantes e cirurgias reparadoras. Além disso, a telemedicina, que surgiu da necessidade de monitorar astronautas, tornou-se uma ferramenta essencial para a gestão de condições crônicas na Terra, permitindo que médicos acompanhem pacientes à distância e realizem intervenções precoces. Segundo (Flodgren *et al.*, 2015), isso resultou em uma melhoria significativa nos desfechos de saúde.

No setor agrícola, as tecnologias aeroespaciais também mostraram seu valor. O uso de sensoriamento remoto, por exemplo, revolucionou a maneira como os agricultores monitoram

suas plantações. A aplicação de drones para detectar doenças precoces e avaliar a saúde das culturas possibilitou intervenções mais rápidas e eficientes, minimizando perdas e aumentando a produtividade (Abbas *et al.*, 2023). Além disso, a inteligência artificial (IA) tem sido cada vez mais utilizada para otimizar o uso de insumos agrícolas, como água e fertilizantes, resultando em uma agricultura mais sustentável e com menor impacto ambiental. Essas tecnologias não apenas garantem um aumento na produtividade, mas também promovem práticas agrícolas mais responsáveis e alinhadas com as necessidades ambientais atuais.

Em resumo, os efeitos das tecnologias aeroespaciais na saúde e na agricultura são claros e encorajadores. As inovações não só aumentam a eficiência e a eficácia dos tratamentos médicos e das práticas agrícolas, mas também oferecem soluções sustentáveis que podem ser cruciais para lidar com os desafios globais atuais, como o crescimento populacional e as mudanças climáticas. O investimento contínuo e a pesquisa nessas tecnologias têm o potencial de mudar radicalmente o panorama da saúde e da agricultura, ajudando a construir um futuro mais saudável e sustentável.

3.3 Desenvolvimento de diretrizes para a incorporação dos avanços tecnológicos no currículo de biomedicina.

O desenvolvimento de diretrizes para a inclusão de tecnologias aeroespaciais no currículo de biomedicina é essencial para formar profissionais aptos a lidar com os desafios atuais. A Tabela 2 a seguir apresenta as diretrizes sugeridas, com ênfase nas áreas de conhecimento, métodos de ensino e competências que devem ser desenvolvidas.

Tabela 2 - Diretrizes para a incorporação dos avanços tecnológicos no currículo de biomedicina.

Diretrizes	Área de Conhecimento	Métodos de Ensino	Competências a Serem Desenvolvidas
Integração de tecnologias aeroespaciais	Biomedicina e Tecnologias Aplicadas	Aulas práticas e seminários	Habilidade em pesquisa e análise crítica
Desenvolvimento de projetos interdisciplinares	Saúde Pública e Agricultura	Estudo de caso e projetos em grupo	Trabalho em equipe e resolução de problemas
Formação contínua em novas tecnologias	Inovação e Empreendedorismo na Saúde	Workshops e cursos de atualização	Adaptabilidade e pensamento inovador

Fonte: Autoria própria (2024).

A incorporação das tecnologias aeroespaciais no currículo de biomedicina deve começar pela integração de conteúdos relacionados às inovações tecnológicas, como bioimpressão 3D, telemedicina e sensoriamento remoto. Essa integração pode ser realizada por meio de aulas práticas e seminários que discutam não apenas os princípios técnicos, mas também as aplicações e implicações éticas dessas tecnologias na saúde. Segundo Mogk (2018), a educação prática é fundamental para que os alunos desenvolvam habilidades críticas e aplicáveis no mundo real, preparando-os melhor para enfrentar as inovações que permeiam a biomedicina.

Além disso, o desenvolvimento de projetos interdisciplinares é uma abordagem recomendada para unir diferentes áreas do conhecimento, como saúde pública e agricultura. Essa metodologia de ensino não só estimula o trabalho em equipe, mas também oferece uma compreensão mais abrangente dos desafios que a biomedicina contemporânea enfrenta. Através de estudos de caso e projetos em grupo, os alunos podem aplicar seus conhecimentos em situações práticas, promovendo a resolução de problemas e o pensamento crítico. De acordo com Kaufman *et al.* (2017), essas experiências são essenciais para formar profissionais que consigam interagir efetivamente com outras áreas, como a tecnologia e a agricultura, em um contexto de crescente interdisciplinaridade.

Por último, a formação contínua em novas tecnologias é essencial para que os profissionais de biomedicina se mantenham atualizados com as inovações do setor. Workshops e cursos de atualização devem ser parte fundamental da formação acadêmica e da prática profissional, incentivando a adaptabilidade e o pensamento inovador entre os alunos. Como afirmam Kaufman *et al.* (2017), o campo da biomedicina está em constante mudança, e a habilidade de aprender e se adaptar a novas tecnologias é vital para o sucesso na carreira. Assim, ao adotar essas diretrizes, as instituições de ensino podem não apenas aprimorar a formação dos alunos, mas também contribuir para o avanço da biomedicina em um mundo cada vez mais interconectado e tecnologicamente avançado.

4 CONCLUSÃO

Portanto, neste trabalho, todos os objetivos propostos foram alcançados, oferecendo uma visão abrangente sobre o impacto das tecnologias aeroespaciais na biomedicina, especialmente em suas aplicações na saúde e na agricultura. A revisão das tecnologias relevantes destacou inovações significativas, como bioimpressão 3D, telemedicina e sensoriamento remoto, que têm contribuído para avanços notáveis na pesquisa biomédica. Além

disso, a análise dos impactos dessas tecnologias mostrou que, ao melhorar o monitoramento da saúde e aumentar a eficiência agrícola, elas desempenham um papel crucial na promoção de uma saúde pública mais eficaz e sustentável. O desenvolvimento de diretrizes para integrar os avanços tecnológicos no currículo de biomedicina é fundamental para preparar os alunos para os desafios atuais, promovendo uma formação interdisciplinar que une conhecimentos de saúde, tecnologia e agricultura.

A hipótese inicial de que as tecnologias aeroespaciais têm um impacto positivo na biomedicina foi confirmada ao longo da pesquisa. Através da análise dos dados coletados, foi possível responder à pergunta de pesquisa, que buscava entender como esses avanços tecnológicos poderiam ser integrados nas práticas de saúde e agricultura. As evidências apresentadas demonstraram claramente que a integração dessas tecnologias não apenas beneficia as áreas de saúde e agricultura, mas também abre espaço para uma formação mais interdisciplinar na educação biomédica.

Uma limitação deste estudo foi a restrição temporal na revisão da literatura, que se concentrou apenas nos anos de 2014 a 2024. Essa limitação pode ter deixado de fora inovações anteriores que ainda são relevantes. Para pesquisas futuras, é recomendável realizar uma análise mais abrangente que leve em conta a evolução das tecnologias aeroespaciais ao longo de um período mais extenso, permitindo uma compreensão mais profunda dos impactos históricos e a projeção de tendências futuras. Essa abordagem pode ajudar na formação de profissionais ainda mais qualificados, prontos para enfrentar os desafios interdisciplinares no campo da biomedicina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBAS, A. et al. Drones in plant disease assessment, efficient monitoring, and detection: A way forward to smart agriculture. **Agronomy (Basel, Switzerland)**, v. 13, n. 6, p. 1524, 2023.
- BANBURY, A.; ROOTS, A.; NANCARROW, S. Rapid review of applications of e-health and remote monitoring for rural residents: E-health in rural and remote areas. **The Australian journal of rural health**, v. 22, n. 5, p. 211–222, 2014.
- BLABER, E.; SATO, K.; ALMEIDA, E. A. C. Stem cell health and tissue regeneration in microgravity. **Stem cells and development**, v. 23, n. S1, p. 73–78, 2014.
- CUI, H. et al. 3D bioprinting for organ regeneration. **Advanced healthcare materials**, v. 6, n. 1, 2017.
- DEMONTIS, G. C. et al. Human pathophysiological adaptations to the space environment. **Frontiers in physiology**, v. 8, 2017.

ELBEHEIRY, N.; BALOG, R. S. Technologies driving the shift to smart farming: A review. **IEEE sensors journal**, v. 23, n. 3, p. 1752–1769, 2023.

FLODGREN, G. et al. Interactive telemedicine: effects on professional practice and health care outcomes. **The Cochrane library**, v. 2016, n. 12, 2015.

HAN, E.-R. et al. Medical education trends for future physicians in the era of advanced technology and artificial intelligence: an integrative review. **BMC medical education**, v. 19, n. 1, 2019.

KAUFMAN, A. et al. Agriculture and health sectors collaborate in addressing population health. **Annals of family medicine**, v. 15, n. 5, p. 475–480, 2017.

LUDTKA, C. et al. Macrophages in microgravity: the impact of space on immune cells. **NPJ microgravity**, v. 7, n. 1, 2021.

MASON, J. L. et al. Labor and skills gap analysis of the biomedical research workforce. **FASEB journal: official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology**, v. 30, n. 8, p. 2673–2683, 2016.

MATAI, I. et al. Progress in 3D bioprinting technology for tissue/organ regenerative engineering. **Biomaterials**, v. 226, n. 119536, p. 119536, 2020.

MOGK, S. Competence-based education in the example of a biochemical practical course with clinically relevant content for undergraduate medical students in the fourth semester of the preclinical section. **MedEd publish**, v. 7, p. 166, 2018.

SCARPA, J.; PARAZYNSKI, S.; STRANGMAN, G. Space exploration as a catalyst for medical innovations. **Frontiers in medicine**, v. 10, 2023.

ZHANG, Y. et al. Research progress and prospects of agricultural Aero-bionic technology in China. **Applied sciences (Basel, Switzerland)**, v. 11, n. 21, p. 10435, 2021.