

## DESENVOLVIMENTO DE VACINAS CONTRA DOENÇAS INFECCIOSAS EMERGENTES: DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS

### DEVELOPMENT OF VACCINES AGAINST EMERGING INFECTIOUS DISEASES: CHALLENGES AND FUTURE PERSPECTIVES

Ilan Iginio da Silva<sup>1</sup>  
Ingridy Tayane Gonçalves Pires Fernandes<sup>2</sup>  
Márcia Zotti Justo Ferreira<sup>3</sup>  
Solange Aparecida Caetano<sup>4</sup>  
Elaine Aparecida Leoni<sup>5</sup>  
Plínio Regino Magalhães<sup>6</sup>  
Pericles Cristiano Batista Flores<sup>7</sup>  
Lilian Regino Magalhães<sup>8</sup>  
Leandro Spalato Torres<sup>9</sup>  
Aparecida Lima do Nascimento<sup>10</sup>

**RESUMO:** O desenvolvimento de vacinas contra doenças infecciosas emergentes é um campo crucial para a saúde global, especialmente em um contexto de crescente mobilidade humana e mudanças ambientais que favorecem a disseminação de patógenos. Esta revisão integrativa analisa os desafios e as perspectivas futuras no desenvolvimento de vacinas, abrangendo aspectos tecnológicos, logísticos, éticos e regulamentares. Destacam-se as inovações tecnológicas, como as vacinas de mRNA e vetores virais, que têm mostrado grande potencial durante a pandemia de COVID-19. Aborda-se a importância de uma distribuição equitativa e eficiente das vacinas, particularmente em regiões com infraestrutura de saúde limitada, enfatizando a necessidade de parcerias internacionais e tecnologias avançadas de logística. As considerações éticas e regulamentares são discutidas, sublinhando a necessidade de equilibrar a rapidez na aprovação de vacinas com a garantia de segurança e eficácia. Finalmente, são exploradas as perspectivas futuras, incluindo o papel das tecnologias emergentes e iniciativas globais na preparação para futuras pandemias. Conclui-se que a colaboração internacional e o compromisso contínuo com a inovação são essenciais para enfrentar os desafios multifacetados e garantir uma resposta eficaz a novas emergências de saúde pública.

**Palavras-chave:** Vacinas. Doenças infecciosas. Desenvolvimento de vacinas.

---

<sup>1</sup>Faculdade Anhanguera de Brasília.

<sup>2</sup>Universidade Anhembi Morumbi.

<sup>3</sup>Unifecaf.

<sup>4</sup>SEESP.

<sup>5</sup>SEESP.

<sup>6</sup>Centro Universitário Ítalo Brasileiro.

<sup>7</sup> Faculdade Unimais/Educamais/Inovamais Hospital Japonês Santa Cruz- Vila Mariana.

<sup>8</sup>Condalaria Roças do Vouga

<sup>9</sup>Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo

<sup>10</sup>Unifecaf

**ABSTRACT:** The development of vaccines against emerging infectious diseases is a crucial field for global health, especially in a context of increasing human mobility and environmental changes that favor the spread of pathogens. This integrative review analyzes the challenges and future perspectives in vaccine development, covering technological, logistical, ethical and regulatory aspects. Technological innovations stand out, such as mRNA vaccines and viral vectors, which have shown great potential during the COVID-19 pandemic. The importance of equitable and efficient distribution of vaccines is addressed, particularly in regions with limited health infrastructure, emphasizing the need for international partnerships and advanced logistics technologies. Ethical and regulatory considerations are discussed, highlighting the need to balance speed of vaccine approval with ensuring safety and efficacy. Finally, future perspectives are explored, including the role of emerging technologies and global initiatives in preparing for future pandemics. It is concluded that international collaboration and continued commitment to innovation are essential to address multifaceted challenges and ensure an effective response to new public health emergencies.

**Keywords:** Vaccines. Infectious diseases. Vaccine development.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de vacinas contra doenças infecciosas emergentes representa um dos maiores desafios da saúde pública global. Doenças infecciosas, como Ebola, Zika e COVID-19, destacam a necessidade urgente de respostas rápidas e eficazes para conter surtos e proteger populações vulneráveis. A emergência de novos patógenos, juntamente com a reemergência de doenças previamente controladas, exige uma abordagem inovadora e colaborativa entre cientistas, governos e organizações internacionais.

O progresso na biotecnologia e na imunologia tem permitido avanços significativos na criação de vacinas mais seguras e eficazes. As plataformas de vacinas, incluindo vacinas de RNA mensageiro (mRNA), vetores virais e subunidades proteicas, demonstraram grande potencial durante a pandemia de COVID-19, acelerando o processo de desenvolvimento de vacinas de anos para meses. Este progresso tecnológico destaca a importância de investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) para enfrentar futuras ameaças infecciosas.

No entanto, o desenvolvimento de vacinas para doenças emergentes é complexo e enfrenta diversos obstáculos. Desafios incluem a identificação rápida de novos patógenos, a compreensão de suas características imunológicas, e a realização de ensaios clínicos em contextos de emergência. Além disso, questões relacionadas à

distribuição equitativa, aceitação pública e fabricação em larga escala são cruciais para garantir que as vacinas cheguem a todas as populações necessitadas, independentemente de sua localização geográfica ou status econômico.

Perspectivas futuras para a vacinação contra doenças infecciosas emergentes envolvem a integração de novas tecnologias, como inteligência artificial e biologia sintética, para acelerar a identificação de antígenos e otimizar o design de vacinas. Além disso, a colaboração internacional e a criação de infraestrutura global robusta são essenciais para preparar e responder eficazmente a futuras pandemias. A construção de um sistema global de vigilância e resposta rápida pode transformar a capacidade de desenvolver e distribuir vacinas de forma eficiente e equitativa.

Em suma, o desenvolvimento de vacinas contra doenças infecciosas emergentes é uma área crítica da medicina que requer esforços contínuos e coordenados. À medida que o mundo enfrenta novas ameaças infecciosas, a inovação e a colaboração serão fundamentais para proteger a saúde global e garantir um futuro mais seguro e saudável para todos.

## METODOLOGIA

5263

A metodologia desta revisão integrativa seguiu um processo estruturado e rigoroso para reunir e analisar evidências sobre o desenvolvimento de vacinas contra doenças infecciosas emergentes, com foco nos desafios e perspectivas futuras. A questão norteadora desta revisão foi: "Quais são os principais desafios e as perspectivas futuras no desenvolvimento de vacinas contra doenças infecciosas emergentes?" Esta questão foi elaborada para guiar a busca e seleção de literatura relevante, bem como a análise crítica dos achados.

Os critérios de inclusão foram estabelecidos para selecionar estudos relevantes e de alta qualidade:

- Artigos publicados entre 2010 e 2023.
- Estudos disponíveis em inglês, português e espanhol.
- Pesquisas que abordam especificamente o desenvolvimento de vacinas para doenças infecciosas emergentes.
- Artigos que discutem desafios e/ou perspectivas futuras no desenvolvimento de vacinas.

Os critérios de exclusão incluíram:

- Estudos que não abordam vacinas ou que focam em doenças infecciosas não emergentes.
- Artigos de opinião sem base em pesquisa empírica.
- Estudos duplicados ou com qualidade metodológica insuficiente.

A busca foi realizada nas seguintes bases de dados eletrônicas: PubMed, Scopus, Web of Science, e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). A seleção destas bases visou cobrir uma ampla gama de publicações científicas e técnicas sobre o tema.

A estratégia de busca utilizou uma combinação de descritores e palavras-chave relacionadas ao tema. Os termos principais incluíram: "vacinas", "doenças infecciosas emergentes", "desenvolvimento de vacinas", "desafios", e "perspectivas futuras". Operadores booleanos (AND, OR) foram utilizados para refinar as buscas e garantir a abrangência e relevância dos resultados.

Os títulos e resumos dos artigos identificados foram inicialmente avaliados para determinar a relevância. Os artigos potencialmente elegíveis foram então revisados na íntegra para confirmar a sua inclusão na revisão. A extração de dados foi realizada utilizando um formulário padronizado, coletando informações sobre os objetivos do estudo, métodos, resultados principais, e conclusões.

A análise dos dados seguiu uma abordagem qualitativa, integrando os achados dos diferentes estudos para identificar temas comuns e divergentes. A síntese dos resultados foi organizada em torno dos principais desafios identificados (por exemplo, tecnológicos, logísticos, éticos) e das perspectivas futuras (por exemplo, inovações tecnológicas, políticas de saúde pública).

Os resultados da revisão foram apresentados de forma narrativa, com a integração dos principais achados em tabelas e figuras para facilitar a compreensão. As conclusões foram baseadas na síntese dos dados, destacando as implicações para a prática e pesquisa futuras no campo do desenvolvimento de vacinas contra doenças infecciosas emergentes.

## RESULTADOS

Os estudos revisados apontaram várias barreiras tecnológicas que dificultam o desenvolvimento de vacinas eficazes e seguras. A variabilidade genética dos patógenos

emergentes é um dos principais obstáculos, pois complica a identificação de alvos antigênicos estáveis e eficazes para a vacina. Além disso, a rápida mutação de certos vírus, como o SARS-CoV-2, requer abordagens de plataforma flexíveis e adaptáveis, como as vacinas de mRNA, que ainda enfrentam desafios de produção em larga escala e armazenamento.

Os desafios logísticos incluem a infraestrutura inadequada em muitos países de baixa e média renda, o que dificulta a distribuição e administração das vacinas. A revisão identificou a necessidade de cadeias de frio robustas e sistemas de entrega eficientes, especialmente em áreas remotas. Além disso, a capacidade limitada de produção e o fornecimento desigual de vacinas entre os países foram destacados como problemas críticos que exigem soluções globais colaborativas.

Os desafios éticos e regulamentares também são significativos. A rápida aprovação de vacinas durante emergências de saúde pública pode gerar preocupações sobre a segurança e a eficácia a longo prazo. A revisão destacou a necessidade de equilibrar a urgência de resposta a surtos com a necessidade de garantir padrões rigorosos de avaliação. A transparência nos processos de aprovação e a comunicação clara com o público são essenciais para manter a confiança nas vacinas.

5265

A revisão identificou várias inovações tecnológicas promissoras que têm o potencial de transformar o desenvolvimento de vacinas. As vacinas de mRNA e de vetor viral mostraram resultados promissores em resposta rápida a novos patógenos. A aplicação de inteligência artificial e modelagem computacional para identificar alvos antigênicos e otimizar as formulações de vacinas foi destacada como uma área de avanço significativo. Além disso, as plataformas de vacinas de nanopartículas estão sendo exploradas para melhorar a imunogenicidade e a estabilidade das vacinas.

As estratégias de políticas públicas também foram uma área de foco importante nos estudos revisados. A colaboração internacional, como visto na iniciativa COVAX, foi identificada como crucial para garantir um acesso equitativo às vacinas. Investimentos sustentados em pesquisa e desenvolvimento, infraestrutura de saúde pública e educação da comunidade foram recomendados para melhorar a preparação e resposta a futuras pandemias. A revisão também sugeriu a criação de reservas estratégicas de vacinas e a implementação de políticas de vacinação proativas para mitigar o impacto de novos surtos.

Em síntese, os resultados desta revisão integrativa indicam que o desenvolvimento de vacinas contra doenças infecciosas emergentes enfrenta desafios multidimensionais que requerem abordagens colaborativas e inovadoras. A integração de novas tecnologias, aliada a estratégias robustas de políticas públicas e infraestrutura de saúde, é essencial para enfrentar esses desafios e melhorar a eficácia das respostas a futuras ameaças infecciosas. As lições aprendidas com a pandemia de COVID-19 destacam a necessidade urgente de investir em sistemas de saúde resilientes e em pesquisa contínua para antecipar e combater novas doenças infecciosas emergentes.

## DISCUSSÃO

A discussão sobre o desenvolvimento de vacinas contra doenças infecciosas emergentes envolve uma análise aprofundada dos desafios identificados e das estratégias potenciais para superar esses obstáculos, bem como uma reflexão sobre as implicações das inovações tecnológicas e das políticas de saúde pública.

Os desafios tecnológicos, como a variabilidade genética dos patógenos e as rápidas mutações, destacam a necessidade de abordagens inovadoras e flexíveis no desenvolvimento de vacinas. A revisão demonstrou que plataformas emergentes, como vacinas de mRNA e vetores virais, oferecem promessas significativas, especialmente na resposta rápida a patógenos novos. No entanto, a produção em larga escala e o armazenamento dessas vacinas ainda enfrentam barreiras substanciais. Estudos futuros devem focar em melhorar a estabilidade das vacinas e desenvolver técnicas de produção que possam ser rapidamente escaladas em resposta a surtos emergentes.

Os desafios logísticos são exacerbados pela infraestrutura limitada em países de baixa e média renda, onde a necessidade de cadeias de frio robustas é crítica. A distribuição equitativa das vacinas permanece um desafio significativo, como evidenciado pela pandemia de COVID-19. A revisão sugere que a criação de parcerias internacionais e investimentos em infraestrutura local são essenciais para melhorar a distribuição global de vacinas. Além disso, a adoção de tecnologias como sistemas de rastreamento digital pode aumentar a eficiência da cadeia de suprimentos e garantir a entrega oportuna de vacinas.

As considerações éticas e regulamentares são centrais no desenvolvimento de vacinas durante emergências de saúde pública. A necessidade de balancear a rapidez na aprovação de vacinas com a garantia de sua segurança e eficácia a longo prazo é um dilema contínuo. A revisão aponta que a transparência nos processos de aprovação e uma comunicação clara com o público são fundamentais para manter a confiança nas vacinas. Os reguladores devem adotar abordagens flexíveis que permitam ajustes rápidos sem comprometer os padrões de segurança.

As inovações tecnológicas emergentes, como o uso de inteligência artificial e modelagem computacional, representam avanços significativos no desenvolvimento de vacinas. Essas tecnologias permitem a identificação rápida de alvos antigênicos e a otimização das formulações de vacinas, acelerando o processo de desenvolvimento. A revisão sugere que o financiamento contínuo e a colaboração entre setores público e privado são essenciais para explorar plenamente o potencial dessas inovações. As vacinas de nanopartículas e outras novas plataformas devem ser testadas em estudos clínicos rigorosos para validar sua eficácia e segurança.

As estratégias de políticas públicas desempenham um papel crucial na preparação e resposta a surtos de doenças infecciosas emergentes. A revisão destaca a importância de iniciativas globais, como a COVAX, que promovem a distribuição equitativa de vacinas. Investimentos em pesquisa e desenvolvimento, bem como em infraestrutura de saúde pública, são fundamentais para aumentar a resiliência contra futuras pandemias. Além disso, a educação comunitária e a criação de reservas estratégicas de vacinas são recomendadas para garantir a prontidão e a resposta eficaz a novos surtos.

A revisão integrativa fornece uma compreensão abrangente dos desafios e oportunidades no desenvolvimento de vacinas contra doenças infecciosas emergentes. As lições aprendidas durante a pandemia de COVID-19 enfatizam a necessidade urgente de sistemas de saúde resilientes e investimentos contínuos em inovação tecnológica e políticas públicas. O desenvolvimento de vacinas deve ser visto como um esforço global que requer colaboração intersetorial e comprometimento sustentado para enfrentar os desafios multifacetados e melhorar a preparação e resposta a futuras ameaças infecciosas.

Em conclusão, a integração de novas tecnologias, aliada a estratégias robustas de políticas públicas e investimentos em infraestrutura de saúde, é vital para superar os desafios identificados e avançar no desenvolvimento de vacinas eficazes e seguras contra doenças infecciosas emergentes. A pesquisa contínua e a colaboração internacional são essenciais para garantir que as lições aprendidas sejam aplicadas e que o mundo esteja melhor preparado para enfrentar futuras pandemias.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de vacinas contra doenças infecciosas emergentes é um campo que enfrenta inúmeros desafios, mas também oferece oportunidades significativas para avanços científicos e melhorias na saúde global. Esta revisão integrativa destacou a complexidade do processo de desenvolvimento de vacinas, desde a identificação de antígenos até a distribuição em larga escala, abordando os principais obstáculos tecnológicos, logísticos, éticos e regulamentares.

Os desafios tecnológicos, como a rápida evolução dos patógenos e a necessidade de plataformas de vacinas flexíveis, exigem inovações contínuas e investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Tecnologias emergentes, como vacinas de mRNA e vetores virais, demonstraram potencial significativo durante a pandemia de COVID-19 e continuarão a desempenhar um papel crucial no enfrentamento de futuras emergências de saúde pública.

Do ponto de vista logístico, a distribuição equitativa de vacinas permanece uma preocupação central, especialmente em regiões com infraestrutura de saúde limitada. Parcerias internacionais e o fortalecimento das cadeias de suprimentos são essenciais para garantir que as vacinas cheguem a todas as populações necessitadas. Além disso, a implementação de tecnologias de rastreamento e sistemas de logística avançada pode melhorar a eficiência da distribuição.

As considerações éticas e regulamentares ressaltam a importância de equilibrar a rapidez na aprovação de vacinas com a garantia de segurança e eficácia. A transparência nos processos de desenvolvimento e comunicação clara com o público são fundamentais para manter a confiança nas vacinas. Reguladores e desenvolvedores devem colaborar estreitamente para adaptar os processos regulamentares às exigências das situações de emergência sem comprometer os padrões de segurança.



As perspectivas futuras são promissoras, com inovações tecnológicas e estratégias de políticas públicas desempenhando papéis centrais na preparação para pandemias. A inteligência artificial, a modelagem computacional e outras tecnologias avançadas têm o potencial de transformar o desenvolvimento de vacinas, acelerando a identificação de antígenos e a formulação de vacinas. Simultaneamente, iniciativas globais como a COVAX e investimentos em infraestrutura de saúde pública são cruciais para garantir uma resposta rápida e eficaz a novos surtos.

Em suma, a preparação para futuras pandemias exige um esforço global coordenado, integrando avanços tecnológicos, estratégias de políticas públicas eficazes e investimentos contínuos em infraestrutura de saúde. A colaboração internacional e o compromisso com a inovação são essenciais para superar os desafios multifacetados e garantir que o mundo esteja melhor preparado para enfrentar e mitigar o impacto de doenças infecciosas emergentes.

## REFERÊNCIAS

1. PLOTKIN, S.A., Orenstein, W.A., Offit, P.A., Edwards, K.M. (2018). Vaccines. Elsevier.
2. PARDI, N., Hogan, M.J., Porter, F.W., Weissman, D. (2018). mRNA vaccines — a new era in vaccinology. *Nature Reviews Drug Discovery*, 17(4), 261-279.
3. VOYSEY, M., Clemens, S.A.C., Madhi, S.A., et al. (2021). Safety and efficacy of the ChAdOx1 nCoV-19 vaccine (AZD1222) against SARS-CoV-2: an interim analysis of four randomised controlled trials in Brazil, South Africa, and the UK. *The Lancet*, 397(10269), 99-111.
4. ANDERSON, E.J., Roupheal, N.G., Widge, A.T., et al. (2020). Safety and Immunogenicity of SARS-CoV-2 mRNA-1273 Vaccine in Older Adults. *New England Journal of Medicine*, 383(25), 2427-2438.
5. MULLIGAN, M.J., Lyke, K.E., Kitchin, N., et al. (2020). Phase I/II study of COVID-19 RNA vaccine BNT162b1 in adults. *Nature*, 586(7830), 589-593.
6. GRAHAM, B.S. (2020). Rapid COVID-19 vaccine development. *Science*, 368(6494), 945-946.
7. LE, T.T., Cramer, J.P., Chen, R., Mayhew, S. (2020). Evolution of the COVID-19 vaccine development landscape. *Nature Reviews Drug Discovery*, 19, 667-668.
8. LURIE, N., Saville, M., Hatchett, R., Halton, J. (2020). Developing Covid-19 Vaccines at Pandemic Speed. *New England Journal of Medicine*, 382, 1969-1973.

9. KRAMMER, F. (2020). SARS-CoV-2 vaccines in development. *Nature*, 586, 516-527.
10. DOLGIN, E. (2021). The tangled history of mRNA vaccines. *Nature*, 597(7876), 318-324.
11. KIM, J.H., Marks, F., Clemens, J.D. (2021). Looking beyond COVID-19 vaccine phase 3 trials. *Nature Medicine*, 27(2), 205-211.
12. KRAMMER, F., Simon, V. (2020). Serology assays to manage COVID-19. *Science*, 368(6495), 1060-1061.
13. ZHANG, N.N., Li, X., Deng, Y.Q., et al. (2020). A Thermostable mRNA Vaccine against COVID-19. *Cell*, 182(5), 1271-1283.e16.
14. PLOTKIN, S.A. (2014). History of vaccination. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(34), 12283-12287.
15. GAVI, The Vaccine Alliance. (2021). COVAX: ensuring global equitable access to COVID-19 vaccines. [Gavi.org](https://www.gavi.org).
16. WHO. (2020). An international randomised trial of candidate vaccines against COVID-19. [WHO.int](https://www.who.int).
17. BAR-ZEEV, N., Moss, W.J. (2021). Encouraging results from phase 3 trials of COVID-19 vaccines. *The Lancet*, 397(10270), 90-91.
18. ASTRAZENECA. (2021). AZD1222 vaccine met primary efficacy endpoint in preventing COVID-19. [AstraZeneca.com](https://www.astrazeneca.com).
19. PFIZER. (2021). Pfizer and BioNTech announce vaccine candidate against COVID-19 achieved success in first interim analysis from phase 3 study. [Pfizer.com](https://www.pfizer.com).
20. CDC. (2021). COVID-19 Vaccination Program Interim Playbook for Jurisdiction Operations. [CDC.gov](https://www.cdc.gov).