

INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E CIENTÍFICAS NA FORMULAÇÃO DE VACINAS PNEUMOCÓCICAS

Thaís Kelly da Silva Almeida¹
Kettelyn Victória Souza Caldeira¹
Ana Júlia Andrade Batista Filha¹

Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA¹

RESUMO

Streptococcus pneumoniae constitui importante agente etiológico de infecções invasivas, e sua capacidade de escapar do sistema imune está relacionada ao polissacarídeo capsular, que determina sorotipos distintos. A diversidade superior a cem variações dificulta o desenvolvimento de imunizantes capazes de contemplar todas as populações afetadas. Foi realizada uma revisão bibliográfica qualitativa com artigos publicados entre 2020 e 2025, selecionados nas bases SciELO, LILACS e PubMed, após aplicação de critérios de inclusão e exclusão, resultando em dez estudos analisados. Os resultados demonstram que vacinas conjugadas promoveram avanços expressivos na redução de doença grave, porém impulsionaram a emergência de sorotipos não contemplados, estimulando o desenvolvimento de imunizantes de maior valência, plataformas sintéticas, novos carreadores, adjuvantes e formulações baseadas em mRNA, com potencial para proteção independente de sorotipo. Conclui-se que o progresso tecnológico busca ampliar cobertura, reduzir custos e aumentar capacidade global de imunização, embora ainda existam desafios estruturais, epidemiológicos e econômicos.

Palavras-chave: Sorotype; *Streptococcus pneumoniae*; vaccine; technology.

INTRODUÇÃO

O *Streptococcus pneumoniae* (pneumococo) é responsável por infecções graves como pneumonia, meningite e bacteremia, com alta mortalidade global. Sua virulência está ligada ao polissacarídeo capsular (PSC), que define os sorotipos e protege a bactéria da resposta imune¹. Com mais de 100 sorotipos, sua distribuição geográfica e etária varia, tornando difícil a criação de vacinas eficazes para todas as populações².

A partir do contato com o PSC que o corpo induz a produção de anticorpos específicos para cada sorotipo³. No entanto, a resposta imune induzida apenas pelo polissacarídeo é T-celular independente, o que resulta em uma resposta menos robusta, com baixa produção de células de memória e menor eficácia em crianças com até 5 anos de idade⁴.

O estudo decorre justifica-se pela ausência de análises que integrem, de forma aprofundada, os avanços estruturais das vacinas pneumocócicas com seu impacto

real na redução da pneumonia causada por *Streptococcus pneumoniae*. Compreender como as estratégias vacinais têm se transformado e quais barreiras científicas, produtivas e epidemiológicas ainda dificultam a redução consistente da morbimortalidade torna-se fundamental. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a evolução das vacinas pneumocócicas ao longo do tempo, ressaltando o impacto imunizante, avanços tecnológicos e vantagens da sua produção.

MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma revisão bibliográfica qualitativa, com foco na análise da evolução das vacinas pneumocócicas em desenvolvimento para aprimorar sua eficácia e segurança. Os estudos foram selecionados entre os meses de abril e julho de 2025, com base nas fontes de dados: *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e PubMed. Para a busca, foram utilizados os descritores: “Vacinas Pneumocócicas”, “Inovações Tecnológicas em Vacinas”, “Vacinas Conjugadas” e “Produção de Vacinas”.

Os critérios de inclusão consistiram na seleção de estudos publicados entre os anos de 2020 a 2025. Foram adotados os seguintes critérios de exclusão: (i) estudos com idiomas diferentes do português e inglês; (ii) estudos de acesso restrito ou pagos; e (iii) artigos que não estavam diretamente relacionados as temáticas. No total, foram incluídos 10 estudos que atendiam a esses critérios.

RESULTADOS

As vacinas pneumocócicas conjugadas (PCVs) são as mais usadas no contexto de imunização mundial, onde o PSC é ligado quimicamente a uma proteína carreadora imunogênica, demonstrando alta eficácia na prevenção da doença invasiva em crianças e induzindo imunidade de rebanho⁵.

Na Figura 1 observa-se a principal evolução sobre o uso desse formato de vacinação. A introdução sequencial da PCV7, PCV10 e PCV13 levou a uma redução significativa da doença pneumocócica causada pelos sorotipos vacinais. Contudo, a pressão seletiva da vacinação conjugada resultou na emergência de sorotipos não

vacinais, impulsionando o desenvolvimento de PCVs de valência estendida, como a PCV15 e a PCV20⁴.

Figura 1. Evolução das Vacinas Pneumocócicas Conjugadas



Fonte: Adaptado de Ozisik (2025)

O Brasil utiliza quatro vacinas pneumocócicas conjugadas em sua rotina de vacinação nacional: PCV10, PCV13, PCV15 e PCV20. Em 2024, os Estados Unidos aprovaram a vacina PCV21, para adultos com 18 anos ou mais. Embora adicione antígenos para 11 sorotipos ausentes nas vacinas anteriores, como PCV15 e PCV20, a PCV21 não inclui o sorotipo 4, relevante para populações com altas taxas de doença pneumocócica invasiva⁶. Em outubro de 2024, foi recomendada uma dose única de PCV15, PCV20 ou PCV21 para adultos com 50 anos ou mais que nunca foram vacinados⁷.

A evolução das vacinas pneumocócicas visa superar a dependência dos sorotipos, com o desenvolvimento de vacinas de próxima geração que utilizam proteínas pneumocócicas conservadas (Figura 2), trazendo aplicações de vacinas de próxima geração que exploram proteínas pneumocócicas conservadas oferecendo a possibilidade de proteção independente de sorotipos⁸.

Figura 2. Tipos de Sorotipos Imunizados por Vacina

Vaccine	Serotype																																		
	1	3	4	5	6A	6B	7F	9V	14	18C	19A	19F	23F	22F	33F	8	10A	11A	12F	15B	2	9N	17F	20	15A	15C	16F	23A	23B	24F	31	35B	6C	7C	
PPSV23	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PCV13	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PCV15	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PCV20	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PCV21	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
VAX-24	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pn-MAPS24V	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
IVT PCV-25	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
VAX31	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fonte: Ozisik (2025, p. 7).

Legenda: Azul Escuro – Vacina Licenciada; Azul Claro – Vacina em fase de testes clínicos.

A introdução dessas vacinas inovadoras citadas requer rigorosos testes clínicos e avaliação de segurança a longo prazo, o que ainda pode demandar anos de pesquisa. O potencial de uma vacina universal contra o pneumococo precisa ser considerado com cautela, dada a variabilidade das cepas e a complexidade da resposta imune⁸.

A busca por essas novas vacinas visa estabelecer novos carreadores proteicos e métodos de conjugação para aumentar a imunogenicidade e, ao mesmo tempo, reduzir custos de produção. Uma delas é incorporam agonistas de TLR como adjuvantes pode representar uma inovação crítica para ampliar a resposta imune protetora⁹.

A Vax-24 (conjugada 24-valente), está sendo desenvolvida por engenharia sintética de polissacarídeos que não depende de cultivo bacteriano tradicional, acelerando a produção e reduzindo riscos. Na variação Vax-31, se aprovada, será a vacina pneumocócica com maior espectro de sorotipos já desenvolvida⁸.

Pesquisas atuais investigam antígenos conservados em todas as cepas pneumocócicas, como as proteínas PspA, PhtD e Ply, com a promessa de criar uma vacina universal contra o pneumococo⁹. Esse avanço poderia eliminar a necessidade de atualizações frequentes, conforme observado na Figura 1. Contudo, a identificação de antígenos verdadeiramente conservados ainda é uma questão complicada para desenvolver, e a eficácia global precisa ser validada em modelos clínicos.

Vacinas de mRNA (em fase pré-clínica) foram inspiradas na vacina da COVID-19, projetadas para codificar múltiplos antígenos pneumocócicos em uma única formulação, além disso, com formulações administradas pela mucosa nasal tem como objetivo gerar imunidade local contra colonização. No entanto, desafios como custo elevado, armazenamento a baixas temperaturas e necessidade de atualizações frequentes limitam sua aplicação prática em larga escala¹⁰.

Com essas estratégias, pode ser possível formular vacinas que aumentem a cobertura de sorotipos, promovendo uma resposta imune mais vigorosa e duradoura ativando as células imunológicas garantindo uma resposta mais eficaz.

CONCLUSÃO

O desenvolvimento de vacinas pneumocócicas encontra-se em um momento de transição histórica. Se antes o foco era apenas aumentar o número de sorotipos contemplados, agora a biotecnologia coloca em perspectiva soluções que buscam romper a dependência sorotípica, reduzir custos e garantir proteção universal. A inovação tecnológica, tanto em carreadores, síntese de antígenos, adjuvantes de alta potência ou mRNA, aponta para um futuro no qual a proteção pneumocócica poderá se tornar mais abrangente, mais rápida de atualizar e mais acessível globalmente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹Buades J, et al. Evolution, Clinical and Microbiological Characteristics of Invasive Pneumococcal Disease since the Introduction of the Pneumococcal Conjugate Vaccine 13-Valent in Adults over 18 Years Old. *Vaccines*. 2021; 9(93):1-10.
- ²Micoli F, et al. Strengths and weaknesses of pneumococcal conjugate vaccines. *Glycoconjugate Journal*. 2023; 40(1):135–148.
- ³Oliveira GS, et al. Pneumococcal Vaccines: Past Findings, Present Work, and Future Strategies. *Vaccines*. 2021; 9(1338):1-16.
- ⁴Miyaji EN, Rodrigues TC, Zorzete P, Gonçalves VM. Novel method for production and purification of untagged pneumococcal surface protein A from clade 1. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2024; 108(281):1-17.
- ⁵Musher DM, Anderson R, Feldman C. The remarkable history of pneumococcal vaccination: an ongoing challenge. *Pneumonia BMC*. 2022; 14(5):1-15.
- ⁶Campos-Outcalt D. Practice Alert: Pneumococcal Conjugate Vaccines Approved for Adults. *Am Fam Physician*. 2025; 111(1).
- ⁷Kobayashi M, et al. Expanded Recommendations for Use of Pneumococcal Conjugate Vaccines Among Adults Aged ≥50 Years: Recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices — United States, 2024. *US Dep Health Hum Serv*. 2025; 74(1).
- ⁸Duke JA, Avci FY. Emerging vaccine strategies against the incessant pneumococcal disease. *NPJ Vaccines*. 2023; 8(122):1-9.
- ⁹Ozisk L. The New Era of Pneumococcal Vaccination in Adults: What Is Next? *Vaccines*. 2025; 13(498):1-20
- ¹⁰Maeda H, Morimoto K. Global distribution and characteristics of pneumococcal serotypes in adults. *Hum Vaccin Immunother*. 2025; 21(21).