



**O AVANÇO NO DESENVOLVIMENTO DE VACINAS E SUA IMPORTÂNCIA NA  
SOCIEDADE**

**ADVANCE IN THE DEVELOPMENT OF VACCINES AND THEIR IMPORTANCE IN  
SOCIETY**

SILVA, Hudson Oliveira da<sup>1</sup>

### RESUMO

O avanço no desenvolvimento de vacinas representa uma conquista significativa na medicina moderna, com um impacto profundo na sociedade. Ao longo dos anos, as vacinas evoluíram não apenas em termos de eficácia e segurança, mas também em sua capacidade de prevenir doenças e salvar vidas. Esse progresso tem sido crucial para reduzir a incidência de doenças infecciosas, melhorar a saúde pública e aumentar a qualidade de vida das populações ao redor do mundo. O objetivo geral do presente estudo foi discorrer sobre a importância do desenvolvimento de vacinas na sociedade. Este trabalho consiste em uma revisão bibliográfica, na qual foram utilizados artigos científicos provenientes das bases de dados online Scielo, PubMed, Google Acadêmico e Lilacs. Os artigos selecionados estavam redigidos em inglês ou português e foram publicados entre os anos de 2014 e 2024, abrangendo um período de 10 anos. Uma das preocupações tem sido a facilidade de propagação de doenças devido à globalização, com o intenso trânsito de pessoas ao redor do mundo. Ao contrário de épocas passadas, onde a disseminação de doenças era mais limitada, o mundo atual favorece a rápida propagação de vírus contagiosos. Por isso, a aplicação eficiente de políticas públicas tem sido essencial para garantir uma imunização ampla, especialmente em comunidades carentes com dificuldade de acesso às vacinas. Assim, a vacinação continua sendo o método mais eficaz em termos sociais e financeiros para o controle e erradicação de doenças contagiosas.

**Palavras-chave:** Vacinação. Saúde coletiva. Imunização. Hesitação. Importância.

### ABSTRACT

The breakthrough in vaccine development represents a significant achievement in modern medicine, with a profound impact on society. Over the years, vaccines have evolved not only in terms of efficacy and safety, but also in their ability to prevent disease and save lives. This progress has been crucial in reducing the incidence of infectious diseases, improving public health, and increasing the quality of life for populations around the world. The general objective of the present study was to discuss the importance of the development of vaccines in society. This work consists of a literature review, in which scientific articles from the online databases Scielo,

---

<sup>1</sup> Possui Graduação em Farmácia pelo Centro Universitário Celso Lisboa - UCL (2020), Pós-Graduação Lato Sensu em Farmácia Hospitalar e Clínica pela UCL (2021). Atualmente, atua na área militar da Marinha do Brasil. EMAIL: hudsonoliveira428@gmail.com

PubMed, Google Scholar and Lilacs were used. The selected articles were written in English or Portuguese and were published between 2014 and 2024, covering a period of 10 years. One of the concerns has been the ease of spreading diseases due to globalization, with the intense transit of people around the world. Unlike past eras, where the spread of disease was more limited, today's world favors the rapid spread of contagious viruses. Therefore, the efficient application of public policies has been essential to ensure widespread immunization, especially in poor communities with difficulty in accessing vaccines. Thus, vaccination remains the most socially and financially effective method for the control and eradication of contagious diseases.

**Keywords:** Vaccination. Public health. Immunization. Hesitation. Importance.

## 1. INTRODUÇÃO

Durante a trajetória da humanidade foi possível observar diversas doenças e epidemias que assolaram cidades e países. Depois de longos períodos de pesquisa e significativos aportes financeiros, os cientistas identificaram que a maioria dessas enfermidades é desencadeada por agentes como bactérias ou vírus. Isso despertou questionamentos sobre a capacidade do sistema imunológico de antecipar sua defesa contra essas patologias. Porém, um dos grandes desafios dos governantes, juntamente com os médicos sanitaristas foi em oferecer melhores condições de saúde à população, investindo massivamente em saneamento básico para garantir condições melhores de vida, prevenindo algumas doenças.

O impacto das vacinas na sociedade é multifacetado e abrange diversas áreas. Em primeiro lugar, elas reduzem significativamente a incidência de doenças infecciosas, como sarampo, poliomielite, gripe e muitas outras, que antes eram uma ameaça constante à saúde pública. Isso não só salva vidas diretamente, mas também alivia a carga sobre os sistemas de saúde, permitindo que se concentrem em outras áreas e doenças. Além disso, as vacinas desempenham um papel crucial na erradicação de doenças, como foi o caso da varíola, tornando-se exemplos poderosos do potencial transformador da imunização em larga escala. Em um contexto global, as vacinas têm um papel fundamental na redução das desigualdades de saúde entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, ajudando a proteger as populações mais vulneráveis e marginalizadas.

A importância desse tema vai além da saúde física, também impactando a economia, a educação e o bem-estar social. A prevenção de doenças por meio da

imunização permite que as pessoas mantenham sua produtividade no trabalho e na escola, evitando faltas por motivos de saúde. Além disso, a confiança nas vacinas e na ciência é essencial para enfrentar desafios globais, como epidemias e pandemias, exigindo investimentos contínuos em pesquisa, desenvolvimento e distribuição equitativa de vacinas. Em resumo, o avanço do desenvolvimento de vacinas e sua importância na sociedade refletem uma conquista notável da ciência e da cooperação internacional, demonstrando os benefícios tangíveis que a ciência pode oferecer quando aplicada para o bem comum.

Mediante ao exposto, surgiu a seguinte questão norteadora: qual a importância do desenvolvimento de vacinas na sociedade?

Para responder a problemática, o objetivo geral do presente estudo foi discorrer sobre a importância do desenvolvimento de vacinas na sociedade. Enquanto os objetivos específicos foram relatar sobre o histórico das vacinas, discorrer sobre as doenças imunopreveníveis e foi discorrer sobre a importância do desenvolvimento de vacinas na sociedade.

Este trabalho consiste em uma revisão bibliográfica, na qual foram utilizados artigos científicos provenientes das bases de dados online Scielo, PubMed, Google Acadêmico e Lilacs. Os artigos selecionados estavam redigidos em inglês ou português e foram publicados entre os anos de 2014 e 2024, abrangendo um período de 10 anos. Os critérios de inclusão adotados foram artigos científicos que abordavam o tema proposto tanto em seus resumos quanto em seus objetivos, estando disponíveis nos idiomas mencionados e publicados dentro do intervalo temporal especificado. Por outro lado, foram excluídos artigos duplicados, incompletos, de acesso pago e aqueles que, após uma leitura completa, não apresentaram conteúdo relevante para o desenvolvimento do estudo em questão.

A seleção dos artigos seguiu um processo dividido em etapas: inicialmente, foram eliminadas as duplicações. Em seguida, os artigos remanescentes foram avaliados por título, resumo e texto completo, a fim de verificar sua aderência aos critérios de inclusão estabelecidos. Os artigos foram escolhidos com base nestes critérios de elegibilidade previamente mencionados. Caso a determinação da elegibilidade não fosse clara durante a triagem inicial do título e resumo, o texto

completo dos artigos era obtido para uma análise mais detalhada, visando confirmar a inclusão ou exclusão deles.

## 2. HISTÓRICO DAS VACINAS E A HESITAÇÃO VACINAL

Um dos avanços mais notáveis dentro da história da humanidade foi a descoberta das vacinas e a sua popularização em escala global com o objetivo de erradicar as doenças infecciosas ou, pelo menos, mantê-las sob controle. Essa evolução dos conhecimentos sobre as vacinas, bem como o seu aperfeiçoamento foi impulsionada por diversos fatores como os prejuízos na agricultura e veterinária, o medo das epidemias e os motivos de natureza individual (DELLEPIANE; WOOD, 2015).

A vacina teve o seu início no século XVIII, época na qual a varíola acarretava a morte de muitas pessoas e, em razão dessa doença, diversas crianças sequer chegavam a atingir a idade adulta. Já o conceito de vacinação se deu pela exposição deliberada por ingestão, inalação ou injeção de um produto não tóxico que estimula o sistema imunológico do sujeito a produzir anticorpos, e na ocorrência de reexposição ao elemento patogênico contra o qual foi vacinado. Essa reexposição produz uma resposta secundária, gerada pela proliferação de linfócitos B e a formação dos anticorpos, os responsáveis pelo combate à doença (MUKHERJEE, 2020).

A inoculação do pus seco das lesões variolosas nos sujeitos teve início na China antiga e passou para vários países, na tentativa de se evitar uma pandemia temível que dizimou diversas populações. Por consoante, inúmeras tentativas não foram bem-sucedidas, contudo, em 1796, na Inglaterra Edward Jenner descobriu a vacina contra a varíola por meio da inoculação do líquido de vesícula de *cowpox* no braço de um paciente que, conseqüentemente, não contraiu a enfermidade. A partir desse experimento, deu-se o nome de *varíola vaccinae*, que mais tarde se popularizou por vacina (CADDY, 2020).

Porém, apenas em 1870, Louis Pasteur e Robert Koch descobriram as semelhanças existentes entre as doenças e os organismos patogênicos. Onde Pasteur deu o nome de vacina a qualquer manipulação de um agente infeccioso que

pudesse ser utilizada com o objetivo de imunização, em consideração a Jenner (DELLEPIANE; WOOD, 2015).

E em 1885 foi desenvolvida a primeira vacina de raiva humana, desde então, a vacinação foi assumida como uma medida de Saúde Coletiva, que é capaz de oferecer proteção à população contra as doenças transmissíveis. Contudo, não se pode negar que o processo de descoberta e o desenvolvimento das vacinas acarretaram risco, exigindo assim a coragem e autenticidade dos profissionais envolvidos nas práticas de vacinação da época. Esse fato foi evidenciado quando Oswaldo Cruz fracassou ao tentar obrigar a vacinação como uma forma de controle a varíola, gerando diversos conflitos que resultaram na Revolta da Vacina (MUKHERJEE, 2020).

A grande hesitação vacinal se tornou um termo cunhado na tentativa de despolarizar a retórica antivacinação, sendo definida pela OMS como um atraso na aceitação ou a recusa de vacinas, apesar de existir a disponibilidade de serviços de vacinação. Essa hesitação deve ser compreendida como um espectro de crenças e preocupação dos pais em relação à vacinação dos filhos (EDWARDS *et al.*, 2016).

A hesitação vacinal é um fenômeno complexo que se refere a uma variedade de comportamentos, atitudes e crenças que levam os indivíduos a questionar ou recusar a vacinação. Embora a hesitação vacinal não seja um fenômeno novo, ela tem sido objeto de atenção crescente nos últimos anos devido ao aumento do número de pais que optam por não vacinar seus filhos (CADDY, 2020).

Historicamente, a hesitação vacinal pode ser rastreada até o desenvolvimento da primeira vacina bem-sucedida contra a varíola em 1796, pelo médico britânico Edward Jenner. A descoberta da vacina foi saudada como um avanço significativo na prevenção de doenças, mas também gerou preocupações entre aqueles que se opunham à ideia de injetar material de uma vaca infectada em humanos (DELLEPIANE; WOOD, 2015).

Ao longo do século XIX e início do XX, a vacinação se tornou cada vez mais comum em todo o mundo, com a inclusão de vacinas para várias doenças infecciosas, incluindo tifo, cólera, difteria e tuberculose. No entanto, a vacinação também encontrou resistência por parte de indivíduos que acreditavam que a prática deveria ser interrompida (MUKHERJEE, 2020).

Na década de 1950, a introdução de uma vacina contra a poliomielite gerou um grande entusiasmo, com campanhas de vacinação em massa em todo o mundo. No entanto, em meados da década de 1970, eles se preocuparam com a segurança da vacina, levando a um declínio na taxa de vacinação contra a poliomielite nos Estados Unidos (CADDY, 2020).

Na década de 1990, a publicação de um documento que supostamente ligava a vacinação contra o sarampo, caxumba e rubéola (MMR) ao autismo gerou um grande debate sobre a segurança e eficácia das vacinas. Embora o estudo tenha sido amplamente desacreditado e posteriormente retirado, ele contribuiu para a disseminação de informações falsas sobre as vacinas e gerou uma onda de hesitação vacinal entre alguns países (DELLEPIANE; WOOD, 2015).

Por consoante, com o aumento da demanda e das necessidades, todo o procedimento foi revisado para fortalecer a sua capacidade de avaliar a segurança, eficácia e qualidade das vacinas candidatas para a compra das agências da ONU. Essa revisão dos procedimentos foi gerada pela necessidade de mudanças realizada pelo Comitê de Peritos em Normalização Biológica da OMS (EBCBS) anteriormente a sua implementação e publicação como parte do TRS (Relatório Técnico da OMS) (DELLEPIANE; WOOD, 2015).

Por conta de todas as normalizações, o avanço das vacinas envolveu os conhecimentos em biologia molecular, imunologia e saúde pública, fazendo com que surgissem a triagem das vacinas para o seu desenvolvimento. Portanto, o processo de produção de uma vacina apresenta várias etapas antes delas serem levadas à comercialização, cujo desenvolvimento depende de fases de pré-licenciamento e pós-licenciamento (EDWARDS, *et al.*, 2016).

Mediante a esse contexto, a descoberta das vacinas foi um grande marco histórico nas conquistas e nos avanços da área da saúde que possibilitou a diminuição e um melhor controle de doenças imunopreveníveis (RODRIGUES; GONÇALVES; CRUZ, 2020).

É extremamente preocupante saber que para o Brasil obter coberturas vacinais adequadas são necessárias constantes e extensas campanhas de vacinação e que, mesmo assim, o país não consegue atingir o patamar recomendado, de 95% do

público-alvo vacinado, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) (GENTIL; CORDEIRO, 2020).

Segundo a Fiocruz (2022) ocorreu uma queda alarmante da cobertura vacinal no Brasil em 2022, principalmente nas crianças. Tanto que os dados do Ministério da Saúde indicaram que a cobertura vacinal da população vem despencando muito, chegando a menos de 59% dos indivíduos vacinados em 2021, enquanto em 2020 o índice era de 67% e em 2019 era de 73%.

Vale ressaltar que em 2021 apenas 68% das crianças foram vacinadas pela BCG (contra tuberculose), apenas 70% foram vacinadas contra o rotavírus, só 69% foram vacinadas contra a paralisia infantil e apenas 73% foi vacinada contra a tríplice viral que combate o sarampo, a rubéola e a caxumba (DATASUS, 2022 apud WESTIN, 2022). As causas para a queda da vacinação se devem a diversos fatores, entre eles a percepção de que não é necessário se vacinar contra doenças, a grande incidência de notícias falsas, também conhecidas como *fake News*, que circulam nas redes sociais e a ação de grupos antivacinação (MACHADO, *et al.*, 2021).

No histórico das vacinas, a humanidade alcançou feitos notáveis no combate a várias doenças, salvando milhões de vidas ao longo dos anos. A descoberta e a implementação de vacinas têm sido fundamentais para a erradicação de enfermidades e para a prevenção de surtos e pandemias. No entanto, com a chegada da pandemia de COVID-19, a humanidade precisou lidar com uma realidade cada vez mais presente na população: a hesitação vacinal (VISWANATH *et al.*, 2021).

A pandemia de COVID-19 trouxe consigo a urgência na busca por uma vacina eficaz e segura para conter a capacidade de contaminação. Os esforços científicos foram intensificados, e em tempo recorde várias vacinas foram desenvolvidas, testadas e aprovadas para uso emergencial. Essas vacinas são eficazes na prevenção da doença e na redução da gravidade dos casos, representando uma esperança para o controle da pandemia. Apesar dos avanços científicos e da validação das autoridades de saúde, a hesitação vacinal em relação às vacinas contra a COVID-19 se tornou uma questão relevante. Diversos fatores contribuíram para essa hesitação, como desinformação, teorias da conspiração, medo de efeitos

colaterais desconhecidos e desconfiança nas instituições governamentais e de saúde (VISWANATH *et al.*, 2021).

### 3. DOENÇAS IMUNOPREVENÍVEIS

As doenças imunopreveníveis são consideradas as doenças que se tornam preveníveis por vacinação, como: o sarampo, difteria, meningite, poliomielite, varíola, gripe, febre amarela, hepatite B, tétano, HPV (Papilomavírus Humano), tuberculose, rotavírus, coqueluche, caxumba, varicela, rubéola e pneumonia. Atualmente, as vacinas contribuem para a redução da mortalidade e morbidade da população, garantindo o aumento da qualidade e expectativa de vida (CADDY, 2020).

Vale ressaltar que as doenças imunopreveníveis apresentam quatro tipos de enfoque essenciais no âmbito da atenção à saúde, sendo eles a promoção e proteção da saúde, o diagnóstico, o tratamento precoce e a reabilitação de eventuais sequelas. Sendo assim, a prevenção por meio da vacinação gera diversos benefícios e conquistas como a erradicação da varíola, da poliomielite e a interrupção da circulação autóctone do vírus do sarampo (GRAHAM, 2020).

Em 1973, o governo federal, por meio do Ministério da Saúde (MS), criou o Programa Nacional de Imunização, institucionalizado pelo Decreto nº 78.231 de 12 de agosto de 1976. Esse programa possui como foco a promoção do controle de doenças preveníveis por meio da imunização, estabelecendo parâmetros e regras técnicas para a utilização de imunobiológicos para todos os municípios, estados e o Distrito Federal (GRAHAM, 2020).

O PNI (Programa Nacional de Imunização) também desempenha como função a supervisão e coordenação do uso dos imunobiológicos, participando da produção deles. Já que a vacina é considerada como um produto biológico usado para imunização contra diversas doenças que apresentam como seus agentes causadores bactérias e vírus (MUKHERJEE, 2020).

Por conseguinte, a fabricação dos imunobiológicos é realizada com os microrganismos que causam as doenças se apresentam de forma atenuada ou utilizada parcialmente, fazendo com que o indivíduo que receba o imunobiológico não

desenvolva as respectivas doenças, mas adquira os anticorpos para combatê-las, se tornando imune caso tenha um contato posterior com o microrganismo ativo (EDWARDS et al., 2016).

Em relação à natureza da vacina, ela é um fármaco que possui um ou mais agentes imunizantes, podendo ser uma vacina monovalente ou combinada, em diversas formas biológicas, nas quais sejam vírus ou bactérias vivas atenuadas, vírus ou bactérias inativadas ou mortas, componentes purificados ou modificados desses patógenos (CADDY, 2020).

#### **4. MECANISMO DE AÇÃO DAS VACINAS**

A maioria das vacinas que estão disponíveis na atualidade se baseia na indução da imunidade humoral do indivíduo, já que eles são os anticorpos responsáveis pela neutralização e a eliminação dos microrganismos patogênicos. Sendo assim, para que obtenham sucesso, as vacinas estimulam os plasmócitos de vida longa, que por sua vez, produzem anticorpos específicos que reconheçam o alvo desejado e gerem células B de memória (SATO, 2018). Essa indução da resposta imunológica pode ser afetada de várias formas como pela idade, forma de administração, hábitos de vida, entre outros (MUKHERJEE, 2020).

As vacinas tradicionais geralmente funcionam introduzindo uma forma enfraquecida ou inativada de um patógeno, ou partes dele, no corpo humano. O sistema imunológico reconhece essas substâncias estranhas e produz uma resposta imune para combater o agente infeccioso (PACHECO, 2019).

Existem vários tipos de vacinas tradicionais, cada uma com um mecanismo de ação diferente. As vacinas de vírus inativados contêm vírus inteiros que foram inativados, de modo que não podem causar doenças, mas ainda podem estimular uma resposta imunológica. O sistema imunológico reconhece o vírus inativado como uma ameaça e produz anticorpos para combatê-lo. Esses anticorpos permanecem no organismo para combater o vírus caso ocorra uma infecção futura (STRIEDER, 2014).

Enquanto as vacinas de vírus atenuados contêm vírus vivos que foram enfraquecidos de forma a não causar doenças graves. O vírus atenuado pode se

replicar no corpo, permitindo que o sistema imunológico desenvolva uma resposta imune forte. Como o vírus atenuado ainda é vivo, pode haver um risco mínimo de causar uma doença leve em pessoas com sistemas imunológicos enfraquecidos (SATO, 2018).

Em resumo, as vacinas tradicionais funcionam expondo o sistema imunológico a uma forma enfraquecida ou inativada do patógeno ou partes dele. Isso estimula o sistema imunológico a produzir anticorpos para combater o agente infeccioso e proteger o organismo contra infecções futuras (SATO, 2018).

As vacinas com vírus e bactérias atenuadas, são vacinas que usam uma versão mais fraca ou inativa do vírus ou bactéria para gerar a resposta imune. Algumas vacinas optam por usar o vírus inteiro atenuado, onde elas geram a produção de anticorpos neutralizantes com diversos níveis de proteção (VOGT, 2014).

As vacinas com vírus e bactérias atenuadas contêm vírus e bactérias vivas que foram enfraquecidas de forma a não causar doenças graves, mas ainda são capazes de se replicar no organismo. Essas bactérias atenuadas são semelhantes às bactérias que causam a doença, mas não são tão virulentas, ou seja, não causam a mesma doença grave que as bactérias selvagens (SATO, 2018).

Quando a vacina é administrada, as bactérias atenuadas entram no corpo e começam a se replicar, geralmente no trato gastrointestinal. À medida que as bactérias atenuadas se replicam, o sistema imunológico começa a reconhecê-las como estranhas e começa a produzir anticorpos para combatê-las (VOGT, 2014).

Como as bactérias atenuadas são semelhantes às bactérias que causam a doença, a resposta imunológica produzida pela vacina também protege contra as bactérias selvagens. Isso ocorre porque o sistema imunológico produz anticorpos que podem identificar e neutralizar as bactérias selvagens que causam a doença (SATO, 2018).

As vacinas com bactérias atenuadas geralmente conferem uma imunidade mais forte e duradoura do que as vacinas com bactérias inativadas ou subunidades, porque as bactérias atenuadas são capazes de se replicar no organismo e estimular uma resposta imunológica mais forte. No entanto, essas vacinas são geralmente menos seguras do que as vacinas com bactérias inativadas ou subunidades, pois há

um pequeno risco de a bactéria atenuada causar uma doença leve em pessoas com sistemas imunológicos enfraquecidos (VOGT, 2014).

As vacinas de subunidades podem ser da proteína S, M ou N, elas geram respostas imunogênicas por conta de suas sequências mantidas de aminoácidos e da alta homologia entre as diferentes cepas de vírus (STRIEDER, 2014).

As vacinas de subunidade são aquelas que contêm apenas partes específicas (subunidades) do patógeno, geralmente proteínas ou fragmentos de proteínas, que são importantes para desencadear uma resposta imunológica. Essas subunidades são escolhidas para representar a parte do patógeno que é reconhecida pelo sistema imunológico, e são produzidas em laboratório usando técnicas de biologia molecular (MUKHERJEE, 2020).

Quando a vacina de subunidade é administrada, as subunidades são reconhecidas pelo sistema imunológico como estranhas e estimulam a produção de anticorpos contra elas. Como as subunidades não são capazes de replicar-se ou causar doenças, não há risco de infecção por um patógeno vivo (STRIEDER, 2014).

As vacinas de subunidade são geralmente mais seguras do que as vacinas com patógenos vivos atenuados ou inativados, porque não há risco de reativação ou mutação do patógeno. Além disso, as vacinas de subunidade geralmente causam menos efeitos colaterais, uma vez que as subunidades não contêm outros componentes do patógeno que possam causar uma resposta inflamatória do sistema imunológico (PACHECO, 2019).

No entanto, as vacinas de subunidade podem ser menos eficazes do que as vacinas com patógenos vivos atenuados ou inativados, uma vez que as subunidades isoladas podem não representar completamente a complexidade do patógeno e não estimulam uma resposta imune tão forte. Por isso, muitas vacinas de subunidade são combinadas com adjuvantes, que são substâncias adicionais que ajudam a aumentar a resposta imunológica (STRIEDER, 2014).

As vacinas de DNA são uma forma de vacinação que usa o próprio material genético do patógeno para induzir uma resposta imunológica. Elas contêm uma versão modificada do DNA do patógeno, que é introduzida nas células do corpo

humano. O DNA é transportado por um vetor, geralmente um vírus ou uma bactéria, que é inofensivo para os seres humanos (RODRIGUES; GONÇALVES; CRUZ, 2020).

Quando a vacina de DNA é administrada, o vetor transporta o DNA modificado para as células do corpo, onde o DNA é incorporado ao material genético da célula hospedeira. A célula, em seguida, começa a produzir proteínas virais específicas que são reconhecidas pelo sistema imunológico como estranhas. O sistema imunológico, então, produz anticorpos contra essas proteínas virais (PACHECO, 2019).

A vantagem da vacina de DNA é que ela pode ser produzida rapidamente e modificada facilmente para se adaptar a novas variantes do patógeno. Além disso, a vacina de DNA não contém vírus ou bactérias vivos, o que a torna mais segura do que as vacinas com patógenos vivos (MUKHERJEE, 2020).

No entanto, a eficácia das vacinas de DNA é um desafio, pois elas ainda estão em fase de desenvolvimento. Uma das limitações da vacina de DNA é a capacidade limitada do DNA introduzido de alcançar as células imunológicas necessárias para desencadear uma resposta imunológica forte o suficiente. Além disso, a vacina de DNA requer uma injeção intramuscular para ser eficaz, o que pode ser um desafio para algumas pessoas (PACHECO, 2019).

Enquanto as vacinas de RNA são uma forma de vacinação que usa o RNA (ácido ribonucleico) do patógeno para induzir uma resposta imunológica. Elas contêm uma versão modificada do RNA do patógeno, que é introduzida nas células do corpo humano. O RNA é transportado por um vetor, geralmente uma nanopartícula lipídica, que é inofensivo para os seres humanos (RODRIGUES; GONÇALVES; CRUZ, 2020).

Quando a vacina de RNA é administrada, o vetor transporta o RNA modificado para as células do corpo, onde o RNA é traduzido em proteínas virais específicas. As proteínas virais são reconhecidas pelo sistema imunológico como estranhas e estimulam a produção de anticorpos contra elas (PACHECO, 2019).

A vantagem das vacinas de RNA é que elas podem ser produzidas rapidamente e modificadas facilmente para se adaptar a novas variantes do patógeno. Além disso, a vacina de RNA não contém vírus ou bactérias vivos, o que a torna mais segura do que as vacinas com patógenos vivos (MUKHERJEE, 2020).

Por mais que as vacinas tradicionais possuam as proteínas para os vírus atenuados, existem também as vacinas de DNA e RNA. A imunização com esse tipo de vacina apresenta diversas vantagens sobre a imunização com proteínas, principalmente relacionada a indução de respostas potentes de CLT (são um fator importante que desempenha um papel crítico e essencial no controle da infecção) em humanos. Ainda mais pelo fato de que a robustez e a simplicidade dessa vacina oferecer um potencial para melhorar a estabilidade da vacina, bem como a redução do seu custo para a produção (PACHECO, 2019).

Basicamente, essas vacinas de material genético, possuem como proposta inocular o plasmídeo obtido por um processo de engenharia genética que contém os genes de interesse. Esse plasmídeo se encontra entre as APCs (são células do sistema imunológico que são especializadas em apresentar um antígeno para uma célula T) que passam a produzir as proteínas desejadas para apresentá-las as MHC classe I (Moléculas clássicas de histocompatibilidade). Por fim, os linfócitos TCD 8 são ativados e levam as células infectadas a morte (RODRIGUES; GONÇALVES; CRUZ, 2020).

Enquanto as vacinas genéticas são consideradas como as vacinas que usam um ou mais de um gene do vírus para estimular a resposta imune, elas ainda se encontram em desenvolvimento (ZORZETTO, 2018). As vacinas genéticas, também conhecidas como terapia gênica, são uma forma de vacinação que utiliza o material genético para estimular uma resposta imune contra uma doença. Em vez de utilizar proteínas ou fragmentos de vírus ou bactérias, as vacinas genéticas utilizam o DNA ou o RNA como o princípio ativo para estimular a resposta imunológica.

Essas vacinas consistem na introdução de um gene artificial no organismo humano, que é projetado para produzir uma proteína específica, geralmente a proteína de um patógeno. A ideia é que o gene artificial seja inserido nas células do corpo humano e que, a partir daí, comece a produzir proteínas virais que vão estimular a resposta imune do corpo contra o patógeno (PACHECO, 2019).

Para inserir o gene artificial nas células do corpo humano, a vacina genética utiliza vetores virais ou não virais, como plasmídeos. Esses vetores ajudam a proteger

o gene artificial do sistema imunológico do corpo humano, facilitando sua entrada nas células (ZORZETTO, 2018).

A principal vantagem das vacinas genéticas é que elas permitem a produção de proteínas virais específicas de uma maneira mais rápida e eficiente do que as vacinas tradicionais, que precisam ser cultivadas em laboratórios. Além disso, as vacinas genéticas podem ser adaptadas com mais facilidade às novas variantes do patógeno (ZORZETTO, 2018).

## **5. A IMPORTÂNCIA DO DESENVOLVIMENTO DAS VACINAS PARA A SOCIEDADE**

A importância das vacinas na sociedade é evidenciada ainda mais em contextos de emergências de saúde pública, como pandemias. Durante a pandemia de COVID-19, por exemplo, o desenvolvimento rápido e eficiente de vacinas desempenhou um papel crucial na contenção da propagação do vírus e na redução da gravidade dos casos. As vacinas não apenas protegem os indivíduos vacinados, mas também ajudam a criar uma barreira coletiva de imunidade, reduzindo a disseminação do agente infeccioso na comunidade (ZORZETTO, 2018).

Além disso, o desenvolvimento de vacinas modernas tem incorporado avanços tecnológicos que possibilitam uma resposta mais rápida a novos desafios de saúde. As vacinas de RNA mensageiro, por exemplo, mostraram-se altamente eficazes e ágeis na produção e distribuição durante a pandemia de COVID-19, destacando o potencial dessas tecnologias para enfrentar futuras ameaças à saúde pública (RODRIGUES; GONÇALVES; CRUZ, 2020).

No entanto, é importante destacar que o sucesso contínuo no desenvolvimento de vacinas depende de investimentos em pesquisa, infraestrutura de saúde e educação pública sobre a importância da imunização. A hesitação vacinal vem sendo uma questão extremamente complicada (PACHECO, 2019).

Diversos estudos destacam a preocupação crescente com a hesitação vacinal e seus impactos na saúde pública. Blaisdell et al. (2015) examinaram pais hesitantes em relação às vacinas, revelando que suas percepções pessoais dos riscos e

incertezas relacionados influenciam suas decisões sobre a vacinação infantil. Eles concluíram que a recusa à vacinação reflete uma aversão ao risco e à ambiguidade percebidos, sugerindo que mitigar essa hesitação requer informações baseadas em evidências sobre os riscos conhecidos e desconhecidos das vacinas.

Jacobson et al. (2015) identificaram que o pensamento heurístico contribui para a recusa vacinal, com uma parcela significativa de pais em Wisconsin acreditando que as vacinas enfraquecem o sistema imunológico de seus filhos ou que recebem vacinas em excesso. Eles destacaram que essa hesitação persiste, levando a surtos de doenças evitáveis por vacinação.

Larson et al. (2022) exploraram a hesitação vacinal em meio à pandemia de COVID-19, apontando para a volatilidade e as preocupações emergentes alimentadas pelas mídias digitais. Eles enfatizaram a importância de manter conversas abertas sobre vacinas para identificar e abordar preocupações em evolução.

Keelan et al. (2017) analisaram vídeos do YouTube relacionados à vacina MMR e ao autismo, destacando um aumento no conteúdo negativo ao longo dos anos e sua influência na percepção pública sobre as vacinas. Gørtz et al. (2020) mostraram como a preocupação com uma vacina pode afetar a aceitação de outras vacinas, evidenciando os desafios enfrentados na manutenção da confiança na imunização.

Viswanath et al. (2021) examinaram determinantes individuais e sociais da adesão às vacinas durante a pandemia, destacando a influência da identificação partidária, confiança nos cientistas e percepções de risco na aceitação da vacina contra COVID-19.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após muitos séculos de controvérsia, a ciência tem sido cada vez mais valorizada e priorizada como solução para questões de saúde pública. Antigamente, práticas como charlatanismo, curandeirismo, boticários e xamãs marcavam o cenário, mas agora a tecnologia avançada tem contribuído significativamente para controlar e até erradicar doenças, incluindo aquelas que eram consideradas fatais. Esse progresso tecnológico tem promovido uma melhoria na qualidade de vida e um

aumento na expectativa de vida, reduzindo o número de mortes e acelerando a apresentação de soluções para problemas de saúde.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLAISDELL, L. *et al.* Unknown eisks: Parental Hesitation about Vaccination. **SMDM.**, v. 36, n. 4, p. 1-10, 2015. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0272989X15607855>. Acesso em: 23 abr. 2024.

CADDY, S. Developing a vaccine for covid-19. **BMJ**, v. 369, n. 3, p. 1-12, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/doi:10.1136/bmj.m1790>. Acesso em: 24 abr. 2024.

DELLEPIANE, N.; WOOD, D. Twenty-five years of the WHO vaccines prequalification programme (1987-2012): Lessons learned and future perspectives. **Vaccine**, v. 33, n. 1, p. 52– 61, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.vaccine.2013.11.066>. Acesso em: 25 abr. 2024.

EDWARDS, K. *et al.* Countering vaccine hesitancy. **Pediatrics**, v. 138, n. 3, p. 1-15, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27573088/>. Acesso em: 25 abr. 2024.

FIOCRUZ. **Cobertura vacinal no Brasil está em índices alarmantes.** 2022. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/cobertura-vacinal-no-brasil-esta-em-indices-alarmantes>. Acesso em: 24 abr. 2024.

GENTIL, D.; CORDEIRO, M. Programa saúde na escola: a vacinação contra o HPV na percepção de gestores escolares. **Interfaces da Educ.**, Paranaíba, v.11, n.31, p. 550 - 581, 2020. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/interfaces/article/view/4194>. Acesso em: 25 abr. 2024.

GRAHAM, B. Rapid COVID-19 vaccine development. **Science**, v. 368, p. 64-64, 2020. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/368/6494/945?rss=1>. Acesso em: 25 abr. 2024.

JACOBSON, R. *et al.* Hesitação vacinal. **Revisão Concisa para Médicos**, v. 90, n. 11, p. 1562-1568, 2015. Disponível em: [https://www.mayoclinicproceedings.org/article/S0025-6196\(15\)00719-3/fulltext](https://www.mayoclinicproceedings.org/article/S0025-6196(15)00719-3/fulltext). Acesso em: 25 abr. 2024.

KEELAN, J. *et al.* YouTube como fonte de informação sobre imunização: uma análise de conteúdo. **JAMA**, v. 298, p. 24-82-2484, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18056901/>. Acesso em: 23 abr. 2024.

LARSON, H., GAKIDOU, E.; MURRAY, C. P momento vacina-hesitante. **N. Engl. J. Med.**, v. 29, p. 1-14, 2022. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9258752/>. Acesso em: 23 abr. 2024.

MACHADO, F. *et al.* Educação em saúde para sensibilizar adolescentes escolares para a vacinação contra o papiloma vírus humano. **Rev. Ciência Plural**, v. 7, n. 2, p. 177-195, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/rcp/article/view/22015>. Acesso em: 24 abr. 2024.

MUKHERJEE, R. Global efforts on vaccines for COVID-19: Since, sooner or later, we all will catch the coronavirus. **J Biosci.**, v. 45, n. 1, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12038-020-00040-7>. Acesso em: 25 abr. 2024.

NETTO, M. L. A vacina e seus descontentes. **Revista Questão de Ciência**. 2019. Disponível em: <https://revistaquestaodeciencia.com.br/dossie-questao/2019/01/07/vacina-e-seus-descontentes>. Acesso em: 23 abr. 2024.

PACHECO, M. **Relato de experiência da aplicação de uma sequência de ensino sobre o tema vacinas com uma abordagem CTS**. Tese (Dissertação) - Especialização em Educação em Ciências, Centro de Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, f. 35, 2019.

RODRIGUES, V.; GONÇALVES, M. CRUZ, S. O uso de novas tecnologias na ação escolar como meio de difundir informações seguras quanto à vacinação contra o sarampo. **Artefactum**, v. 19, n. 1, p. 1-12, 2020. Disponível em: <http://artefactum.rafrom.com.br/index.php/artefactum/article/view/1858>. Acesso em: 23 abr. 2024.

SATO, A. Qual a importância da hesitação vacinal na queda das coberturas vacinais no Brasil? **Revista de Saúde Pública**, v. 52, p. 96, 22 nov. 2018. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rsp/article/view/152007>. Acesso em: 23 abr. 2024.

STRIEDER, R. B. **Abordagens CTS na educação científica no Brasil: Sentidos e Perspectivas**. Tese – Doutorado em Ciências, Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, f. 283, 2014.

VOGT, C. Vacinas e vacinações. ComCiência – **Revista Eletrônica de Jornalismo Científico**. n. 162, 2014. Disponível em: <http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=106&id=1269>. Acesso em: 24 abr. 2024.

VISWANATH, K. *et al.* Determinantes individuais e sociais da adoção da vacina COVID-19. **BMC Saúde Pública**, v. 21, p. 8-18, 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8081000/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

VORSTERS, A. *et al.* Superando barreiras nos programas de vacinação. **Papillomavirus Res.**, v. 4, p. 45-53, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29179869/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

WESTIN, R. **Vacinação infantil despenca no país e epidemias graves ameaçam voltar.** 2022. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2022/05/vacinacao-infantil-despenca-no-pais-e-epidemias-graves-ameacam-voltar>. Acesso em: 23 abr. 2024.

ZORZETTO, R. As razões da queda na vacinação. **Revista Fapesp**. n. 270, p. 19-24, 2018. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/as-razoes-da-queda-na-vacinacao/>. Acesso em: 25 abr. 2024.