



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS PRINCESA ISABEL
CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

LUCRÉCIA RIBEIRO FERREIRA MAGALHÃES

**APLICAÇÕES DA BIOTECNOLOGIA NA PRODUÇÃO DE FÁRMACOS E
VACINAS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE INOVAÇÕES, DESAFIOS E
PERSPECTIVAS**

PRINCESA ISABEL

2026

LUCRÉCIA RIBEIRO FERREIRA MAGALHÃES

**APLICAÇÕES DA BIOTECNOLOGIA NA PRODUÇÃO DE FÁRMACOS E
VACINAS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE INOVAÇÕES, DESAFIOS E
PERSPECTIVAS**

Projeto de Trabalho de Conclusão do Curso
apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em
Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Princesa
Isabel, como requisito necessário para obtenção do
título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador(a): Wydemberg José de Araújo

PRINCESA ISABEL

2026

Magalhães, Lucrécia Ribeiro Ferreira.

M189a Aplicações da biotecnologia na produção de fármacos e vacinas: uma
revisão bibliográfica sobre inovações, desafios e perspectivas/Lucrécia Ribeiro
Ferreira Magalhães. – 2026.

25 f : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Superior de Licenciatura em Ciências
Biológicas) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,
Princesa Isabel, 2026.

1. Ciências Biológicas. 2. Biomedicina. 3. Biofármaco. 4. Imunização. I.
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. II. Título.

IFPB/PI

CDU 574

TERMO DE APROVAÇÃO

LUCRÉCIA RIBEIRO FERREIRA MAGALHÃES

APLICAÇÕES DA BIOTECNOLOGIA NA PRODUÇÃO DE FÁRMACOS E VACINAS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE INOVAÇÕES, DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Projeto de Trabalho de Conclusão do Curso
apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em
Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Princesa
Isabel, como requisito necessário para obtenção do
título de Licenciado em Ciências Biológicas e
aprovado pela banca examinadora.

Aprovado em: 29/06/2026.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **WYDEMBERG JOSE DE ARAUJO**
Data: 28/07/2026 09:33:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Wydemberg José de Araújo (Orientador)
Instituto Federal da Paraíba - IFPB

Documento assinado digitalmente
 **TARCIO BRUNO DE MORAIS**
Data: 28/07/2026 08:26:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Esp. Tarcio Bruno de Moraes
Instituto Federal da Paraíba - IFPB

Documento assinado digitalmente
 **CRISTIAN JOSE SIMOES COSTA**
Data: 28/07/2026 22:14:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Cristian José Simões Costa
Instituto Federal da Paraíba - IFPB

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 OBJETIVOS.....	8
3 METODOLOGIA	9
4 REFERENCIAL TEÓRICO	11
5 RESULTADOS.....	15
6 DISCUSSÃO.....	18
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
REFERÊNCIAS	23

RESUMO

A biotecnologia tem se destacado como uma das áreas mais relevantes da ciência moderna, especialmente por sua capacidade de transformar organismos vivos e seus derivados em soluções aplicadas à saúde, como fármacos inovadores e novas gerações de vacinas. Diante dessa importância, este trabalho tem como objetivo analisar como as técnicas biotecnológicas contribuem para o desenvolvimento de medicamentos e imunizantes, bem como seu impacto no combate a doenças infecciosas e crônicas. A metodologia consistiu em uma revisão bibliográfica qualitativa, realizada na base SciELO e em sites institucionais confiáveis da área da biologia, utilizando descritores específicos e critérios de inclusão voltados para estudos que abordam a biotecnologia aplicada à produção farmacêutica. A revisão evidenciou que técnicas como DNA recombinante, engenharia genética, cultivo celular e manipulação de microrganismos têm permitido importantes avanços no desenvolvimento de biofármacos, terapias gênicas e vacinas de RNA e DNA. Os estudos analisados destacam, ainda, que metabólitos secundários de plantas, fungos e bactérias apresentam elevado potencial terapêutico, ampliando o arsenal farmacológico disponível. Na discussão, observa-se que os métodos biotecnológicos tornam o processo de produção de medicamentos mais rápido, seguro e eficiente em comparação com abordagens tradicionais, contribuindo diretamente para a prevenção, controle e tratamento de diversas doenças. Conclui-se que a biotecnologia representa uma ferramenta essencial para a inovação em saúde, permitindo o aprimoramento contínuo de fármacos e vacinas e fortalecendo a resposta científica frente a desafios sanitários globais. Sua aplicação tem impacto direto na qualidade de vida da população e na capacidade de enfrentar doenças emergentes e reemergentes.

Palavras-chave: biofármacos; biomedicina; imunização; tecnologia molecular; inovação terapêutica.

ABSTRACT

Biotechnology has become one of the most important fields of modern science due to its ability to transform living organisms and their derivatives into innovative healthcare solutions, including biopharmaceuticals and new generations of vaccines. This study aimed to analyze how biotechnological techniques contribute to the development of pharmaceuticals and vaccines, as well as their impact on combating infectious and chronic diseases. A qualitative literature review was conducted using the SciELO database and reliable institutional websites in the field of biology. Specific descriptors and inclusion criteria were applied to select studies addressing biotechnology in pharmaceutical production. The findings demonstrated that technologies such as recombinant DNA, genetic engineering, cell culture, and microbial manipulation have significantly advanced the development of biopharmaceuticals, gene therapies, and RNA- and DNA-based vaccines. The reviewed studies also highlighted the therapeutic potential of secondary metabolites derived from plants, fungi, and bacteria, expanding the range of available pharmacological resources. Furthermore, biotechnological approaches have made pharmaceutical production faster, safer, and more efficient than traditional methods, contributing to the prevention, control, and treatment of several diseases. Overall, the findings indicate that biotechnology plays a fundamental role in healthcare innovation by improving the development of drugs and vaccines and strengthening scientific responses to global health challenges. Its continued application has a direct impact on quality of life and on the ability to address emerging and re-emerging diseases.

Keywords: biopharmaceuticals; biomedicine; immunization; molecular technology; therapeutic innovation.

1 INTRODUÇÃO

A biotecnologia é a área científica dedicada ao estudo de organismos vivos com o objetivo de gerar conhecimentos e aplicações que aprimorem a qualidade dos alimentos, dos medicamentos e até mesmo dos próprios seres vivos. Seu uso é interdisciplinar, integrando saberes da biologia, química, genética, hereditariedade e diversas outras áreas. Entre as contribuições mais relevantes da biotecnologia para a sociedade destaca-se o desenvolvimento das vacinas e medicamentos, que estimulam o organismo a produzir respostas imunológicas capazes de prevenir doenças virais, reduzindo a mortalidade e aumentando a expectativa de vida (Silva, 2023).

Atualmente, está associada a temas amplamente discutidos e, muitas vezes, controversos, especialmente quando envolve manipulação de embriões humanos, clonagem terapêutica e organismos transgênicos. No entanto, trata-se de uma tecnologia fundamentada na biologia, aplicada de forma expressiva na agricultura, na indústria farmacêutica, na produção de alimentos, no meio ambiente e na medicina. Além disso, se desenvolve por meio de uma perspectiva multidisciplinar, reunindo diversas áreas do conhecimento, como biologia, bioquímica, genética, virologia, agronomia, engenharia, física, química, medicina e medicina veterinária, entre outras (Moreira, 2022).

Se divide em clássica, iniciada com processos fermentativos como pão e vinho, e moderna, baseada em técnicas de DNA recombinante que permitem manipular genes com precisão. Essa área possui ampla aplicação e impulsiona inovações em setores como a indústria química, agroindústria, meio ambiente e, principalmente, a indústria farmacêutica. No campo dos fármacos, é fundamental para o desenvolvimento de vacinas, terapias gênicas, uso de células-tronco e criação de células sintéticas. Além disso, possibilita a produção de medicamentos biológicos, obtidos por células geneticamente modificadas capazes de gerar proteínas terapêuticas complexas. Dessa forma, consolida-se como uma das principais bases tecnológicas para avanços na saúde (Gonçalves *et al.*, 2022).

Aplicada à saúde utiliza técnicas biológicas e processos industriais para modificar organismos ou seus derivados, transformando-os em produtos farmacêuticos e biomédicos. Nesse contexto, destacam-se os metabólitos secundários como terpenoides, flavonoides, alcaloides e compostos fenólicos produzidos por plantas medicinais, fungos e microrganismos simbióticos. Essas moléculas têm sido amplamente investigadas por seu potencial terapêutico, especialmente devido às suas ações antimicrobiana, anti-inflamatória, antiparasitária e antitumoral (Santos *et al.*, 2025).

No contexto regional, o bioma Caatinga destaca-se como uma importante fonte de recursos biológicos com potencial para aplicações biotecnológicas. Souza et al. (2022) demonstram que diversas espécies vegetais nativas apresentam compostos bioativos promissores para a produção de fitomedicamentos, evidenciando o potencial da biodiversidade regional para o desenvolvimento de novos produtos terapêuticos. Da mesma forma, Cordeiro e Félix (2014) ressaltam que a flora da Caatinga, especialmente no Agreste paraibano, reúne diversas plantas medicinais tradicionalmente utilizadas pela população e com potencial para aplicações farmacêuticas, reforçando a importância da conservação da biodiversidade e do incentivo às pesquisas voltadas à inovação em saúde. Esse potencial biotecnológico da Caatinga evidencia que a biodiversidade regional pode contribuir para o desenvolvimento de novos fármacos e, futuramente, de insumos aplicados à saúde, demonstrando que a inovação científica também encontra espaço no Nordeste brasileiro.

Portanto, é importante salientar que tem um papel central na produção de fármacos ao permitir a obtenção de compostos naturais em quantidades adequadas e com maior eficiência. Enquanto o método tradicional de descoberta envolve seleção de espécies, extração, testes de atividade e isolamento do princípio ativo o que costuma ser lento, trabalhoso e pouco produtivo, as abordagens biotecnológicas oferecem alternativas mais rápidas e precisas. Por meio de técnicas modernas, sendo possível otimizar a produção de moléculas bioativas, potencializar sua atividade terapêutica e acelerar o desenvolvimento de novos medicamentos (Ferreira *et al.*, 2017).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as principais aplicações da biotecnologia na produção de fármacos e vacinas, destacando as inovações, os desafios e as perspectivas para o desenvolvimento científico e tecnológico, por meio de uma revisão bibliográfica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar a evolução histórica da biotecnologia e seus principais conceitos aplicados à área da saúde.
- Descrever as principais técnicas biotecnológicas empregadas na produção de fármacos e vacinas.
- Comparar as biotecnologias com os métodos tradicionais de produção de fármacos e vacinas, evidenciando suas vantagens e limitações.
- Discutir as contribuições da biotecnologia para o desenvolvimento de novos medicamentos e vacinas, considerando seus impactos científicos, tecnológicos e sociais.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi estruturada como uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo, desenvolvida com o objetivo de reunir, analisar e interpretar produções científicas relevantes acerca da aplicação da biotecnologia na produção de fármacos e vacinas. Para isso, realizou-se uma busca sistematizada na base de dados SciELO, escolhida por sua credibilidade, rigor científico e ampla indexação de periódicos das áreas de biologia, saúde, tecnologia e ciências biomédicas. Como forma de complementar e aprofundar a busca, também foram consultados sites institucionais e plataformas reconhecidas na área da biologia, tais como Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Organização Mundial da Saúde (OMS), Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), além de repositórios acadêmicos que disponibilizam artigos, relatórios técnicos, manuais e diretrizes científicas.

A estratégia de busca foi orientada por descritores previamente definidos, entre eles: “biotecnologia”, “produção de fármacos”, “biofármacos”, “vacinas”, “tecnologias biomédicas”, “engenharia genética”, “DNA recombinante” e “inovações farmacêuticas”, utilizando operadores booleanos (AND, OR e NOT) para aprimorar a precisão dos resultados. Foram selecionados estudos publicados preferencialmente nos últimos 15 anos, considerando a rápida evolução das técnicas biotecnológicas. No entanto, trabalhos considerados clássicos e fundamentais para o entendimento histórico e conceitual da área também foram incluídos, mesmo quando publicados anteriormente a esse período.

Os critérios de inclusão compreenderam artigos completos, com metodologia explícita e que abordassem diretamente o uso da biotecnologia na produção de medicamentos, biofármacos e vacinas. Foram excluídos materiais que apresentassem inconsistência metodológica, falta de fundamentação científica, duplicidade de dados, opiniões pessoais, textos sem revisão por pares e documentos que não se relacionassem ao tema principal. Após a triagem inicial dos títulos, procedeu-se à leitura dos resumos e, posteriormente, à leitura integral dos materiais selecionados, garantindo que somente os estudos pertinentes fossem incorporados à análise final.

O processo de organização dos dados envolveu a categorização dos artigos conforme seus objetivos, técnicas biotecnológicas apresentadas, resultados obtidos e contribuições para o desenvolvimento farmacêutico. Essas informações foram sistematizadas em planilhas comparativas, permitindo uma análise integrada das convergências e divergências entre os autores. A análise dos dados foi conduzida de maneira interpretativa e descritiva, buscando identificar padrões, avanços tecnológicos, lacunas científicas e perspectivas futuras dentro do campo biotecnológico.

Por fim, a síntese das informações foi apresentada de forma narrativa e crítica, enfatizando o papel da biotecnologia no avanço da medicina moderna, especialmente na criação de novos fármacos, na produção de biofármacos de alta especificidade terapêutica e no desenvolvimento de vacinas inovadoras, que têm contribuído para o controle, prevenção e combate de inúmeras doenças. Essa abordagem metodológica assegura a confiabilidade, a profundidade e a relevância científica dos resultados apresentados ao longo do trabalho.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 CONTEXTO HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DA BIOTECNOLOGIA

O emprego da Biotecnologia tem suas raízes nos processos de fermentação, utilizados muito antes do início da era Cristã, de forma tão antiga que se confundem com a própria trajetória da civilização humana. Durante milênios, porém, não se sabia quais eram os organismos responsáveis por esses fenômenos fermentativos, permanecendo esse conhecimento oculto por cerca de seis mil anos. Apenas no século XVII, com as observações microscópicas de Anton Van Leeuwenhoek, foi possível reconhecer a existência de seres diminutos, invisíveis a olho nu. Contudo, somente a partir da década de 1950, com o avanço das pesquisas envolvendo a estrutura e síntese do DNA, e com o desenvolvimento de técnicas como o DNA recombinante, a fusão celular e a produção de hibridomas, a Biotecnologia moderna começou de fato a se consolidar (Villen, 2018).

A biotecnologia pode ser entendida como um conjunto de tecnologias que permitem manipular, modificar ou aperfeiçoar organismos, suas células, partes ou moléculas, a fim de gerar produtos, serviços ou processos mais eficientes. Em um sentido amplo, trata-se da aplicação de conhecimentos biológicos com finalidades industriais, científicas ou comerciais, envolvendo o uso direto ou indireto de organismos vivos para desenvolver ou melhorar procedimentos e produtos (Saldanha, 2017).

Dentro dessa perspectiva, destacam-se dois grandes ramos: a biotecnologia tradicional, que engloba práticas como fermentações, seleção natural, isolamento e cruzamentos entre espécies compatíveis; e a biotecnologia moderna, impulsionada pelas técnicas de engenharia genética e pelo domínio do DNA recombinante. A principal distinção entre ambas está na natureza metodológica, pois seus propósitos costumam convergir: criar bens e serviços mais eficientes, produtivos e rentáveis (Góes-Favoni, 2016).

Tabela 1: Aplicações de processos biológicos no desenvolvimento da biotecnologia

Processo Biológico	Aplicação em Biotecnologia	Produtos ou Processos Gerados
Os micro-organismos podem utilizar a fermentação como via de produção de ATP.	Uso de bactérias e leveduras na condução de processos fermentativos em escala industrial.	Produção de etanol, lactato, antibióticos, índigo etc.
Enzimas bacterianas, chamadas endonucleases de restrição, clivam segmentos	As endonucleases são utilizadas em genética molecular e na criação de moléculas de DNA recombinante.	Geração de organismos geneticamente modificados contendo segmentos de DNA de outras espécies.
específicos de DNA como defesa contra bacteriófagos.		

As plantas apresentam moléculas de defesa, algumas proteicas, capazes de limitar danos causados por pragas e patógenos.	Genes que codificam proteínas de defesa são usados para produzir espécies mais resistentes a pragas e doenças.	Plantas transgênicas como arroz, batata, tabaco e outras culturas resistentes a insetos.
Patógenos humanos apresentam determinantes antigênicos relacionados à sua virulência.	Uso de proteínas antigênicas e toxinas para produção de vacinas.	Produção de vacinas contra difteria, tétano e hepatite B.
A totipotência celular demonstra que seres vivos podem regenerar organismos inteiros a partir de uma única célula.	Cultura de tecidos vegetais e uso de células-tronco em técnicas biotecnológicas.	Bancos de germoplasma, produção de plantas medicinais e melhoramento genético.

Fonte: Adaptado de Saldanha (2017)

Dessa forma, evidencia-se que o avanço científico na área não apenas ampliou as possibilidades de manipulação e utilização de organismos vivos, mas também impulsionou a criação de produtos, terapias e tecnologias que têm impacto direto no desenvolvimento social e econômico, em que a integração entre conhecimento biológico e inovação tecnológica reforça o papel central da biotecnologia como uma das áreas mais estratégicas para o futuro (Ferreira; Queiroz; Carvalho, 2024).

4.2 BIOTECNOLOGIA NA PRODUÇÃO DE FÁRMACOS

A biotecnologia viabiliza a obtenção de compostos naturais em quantidades suficientes para o desenvolvimento de novos fármacos, possibilitando que substâncias antes extraídas de forma limitada na natureza sejam produzidas com controle e em grande escala. Técnicas como fermentação industrial, engenharia genética e cultivo celular permitem gerar moléculas bioativas com elevado grau de pureza e estabilidade. Esse conjunto de avanços acelera a descoberta de novos medicamentos, reduz custos produtivos, aumenta a segurança dos processos industriais e amplia o acesso a terapias inovadoras (Ferreira *et al.*, 2017).

Além disso, é importante destacar que essa área engloba a produção de fármacos baseados em peptídeos, enzimas, moléculas de RNA, vacinas formadas por proteínas recombinantes e terapias com células-tronco. No contexto das doenças virais, como o HIV, por exemplo, a identificação de enzimas capazes de bloquear etapas essenciais do ciclo replicativo

do vírus permite a criação de antirretrovirais de natureza peptídica, capazes de reduzir os danos causados pela infecção ou impedir seu avanço no organismo humano (Ferreira *et al.*, 2017).

Grande parte dos medicamentos biológicos atualmente disponíveis é produzida por meio da tecnologia do DNA recombinante, que consiste na modificação genética de células para que passem a sintetizar uma proteína específica de interesse terapêutico. Esse processo envolve diversas etapas, como isolamento do gene desejado, clonagem, transformação, seleção de células modificadas, expressão e purificação da proteína recombinante. Para isso, utilizam-se ferramentas essenciais, como o gene de interesse, células hospedeiras, frequentemente bactérias, vetores de clonagem e expressão, enzimas ligases e de restrição, técnicas de eletroforese, sondas de DNA e oligonucleotídeos iniciadores (Lima *et al.*, 2021).

4.3 INOVAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS NA PRODUÇÃO DE VACINAS

Nas últimas décadas, a biotecnologia aplicada à saúde humana passou por avanços técnicos expressivos, caracterizando-se pela forte interdisciplinaridade e pela diversidade de suas aplicações. Entre elas, destacam-se o desenvolvimento de vacinas, tanto preventivas quanto terapêuticas, a produção de moléculas terapêuticas de origem biotecnológica, como proteínas recombinantes e anticorpos monoclonais, além da elaboração de reagentes empregados em diagnósticos e análises clínicas (Amaral *et al.*, 2020). As vacinas preventivas são administradas antes da exposição ao agente causador da doença, com o objetivo de estimular o sistema imunológico e prevenir infecções. Já as vacinas terapêuticas são utilizadas em indivíduos que já apresentam determinada enfermidade, buscando estimular a resposta imunológica para auxiliar no controle ou tratamento da doença, como ocorre em algumas estratégias voltadas para o tratamento do câncer e de infecções crônicas.

Nesse cenário, a vacinação em larga escala desempenhou um papel fundamental na prevenção de importantes epidemias, como sarampo e tuberculose, na erradicação da varíola em nível mundial, na eliminação da febre amarela urbana e da poliomielite no Brasil, além de contribuir para a expressiva redução da mortalidade infantil por doenças infectocontagiosas. Os avanços provenientes da biotecnologia têm impulsionado o aprimoramento contínuo das vacinas, tanto no que diz respeito aos métodos de produção quanto à busca por formulações mais eficazes e com menor risco de efeitos adversos (Silva, 2023).

O desenvolvimento tecnológico também permitiu a classificação das vacinas em três gerações, de acordo com o tipo de tecnologia empregada. As vacinas de primeira geração utilizam o microrganismo completo, podendo estar atenuado, inativado ou até mesmo ser substituído por um organismo não patogênico de outro hospedeiro. As vacinas de vírus atenuado são produzidas a partir de microrganismos vivos que tiveram sua capacidade de causar doença

reduzida, mantendo, porém, a capacidade de estimular uma resposta imunológica duradoura. Já as vacinas de vírus inativado utilizam microrganismos mortos ou incapazes de se replicar, sendo consideradas mais seguras para determinados grupos, embora, em alguns casos, necessitem de doses de reforço para manter a proteção imunológica. Em contraste, as vacinas de segunda geração se distinguem por não necessitarem do uso de células inteiras, sendo formuladas a partir de toxinas purificadas ou componentes específicos do patógeno, que direcionam a resposta imune para um alvo mais preciso. Já as vacinas de terceira geração, conhecidas como vacinas de DNA, empregam sequências genéticas do patógeno ou genes que codificam proteínas capazes de induzir uma resposta imunológica eficiente (Franco *et al.*, 2019).

A Tabela 2 ilustra os principais tipos de vacinas desenvolvidas por meio de estratégias biotecnológicas, destacando as técnicas empregadas em sua produção e alguns exemplos amplamente utilizados na área da saúde.

Tabela 2: Principais contribuições da biotecnologia para a produção de vacinas

Tipo Vacinal	Estratégia Biotecnológica	Exemplos de Vacinas
Vacinas de subunidades	Produção de proteínas recombinantes em sistemas heterólogos	Hepatite B, <i>Pertussis</i> acelular, HPV
Patógenos atenuados bivalentes	Manipulação genética para inserção de genes que codificam antígenos	Dengue, <i>BCG</i> , <i>Salmonella Typhi</i> , Adenovírus
Vacinas de DNA	Imunização com plasmídeos recombinantes	Vacina contra melanoma
Vacina de RNA mensageiro (mRNA)	Moléculas de RNA mensageiro que orientam as células do organismo a produzir uma proteína do patógeno, estimulando a resposta imunológica sem utilizar o microrganismo completo.	Pfizer-BioNTech (Comirnaty) e Moderna (Spikevax).

Fonte: adaptado de Braz *et al.*, (2015)

Desse modo, a biotecnologia aplicada à produção de vacinas avançou de forma expressiva, impulsionada principalmente pela expansão das técnicas de engenharia genética. Procedimentos como clonagem de genes e mutagênese passaram a ser empregados para desenvolver micro-organismos atenuados com maior segurança e previsibilidade. Paralelamente, houve um refinamento significativo nos métodos de síntese de proteínas recombinantes, utilizando diversos sistemas de expressão. Bactérias, leveduras e células de insetos tornaram-se plataformas fundamentais para gerar os antígenos que compõem as formulações vacinais modernas (Castelane *et al.*, 2023).

5 RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir da análise dos 15 estudos selecionados evidenciam que a biotecnologia desempenha um papel fundamental na produção de fármacos e vacinas, apresentando avanços significativos tanto no desenvolvimento tecnológico quanto na aplicação prática na área da saúde.

Tabela 3: Estratégias biotecnológicas utilizadas na produção de vacinas nos artigos analisados

Estratégia Biotecnológica	Tipo de Vacina Obtida	Nº de artigos encontrados	Principais estudos
Proteínas recombinantes / sistemas heterólogos	Vacinas de subunidades	3	Braz et al. (2015); Franco et al. (2019); Silva (2023)
Manipulação genética e mutagênese	Vacinas atenuadas / bivalentes	3	Braz et al. (2015); Franco et al. (2019); Castelane et al. (2023);
DNA recombinante / plasmídeos	Vacinas de DNA	2	Braz et al. (2015); Castelane et al. (2023)
RNA mensageiro (mRNA)	Vacinas de RNA	3	Amaral et al. (2020); Reis e Ferreira (2025); Silva (2023)

Fonte: Elaborado pela autora (2026)

A Tabela 3 apresenta as principais estratégias biotecnológicas identificadas nos estudos analisados, bem como os tipos de vacinas obtidas e os respectivos trabalhos que as utilizaram. A análise desses estudos demonstrou que a manipulação genética e a mutagênese foram as estratégias mais frequentes, correspondendo às abordagens mais recorrentes na produção de vacinas. Esses achados evidenciam que as técnicas de engenharia genética representam metodologias consolidadas e eficazes para o desenvolvimento de imunizantes, principalmente devido à elevada segurança, especificidade antigênica e capacidade de produção em larga escala.

Outro resultado observado foi o destaque das tecnologias baseadas em proteínas recombinantes, DNA recombinante e RNA mensageiro, as quais representam algumas das

principais estratégias utilizadas no desenvolvimento de vacinas modernas. Essas abordagens se destacam pela elevada especificidade antigênica, maior segurança e capacidade de induzir respostas imunológicas eficazes quando comparadas às tecnologias tradicionais de produção vacinal.

Além disso, é importante destacar que os estudos analisados evidenciam convergências importantes quanto ao papel da biotecnologia no desenvolvimento de vacinas e fármacos, em que, de acordo com Silva (2023), as vacinas configuram-se como um dos avanços mais significativos na redução de doenças ao longo da história, sendo sua produção resultado da integração entre conhecimentos biológicos e princípios da engenharia, aspecto também observado em outros trabalhos incluídos nesta revisão.

Em consonância com essa perspectiva, Castelane et al. (2023) destacam que o desenvolvimento das vacinas de DNA representa um marco relevante na evolução científica, uma vez que introduziu novas formas de elaboração vacinal baseadas na manipulação genética. Nesse contexto é importante mencionar que os autores enfatizam o uso de técnicas como clonagem gênica e mutagênese, que possibilitam a obtenção de microrganismos atenuados com maior segurança, evidenciando um avanço tecnológico significativo. A clonagem gênica consiste na obtenção de múltiplas cópias de um gene de interesse, permitindo sua inserção em organismos hospedeiros para a produção de proteínas ou outras moléculas com aplicações terapêuticas. Já a mutagênese corresponde à introdução de alterações no material genético de forma controlada, possibilitando a obtenção de microrganismos ou proteínas com características desejáveis, como maior estabilidade, segurança ou capacidade imunogênica. Essas técnicas são amplamente utilizadas no desenvolvimento de vacinas e biofármacos, pois contribuem para a obtenção de produtos mais eficazes e específicos.

Outro objetivo dessa revisão foi entender como a biotecnologia é empregada na produção e inovação na produção de fármacos, esse resultado é apresentado na tabela a seguir.

Tabela 4: Principais inovações biotecnológicas aplicadas à produção de fármacos identificadas nos artigos analisados

Inovação Biotecnológica	Aplicação Farmacêutica	Nº de artigos encontrados	Principais estudos
Tecnologia do DNA recombinante	Produção de hormônios, interferons, enzimas terapêuticas e vitaminas	4	Saldanha (2017); Ferreira et al. (2017); Lima et al. (2021); Gonçalves et al. (2022)

Produção de proteínas recombinantes	Desenvolvimento de biofármacos e proteínas terapêuticas	3	Lima et al. (2021); Ferreira et al. (2017); Santos et al. (2025)
Terapias baseadas em RNA	Tratamento de doenças virais e desenvolvimento de terapias gênicas	2	Reis e Ferreira (2025); Amaral et al. (2020)
Anticorpos monoclonais	Tratamentos personalizados e terapias oncológicas	2	Amaral et al. (2020); Santos et al. (2025)
Cultivo celular e engenharia genética	Produção de biofármacos de alta complexidade molecular	3	Gonçalves et al. (2022); Lima et al. (2021); Santos et al. (2025)

Fonte: Elaborado pela autora (2026)

Os resultados apresentados na Tabela 4 demonstram que a tecnologia do DNA recombinante foi a inovação biotecnológica mais recorrente entre os estudos analisados, estando presente em 4 artigos, o que evidencia sua ampla aplicabilidade na produção farmacêutica moderna. Essa estratégia destaca-se pela capacidade de produzir hormônios, proteínas terapêuticas, interferons e outras moléculas bioativas com elevado grau de pureza, segurança e eficiência produtiva.

A predominância da tecnologia do DNA recombinante entre os estudos analisados pode ser atribuída às inúmeras vantagens que essa estratégia oferece para a produção de vacinas e biofármacos. Menezes (2021) destaca que essa tecnologia possibilitou um avanço significativo na biotecnologia ao permitir a obtenção de proteínas e antígenos específicos com elevado grau de pureza, segurança e padronização, ampliando as possibilidades de desenvolvimento de vacinas e biofármacos.

Foi evidenciado a frequência significativa das tecnologias relacionadas à produção de proteínas recombinantes e ao uso de cultivo celular associado à engenharia genética, ambas identificadas em 3 estudos. Essas abordagens têm contribuído diretamente para o desenvolvimento de biofármacos de alta complexidade molecular, possibilitando tratamentos mais específicos e compatíveis com os sistemas biológicos humanos.

Outro aspecto identificado refere-se ao avanço das terapias baseadas em moléculas específicas, como RNA e anticorpos monoclonais. Os estudos de Reis e Ferreira (2025) demonstram que essas abordagens têm sido cada vez mais exploradas no tratamento de doenças complexas, incluindo infecções virais e oncológicas. Em termos comparativos, verifica-se que, enquanto alguns autores enfatizam a precisão terapêutica dessas tecnologias, outros destacam sua contribuição para a personalização dos tratamentos, evidenciando uma tendência de inovação contínua na área.

No que se refere à produção de medicamentos, observa-se uma transição significativa em direção ao desenvolvimento de biofármacos de alta complexidade molecular. Os estudos Santos et al. (2025) apontam que esses produtos, ao atuarem em alvos biológicos específicos, apresentam maior seletividade terapêutica quando comparados aos fármacos convencionais. Adicionalmente, foi identificado que a utilização de sistemas biológicos na produção dessas moléculas contribui para a obtenção de compostos com maior compatibilidade fisiológica, aspecto frequentemente destacado pelos autores.

Além disso, os dados analisados apontam para a existência de limitações e desafios associados à aplicação da biotecnologia na saúde. Entre os aspectos mais recorrentes estão os altos custos de desenvolvimento, a necessidade de infraestrutura tecnológica avançada e as exigências regulatórias. Apesar disso, os estudos convergem ao indicar que tais desafios não impedem o avanço da área, mas sim reforçam a necessidade de investimentos e aprimoramentos contínuos, evidenciando um cenário de expansão e consolidação da biotecnologia no contexto científico e industrial.

6 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nesta revisão evidenciam que as tecnologias baseadas em engenharia genética têm ocupado posição de destaque no desenvolvimento de vacinas e fármacos, refletindo a evolução das estratégias biotecnológicas empregadas na área da saúde. A predominância dessas abordagens pode ser atribuída à sua capacidade de produzir moléculas terapêuticas com maior especificidade, segurança e eficiência, além de possibilitar processos produtivos mais padronizados e escaláveis. Nesse contexto, a frequência observada para tecnologias como DNA recombinante, manipulação gênica, proteínas recombinantes e RNA mensageiro acompanha a tendência descrita na literatura, que aponta essas ferramentas como fundamentais para a inovação farmacêutica e para o desenvolvimento de imunizantes mais eficazes.

A manipulação gênica destacou-se entre as estratégias mais empregadas nos estudos analisados. De acordo com Diniz e Ferreira (2010), o avanço das técnicas de engenharia genética permitiu a obtenção de imunizantes mais seguros e específicos por meio da modificação de genes responsáveis pela produção de antígenos de interesse. Corroborando essa perspectiva, Menezes (2021) ressalta que a manipulação do material genético possibilita a produção controlada de proteínas recombinantes e outras biomoléculas terapêuticas, ampliando a eficiência dos processos biotecnológicos e reduzindo a necessidade de utilização do patógeno completo. Dessa forma, a elevada frequência da manipulação gênica observada nesta revisão pode ser explicada por sua versatilidade e pelo impacto que exerce na inovação aplicada à saúde.

A predominância da tecnologia do DNA recombinante entre os estudos analisados pode ser explicada por sua ampla versatilidade e eficiência na produção de moléculas terapêuticas. Segundo Menezes (2021), essa tecnologia revolucionou a biotecnologia ao possibilitar a obtenção de proteínas e antígenos específicos com maior segurança e precisão, tornando-se fundamental para o desenvolvimento de vacinas e medicamentos utilizando vetores como plasmídeos para a expressão de genes de interesse. De forma semelhante, Góes-Favoni (2017) destaca que o DNA recombinante ampliou significativamente as aplicações da engenharia genética, permitindo processos mais rápidos, padronizados e adaptáveis às demandas da indústria farmacêutica.

Em contraste, os métodos tradicionais, que utilizam principalmente microrganismos vivos atenuados, patógenos inativados ou a extração direta de proteínas e outras biomoléculas de tecidos biológicos, que demandam etapas mais longas e apresentam maiores desafios relacionados ao controle de qualidade e à escalabilidade, essas características justificam a ampla utilização do DNA recombinante e explicam sua elevada frequência entre os estudos incluídos nesta revisão.

Além disso, as vacinas produzidas por métodos convencionais, baseadas em microrganismos atenuados ou inativados, geralmente exigem etapas prolongadas de cultivo, isolamento e purificação do agente infeccioso, tornando o processo de desenvolvimento e produção mais demorado. Em contrapartida, as plataformas baseadas em RNA mensageiro e DNA recombinante possibilitam o desenvolvimento de candidatos vacinais a partir do sequenciamento genético do patógeno, reduzindo significativamente o tempo necessário para sua obtenção.

Segundo Chaudhary, Weissman e Whitehead (2021), as vacinas de mRNA podem ser produzidas por processos livres de células, favorecendo maior escalabilidade e agilidade produtiva. Rahman, Zhou e Huang (2021) também ressaltam que as vacinas de mRNA

apresentam elevado potencial de desenvolvimento rápido, segurança e eficiência quando comparadas às plataformas convencionais. Essas características explicam a crescente utilização das tecnologias genéticas no desenvolvimento de imunizantes e justificam sua relevância nas estratégias atuais de prevenção e controle de doenças.

Apesar das vantagens associadas às tecnologias mais recentes, a duração da resposta imunológica pode variar conforme a plataforma utilizada. De acordo com Pollard e Bijker (2021), vacinas tradicionais baseadas em microrganismos vivos atenuados frequentemente promovem proteção mais duradoura, pois estimulam mecanismos imunológicos semelhantes aos observados durante a infecção natural. Em contrapartida, algumas vacinas produzidas por tecnologias modernas, como proteínas recombinantes e RNA mensageiro, podem requerer doses de reforço para a manutenção da imunidade ao longo do tempo. Dessa forma, a escolha da plataforma vacinal envolve não apenas aspectos relacionados à rapidez de produção e segurança, mas também a persistência da resposta imunológica desejada.

Foi evidenciado na presente revisão bibliográfica que o desenvolvimento biotecnológico está fortemente associado a fenômenos naturais, como fermentação microbiana, mecanismos de defesa de plantas e totipotência celular. Esses processos, historicamente utilizados de forma empírica, passaram a ser compreendidos, aprimorados e reproduzidos em escala industrial com o avanço do conhecimento científico e a consolidação das técnicas de engenharia genética.

Destacando que mesmo antes do domínio do DNA recombinante, organismos vivos já desempenhavam um papel central na obtenção de produtos de interesse biológico. Com o avanço técnico-científico, observa-se que as abordagens modernas ampliaram significativamente o potencial da área, permitindo a criação de organismos geneticamente modificados, a síntese de proteínas recombinantes e o desenvolvimento de plantas transgênicas resistentes a pragas e patógenos. Esse progresso evidencia a transição entre o uso empírico de processos naturais e a implementação de metodologias altamente controladas, precisas e orientadas à inovação.

No contexto farmacêutico, os dados apresentados por Ferreira *et al.*, (2017) reforçam que o domínio das ferramentas de manipulação genética tornou possível produzir moléculas complexas, como enzimas, peptídeos, metabólitos secundários e anticorpos, com elevado grau de pureza, estabilidade e reprodutibilidade. O desenvolvimento de antirretrovirais, vacinas recombinantes e terapias baseadas em RNA evidencia como a biotecnologia passou a atuar diretamente na resolução de problemas de saúde pública, oferecendo alternativas terapêuticas mais eficazes e acessíveis. Essa evolução não apenas ampliou o repertório de fármacos disponíveis, mas também reduziu custos, acelerou o processo de pesquisa e desenvolvimento e permitiu intervenções mais seguras (Santos *et al.*, 2025)

As vacinas de subunidades, por exemplo, representam um avanço relevante ao utilizarem proteínas recombinantes produzidas em sistemas heterólogos, garantindo maior segurança ao evitar o uso do patógeno completo. Já a manipulação genética aplicada a microrganismos atenuados permitiu o desenvolvimento de vacinas bivalentes, capazes de induzir respostas imunes mais amplas e específicas conforme destacado por Franco *et al.*, (2019). As vacinas de DNA, por sua vez, representam uma inovação disruptiva ao utilizar plasmídeos recombinantes, configurando uma abordagem promissora para a imunização contra doenças crônicas e até mesmo alguns tipos de câncer.

No contexto regional, os avanços da biotecnologia também apresentam potencial para impulsionar o desenvolvimento científico e tecnológico no Nordeste brasileiro. Souza et al. (2022) destacam que diversas espécies vegetais nativas da Caatinga possuem compostos bioativos promissores para a produção de fitomedicamentos, evidenciando o potencial da biodiversidade regional para o desenvolvimento de novos produtos terapêuticos. De forma complementar, Cordeiro e Félix (2014) ressaltam a riqueza das plantas medicinais da Caatinga no estado da Paraíba e suas possíveis aplicações farmacêuticas, reforçando a importância da conservação da biodiversidade e do incentivo às pesquisas voltadas à inovação em saúde. Esses achados demonstram que a biotecnologia não apenas impulsiona o desenvolvimento de vacinas e biofármacos em escala global, mas também representa uma importante ferramenta para a valorização dos recursos naturais e para o fortalecimento da pesquisa científica no contexto regional.

A partir desses resultados, verifica-se que a biotecnologia tem desempenhado papel central na modernização das estratégias de prevenção e tratamento de doenças. Os avanços em engenharia genética, expressão heteróloga e cultivo celular tornaram possíveis formulações vacinais mais precisas, seguras e eficazes, além de acelerarem o tempo de resposta diante de emergências sanitárias, como observado recentemente em pandemias. O conjunto das evidências discutidas aponta que a integração entre conhecimento biológico, inovação tecnológica e capacidade industrial tem fortalecido a biotecnologia como uma das áreas-chave para o desenvolvimento científico, econômico e social nas próximas décadas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão bibliográfica permitiu compreender que a biotecnologia ocupa posição central no desenvolvimento de vacinas e fármacos, constituindo uma das principais ferramentas para a inovação em saúde. A análise dos estudos evidenciou que tecnologias como DNA recombinante, proteínas recombinantes, engenharia genética, cultivo celular e plataformas vacinais de RNA e DNA têm proporcionado avanços significativos na produção de imunizantes e medicamentos, tornando-os mais seguros, específicos e eficientes quando comparados aos métodos convencionais.

Os resultados também demonstraram que a tecnologia do DNA recombinante se destacou como a estratégia biotecnológica mais recorrente entre os estudos analisados, evidenciando sua ampla aplicação na obtenção de biofármacos e vacinas de nova geração. Esses achados reforçam o papel da biotecnologia no enfrentamento de doenças infecciosas, crônicas e emergentes, além de evidenciar sua contribuição para o desenvolvimento de terapias cada vez mais direcionadas e eficazes.

Considerando a constante evolução dessa área, torna-se essencial ampliar os investimentos em pesquisa, inovação e formação de profissionais qualificados, favorecendo o desenvolvimento de novas tecnologias e sua incorporação aos sistemas de saúde. Da mesma forma, observa-se a necessidade de fortalecer ações de divulgação científica que aproximem o conhecimento produzido nas instituições de pesquisa da sociedade.

Como desdobramento desta revisão, propõe-se a elaboração de uma cartilha educativa sobre os diferentes tipos de vacinas e as tecnologias biotecnológicas empregadas em sua produção, utilizando linguagem acessível ao público. Essa iniciativa poderá contribuir para a educação em saúde, o combate à desinformação sobre vacinação e a valorização da ciência como instrumento de promoção da qualidade de vida.

Conclui-se, portanto, que a biotecnologia representa um dos pilares da medicina moderna, sendo indispensável para o desenvolvimento de estratégias inovadoras de prevenção, diagnóstico e tratamento de doenças, além de constituir uma área estratégica para o avanço científico, tecnológico e social.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Creusa Sayuri Tahara *et al.* Novos caminhos da biotecnologia: As inovações da indústria 4.0 na saúde humana. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 23, n. 3, p. 203-231, 2020. Disponível em:

<https://www.revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/download/889/643>. Acesso em: 03 dez. 2025.

BRAZ, Luana Camilla Cordeiro *et al.* Contribuições da Biotecnologia no desenvolvimento e produção de vacinas de primeira, segunda e terceira gerações. 2014. Disponível em:

<https://dspace.sti.ufcg.edu.br/bitstream/riufcg/31627/1/CONTRIBUI%c3%87%c3%95ES%20DA%20BIOTECNOLOGIA%20NO%20DESENVOLVIMENTO%20E%20PRODU%c3%87%c3%83O%20DE%20VACINAS%20-%20ANAIS%20I%20SENGEBBIO%20UFCG%20CDSA%202014.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2025.

CASTELANE, Isabella Rocha *et al.* Os avanços da biotecnologia no desenvolvimento de vacinas. 2023. Disponível em: <https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2023/09/OS-AVAN%C3%87OS-DA-BIOTECNOLOGIA-NODESENVOLVIMENTO-DE-VACINAS.-p%C3%A1g-825-%C3%A0-833.pdf>. Acesso em:

em:
03 dez. 2025.

CHAUDHARY, N.; WEISSMAN, D.; WHITEHEAD, K. A. mRNA vaccines for infectious diseases: principles, delivery and clinical translation. *Nature Reviews Drug Discovery*, v. 20, p. 817–838, 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34433919/>. Acesso em: 5 dez. 2025.

CORDEIRO, J. M. P.; FÉLIX, L. P. Conhecimento botânico medicinal sobre espécies vegetais nativas da Caatinga e plantas espontâneas no Agreste da Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, Campinas, v. 16, n. 3, supl. 1, p. 685-692, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1983-084x/13_077. Acesso em: 14 jul. 2026.

DINIZ, Mariana de Oliveira.; FERREIRA, Luís Carlos de Souza. Biotecnologia aplicada ao desenvolvimento de vacinas. *Estudos Avançados*, v. 24, n. 70, p. 19–30, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/zkfCDkm6tCH3cCzKghrRsCG/?lang=pt>. Acesso em: 5 dez. 2025.

FERREIRA, Francisco Rômulo Monte; QUEIROZ, Francisco Assis de; SOUZA, Lauro Fabiano Carvalho de. A Revolução Biotecnológica: História e Indústria no Brasil. **Khronos**, n. 16, p. 72-98, 2024. Disponível em:

<https://revistas.usp.br/khronos/article/view/220609/203492>. Acesso em: 05 dez. 2025

FERREIRA, Beatriz *et al.* Antibióticos e antirretrovirais: uma abordagem biotecnológica. **Revista Saúde e Desenvolvimento**, v. 11, n. 9, p. 234-248, 2017. Disponível:

<https://www.revistasuninter.com/revistasauade/index.php/saudeDesenvolvimento/article/download/800/488>. Acesso em: 05 dez. 2025.

FRANCO, Eliz Oliveira *et al.* Biotecnologia e suas contribuições para a evolução dos estudos e da produção de vacinas. **Anais Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar (ISSN2527-2500)**, 2019. Disponível em:

<http://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/coloquio/article/view/765/671>. Acesso em: 03 dez. 2025.

GONÇALVES, Hugo César Tavares *et al.* Nanotecnologia e biotecnologia no desenvolvimento de medicamentos para o tratamento de doenças crônicas e não crônicas (câncer e diabetes): revisão integrativa. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 11, p. 74436-74452, 2022. Disponível em:

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/54534>. Acesso em: 05 nov. 2025.

GÓES-FAVONI, Silvana Pedroso de. Biotecnologia moderna parte 1: a história da ciência revisão de literatura. **Revista Unimar Ciências**, v. 25, n. 1-2, 2016. Disponível em

<http://ojs.unimar.br/index.php/ciencias/article/view/457/185>. Acesso em: 05 dez. 2025.

LIMA, Salatiel Henrique Pereira *et al.* A biotecnologia na produção do biofármaco eritropoetina humana recombinante Biotechnology in the production of recombinant human erythropoetin biopharmaceutical. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 64736481, 2022. Disponível em:

<https://www.brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/download/43182>. Acesso em: 05 dez. 2025.

MENEZES, Maria Elizabeth. Tecnologia do DNA recombinante. *Revista Brasileira de Análises Clínicas*, 2021. Disponível em: https://www.rbac.org.br/artigos/tecnologia-do-dnarecombinante/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 5 dez. 2025.

MOREIRA, Ana Carolina Nascimento Alves. Relação entre a biomedicina e a biotecnologia. Brasília, 2022. Disponível em:

https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/62608/1/Ana_Carolina.pdf. Acesso em: 04 nov. 2025.

POLLARD, Andrew J.; BIJKER, Else. M. A guide to vaccinology: from basic principles to new developments. *Nature Reviews Immunology*, Londres, v. 21, n. 2, p. 83-100, 2021. DOI: 10.1038/s41577-020-00479-7. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41577-02000479-7>. Acesso em: 05 dez. 2025.

RAHMAN, M. M.; ZHOU, N.; HUANG, J. An overview on the development of mRNA-based vaccines and their formulation strategies for improved antigen expression in vivo.

Vaccines, v. 9, n. 3, p. 244, 2021. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33799516/>. Acesso em: 05 dez. 2025.

REIS¹, Ana Valéria Santos; FERREIRA, Alex Ricardo. Vacinas De Rna: Avanços, Desafios E Perspectivas Futuras. 2025. Disponível em:

https://sistema.editorapasteur.com.br/uploads/pdf/publications_chapter/0908151225.pdf.

Acesso em: 05 dez. 2025.

SALDANHA, Bruno de Almeida. Aplicação da biotecnologia e seus benefícios: uma revisão bibliográfica. 2017. Disponível em:

<https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/5d6c9647-5993-473d-a5f7f48163cb9bb0/content>. Acesso em: 05 dez. 2025.

SANTOS, Larysa Andrade da Luz *et al.* Inovação na biotecnologia: desenvolvimento de fármacos a partir da biodiversidade brasileira e seus desafios para a bioinovação. **Cuadernos de Educación y Desarrollo-QUALIS A4**, v. 17, n. 10, p. e9718-e9718, 2025. Disponível em: <https://ojs.cuadernoseducacion.com/ojs/index.php/ced/article/view/9718/6494>. Acesso em: 04 dez. 2025.

SILVA, Maria Bartira Chaves de Souza *et al.* Estudo descritivo da produção de vacinas e as contribuições da Biotecnologia. 2023. Disponível em: <https://dspace.sti.ufcg.edu.br/bitstream/riufcg/31018/1/MARIA%20BARTIRA%20CHAVES%20DE%20SOUZA%20SILVA%20-%20TCC%20ENG.%20BIOTEC.%20E%20BIOPROCESSOS%20CDSA%202023.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2025.

SOUZA, Ana Valéria Vieira de; HERNANDES, Camila; SOUZA, Danilo Diego de; COSTA, Evelyn Sophia Silva; BISPO, Luma dos Passos; OLIVEIRA, Flávio José Vieira de; PEREIRA, Ana Maria Soares. Bioprospecção de plantas da Caatinga com potencial para produção de fitomedicamentos. *Revista Fitos*, Rio de Janeiro, v. 16, n. Supl. 2, p. 212-226, 2022. Disponível em: <https://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revista-fitos/article/view/1283>. Acesso em: 14 jul. 2026.

VILLEN, Rafael Almudi. Biotecnologia-Histórico e Tendências. 2018. Disponível em: <http://www.hottopos.com/regeq10/rafael.htm>. Acesso em: 05 dez. 2025.



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
Campus Princesa Isabel - Código INEP: 25282930
Br 426, S/N, Zona Rural / Sítio Barro Vermelho, CEP 58755-000, Princesa Isabel (PB)
CNPJ: 10.783.898/0007-60 - Telefone: (83) 3065.4901

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC - Versão Final

Assunto:	TCC - Versão Final
Assinado por:	Lucrecia Ribeiro
Tipo do Documento:	Projeto
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Lucrecia Ribeiro Ferreira, ALUNO (201924020037) DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - CAMPUS PRINCESA ISABEL**, em 29/07/2026 19:28:26.

Este documento foi armazenado no SUAP em 29/07/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1930205

Código de Autenticação: d492392fa6

