

15

BIOMARCADORES PARA DIAGNÓSTICO PRECOCE DE DOENÇAS NEUROLÓGICAS

► **Maria Clara Oliveira Campos Sousa**
Graduanda em Medicina, UnifacidWyden
ID <https://orcid.org/0009-0009-8005-8854>

► **Karla Leticia Santos da Silva Costa**
Graduada em Medicina, Universidade Estadual Do Maranhão
ID <https://orcid.org/0009-0000-0195-5499>

► **Ana Patrícia Oliveira Moura Lima**
Doutor em Ciências Morfofuncionais, Universidade de Fortaleza - UNIFOR. Universidade Federal do Ceará - UFC
ID <https://orcid.org/0000-0003-0445-8935>

► **Andreina Amanda dos Santos Silva**
Graduanda em Farmácia, Universidade da Amazônia – UNAMA

RESUMO

INTRODUÇÃO: As doenças neurológicas afetam cerca de um terço da população mundial e lideram as causas de incapacidade. Apesar dos avanços, os métodos diagnósticos ainda apresentam limitações quanto à sensibilidade, especificidade, custo e invasividade. A identificação precoce de sintomas por meio de avaliações cognitivas tem ganhado destaque. Nesse contexto, os biomarcadores neurológicos surgem como ferramentas promissoras, permitindo diagnósticos mais precisos e intervenções antecipadas. **OBJETIVO:** O objetivo deste estudo é analisar os biomarcadores aplicados ao diagnóstico precoce de doenças neurológicas. **METODOLOGIA:** Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, realizada no ano de 2025, por meio de consultas nas bases de dados MEDLINE e PubMed. **RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os biomarcadores neurológicos são ferramentas promissoras no

diagnóstico e monitoramento de doenças como *Alzheimer*, *Parkinson*, ELA e AVC, possibilitando a identificação precoce de alterações patológicas. Classificados segundo a FDA-NIH por sua finalidade clínica, devem apresentar alta sensibilidade, especificidade e reprodutibilidade. Avanços em tecnologias ômicas e inteligência artificial têm ampliado a precisão diagnóstica e a personalização terapêutica. Biomarcadores como A β , p-tau e NfL já são utilizados na prática clínica, enquanto novos marcadores, como microRNAs e biomarcadores salivares, vêm ganhando destaque por sua aplicabilidade e menor invasividade. A biópsia líquida também se apresenta como alternativa viável aos métodos tradicionais. No entanto, desafios persistem, como a variabilidade interindividual e a complexidade dos dados moleculares. A integração entre biotecnologia, IA e gerociência surge como estratégia para promover saúde neurológica e envelhecimento saudável. **CONSIDERAÇÕES FINAIS:** Os biomarcadores moleculares têm se mostrado fundamentais para o diagnóstico precoce de doenças neurológicas, permitindo intervenções mais precisas e eficazes. Tecnologias como abordagens ômicas, inteligência artificial e biópsias líquidas ampliam seu potencial clínico. Métodos não invasivos, como análise de saliva e plasma, destacam-se pela praticidade. Esses avanços contribuem para melhorar o prognóstico e otimizar o cuidado em saúde. Contudo, desafios e a necessidade de validação clínica ainda persistem.

PALAVRAS-CHAVES: Biomarcadores; Diagnóstico Precoce; Transtorno Neurológico.

15

BIOMARKERS FOR EARLY DIAGNOSIS OF NEUROLOGICAL DISEASES

ABSTRACT

INTRODUCTION: Neurological diseases affect around a third of the world's population and are the leading cause of disability. Despite advances, diagnostic methods still have limitations in terms of sensitivity, specificity, cost and invasiveness. Early identification of symptoms through cognitive assessments has gained prominence. In this context, neurological biomarkers have emerged as promising tools, allowing for more accurate diagnoses and early interventions. **OBJECTIVE:** The aim of this study is to analyze biomarkers applied to the early diagnosis of neurological diseases. **METHODOLOGY:** This is an integrative literature review, carried out in 2025, through consultations in the MEDLINE and PubMed databases. **RESULTS AND DISCUSSION:** Neurological biomarkers are promising tools in the diagnosis and monitoring of diseases such as Alzheimer's, Parkinson's, ALS and stroke, enabling the early identification of pathological alterations. Classified according to the FDA-NIH by their clinical purpose, they must have high sensitivity, specificity and reproducibility. Advances in omics technologies and artificial intelligence have increased diagnostic accuracy and therapeutic personalization. Biomarkers such as A β , p-tau and NfL are already used in clinical practice, while new markers such as microRNAs and salivary biomarkers are gaining prominence due to their applicability and less invasiveness. Liquid biopsy is also a viable alternative to traditional methods. However, challenges remain, such as inter-individual variability and the complexity of molecular data. The integration of biotechnology, AI and geroscience is emerging as a strategy to promote neurological health and healthy ageing. **FINAL CONSIDERATIONS:** Molecular biomarkers have proved fundamental for the early diagnosis of neurological diseases, allowing for more precise and effective interventions. Technologies such as omics approaches, artificial intelligence and liquid biopsies expand their clinical potential. Non-invasive

methods, such as saliva and plasma analysis, stand out for their practicality. These advances contribute to improving prognosis and optimizing health care. However, challenges and the need for clinical validation remain.

KEYWORDS: Biomarkers; Early Diagnosis; Neurological Disorder.



1. INTRODUÇÃO

Uma em cada três pessoas é afetada por condições neurológicas, as quais representam a principal causa de doença e incapacidade em nível global. O impacto dessas condições, medido em termos de incapacidade, morbidade e mortalidade prematura, aumentou em 18% desde 1990. Um estudo recente, publicado na *The Lancet Neurology*, revelou que, em 2021, mais de 3 bilhões de indivíduos em todo o mundo viviam com alguma condição neurológica (Steinmetz *et al.*, 2024; World Health Organization, 2024).

Nesse contexto, as doenças neurológicas mais prevalentes variam de acordo com a região, porém destacam-se, globalmente, condições como enxaqueca, acidente vascular cerebral (AVC), doença de *Alzheimer*, epilepsia e doença de *Parkinson*. Também figuram entre as mais frequentes o transtorno do espectro autista (TEA), esclerose múltipla, paralisia cerebral e esclerose lateral amiotrófica (Marcelino; Monteiro; Santos, 2022).

No entanto, evidências indicam que a integração entre a neurologia clínica e as neurociências cognitivas tem sido essencial para a identificação precoce não apenas de sintomas motores e neurológicos, mas também de déficits cognitivos e emocionais que podem surgir nas fases iniciais das doenças neurológicas. A incorporação de avaliações cognitivas permite detectar alterações precoces em funções como memória, atenção e controle motor, muitas vezes presentes antes dos sintomas clínicos mais evidentes. Dessa forma, o diagnóstico precoce revela-se fundamental para a implementação oportuna de terapias que retardem a progressão dos sintomas, promovendo melhor qualidade de vida e maior autonomia aos pacientes (Santos *et al.*, 2024).

Ademais, os métodos diagnósticos atuais ainda enfrentam importantes desafios. A capacidade preditiva dos biomarcadores é limitada, tanto em estágios pré-sintomáticos quanto sintomáticos, o que compromete a confiabilidade do diagnóstico. Além disso, a possibilidade de interferência com outras patologias dificulta a interpretação dos resultados. Questões como a invasividade de certos exames e o alto custo dos testes também restringem sua aplicabilidade na prática clínica, dificultando seu uso rotineiro para diagnóstico e monitoramento das doenças neurológicas (Cabraia *et al.*, 2024).

Nesse aspecto, os biomarcadores neurológicos vêm ganhando destaque na pesquisa clínica por seu potencial em identificar alterações associadas ao funcionamento do sistema nervoso e em monitorar a resposta ao tratamento. Sua integração à prática clínica contribui para maior precisão nos diagnósticos e prognósticos, favorecendo intervenções terapêuticas mais precoces e adequadas. Visto isso, o uso de biomarcadores representa um avanço significativo, ao possibilitar estratégias terapêuticas mais direcionadas e eficazes (Sarah *et al.*, 2024).

Portanto, a crescente incidência de doenças neurológicas e seu impacto significativo na qualidade de vida e na autonomia dos pacientes reforçam a necessidade de estratégias diagnósticas mais eficazes. O diagnóstico precoce é fundamental para a implementação de terapias que retardem a progressão dos sintomas e melhorem o prognóstico clínico. Nesse contexto, o estudo de biomarcadores se justifica pela sua capacidade

potencial de detectar alterações neurológicas em estágios iniciais, muitas vezes antes da manifestação clínica evidente, contribuindo para intervenções mais precisas e personalizadas na prática médica.

Logo, o objetivo deste estudo é analisar os biomarcadores aplicados ao diagnóstico precoce de doenças neurológicas.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, a qual possibilita uma síntese abrangente das evidências disponíveis sobre um determinado tema, ao integrar resultados de estudos experimentais e não experimentais, visando a uma compreensão mais ampla e aprofundada do fenômeno investigado. Esse tipo de revisão contribui significativamente para o debate sobre métodos e resultados de pesquisas já realizadas, além de oferecer subsídios importantes para a formulação de novas investigações (Mendes; Silveira; Galvão, 2008).

A questão central desta revisão integrativa foi elaborada com base na estratégia PICO, que considera os elementos População, Intervenção e Contexto. Dessa forma, formulou-se a seguinte pergunta norteadora: "Quais são os biomarcadores utilizados no diagnóstico precoce de doenças neurológicas em adultos, e como eles contribuem para a prática clínica?"

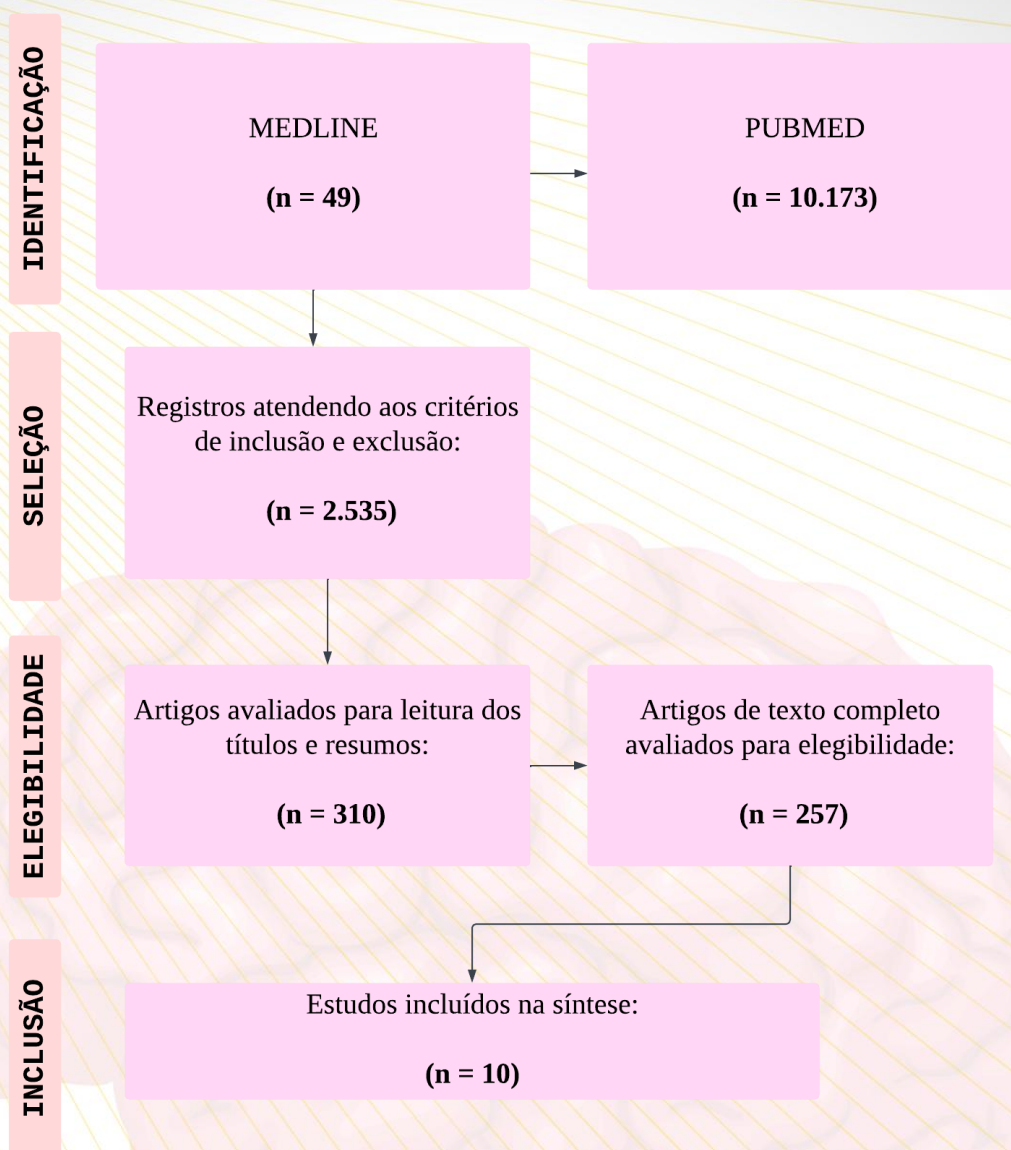
As informações foram coletadas por meio de uma busca avançada de artigos científicos nas bases de dados *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MEDLINE) e PubMed (PMC). Para garantir a seleção de estudos relevantes, utilizaram-se os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS): “Biomarcadores” AND “Diagnóstico Precoce” AND “Transtorno Neurológico”, incluindo também suas equivalentes em inglês e espanhol.

A seleção dos artigos foi baseada em critérios rigorosos, considerando apenas publicações entre os anos de 2020 e 2025, nos idiomas português, inglês ou espanhol, que tratassem diretamente do tema proposto e estivessem disponíveis nas buscas realizadas com descritores específicos.

Foram excluídos da análise os estudos publicados antes de 2020, aqueles sem acesso ao texto completo e os que não apresentavam relação direta com a temática. Trabalhos acadêmicos como TCCs, teses, dissertações, além de materiais oriundos de sites, também foram desconsiderados.

Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram identificados 2.535 artigos no total. Destes, 257 foram considerados aptos para a leitura na íntegra, culminando em uma amostra final composta por 10 estudos que atendiam plenamente aos critérios definidos, conforme ilustrado no fluxograma apresentado na **Figura 1**.

Figura 1 – Fluxograma das análises inclusas.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Concluída a análise bibliométrica, os resultados foram sistematizados em uma tabela síntese, na qual se evidenciam as principais conclusões dos estudos selecionados. Inicialmente, os artigos foram submetidos a uma leitura exploratória, com o objetivo de identificar os aspectos centrais de cada publicação. Em seguida, realizou-se uma análise de conteúdo aprofundada, permitindo uma compreensão mais detalhada e crítica das contribuições de cada estudo para o tema investigado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão dispostos na **Tabela 1**, a qual reúne os artigos que compõem a amostra desta revisão, acompanhados de suas respectivas informações bibliográficas e a conclusão destes, visando facilitar a visualização e a análise comparativa dos estudos selecionados.

Tabela 1 – Sínteses analisadas.

TÍTULO	AUTOR/ANO	CONCLUSÃO
Biomarkers in Alzheimer's disease: role in early and differential diagnosis and recognition of atypical variants	(Dubois <i>et al.</i> , 2023)	O diagnóstico da doença de <i>Alzheimer</i> é complexo devido à sua variabilidade clínica e possível coexistência com outras patologias. O uso de biomarcadores tem se destacado como ferramenta promissora para auxiliar no diagnóstico precoce, diferenciar fenótipos e identificar indivíduos em risco, permitindo intervenções mais precisas e personalizadas.
Biomarkers in Neurodegenerative Diseases: Proteomics Spotlight on ALS and Parkinson's Disease	(Raghunathan; Turajane; Wong, 2022)	A identificação de biomarcadores específicos para esclerose lateral amiotrófica (ELA) e a doença de <i>Parkinson</i> (DP) tem se mostrado um desafio. Nesse contexto, o avanço no uso de ferramentas, como a proteômica, tem impulsionado esse campo, possibilitando a análise aprofundada do perfil proteico em amostras de tecido, plasma, soro e líquido cefalorraquidiano (LCR), contribuindo para a descoberta de biomarcadores relevantes.
Blood Biomarkers in Ischemic Stroke Diagnostics and Treatment—Future Perspectives	(Babić <i>et al.</i> , 2025)	Após um acidente vascular cerebral (AVC), ocorrem processos fisiopatológicos que, se não tratados, podem causar danos progressivos aos neurônios e levar à morte celular. Nesse contexto, os biomarcadores sanguíneos apresentam grande potencial para aprimorar o diagnóstico, o prognóstico e o monitoramento terapêutico. Biomarcadores capazes de estimar o tempo de início do AVC, detectar oclusões de grandes vasos e diferenciar entre AVC isquêmico e hemorragia intracerebral são especialmente relevantes para a identificação precoce e a escolha de intervenções apropriadas.
Development of Neurodegenerative Disease	(Song <i>et al.</i> , 2025)	Os biomarcadores digitais destacam-se por permitirem medições quantitativas e não

Diagnosis and Monitoring from Traditional to Digital Biomarkers

invasivas por meio de dispositivos simples, como tecnologias portáteis, vestíveis ou sem contato, superando algumas limitações dos métodos tradicionais. Eles viabilizam o monitoramento remoto e contínuo das condições físicas dos pacientes, favorecendo o diagnóstico precoce e a gestão eficaz das doenças. Com isso, promovem avanços relevantes em estratégias personalizadas de acompanhamento e tratamento.

Experimental and Clinical Biomarkers for Progressive Evaluation of Neuropathology and Therapeutic Interventions for Acute and Chronic Neurological Disorders

(Reddy; Abeygunaratne, 2022)

Os biomarcadores são essenciais no diagnóstico, no monitoramento e na avaliação de intervenções terapêuticas em doenças neurológicas. Agrupados em quatro categorias principais, permitem acompanhar a progressão dessas enfermidades por meio de indicadores relacionados à inflamação, neurodegeneração e regeneração neuronal. Sua aplicação contribui significativamente para o diagnóstico precoce, definição do prognóstico e elaboração de terapias mais eficazes e individualizadas.

Liquid Biopsy in Neurological Diseases

(Malhotra *et al.*, 2023)

A biópsia líquida tem se destacado como uma abordagem não invasiva e sensível para a análise de biomarcadores em estágios iniciais. Essa técnica permite o diagnóstico precoce, a identificação de alvos terapêuticos, o monitoramento da progressão da doença e a avaliação da resposta ao tratamento. Além disso, sua versatilidade possibilita a triagem eficiente de biomarcadores líquidos para o diagnóstico e acompanhamento de condições neurológicas complexas.

Molecular Biomarkers in Neurological Diseases: Advances in Diagnosis and Prognosis

(Myrou *et al.*, 2025)

Os avanços tecnológicos têm impulsionado a identificação de novos biomarcadores para doenças neurológicas. O futuro do diagnóstico dessas condições está na integração de abordagens multi-ômicas aprimoradas por inteligência artificial (IA), no desenvolvimento de técnicas de biópsia líquida e na implementação de estruturas regulatórias padronizadas. A incorporação desses avanços permitirá o aprimoramento da neurologia de precisão, favorecendo a detecção precoce de doenças, a personalização das estratégias terapêuticas e a melhoria dos desfechos clínicos dos pacientes.

Role of miRNAs in Neurodegeneration: From Disease Cause to Tools of Biomarker Discovery and Therapeutics

(Roy *et al.*, 2022)

A identificação de biomarcadores em estágios iniciais da doença pode viabilizar intervenções terapêuticas precoces e contribuir para o desenvolvimento de estratégias de tratamento mais eficazes. Além disso, esses biomarcadores podem ser utilizados para monitorar a resposta terapêutica e a progressão da doença. Nesse contexto, os microRNAs (miRNAs) têm se destacado como potenciais biomarcadores para diferentes enfermidades, tanto no diagnóstico quanto no acompanhamento clínico.

Salivary biomarkers of neurodegenerative and demyelinating diseases and biosensors for their detection

(Galdoni *et al.*, 2022)

A saliva apresenta-se como um meio promissor, não invasivo e economicamente viável, com potencial significativo para a detecção precoce e o monitoramento de doenças neurológicas. Biomarcadores salivares, como proteínas, microRNAs e citocinas, têm demonstrado capacidade de refletir alterações patológicas no sistema

nervoso central, configurando-se como uma alternativa prática e acessível em relação aos métodos diagnósticos convencionais.

The Amyloid- β Pathway in Alzheimer's Disease

(Hampel *et al.*, 2021)

O acúmulo de peptídeo beta-amiloide (A β) no cérebro é um dos primeiros eventos associados à doença de *Alzheimer*, iniciando uma série de processos neurodegenerativos. Dentre eles, destaca-se a hiperfosforilação da proteína tau, que leva à formação de emaranhados neurofibrilares, resultando em disfunção sináptica e morte neuronal. Evidências indicam que oligômeros solúveis de A β podem influenciar diretamente esse processo, intensificando a progressão da doença através da modulação da proteína tau.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

De acordo com a *Food and Drug Administration (FDA)* em conjunto com os *National Institutes of Health (NIH)* os biomarcadores são definidos como características mensuráveis que servem como indicadores de processos biológicos normais, processos patológicos ou respostas biológicas a intervenções terapêuticas (FDA, 2022).

Segundo a classificação da FDA-NIH, os biomarcadores são categorizados de acordo com sua finalidade clínica. Entre os principais tipos, destacam-se: biomarcadores diagnósticos, utilizados para detectar ou confirmar a presença de uma doença ou seu subtipo; biomarcadores prognósticos, que estimam a probabilidade de progressão ou recorrência da doença; biomarcadores preditivos, capazes de identificar indivíduos com maior probabilidade de resposta positiva ou negativa a intervenções terapêuticas ou ambientais; e biomarcadores de monitoramento, empregados de forma repetida para acompanhar a evolução da condição clínica ou a resposta a tratamentos (FDA, 2016).

Para assegurar a eficácia na prática clínica, os biomarcadores devem apresentar elevada sensibilidade, especificidade e reprodutibilidade. A sensibilidade é fundamental para detectar a presença de uma condição mesmo em estágios iniciais, possibilitando a adoção de intervenções precoces. A especificidade, por sua vez, contribui para a identificação precisa da condição analisada, reduzindo a ocorrência de diagnósticos equivocados. Já a reprodutibilidade assegura a consistência dos resultados obtidos em diferentes medições e contextos clínicos, garantindo confiabilidade às análises (Zamora-Obando *et al.*, 2022).

A Doença de *Alzheimer* (DA) é uma forma de demência neurodegenerativa caracterizada pela perda progressiva das funções cognitivas. Embora seja considerada uma condição incurável, o diagnóstico precoce

contribui significativamente para o manejo mais eficaz dos sintomas. No entanto, apesar dos avanços nas pesquisas, a identificação precoce da DA ainda representa um grande desafio clínico (Berticelli; Filter, 2025).

A utilização de biomarcadores no diagnóstico da DA é de grande relevância, destacando-se a dosagem dos peptídeos beta-amiloide ($A\beta$) e da proteína tau fosforilada (p-tau) no líquido cefalorraquidiano (LCR), que possibilita a detecção precoce de alterações neuropatológicas típicas da doença. Esses biomarcadores são fundamentais para o reconhecimento de estágios iniciais da DA, contribuindo para um diagnóstico mais preciso. Adicionalmente, o neurofilamento de cadeia leve (NfL), mensurável tanto no LCR quanto no plasma, embora não específico para a DA, apresenta-se como um marcador de neurodegeneração, com níveis elevados associados a danos neuronais, oferecendo subsídios complementares sobre a progressão da enfermidade (Schilling *et al.*, 2022).

Adicionalmente, a Doença de *Parkinson* (DP) é uma das principais causas de incapacidade neurológica no mundo, com mais de 6 milhões de casos. Apesar de sua alta prevalência, sua causa ainda é desconhecida e não há cura. O diagnóstico precoce é dificultado pela semelhança clínica com outras doenças e pela ausência de biomarcadores definitivos nos estágios iniciais. Bem como a Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA), uma doença progressiva e fatal, cujo diagnóstico e tratamento são dificultados também pela falta de biomarcadores específicos e pela variabilidade de suas manifestações clínicas e prognóstico (Nascimento *et al.*, 2024; Rocha *et al.*, 2024).

Nesse viés, a proteômica tem se destacado como uma ferramenta promissora para suprir a escassez de biomarcadores precoces e sensíveis na ELA e na DP, cujos marcadores atuais são, em geral, aplicáveis apenas em estágios avançados. Ensaios clínicos recentes vêm utilizando abordagens proteômicas, e estudos integrando dados multiômicos mostram potencial para identificar biomarcadores que auxiliem no diagnóstico, prognóstico e estratificação de pacientes, contribuindo para avanços no manejo dessas doenças (Raghunathan; Turajane; Wong, 2022).

No contexto do Acidente Vascular Cerebral (AVC), os sinais e sintomas apresentados pelos indivíduos podem variar significativamente, a depender de diversos fatores, como a localização e a extensão da lesão cerebral, bem como os fatores de risco individuais. Em alguns casos, os sintomas manifestam-se de forma leve e transitória, enquanto em outros podem ser intensos, persistentes e resultar em morte celular, refletindo a gravidade do evento neurológico (Figueiredo; Pereira; Mateus, 2020).

Entretanto, distinguir precocemente os subtipos de AVC é essencial para a definição do tratamento mais adequado. Os biomarcadores sanguíneos apresentam potencial para auxiliar na distinção entre AVC isquêmico e hemorragia intracerebral. O estudo de Bhatia *et al.*, (2020) avaliou cinco biomarcadores nesse contexto, com destaque para o S100, mais elevado em casos de hemorragia intracerebral, e a IL-6, mais presente em AVC isquêmico. No entanto, a acurácia geral desses biomarcadores ainda é limitada, não sendo suficiente para uso clínico isolado.

Dessa forma, biomarcadores ideais para o AVC devem apresentar alta sensibilidade e especificidade, além de serem acessíveis, rápidos, não invasivos e compatíveis com terapias de emergência. Contudo, devido

à complexidade do AVC e à variabilidade individual das respostas biológicas, identificar biomarcadores eficazes é desafiador. O estresse sistêmico causado pelo AVC afeta múltiplos órgãos e altera dinamicamente a expressão de citocinas, dificultando a precisão diagnóstica (Simpkins *et al.*, 2020).

Tecnologias de abordagens ômicas, como proteômica, transcriptômica e metabolômica, têm se destacado na detecção precoce de biomarcadores por permitirem uma análise abrangente dos processos biológicos. A integração de dados oriundos dessas distintas plataformas ômicas possibilita a identificação de alterações moleculares nos estágios iniciais das doenças, favorecendo uma compreensão mais aprofundada dos seus mecanismos e contribuindo para o desenvolvimento de estratégias diagnósticas mais precisas e terapias mais eficazes (Baysoy *et al.*, 2023).

Adicionalmente, a aplicação da inteligência artificial (IA) na análise de dados moleculares e exames de imagem tem impulsionado avanços significativos no diagnóstico e tratamento de doenças neurológicas. Sua capacidade de interpretar informações genéticas e neuroimagens permite a detecção precoce de condições como a DA, favorecendo intervenções preventivas antes do aparecimento dos sintomas. Ademais, a IA tem transformado a medicina diagnóstica ao otimizar a análise de grandes volumes de dados clínicos, aprimorando a precisão, a rapidez e a eficiência dos diagnósticos em diferentes contextos assistenciais (Lima *et al.*, 2024; Vedana *et al.*, 2024).

Determinados exames diagnósticos neurológicos apresentam caráter invasivo, o que representa uma limitação significativa, sobretudo em contextos clínicos delicados. Nesse cenário, a biópsia líquida desponta como uma alternativa promissora. Enquanto as biópsias teciduais tradicionais são invasivas, de difícil execução em determinadas regiões e limitadas quanto à representação da heterogeneidade das alterações patológicas, a biópsia líquida, por ser minimamente invasiva e mais acessível, permitindo a análise de biomarcadores circulantes (Jiménez, 2020).

Os biomarcadores salivares demonstram elevado potencial diagnóstico em doenças neurológicas, destacando-se por sua alta sensibilidade. A saliva constitui um meio biológico vantajoso por permitir coleta indolor, não invasiva e com menor risco de contaminação em relação ao sangue. Além disso, pode ser obtida pelo próprio paciente, configurando-se como uma alternativa prática e eficaz para a detecção de biomarcadores em contextos neurológicos (Silva, 2020).

Paralelamente, os microRNAs (miRNAs) têm se destacado como potenciais biomarcadores em doenças neurológicas, em razão de sua função reguladora da expressão gênica e de sua associação com mecanismos fisiopatológicos relevantes. Alterações nos níveis de miRNAs vêm sendo investigadas em patologias como a DA, DP, ELA e AVC, evidenciando seu potencial tanto para o diagnóstico precoce quanto para o monitoramento clínico e avaliação da resposta terapêutica. Além disso, sua detecção em fluidos biológicos de fácil acesso, como sangue e saliva, reforça sua aplicabilidade prática em contextos clínicos (Freitas; Freitas, 2024).

No entanto, as doenças neurológicas impõem desafios clínicos e econômicos relevantes, sobretudo devido à sua alta prevalência e complexidade fisiopatológica. Os métodos diagnósticos tradicionais, baseados

em sintomas e exames de imagem, são limitados para a detecção precoce. A adoção de biomarcadores moleculares, embora promissora, ainda enfrenta entraves. Destacam-se a necessidade da variabilidade interindividual na expressão dos biomarcadores e a influência de fatores genéticos e ambientais. Além disso, a análise de dados multiômicos exige ferramentas bioinformáticas avançadas. Esses desafios dificultam a implementação clínica ampla (Myrou *et al.*, 2025).

Por fim, a biotecnologia da longevidade combina IA, biomarcadores e gerociência com o objetivo de promover um envelhecimento saudável. A identificação e validação de biomarcadores são fundamentais para a detecção precoce e o tratamento de enfermidades relacionadas à idade, incluindo doenças neurológicas. A utilização da IA na análise desses dados representa um avanço promissor na medicina personalizada. Contudo, o êxito dessa integração depende de pesquisas contínuas e de uma colaboração interdisciplinar que possibilite a aplicação efetiva desses recursos na prática clínica, visando à ampliação da saúde e da longevidade da população (Lyu *et al.*, 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo evidenciou que os biomarcadores moleculares têm desempenhado um papel fundamental no diagnóstico precoce de doenças neurológicas em adultos, como DA, DP, ELA e AVC. A aplicação de biomarcadores como beta-amiloide, tau fosforilada, neurofilamento de cadeia leve, microRNAs e marcadores inflamatórios, aliados a tecnologias emergentes como abordagens ômicas e IA, têm contribuído para ampliar a precisão diagnóstica, permitir intervenções mais precoces e personalizadas, e monitorar de forma mais eficaz a resposta terapêutica.

Esses avanços são particularmente relevantes diante da crescente carga social e econômica imposta pelas doenças neurológicas, reforçando a importância de ferramentas diagnósticas mais sensíveis, específicas, não invasivas e acessíveis. Nesse contexto, a utilização de biomarcadores em fluidos como saliva e plasma, bem como o uso de biópsias líquidas, desponta como alternativa viável à tradicional dependência de exames invasivos.

Os resultados aqui discutidos contribuem significativamente para a sociedade ao promover a detecção precoce, o que pode melhorar o prognóstico dos pacientes, otimizar os recursos em saúde e favorecer o envelhecimento saudável da população. No entanto, persistem desafios relacionados à variabilidade interindividual, à necessidade de validação clínica multicêntrica e à integração de grandes volumes de dados moleculares, o que exige o aprimoramento de ferramentas bioinformáticas e modelos analíticos robustos.

Assim, recomenda-se para estudos futuros, o investimento em pesquisas translacionais multicêntricas com populações diversas, o desenvolvimento de plataformas de análise integrativa de dados ômicos e a ampliação do uso da IA na triagem de biomarcadores promissores. A colaboração interdisciplinar entre neurociência, biotecnologia, bioinformática e saúde pública será essencial para garantir a implementação efetiva desses avanços na prática clínica e ampliar seus benefícios à saúde coletiva.

REFERÊNCIAS

BABIĆ, A. *et al.* Blood Biomarkers in Ischemic Stroke Diagnostics and Treatment—Future Perspectives. **Medicina**, v. 61, n. 3, p. 514, 17 mar. 2025.

BAYSOY, A. *et al.* The technological landscape and applications of single-cell multi-omics. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 24, n. 10, p. 695–713, 6 out. 2023.

BERTICELLI, I. D.; FILTER, B. Diagnóstico precoce na doença de Alzheimer: entraves e impacto na vida e saúde do idoso. **Revista Brasileira De Ciências Do Envelhecimento Humano**, v. 21, p. 104–112, 2025.

BHATIA, R. *et al.* Role of Blood Biomarkers in Differentiating Ischemic Stroke and Intracerebral Hemorrhage. **Neurology India**, v. 68, n. 4, p. 824, 2020.

CAMBRAIA, A. T. D. D. *et al.* Avanços e desafios no diagnóstico da Doença de Alzheimer: biomarcadores e técnicas de imagem. **Brazilian Journal of Health and Biological Science**, v. 1, p. 01–11, 2024.

DUBOIS, B. *et al.* Biomarkers in Alzheimer's disease: role in early and differential diagnosis and recognition of atypical variants. **Alzheimer's Research & Therapy**, v. 15, n. 1, p. 175, 13 out. 2023.

FDA. **FDA-NIH Biomarker Working Group. BEST (Biomarkers, EndpointS, and other Tools) Resource [Internet]**. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK338448/>>. Acesso em: 4 abr. 2025.

FDA. **Focus Area: Biomarkers**. Disponível em: <<https://www.fda.gov/science-research/focus-areas-regulatory-science-report/focus-area-biomarkers>>. Acesso em: 3 abr. 2025.

FIGUEIREDO, A. R. G. DE; PEREIRA, A.; MATEUS, S. ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL ISQUÊMICO VS HEMORRÁGICO: TAXA DE SOBREVIVÊNCIA. **Revista Científica da Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias do Instituto Politécnico de Castelo Branco**, v. 3, p. 35–45, jun. 2020.

FREITAS, A. S.; FREITAS, R. K. C. O papel dos microRNAs na regulação gênica e implicações em doenças neurodegenerativas. **STUDIES IN HEALTH SCIENCES**, v. 5, n. 4, p. e10185, 5 nov. 2024.

GOLDONI, R. *et al.* Salivary biomarkers of neurodegenerative and demyelinating diseases and biosensors for their detection. **Ageing Research Reviews**, v. 76, p. 101587, abr. 2022.

HAMPEL, H. *et al.* The Amyloid- β Pathway in Alzheimer's Disease. **Molecular Psychiatry**, v. 26, n. 10, p. 5481–5503, 30 out. 2021.

JIMÉNEZ, W. Liquid biopsy. A challenge for clinical laboratories. **Advances in Laboratory Medicine / Avances en Medicina de Laboratorio**, v. 1, n. 3, 6 out. 2020.

LIMA, E. C. *et al.* DESAFIOS E AVANÇOS NA UTILIZAÇÃO DA NEUROIMAGEM PARA DIAGNÓSTICO DE DOENÇAS NEUROLÓGICAS. **Periódicos Brasil. Pesquisa Científica**, v. 3, n. 2, p. 1644–1656, 30 ago. 2024.

LYU, Y.-X. *et al.* Longevity biotechnology: bridging AI, biomarkers, geroscience and clinical applications for healthy longevity. **Aging**, 16 out. 2024.

- MALHOTRA, S. *et al.* Liquid Biopsy in Neurological Diseases. **Cells**, v. 12, n. 14, p. 1911, 22 jul. 2023.
- MARCELINO, P. F. S.; MONTEIRO, A. K. D. C.; SANTOS, T. S. B. DOS. Perfil clínico-epidemiológico de pacientes internados em enfermaria de neurologia do Hospital Universitário da Universidade Federal do Piauí (HU-UFPI). **Jornal de Ciências da Saúde do Hospital Universitário da Universidade Federal do Piauí**, v. 5, n. 1, p. 23–32, 4 out. 2022.
- MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. DE C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto - Enfermagem**, v. 17, n. 4, p. 758–764, dez. 2008.
- MYROU, A. *et al.* Molecular Biomarkers in Neurological Diseases: Advances in Diagnosis and Prognosis. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 26, n. 5, p. 2231, 1 mar. 2025.
- NASCIMENTO, M. E. B. DO *et al.* Novos avanços no tratamento da esclerose lateral amiotrófica (ELA). **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 6, n. 11, p. 383–392, 5 nov. 2024.
- RAGHUNATHAN, R.; TURAJANE, K.; WONG, L. C. Biomarkers in Neurodegenerative Diseases: Proteomics Spotlight on ALS and Parkinson's Disease. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 16, p. 9299, 18 ago. 2022.
- REDDY, D. S.; ABEYGUNARATNE, H. N. Experimental and Clinical Biomarkers for Progressive Evaluation of Neuropathology and Therapeutic Interventions for Acute and Chronic Neurological Disorders. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 19, p. 11734, 3 out. 2022.
- ROCHA, A. E. V. *et al.* DESAFIOS DO DIAGNÓSTICO DA DOENÇA DE PARKINSON: UMA REVISÃO DA LITERATURA. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 9, p. 578–585, 4 set. 2024.
- ROY, B. *et al.* Role of miRNAs in Neurodegeneration: From Disease Cause to Tools of Biomarker Discovery and Therapeutics. **Genes**, v. 13, n. 3, p. 425, 25 fev. 2022.
- SANTOS, F. B. DOS *et al.* ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR NO MANEJO DAS DOENÇAS NEUROLÓGICAS: INTEGRAÇÃO ENTRE NEUROLOGIA CLÍNICA E NEUROCIÊNCIAS COGNITIVAS. **Realize Editora**, 2024.
- SARAH, R. DE L. *et al.* DOENÇAS REUMÁTICAS, AUTOIMUNES E ENVOLVIMENTO NEUROLÓGICO: PERCEPÇÕES CLÍNICAS E CONSIDERAÇÕES TERAPÊUTICAS. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 7, p. 626–636, 2 jul. 2024.
- SCHILLING, L. P. *et al.* Diagnóstico da doença de Alzheimer: recomendações do Departamento Científico de Neurologia Cognitiva e do Envelhecimento da Academia Brasileira de Neurologia. **Dementia & Neuropsychologia**, v. 16, n. 3 suppl 1, p. 25–39, set. 2022.
- SILVA, S. **Avaliação de biomarcadores salivares para diagnóstico de transtorno de espectro autista por espectroscopia ATR-FTIR**. [s.l.] Universidade Federal de Uberlândia, 28 abr. 2020.
- SIMPKINS, A. N. *et al.* Biomarker Application for Precision Medicine in Stroke. **Translational Stroke Research**, v. 11, n. 4, p. 615–627, 18 ago. 2020.
- SONG, J. *et al.* Development of Neurodegenerative Disease Diagnosis and Monitoring from Traditional to Digital Biomarkers. **Biosensors**, v. 15, n. 2, p. 102, 11 fev. 2025.

STEINMETZ, J. D. *et al.* Global, regional, and national burden of disorders affecting the nervous system, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. **The Lancet Neurology**, v. 23, n. 4, p. 344–381, abr. 2024.

VEDANA, A. B. *et al.* INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA MEDICINA DIAGNÓSTICA. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 6, n. 11, p. 765–794, 7 nov. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Mais de 1 em cada 3 pessoas é afetada por condições neurológicas, a principal causa de doença e incapacidade em todo o mundo.** Disponível em: <<https://www.who.int/news/item/14-03-2024-over-1-in-3-people-affected-by-neurological-conditions--the-leading-cause-of-illness-and-disability-worldwide>>. Acesso em: 2 abr. 2025.

ZAMORA-OBANDO, H. *et al.* BIOMARCADORES MOLECULARES DE DOENÇAS HUMANAS: CONCEITOS FUNDAMENTAIS, MODELOS DE ESTUDO E APLICAÇÕES CLÍNICAS. **Química Nova**, 2022.

