

Biossensores portáteis para detecção de biomarcadores tumorais no sangue

Iasmin Mabelle Torres Ribeiro; Fametro; iasminmabelle2015@gmail.com

Layna Thayane da Silva Melo; Centro Universitário Fametro

Ana Beatriz Ribeiro Belém; Centro Universitário Fametro

Estefane Pereira Conceição; Centro Universitário Fametro

Luan José Neves de Almeida; Centro Universitário Fametro

Jhemerson Fernandes Paes; Centro Universitário Fametro; Programa de Pós-graduação em Imunologia Básica e aplicada (PPGIBA-UFAM)

1. Introdução

O câncer é uma das principais causas de mortalidade no mundo, caracterizando-se pelo crescimento anormal de células, resultado de alterações genéticas e epigenéticas¹. Células neoplásicas possuem a capacidade de proliferação rápida, formando tumores que invadem tecidos adjacentes e podem se disseminar para outros órgãos, levando à metástase¹.

A detecção precoce do câncer é uma estratégia de prevenção secundária voltada para identificar a doença em seus estágios iniciais¹. Ela pode ser realizada por meio do diagnóstico precoce, identificando indivíduos com sinais e sintomas iniciais, ou do rastreamento, direcionado a indivíduos assintomáticos. Esses métodos permitem tratamentos mais eficazes e aumentam as chances de sobrevivência¹.

Os métodos tradicionais de diagnóstico, como biópsias, exames laboratoriais e de imagem apresentam limitações que evidenciam a necessidade de tecnologias inovadoras capazes de oferecer diagnósticos mais rápidos, acessíveis e precisos³. Nesse contexto, os biomarcadores surgem como ferramentas fundamentais na oncologia, pois permitem identificar processos biológicos normais, alterações patogênicas e respostas a tratamentos³.

Eles podem ser aplicados na detecção precoce do câncer, no prognóstico, na previsão da resposta terapêutica e no monitoramento da progressão da doença. Entre suas principais categorias destacam-se os genômicos, como variantes nos genes *Breast Cancer gene 1/2 (BRCA1/BRCA2)* associadas ao risco de câncer de mama e ovário; os proteômicos, como o Antígeno Prostático Específico (PSA) na triagem do câncer de próstata; os metabolômicos, relacionados a alterações no metabolismo tumoral; e os epigenéticos, como a metilação do DNA, observada em diversos tipos de câncer³.

Para detectar esses biomarcadores de forma rápida e sensível, pesquisadores têm desenvolvido biossensores, dispositivos capazes de converter interações biológicas específicas em sinais elétricos detectáveis e quantificáveis⁴. Em sua forma portátil, esses biossensores apresentam grande potencial para triagem em larga escala e para ampliar o acesso a diagnósticos em regiões com infraestrutura limitada. Essa aplicabilidade contribui para reduzir desigualdades em saúde e aprimorar os desfechos clínicos. A incorporação dessas tecnologias à prática clínica pode, portanto, representar um verdadeiro marco no enfrentamento do câncer⁴.

2. Materiais e Métodos

Este estudo consistiu em uma revisão bibliográfica sobre biossensores portáteis para detecção rápida de biomarcadores tumorais no sangue, destacando sua relevância científica e prática. Foram consultadas as bases PubMed, SciELO e ScienceDirect, considerando artigos publicados entre 2010 e 2025, em inglês e português, usando descritores relacionados a biossensores, biomarcadores, diagnóstico precoce, point of care e câncer.

A análise seguiu as etapas propostas por Mendes, Silveira e Galvão (2008): (1) definição da questão de pesquisa; (2) critérios de inclusão e exclusão; (3) extração das informações pertinentes; (4) avaliação dos estudos selecionados; (5) interpretação dos achados; e (6) síntese do conhecimento.

Os critérios de inclusão seguiram as etapas de pesquisa em artigos originais em inglês ou português que abordassem biossensores portáteis aplicados à detecção de biomarcadores tumorais em sangue. Quanto aos critérios de exclusão, foram excluídos estudos *in vitro* sem potencial de aplicação clínica, publicações sem texto completo disponível e patentes não acompanhadas de validação experimental.

Foram selecionados seis estudos que abordam inovações tecnológicas via biossensores, seu impacto na sobrevida e no prognóstico precoce de pacientes com câncer, além de discutir desafios e perspectivas futuras na detecção precoce de biomarcadores. A aplicação de critérios rigorosos garantiu que os estudos incluídos sejam atuais, relevantes e confiáveis.

3. Resultados e Discussão

Os biomarcadores desempenham um papel crucial na detecção precoce do câncer, permitindo diagnósticos mais rápidos e intervenções terapêuticas mais eficazes^{3,4}. São moléculas ou características biológicas mensuráveis que indicam processos fisiológicos normais, alterações patogênicas ou respostas a tratamentos. No câncer, podem ser proteínas, DNA, RNA, metabólitos ou alterações epigenéticas, fornecendo informações sobre a presença, tipo, agressividade e progressão tumoral^{2,3,4}.

Seu funcionamento baseia-se na capacidade de refletir alterações moleculares específicas do tumor: mutações em genes como *BRCA1/BRCA2* aumentam o risco de câncer de mama e ovário; proteínas como o PSA indicam alterações na próstata; e alterações epigenéticas, como a metilação do DNA, podem silenciar genes supressores de tumor⁴. Níveis elevados que se normalizam após tratamento indicam boa resposta terapêutica, enquanto sua persistência ou aumento sinaliza risco de recorrência³. A detecção precoce dessas alterações permite personalizar tratamentos e melhorar os desfechos dos pacientes^{2,3}.

As tecnologias convencionais de detecção, como Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), sequenciamento de nova geração e espectrometria de massa, apresentam alta sensibilidade e especificidade, mas exigem infraestrutura sofisticada, alto custo e tempo prolongado^{3,5}. Essas limitações dificultam a aplicação em regiões remotas, contribuindo para diagnósticos tardios, tratamentos mais agressivos e prognóstico desfavorável⁶.

Nesse contexto, os biossensores portáteis surgem como solução promissora^{2,3}. Eles convertem interações biológicas específicas em sinais elétricos mensuráveis, permitindo detecção rápida, precisa e não invasiva, mesmo em concentrações muito baixas de biomarcadores. A implementação clínica envolve integração com hidrogéis biomiméticos e plataformas microfluídicas, que simulam o microambiente fisiológico, garantindo alta

fidelidade nas interações e preservando a atividade de proteínas, enzimas e anticorpos incorporados². Essa configuração aumenta a confiabilidade, reduz interferências e permite leituras em tempo real.

A aplicação de biossensores no Amazonas pode reduzir o tempo entre suspeita clínica e confirmação diagnóstica, permitindo intervenções precoces e personalizadas^{2,5}. É especialmente relevante para cânceres com diagnóstico tardio, como o de colo de útero, que afeta mulheres ribeirinhas e indígenas com acesso limitado a exames preventivos⁵. A integração com inteligência artificial e telemedicina amplia o monitoramento contínuo, possibilitando ajustes terapêuticos mais rápidos e precisos².

Portanto, os biossensores portáteis representam uma inovação tecnológica com grande relevância clínica e social. Eles permitem o diagnóstico precoce de cânceres que, de outra forma, seriam detectados tardiamente, especialmente em regiões com limitações de acesso a métodos convencionais. A aplicação desses dispositivos pode transformar o manejo do câncer, promovendo intervenções mais eficazes, tratamentos menos invasivos e melhoria significativa na qualidade de vida dos pacientes^{3,6}.

4. Conclusões

A detecção precoce do câncer é um grande desafio contemporâneo, especialmente em regiões remotas e com infraestrutura limitada. Tecnologias em saúde, tal como os biossensores, tornam-se ferramentas inovadoras, precisas e capazes de otimizar a identificação de biomarcadores tumorais e, servindo ainda como fonte de acompanhamento terapêutico de pacientes oncológicos. Ademais, sua utilização em contextos mais abrangentes, como em populações vulneráveis (povos indígenas, comunidades quilombolas e ribeirinhas) evidencia seu potencial no âmbito do cuidado em saúde, garantido o acesso uma otimização da investigação diagnóstica de neoplasias.

A utilização de biossensores integrados a outras ferramentas computacionais, telemedicina e plataformas de inteligência artificial voltadas para saúde podem aumentar a confiabilidade dos resultados obtidos a partir de uma análise integrada. Isso permite uma otimização do processo de triagem e no estabelecimento da terapia adequada, tornando o diagnóstico e a propedêutica mais eficazes. Essa interação de conceitos fornecerá uma diminuição no tempo entre a suspeita clínica e a confirmação da entidade neoplásica, o que diminui a possibilidade de tratamentos agressivos, e, em contrapartida, melhora o prognóstico e qualidade de vida do paciente.

Os biossensores portáteis representam uma inovação tecnológica e uma mudança de paradigma do estudo e investigação médica em oncologia, pois amplia o acesso ao diagnóstico precoce, promove equidade em saúde e abre novas perspectivas para a personalização do tratamento do câncer.

Palavras-Chave:

Câncer; Biomarcadores tumorais; Biossensores portáteis; Diagnóstico precoce; Point-of-care; Inteligência artificial em saúde; Região Norte do Brasil / Amazonas

Divulgação

O (s) autor (es) e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, o Congresso Pan-Amazônico de Oncologia detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação deste resumo, por meio eletrônico.

5. Referências

1. BRASIL. Ministério da Saúde. Câncer. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/c/cancer>. Acesso em: 10 set. 2025.
2. Ranjan R, Esimbekova EN, Kratasyuk VA. Rapid biosensing tools for cancer biomarkers. *Biosens Bioelectron*. 2017;87:918. doi:10.1016/j.bios.2016.09.061
3. Lino LA, Mendes LMC, Araújo Neto ES, Martins NJN, Almeida ZS, Nunes IP, et al. Uso dos biomarcadores na detecção precoce de câncer: uma revisão de literatura. *Res Soc Dev*. 2024;13(8):e4013846517. doi:10.33448/rsd-v13i8.46517
4. Bohunicky B, Mousa SA. Biosensors: the new wave in cancer diagnosis. *Nanotechnol Sci Appl*. 2010;4:1–10. doi:10.2147/NSA.S13465. PMID:24198482; PMCID:PMC3781701
5. Silva LG, Pereira HFBA, Moraes DS, Amorim LRM, Castro LAL. Five-year retrospective study of HER2+ breast cancer in a referral hospital in the state of Amazonas. *Rev Bras Mastologia*. 2023;33:e202300109. Disponível em: <https://revistamastology.emnuvens.com.br/revista/article/view/1095>. Acesso em: 09 set. 2025
6. Rodrigues P, et al. Avaliação da detecção precoce de câncer em regiões remotas do Amazonas. *Rev Bras Oncol*. 2019;65(4):301–10.
7. Silva DB, et al. Diagnóstico de câncer na Região Norte do Brasil: desafios e perspectivas. *Mastology*. 2021;31(1):e1095.