doi.org/10.51891/rease.v12i11.32602

# BIOMARCADORES COMO FERRAMENTAS ESTRATÉGICAS NO DIAGNÓSTICO PRECOCE DO CÂNCER DE MAMA

## BIOMARKERS AS STRATEGIC TOOLS IN THE EARLY DIAGNOSIS OF BREAST CANCER

## BIOMARCADORES COMO HERRAMIENTAS ESTRATÉGICAS EN EL DIAGNÓSTICO PRECOZ DEL CÁNCER DE MAMA

**Ana Beatriz de Paula Mafra**[1]
**Ana Laura Ribeiro**[2]
**Maria Eduarda Lino Costa dos Santos**[3]
**Vitória de Fátima Bernardes Marçal**[4]

RESUMO: O câncer de mama apresenta elevada heterogeneidade biológica e molecular, o que influencia o diagnóstico, o prognóstico e a resposta terapêutica. Nesse contexto, os biomarcadores têm despertado interesse por sua capacidade de complementar os métodos convencionais e contribuir para a identificação de alterações associadas à doença. Esse trabalho teve como objetivo analisar o potencial dos biomarcadores como ferramentas estratégicas para o diagnóstico precoce do câncer de mama, com ênfase nos microRNAs e na biópsia líquida no contexto da oncologia de precisão. Foi realizada uma revisão bibliográfica, de abordagem qualitativa e caráter descritivo, com publicações científicas de 2024 a 2026, consultadas nas bases Google Acadêmico, SciELO e PubMed. Os estudos analisados indicam que os microRNAs apresentam padrões de expressão associados à carcinogênese mamária, enquanto a biópsia líquida possibilita a investigação de componentes tumorais circulantes por meio de procedimentos minimamente invasivos. Além disso, a análise integrada desses biomarcadores pode contribuir para a caracterização molecular, a estratificação de pacientes e o monitoramento da doença. Conclui-se que os biomarcadores apresentam potencial promissor como ferramentas complementares na oncologia de precisão. Entretanto, a padronização dos métodos e a validação clínica ainda são necessárias para ampliar sua aplicabilidade na prática assistencial.



**Palavras-chave:** Câncer de mama. Biomarcadores. MicroRNAs. Biópsia líquida. Diagnóstico. Precoce.

ABSTRACT: Breast cancer exhibits high biological and molecular heterogeneity, which influences diagnosis, prognosis, and therapeutic response. In this context, biomarkers have garnered interest due to their ability to complement conventional methods and contribute to the identification of alterations with the disease. This study aimed to analyze the potential of biomarkers as strategic tools for the early diagnosis of breast cancer, with an emphasis on microRNAs and liquid biopsy within the framework of precision oncology. A qualitative, descriptive literature review was conducted, covering scientific publications from 2024 to 2026, sourced from Google Scholar, SciELO, and PubMed. The studies analyzed indicate that microRNAs exhibit expression patterns associated with breast carcinogenesis, while liquid biopsy enables the investigation of circulating tumor components through minimally invasive procedures. Furthermore, the integrated analysis of these biomarkers can contribute to molecular characterization, patient stratification, and disease monitoring. It is concluded that biomarkers hold promising potential as complementary tools in precision oncology. However, the standardization of methods and clinical validation are still required to expand their applicability in clinical practice.

**Keywords:** Breast cancer. Biomarkers. MicroRNAs. Liquid biopsy. Early diagnosis.

[1]Graduanda em Biomedicina, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB).
[2]Graduanda em Biomedicina, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB).
[3]Graduanda em Biomedicina, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB).
[4]Graduanda em Biomedicina, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB).

## 1. INTRODUÇÃO

O câncer de mama constitui um importante problema de saúde pública e apresenta elevada heterogeneidade biológica e molecular, que influencia o comportamento da doença, o prognóstico e a resposta ao tratamento. A identificação dos diferentes subtipos moleculares, considerando características como os receptores hormonais, o receptor do fator de crescimento epidérmico humano 2 (HER2) e o índice de proliferação Ki-67, contribui para uma avaliação mais precisa da doença e para a escolha de abordagens terapêuticas individualizadas (Shan et al., 2024; Popa et al., 2025).

Apesar dos avanços nos métodos diagnósticos, a detecção precoce do câncer de mama ainda apresenta desafios. Nesse contexto, os biomarcadores têm despertado interesse por possibilitarem a identificação de alterações biológicas associadas ao desenvolvimento e à progressão tumoral. Entre eles, destacam-se os microRNAs (miRNAs), pequenas moléculas de ácido ribonucleico não codificante que participam da regulação da expressão gênica e podem apresentar padrões de expressão associados à presença e às características do tumor (Jelski; Okrasinska; Mroczko, 2025).

Outra abordagem promissora é a biópsia líquida, técnica minimamente invasiva que permite investigar componentes tumorais presentes em fluidos corporais, especialmente no sangue, como DNA tumoral circulante, microRNAs e outros marcadores moleculares. Essa abordagem apresenta potencial para complementar os métodos convencionais, contribuindo para a caracterização molecular da doença e o acompanhamento da evolução tumoral. Entretanto, sua aplicação na detecção precoce ainda depende de estudos que comprovem sua eficácia e utilidade clínica (Kim et al., 2024; Qiu et al., 2025).



Embora diferentes biomarcadores venham sendo investigados, persistem desafios relacionados à padronização dos métodos analíticos, à validação clínica e à demonstração de sua eficácia em diferentes populações. Dessa forma, torna-se importante compreender as possibilidades e as limitações dessas ferramentas, bem como seu potencial de integração à prática clínica como recursos complementares aos métodos de diagnóstico já estabelecidos.

Diante disso, este estudo busca responder à seguinte questão: de que maneira os biomarcadores, especialmente os microRNAs e os componentes analisados por meio da biópsia líquida, podem contribuir para o diagnóstico precoce do câncer de mama no contexto da oncologia de precisão? Para responder a essa questão, a pesquisa tem como objetivo analisar o potencial dos biomarcadores como ferramentas estratégicas para o diagnóstico precoce do

câncer de mama, com ênfase nos microRNAs e na biópsia líquida, considerando suas aplicações e perspectivas na oncologia de precisão. Para tanto, pretende-se abordar as principais características do câncer de mama e seus subtipos moleculares, descrever o papel dos microRNAs como potenciais biomarcadores, discutir a aplicação da biópsia líquida na identificação de marcadores relacionados à doença e analisar as contribuições e limitações dessas ferramentas para a detecção precoce e a individualização das abordagens diagnósticas.

## MÉTODOS

Trata-se de uma revisão bibliográfica, de abordagem qualitativa e caráter descritivo, voltada à análise de evidências científicas recentes sobre biomarcadores aplicados ao câncer de mama, com ênfase nos microRNAs e na biópsia líquida.

As buscas foram realizadas nas bases Google Acadêmico, Scientific Electronic Library Online (SciELO) e PubMed. Foram utilizados os descritores "câncer de mama" (breast cancer), "biomarcadores"(biomarkers)", microRNAs","biópsia liquida" (liquid biopsy), "diagnóstico precoce" (early diagnosis) e" oncologia de precisão" (precision oncology). Os termos foram combinados de acordo com a relação entre os assuntos e os objetivos propostos.



Foram considerados elegíveis artigos científicos publicados entre 2024 e 2026, disponíveis em português ou inglês e relacionados diretamente a temática investigada. A deleção priorizou publicações que abordassem a caracterização molecular do câncer de mama, a atuação dos microRNAs, os componentes da biópsia líquida, o potencial dos biomarcadores na detecção precoce e suas aplicações na oncologia de precisão. Foram excluídos artigos duplicados, publicações anteriores ao período estabelecido e estudos que não apresentassem relação direta com os objetivos da pesquisa.

A análise foi conduzida a partir da leitura dos títulos, resumos e conteúdo dos artigos selecionados. As informações relevantes foram organizadas por eixos temáticos e comparadas quanto aos resultados apresentados pelos autores, às contribuições para o diagnóstico e às limitações identificadas. Também foram considerados os desafios relacionados a padronização dos métodos, a confiabilidade dos resultados é a validação clínica dos biomarcadores.

## RESULTADOS

Os estudos selecionados abordam diferentes aplicações dos biomarcadores no câncer de mama, incluindo a caracterização dos subtipos moleculares, a identificação de microRNAs

associados á carcinogênese mamária, a análise de componentes tumorais circulantes por meio da biópsia líquida e o emprego de biomarcadores na detecção precoce e na oncologia de precisão.

Em relação aos microRNAs, as publicações analisadas descreveram padrões de expressão relacionadas ao câncer de mama e sua investigação como possíveis marcadores moleculares. Quanto á biópsia liquida, os estudos abordaram a identificação de componentes tumorais circulantes em amostras biológicas, destacando sua utilização na caracterização molecular e no acompanhamento da doença.

Também foram identificadas publicações sobre biomarcadores preditivos e prognósticos, estratificação de pacientes, seleção terapêutica e monitoramento da resposta ao tratamento. Entre as limitações relatadas pelos estudos, foram mencionadas a necessidade de padronização dos métodos analíticos, validação clínica e confirmação dos resultados em diferentes populações.

A síntese comparativa dos estudos selecionados, com os biomarcadores ou abordagens investigadas, os principais achados e as limitações descritas, estão apresentados na

**Tabela 1 -** Síntese comparativa de estudos sobre biomarcadores e caracterização molecular do câncer de mama.

| Estudo | Biomarcador/ Abordagem | Principais achados | Limitações ou desafios |
|---|---|---|---|
| Afzal e Vahdat (2024) | Biomarcadores preditivos e medicina de precisão | Descrevem a evolução do manejo do câncer de mama com base em biomarcadores preditivos vinculados a decisões terapêuticas. | A utilidade depende de associar o marcador a uma decisão clínica com benefício demonstrado. |
| Aldoughaim et al. (2024) | Biomarcadores em oncologia de precisão | Biomarcadores apoiam diagnóstico, prognóstico, seleção terapêutica e monitoramento. | Padronização, validação externa e aplicabilidade clínica. |
| Barbosa e Souza (2026) | Biópsia líquida, células tumorais circulantes e microRNAs | A associação desses componentes amplia a investigação do câncer de mama metastático por amostras circulantes. | Necessidade de padronização e validação para uso clínico. |
| Baylie et al. (2024) | MicroRNAs | A desregulação de miRNAsassocia-se a proliferação, apoptose, angiogênese e invasão, com potencial diagnóstico. | Variabilidade entre estudos e necessidade de validação em coortes maiores. |
| Carvalho et al. (2025) | Subtipos moleculares e vias de sinalização | A classificação em luminal A, luminal B, HER2 positivo e triplo negativo orienta terapias direcionadas. | Heterogeneidade tumoral e resistência terapêutica. |
| Easaw et al. (2025) | DNA tumoral circulante no câncer de mama inicial | Aplicações na detecção precoce, na avaliação de resposta ao tratamento e | Sensibilidade ainda limitada em doença inicial e ensaios |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | na vigilância de doença residual mínima. | clínicos em andamento. |
| El-Toukhy et al. (2025) | Painel de miRNAscirculantes associado a CA15-3 e 8-OHdG | Padrões distintos de expressão entre tumores de grau II e III, com maior acurácia diagnóstica na combinação de marcadores. | Necessidade de validação em coortes independentes. |
| Freitas et al. (2024) | Marcadores tumorais | Avanços ampliam o diagnóstico e o tratamento quando diferentes informações são integradas. | Exigência de métodos bioinformáticos e critérios rigorosos de validação. |
| Gonzalez et al. (2024) | Biomarcadores no diagnóstico, tratamento e seguimento | Biomarcadores atuam em diferentes momentos da assistência oncológica. | Um marcador útil para uma finalidade pode não servir para rastreamento. |
| Hollanda et al. (2025) | Biópsia líquida em leucemias | A utilidade depende do biomarcador, da pergunta clínica e da tecnologia de detecção. | Evidências oriundas de neoplasias hematológicas. |
| Intriago-Baldeón et al. (2025) | Biomarcadores clássicos e emergentes | A integração de RE, RP, HER2 e Ki 67 a marcadores como TP53, EGFR, RNAs e alterações epigenéticas favorece a medicina de precisão. | Limitações dos marcadores clássicos e validação ainda necessária para os emergentes. |
| Jelski, Okrasinska e Mroczko (2025) | MicroRNAs | Regulam genes de forma pós transcricionais e são estáveis e detectáveis em tecido e sangue. | Sobreposição entre condições e variabilidade individual. |
| Jing et al. (2024) | Painel sérico de cinco miRNAs | O modelo combinado alcançou AUC de 0,948 na distinção entre câncer de mama e doença benigna. | Amostra reduzida e necessidade de validação externa. |
| Kim et al. (2024) | Nanomateriais ópticos na biópsia líquida | Permitem detectar DNA tumoral circulante, RNAs, vesículas e células tumorais em baixas concentrações. | Baixa abundância do alvo e necessidade de controle da especificidade. |
| Lima, Silva e Oliveira (2024) | Subtipos moleculares | A classificação explica diferenças clinicopatológicas e prognósticas entre tumores. | Necessidade de integração com outros dados clínicos. |
| Lino et al. (2024) | Biomarcadores na detecção precoce de cânceres | Potencial para aperfeiçoar a identificação precoce de neoplasias. | Falsos positivos, custos e disponibilidade tecnológica. |
| Loizidis et al. (2025) | DNA tumoral circulante | Papel estabelecido na doença metastática para identificar mutações acionáveis, como em PIK3CA e ESR1. | Utilidade na doença inicial ainda em avaliação prospectiva. |
| Marin et al. (2025) | Subtipos, características diagnósticas e hábitos de vida | Relacionou hábitos de vida e características diagnósticas à ocorrência dos subtipos. | Delineamento transversal, sem inferência causal. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Miranda et al. (2024) | MiRNAs circulantes em plasma | MiRNAs avaliados mostraram expressão alterada em 49 pacientes comparadas a 44 mulheres saudáveis. | Diferenças entre plataformas, normalização e condições pré-analíticas. |
| Nunes et al. (2026) | Subtipos imunofenotípicos (RE, RP, HER2 e Ki 67) | Luminal B em 51,1% dos 505 casos em Ourinhos (SP), com HER2 positivo e triplo negativo mais frequentes em mulheres jovens. | Estudo retrospectivo de um único serviço. |
| Pharo et al. (2025) | Metilação do DNA em biópsia líquida | Marcadores epigenéticos oferecem sinais úteis para detecção e classificação. | Exigência de validação analítica e clínica robusta. |
| Popa et al. (2025) | Fatores prognósticos e preditivos | Permitem estimar o comportamento da doença e a resposta terapêutica. | Dependência da qualidade da caracterização tumoral. |
| Qiu et al. (2025) | Biópsia líquida (ctDNA, CTCs, exossomos e RNAsnão codificantes) | Mutações e metilação no ctDNApodem apoiar rastreamento precoce e monitoramento de doença residual mínima. | Padronização insuficiente e dificuldade de detectar variantes de baixa abundância. |
| Russo et al. (2025) | Biópsia líquida em câncer de pulmão | Avanços técnicos ampliam o monitoramento e a identificação de alterações genéticas. | Evidências provenientes de outro tipo tumoral. |
| Shan et al. (2024) | Subtipagem molecular | A evolução da classificação por receptores para perfis genômicos e transcriptômicos orienta tratamentos mais precisos. | Perfis moleculares completos pouco acessíveis, com predomínio da subtipagem substituta. |
| Tayeb et al. (2025) | Acurácia diagnóstica da biópsia líquida | CTCs com especificidade de 0,93, DNA livre de células com sensibilidade de 0,71 a 0,86 e miRNAs com sensibilidade moderada a alta. | Qualidade metodológica criticamente baixa na maioria das revisões incluídas. |
| Teixeira et al. (2024) | Biomarcadores no diagnóstico precoce | Permitem identificar alterações biológicas antes de estágios avançados. | Sensibilidade, especificidade e reprodutibilidade ainda variáveis. |
| Vellan et al. (2024) | Biomarcadores proteicos (proteômica) | A proteômica revela novos marcadores proteicos com potencial diagnóstico. | Padronização, reprodutibilidade e heterogeneidade da doença. |
| Wahab et al. (2024) | Biossensores | Possibilitam identificação rápida e sensível de biomarcadores do câncer de mama. | Comparação com métodos de referência e teste em amostras heterogêneas. |
| Yasmin et al. (2025) | Biomarcadores emergentes e multiômica | A integração de camadas ômicas e de inteligência artificial favorece assinaturas mais representativas. | Reprodutibilidade, padronização e desafios regulatórios. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Zafar et al. (2025) | Inovações para detecção precoce de câncer | Novas tecnologias ampliam a sensibilidade analítica. | Equilíbrio entre sensibilidade e especificidade e validação em populações reais. |

**Fonte:** Elaborado pela autora (2026).

Os resultados foram organizados em cinco tópicos, abordando as características e os subtipos moleculares do câncer de mama, o papel dos microRNAs como biomarcadores, os componentes e as limitações da biópsia líquida, o potencial dos biomarcadores no diagnóstico precoce e suas aplicações na oncologia de precisão, incluindo a estratificação de pacientes e as abordagens multiômicas.

## 3.1 CÂNCER DE MAMA: CARACTERÍSTICAS E PRINCIPAIS SUBTIPOS

O câncer de mama apresenta elevada heterogeneidade biológica e molecular, com diferenças na expressão de receptores hormonais, HER2 e índice de proliferação Ki-67. Essas características permitem classificar os tumores em subtipos moleculares, contribuindo para a compreensão do comportamento da doença, do prognóstico e da escolha terapêutica (Lima, Silva e Oliveira, 2024; Carvalho et al., 2025).



Segundo Nunes et al. (2026), a classificação imunofenotípica identifica os principais subtipos: luminal A, luminal B HER2, HER2 positivo e triplo negativo. Cada grupo apresenta características biológicas específicas e diferentes respostas terapêuticas. Enquanto os tumores luminais estão relacionados à expressão de receptores hormonais, os HER2 positivos apresentam superexpressão desse receptor e os triplos negativos não expressam receptores de estrogênio, progesterona ou HER2.

A caracterização molecular também permite identificar fatores prognósticos e preditivos, auxiliando na avaliação da agressividade tumoral e na escolha de tratamentos mais direcionados. Nesse contexto, a integração entre exames anatomopatológicos, imuno-histoquímica e análise de marcadores moleculares amplia a compreensão da doença e favorece estratégicas de medicina de precisão (Popa et al.,2025; Shan et al., 2024).

Diante dessa diversidade, torna-se importante investigar biomarcadores capaz de identificar alterações moleculares associadas aos diferentes subtipos tumorais. Essa abordagem pode contribuir para aprimorar o diagnóstico precoce e desenvolver estratégicas mais individualizadas, considerando que um único marcador dificilmente representa toda a complexidade do câncer de mama (Intriago-Baldeón et al.,2025; Carvalho et al., 2025).

## 3.2 MICRORNAS COMO BIOMARCADORES NO CÂNCER DE MAMA

Os microRNAs (miRNAs) são pequenas moléculas de RNA não codificante que atuam na regulação da expressão gênica, interferindo em processos celulares relacionados à proliferação, apoptose, angiogênese e desenvolvimento tumoral. No câncer de mama, alterações na expressão dessas moléculas podem estar associadas à carcinogênese, á progressão da doença e à formação de metástases, tornando-as potenciais biomarcadores (Jelski, Okrasinska e Mrocko, 2025; Baylie et al., 2024).

O interesse diagnóstico pelos miRNAs está relacionado à possibilidade de identificá-los em amostras biológicas acessíveis, como sangue e soro, permitindo investigações por métodos menos invasivos. Além disso, a análise conjunta de diferentes miRNAs pode ampliar a capacidade de identificação da doença, considerando a complexidade molecular dos tumores mamários (Miranda et al.,2024; Jing et al.,2024).

Nesse contexto, El-Toukhy etal. (2025) observam alterações na expressão dos miR-21, miR-221, miR-1246, miR-145 e miR-382 em pacientes com câncer de mama. A combinação desses marcadores com indicadores convencionais, como o CA15-3, demonstrou maior potencial de sensibilidade diagnóstica, reforçando a importância da investigação de painéis moleculares na biópsia líquida.

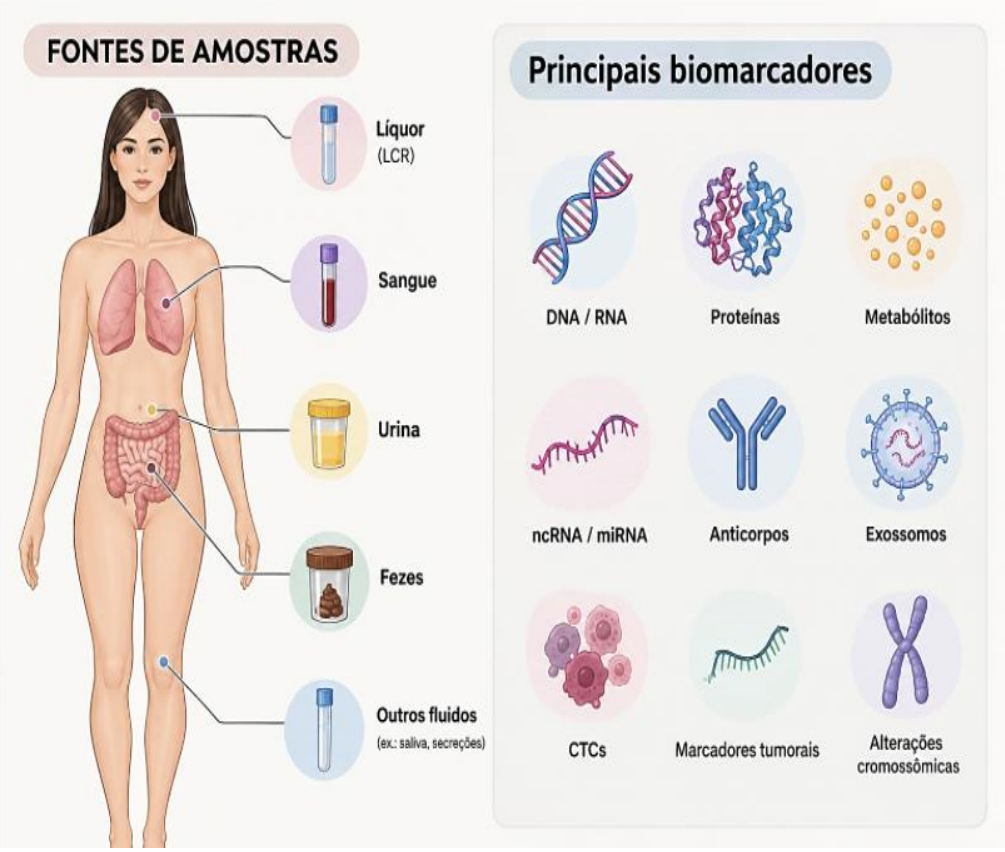


Além da identificação da doença, os miRNAs podem fornecer informações sobre características tumorais, progressão e prognóstico, contribuindo para a estratificação molecular e para estratégias de oncologia de precisão. Entretanto, sua aplicação clínica ainda depende da padronização, dos métodos de coleta, processamento e análise, bem como de estudos que confirmem sua sensibilidade, especificidade e reprodutividade em diferentes populações (Barbosa e Souza,2026; Baylie et al.,2024).

## 3.3 BIÓPSIA LÍQUIDA E BIOMARCADORES

A biópsia líquida é uma abordagem minimamente invasiva que permite identificar biomarcadores tumorais presentes em fluidos biológicos, como sangue e plasma. Entre os principais componentes investigados estão o DNA tumoral circulante, os microRNAs, as vesículas extracelulares e as células tumorais circulantes, que fornecem informações sobre alterações moleculares e características da doença (Kim et al., 2024).

**Figura 1** – Fontes de amostras biológicas e exemplos de biomarcadores.
**Fonte:** Adaptado de Freitas et al. (2024).






Uma das principais vantagens dessa abordagem em relação a biópsia tecidual é a possibilidade de realizar coletas menos invasivas e repetidas, permitindo acompanhar alterações tumorais ao longo do tempo. Além disso, os biomarcadores circulantes podem fornecer informações de diferentes regiões do tumor, contribuindo para a investigação da heterogeneidade molecular. Entretanto, sua concentração na circulação pode variar conforme o estágio e as características da doença (Pharo et al.,2025).

No câncer de mama, a biópsia liquida apresenta aplicações na identificação de alterações genéticas, no monitoramento da resposta terapêutica e na investigação de doença residual mínima. Segundo Qiu et al. (2025), a análise de DNA tumoral circulante, células tumorais circulante, exossomos e RNAs não codificantes amplia as possibilidades de caracterização molecular e acompanhamento da doença. Além disso, Loizidis et al. (2025) destacam a utilização do DNA tumoral circulante na identificação de alterações genéticas, como PIK3CA e ESR1, especialmente em pacientes com doença metastática.

Apesar dos avanços, a aplicação da biópsia líquida no diagnóstico precoce ainda apresenta desafios, principalmente devido à baixa concentração de material tumoral na

circulação durante os estágios iniciais. Dessa forma, o desenvolvimento de técnicas mais sensíveis e especificas, associado a padronização dos procedimentos de análise, torna-se fundamental para ampliar sua confiabilidade clínica (Kim et al.,2024; Easaw et al.,2025).

Nesse contexto, a integração de diferentes biomarcadores, como DNA tumoral circulante, microRNAs e proteínas, representa uma perspectiva promissora para o desenvolvimento de painéis moleculares mais abrangentes. Essa combinação pode contribuir para melhorar a identificação de alterações tumorais e fortalecer estratégias de diagnóstico individualizado. Entretanto, a biópsia líquida ainda deve ser considerada uma ferramenta complementar aos métodos convencionais, como mamografia, avaliação clínica e análise histopatologia (Pharo et al.,2025; Russo et al.,2025).

## 3.4 BIOMARCADORES NO DIAGNÓSTICO PRECOCE DO CÂNCER DE MAMA

A investigação de biomarcadores no diagnóstico precoce do câncer de mama busca identificar alterações biológicas associadas ao desenvolvimento tumoral, possibilitando reconhecer sinais da doença em fases iniciais. Essas moléculas podem ser identificadas em tecidos e fluidos biológicos, contribuído para complementar os métodos diagnósticos convencionais. Entretanto, sua aplicação depende de características como sensibilidade, especificidade e reprodutibilidade (Teixeira et al.,2024; Lino et al.,2024).



Os biomarcadores podem apresentar diferentes aplicações clínicas, desde a identificação da doença até a avaliação prognóstico e o acompanhamento da resposta terapêutica. Contudo, um marcador eficaz para monitorar o tratamento não necessariamente apresenta o mesmo desempenho no diagnóstico precoce, sendo necessária a validação de acordo com sua finalidade clínica (Gonzalez et al.,2024; Zafar et al.,2025).

Nesse contexto, Tayeb et al. (2025) identificaram resultados promissores para a biópsia líquida no câncer de mama. Em sua análise, os ensaios de DNA livrem de células apresentaram sensibilidade entre 0,71 e 0,86 e especificidade de 0,88, enquanto as células tumorais circulantes demonstram sensibilidade de 0,50 e especificidade de 0,93. Os microRNAs também apresentaram resultados relevantes, embora limitações metodológicas dos estudos analisados indiquem a necessidade de novas pesquisas para confirmar sua aplicação clínica.

Além dos biomarcadores circulantes, avanços tecnológicos, como biossensores e análises proteômicas, têm ampliado as possibilidades de identificação de alterações moleculares relacionadas ao câncer de mama. Essas ferramentas podem favorecer a detecção de moléculas

em baixas concentrações e contribuir para o desenvolvimento de estratégias diagnósticas mais sensíveis e individualizadas (Wahab et al.,2024; Vellan et al.,2024).

Outras estratégias importantes é a utilização de painéis compostos por diferentes biomarcadores, como os microRNAs, permitindo analisar alterações moleculares complementares e ampliar a capacidade de identificação dos tumores. Essa abordagem considera a heterogeneidade do câncer de mama e reduz a dependência de um único marcador para a avaliação da doença (Jing et al.,2024).

Apesar dos avanços, os métodos convencionais, como mamografia, ultrassonografia, ressonância magnética e biópsia, continuam fundamentais para o diagnóstico. Dessa forma, os biomarcadores devem atuar de maneira complementar, contribuindo para ampliar as informações moleculares e favorece a identificação de alterações tumorais. Sua incorporação a prática clínica ainda depende da padronização dos métodos, da validação em diferentes populações e da comprovação de benefícios no diagnóstico precoce (Jelski, Okrasinska e Mroczko, 2025; Teixeira et al.,2024).

## 3.5 BIOMARCADORES E ONCOLOGIA DE PRECISÃO



A oncologia de precisão utiliza biomarcadores para identificar características moleculares dos tumores e auxilia na definição de estratégicas diagnósticas e terapêuticas individualizadas. Essa abordagem considera que pacientes com tumores semelhantes podem apresentar diferenças biológicas importantes, tornando necessária uma avaliação molecular mais específica para orientar as decisões clínicas (Aldoughaim et al.,2024).

No câncer de mama, a identificação de marcadores como receptores hormonais e HER2 demonstra a importância de caracterização molecular na escolha dos tratamentos. Nesse contexto, os biomarcadores preditivos contribuem para identificar pacientes com maior possibilidade de resposta a determinadas terapias, favorecendo condultas mais direcionadas (Afzal e Vahdat,2024).

Os avanços recentes também destacam a integração de diferentes informações biológicas, incluindo alterações genéticas, epigenéticas, proteicas e perfis de microRNAs. Essa abordagem, conhecida como análise multiômica, permite investigar diferentes mecanismos envolvidos no desenvolvimento tumoral e ampliar a identificação de assinaturas moleculares associadas à heterogeneidade do câncer de mama (Freitas et al.,2024; Yasmin et al., 2025).

Além disso, a associação entre biomarcadores circulantes e biópsia líquida apresenta potencial para acompanhar alterações moleculares ao longo da evolução da doença, contribuindo para a avaliação da resposta terapêutica e a identificação de possíveis mudanças tumorais. Entretanto, sua utilização depende da padronização dos métodos e da comprovação de sua relevância clínica (Aldoughaim et al.,2024).

Dessa forma, a integração de biomarcadores, microRNAs e tecnologias de biópsia líquida representa uma perspectiva promissora para o desenvolvimento de estratégias mais individualizadas no câncer de mama. Apesar dos avanços, a validação clínica e a padronização dos métodos permanecem essenciais para que essas ferramentas possam contribuir de maneira segura e eficaz para o diagnóstico precoce e a oncologia de precisão (Teixeira et al.,2024; Yasmin et al.,2025).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da literatura permitiu compreender que os biomarcadores apresentam potencial estratégico para complementar o diagnóstico precoce do câncer de mama, especialmente quando considerados em associação á heterogeneidade molecular da doença. O objetivo geral foi alcançado ao reunir evidências sobre os subtipos tumorais, os microRNAs, a biópsia líquida e a oncologia de precisão, demonstrando que a identificação de alterações moleculares pode fornecer informações relevantes aos métodos diagnósticos já estabelecidos.



Os microRNAs destacam-se por sua participação na regulação gênica e nos mecanismos relacionados à carcinogênese, além da possibilidade de identificação em fluidos biológicos. Da mesma forma, a biópsia líquida representa uma abordagem minimamente invasiva que permite investigar componentes tumorais circulantes, ampliando as perspectivas para a detecção, a estratificação e o acompanhamento da doença.

Dessa forma, a pergunta de pesquisa foi respondida ao evidenciar que os biomarcadores podem contribuir para a identificação de alterações moleculares associadas ao câncer de mama, complementando informações obtidas por exames de imagem, avaliação clínica e análise tecidual. Entretanto, sua aplicação não representa a substituição dos métodos convencionais, uma vez que sua utilização depende de validação científica, padronizando e comprovação de sua eficácia clínica.

Entre as principais limitações identificadas estão a variabilidade biológica, as diferenças entre plataformas analíticas, a baixa concentração de componentes tumorais nas fases iniciais

da doença e a ausência de padronização universal. Nesse sentido, são necessários novos estudos prospectivos e multicêntricos que permitem validar esses marcadores e ampliar sua aplicabilidade na prática clínica.

Conclui-se que a integração dos biomarcadores a biópsia líquida e á oncologia de precisão representa uma perspectiva promissora para o aprimoramento do diagnóstico precoce do câncer de mama. Espera-se que os avanços nas pesquisas contribuam para o desenvolvimento de testes mais confiáveis, acessíveis e clinicamente aplicáveis, favorecendo a identificação da doença em estágios iniciais e decisões terapêuticas cada vez mais individualizadas.

## REFERÊNCIAS

AFZAL, Muhammad Zubair; VAHDAT, Linda T. Evolving management of breast cancer in the era of predictive biomarkers and precision medicine. Journal of Personalized Medicine, v. 14, n. 7, p. 719, 2024. Disponível em: https://www.mdpi.com/2075-4426/14/7/719

ALDOUGHAIM, Maha et al. Cancer biomarkers and precision oncology: a review of recent trends and innovations.Clinical Medicine Insights: Oncology, v. 18, p. 11795549241298541, 2024.Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/11795549241298541

BARBOSA, Catarine Aparecida Vieira; SOUZA, Thiago. Importância e aplicabilidade da Biópsia Líquida e dos biomarcadores, Células Tumorais Circulantes e MicroRNAs na detecção precoce do Câncer de Mama Metastático. Repositório Institucional do UNILUS,2026.Disponível em: http://revista.lusiada.br/index.php/rtcc/article/viewFile/2304/1770

BAYLIE, Temesgen et al. The role of miRNAs as biomarkers in breast cancer. Frontiers in Oncology, v. 14, p. 1374821, 2024. Disponível em: https://www.frontiersin.org/journals/oncology/articles/10.3389/fonc.2024.1374821/full

CARVALHO, Eduarda et al. Molecular subtypes and mechanisms of breast cancer: precision medicine approaches for targeted therapies. Cancers, v. 17, n. 7, p. 1102, 2025. Disponível em: https://www.mdpi.com/2072-6694/17/7/1102

EASAW, Saumya et al. Liquid clues: tracking early-stage breast cancer with ctDNA: a mini review. Frontiers in Oncology, v. 15, p. 1634859, 2025. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40936717/

EL-TOUKHY, Safinaz E. et al. Circulating microRNAs and serum proteins in breast cancer patients: diagnostic relevance and grade-specific expression patterns. World Journal of Experimental Medicine, v. 15, n. 3, p. 108034, 2025. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41523763/

FREITAS, Iany Lemos et al. Avanços em marcadores tumorais no diagnóstico e tratamento do câncer de mama. Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences,v.6,n.5,p.2278-2295,2024.Disponível em: https://bjihs.emnuvens.com.br/bjihs/article/download/2242/2448

GONZALEZ, Laura et al. Exploring biomarkers in breast cancer: hallmarks of diagnosis, treatment, and follow-up in clinical practice. Medicina, v. 60, n. 1, p. 168, 2024. Disponível em: https://www.mdpi.com/1648-9144/60/1/168

HOLLANDA, Cíntia Nogueira et al. Advancing leukemia management through liquid biopsy: Insights into biomarkers and clinical utility. Cancers, v. 17, n. 9, p. 1438, 2025. Disponível em: https://www.mdpi.com/2072-6694/17/9/1438

INTRIAGO-BALDEÓN, Dámaris P. et al. Decoding breast cancer: emerging molecular biomarkers and novel therapeutic targets for precision medicine. International Journal of Molecular Sciences, v. 27, n. 1, p. 138, 2025. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41516015/

JELSKI, Wojciech; OKRASINSKA, Sylwia; MROCZKO, Barbara. MicroRNAs as biomarkers of breast cancer. International Journal of Molecular Sciences, v. 26, n. 9, p. 4395, 2025. Disponível em: https://www.mdpi.com/1422-0067/26/9/4395

JING, Yubo et al. Diagnostic value of 5 miRNAs combined detection for breast cancer. Frontiers in Genetics,v.15,p.1482927,2024. Disponível em: https://www.frontiersin.org/journals/genetics/articles/10.3389/fgene.2024.1482927/pdf

KIM, Young Jun et al. Optical nanomaterial-based detection of biomarkers in liquid biopsy. Journal of Hematology & Oncology, v. 17, n. 1, p. 10, 2024. Disponível em: https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s13045-024-01531-y.pdf

LIMA, Júlia Barbosa; SILVA, Izabel Cristina Rodrigues; OLIVEIRA, Jamila Reis. Molecular subtypes of breast cancer: clinicopathological characteristics and prognosis:Subtipos moleculares de câncer de mama: características clínico-patológicas e prognóstico. Clium Editions, v. 24, n. 10, p. 581-598, 2024. Disponível em: https://clium.org.uk/index.php/editions/article/download/3881/2349

LINO, Lucas Arruda et al. Uso dos biomarcadores na detecção precoce de câncer: uma revisão de literatura. Research, Society and Development, v. 13, n. 8, p. e4013846517, 2024. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/46517/36912

LOIZIDIS, Sotiris et al. Liquid biopsy in breast cancer: promises and challenges. Current Opinion in Oncology, v. 37, n. 5, p. 512-521, 2025. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40657993/

MARIN, Fernanda Cristina et al. Relação entre características diagnósticas, hábitos de vida e subtipos de câncer de mama em mulheres. Revista Latino-Americana de Enfermagem.v. 33, p. e4582, 2025. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rlae/a/P85mnRjG4fzvx8J4BS4Y9bt/?format=pdf&lang=pt

MIRANDA, Felipe Silva de et al. MicroRNA as a promising molecular biomarker in the diagnosis of breast cancer. Frontei in Molecular Biosciences, v.11, p.1337706, 2024. Disponível

em: https://www.frontiersin.org/journals/molecular-biosciences/articles/10.3389/fmolb.2024.1337706/pdf

NUNES, Leandro Vero ezi et al. Comprendiendo la Ocurrencia y las Características de los Subtipos Moleculares del Cáncer de Mama en el Centro Oeste Paulista, São Paulo. Revista Brasileira de Cancerología, v. 72, p. e-095545, 2026. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcan/a/WRtRVGYGCYgzQJP76vN5txp/?format=pdf&lang=es

OLIVEIRA, Clara Maria Cavalcante Brum de; TOMAINO, Bianca; MELLO, Cleyson de Moraes; MARTINS, Vanderlei (coord.). Metodologia científica: fundamentos, métodos e técnicas. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: Freitas Bastos, 2022.

PHARO, Heidi et al. From concept to clinic: a roadmap for DNA methylation biomarkers in liquid biopsies. Oncogene, v. 44, n. 49, p. 4814-4831, 2025. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s41388-025-03624-5.pdf

POPA, Maria-Teodora et al. Breast Cancer: A Heterogeneous Pathology. Prognostic and Predictive Factors—A Narrative Review. Chirurgia, v. 120, n. 1, p. 32-47, 2025. Disponível em: https://www.revistachirurgia.ro/pdfs/2025-1-32.pdf

QIU, Peng et al. Advancements in liquid biopsy for breast cancer: molecular biomarkers and clinical applications. Cancer Treatment Reviews, v. 139, p. 102979, 2025. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40540857/

RUSSO, Tancredi Didier et al. Recent advances in liquid biopsy for precision oncology: emerging biomarkers and clinical applications in lung cancer. Future Oncology,v.21,n.21,p.2803 2821, 2025. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12408062/



SHAN, Rui et al. Evolving molecular subtyping of breast cancer advances precision treatment. Cancer Biology & Medicine, v. 21, n. 9, p. 731-739, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.20892/j.issn.2095-3941.2024.0222

TAYEB, Bizhar Ahmed et al. Liquid biopsy biomarkers in breast cancer: an overview of systematic reviews. Clínica Chimica Acta, v. 566, p. 120063, 2025. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39615734/

TEIXEIRA, Daniel Matos Souza Chartuni et al. Uso de biomarcadores no diagnóstico precoce do câncer de mama: uma revisão integrativa. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 10, n. 9, p. 2498-2507, 2024. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/download/15773/8438

VELLAN, Christina Jane et al. Exploring novel protein-based biomarkers for advancing breast cancer diagnosis: a review. Clinical Biochemistry, v. 129, p. 110776, 2024. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38823558/

WAHAB, Mugip Rahaman Abdul et al. Biomarker-specific biosensors revolutionise breast cancer diagnosis. Clínica Chimica Acta, v. 555, p. 117792, 2024. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009898124000330

YASMIN, Azra et al. Emerging biomarkers in breast cancer: translational and multi-omics perspectives in precision oncology. Biomarkers, v. 30, n. 7, p. 516-540, 2025. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1354750X.2025.2591717

ZAFAR, Sameen et al. Emerging biomarkers for early cancer detection and diagnosis: challenges, innovations, and clinical perspectives. European Journal of Medical Research, v. 30, n. 1, p. 760, 2025. Disponível em: https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s40001-025-03003-6.pdf