

Próteses Mamárias Externas Pós-Mastectomia: Revisão Sistemática Sobre Manufatura Digital, Personalização e Experiência da Usuária

External Breast Prostheses After Mastectomy: A Systematic Review on Digital Manufacturing, Personalization, and User Experience

Prótesis Mamarias Externas Postmastectomía: Revisión Sistemática sobre Manufactura Digital, Personalización y Experiencia de la Usuaia

RESUMO

Objetivo: A mastectomia, frequentemente indicada no tratamento do câncer de mama, provoca alterações anatômicas e repercussões psicossociais que impactam a reabilitação e a qualidade de vida das mulheres. As próteses mamárias externas constituem uma alternativa não cirúrgica relevante, contribuindo para o equilíbrio corporal e a reconstrução da autoimagem. **Método:** Esta revisão sistemática analisou criticamente a literatura sobre próteses personalizadas, considerando aspectos tecnológicos, clínicos, psicossociais e institucionais.

Resultados: 25 estudos foram incluídos e organizados em quatro eixos: tecnologias e processos de fabricação; experiência da usuária; desempenho biomecânico; e desafios de implementação. Foi identificada a consolidação de um fluxo digital envolvendo aquisição da geometria, modelagem tridimensional e manufatura, com diferentes abordagens produtivas. Peso e distribuição de massa destacam-se como fatores determinantes para conforto e alinhamento postural. Observam-se impactos positivos na autoestima e qualidade de vida. **Conclusão:** Persistem desafios de padronização, validação clínica e implementação, limitando a adoção em escala nos sistemas públicos de saúde.

DESCRIPTORES: Prótese mamária externa; Mastectomia; Manufatura aditiva; Experiência do paciente; Biomecânica; Saúde pública.

ABSTRACT

Objective: Mastectomy, frequently indicated in the treatment of breast cancer, causes anatomical changes and psychosocial repercussions that impact women's rehabilitation and quality of life. External breast prostheses constitute a relevant non-surgical alternative, contributing to body balance and the reconstruction of self-image. **Method:** This systematic review critically analyzed the literature on customized prostheses, considering technological, clinical, psychosocial, and institutional aspects. **Results:** Twenty-five studies were included and organized into four axes: technologies and manufacturing processes; user experience; biomechanical performance; and implementation challenges. The consolidation of a digital workflow involving geometry acquisition, three-dimensional modeling, and manufacturing was identified, with different production approaches. Weight and mass distribution stand out as determining factors for comfort and postural alignment. Positive impacts on self-esteem and quality of life were observed. **Conclusion:** Challenges related to standardization, clinical validation, and implementation persist, limiting large-scale adoption in public health systems.

DESCRIPTORS: External breast prosthesis; Mastectomy; Additive manufacturing; Patient experience; Biomechanics; Public health.

RESUMEN

Objetivo: La mastectomía, frecuentemente indicada en el tratamiento del cáncer de mama, provoca cambios anatómicos y repercusiones psicossociales que afectan la rehabilitación y la calidad de vida de las mujeres. Las prótesis mamarias externas constituyen una alternativa no quirúrgica relevante, contribuyendo al equilibrio corporal y a la reconstrucción de la autoimagen. **Método:** Esta revisión sistemática analizó críticamente la literatura sobre prótesis personalizadas, considerando aspectos tecnológicos, clínicos, psicossociales e institucionales.

Resultados: Se incluyeron 25 estudios, organizados en cuatro ejes: tecnologías y procesos de fabricación; experiencia de la usuaria; desempeño biomecánico; y desafíos de implementación. Se identificó la consolidación

de un flujo digital que involucra la adquisición de la geometría, el modelado tridimensional y la manufactura, con diferentes enfoques productivos. El peso y la distribución de la masa se destacan como factores determinantes para la comodidad y la alineación postural. Se observaron impactos positivos en la autoestima y la calidad de vida. **Conclusión:** Persisten desafíos relacionados con la estandarización, la validación clínica y la implementación, lo que limita su adopción a gran escala en los sistemas públicos de salud.

DESCRIPTORES: Prótesis mamaria externa; Mastectomia; Manufatura aditiva; Experiencia del paciente; Biomecânica; Salud pública.

RECEBIDO EM: 20/04/2026 APROVADO EM: 23/05/2026

Como citar este artigo: Toledo VRP, Zanetti MRD, Kunkel ME. Próteses Mamárias Externas Pós-Mastectomia: Revisão Sistemática Sobre Manufatura Digital, Personalização e Experiência da Usuária. Saúde Coletiva (Edição Brasileira) [Internet]. 2026 [acesso ano mês dia];18 (111):20486-20509. Disponível em: DOI: 10.36489/saudecoletiva.2026v18i111p220486-20509



Valéria Rantin Po Toledo

Mestranda, Designer, Instituição: Universidade Federal de São Paulo, UNIFESP
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6733-749X>



Maria Elizete Kunkel

Docente, Física, Biomecânica, Universidade Federal de São Paulo, UNIFESP
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1711-9289>



Miriam Raquel Diniz Zanetti

Docente, Fisioterapeuta, Universidade Federal de São Paulo, UNIFESP
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1791-969X>

INTRODUÇÃO

O câncer de mama apresenta elevada incidência global e constitui um importante problema de saúde pública, com impactos significativos na morbimortalidade e na qualidade de vida das mulheres⁽¹⁾. No Brasil, o Instituto Nacional de Câncer estima aproximadamente 781 mil novos casos de câncer por ano no triênio 2026-2028, reforçando a necessidade de estratégias abrangentes de cuidado, incluindo ações de reabilitação⁽²⁾. A mastectomia, procedimento frequentemente indicado no tratamento da doença, está associada a repercussões físicas e psicossociais relevantes. A perda da mama compromete a integridade anatômica, mas também dimensões simbólicas relacionadas à feminilidade, à autoestima e à percepção corporal⁽³⁾. Nesse contexto, a reabilitação deve ser compreendida de forma ampliada, incorporando aspectos funcionais, emocionais e sociais do cuidado.

As próteses mamárias externas são uma alternativa não cirúrgica relevante nesse processo, contribuindo para restauração da simetria corporal, conforto físico e reintegração social das mulheres⁽⁴⁾. Para além da função estética, esses dispositivos desempenham um papel importante na reconstrução da autoimagem e na percepção de completude corporal, especialmente quando adequadamente ajustados às necessidades individuais das usuárias. No entanto, as soluções disponíveis no mercado são majoritariamente padronizadas, com limitações quanto à adaptação às características anatômicas e funcionais individuais. Essa padronização pode resultar em desconforto, inadequação no ajuste e baixa adesão ao uso, impactando negativamente os desfechos clínicos e psicossociais⁽⁵⁻⁶⁾.

As próteses convencionais padronizadas de tecido, silicone ou outros materiais são frequentemente associadas a desconforto, peso excessivo e baixa adaptação anatômica, fatores que com-

prometem a adesão ao uso e impactam negativamente a qualidade de vida das usuárias⁽⁶⁾. Avanços em manufatura digital têm ampliado as possibilidades de desenvolvimento de próteses personalizadas, com potencial para melhorar significativamente o ajuste, o conforto e a funcionalidade dos dispositivos⁽⁷⁾. O uso de escaneamento tridimensional (3D) e de técnicas de manufatura aditiva permite maior precisão geométrica e melhor reprodutibilidade dos processos produtivos, além de possibilitar a redução de peso das próteses e a adaptação individualizada ao corpo da usuária⁽⁸⁻¹⁰⁾. Além disso, abordagens baseadas em biomimética vêm sendo exploradas como estratégia para reproduzir características estruturais e funcionais do tecido mamário, por meio do uso de materiais com propriedades ajustáveis e estruturas internas otimizadas⁽¹¹⁾.

No Brasil, a atenção ao câncer no Sistema Único de Saúde (SUS) inclui a reabilitação como cuidado integral, conforme diretrizes do Ministério da

Saúde⁽¹²⁾. Contudo, observa-se a ausência de diretrizes específicas para a oferta, seleção e distribuição de próteses mamárias externas, o que limita a organização dos serviços e compromete a equidade no acesso. Esta revisão sistemática objetiva analisar a literatura sobre próteses mamárias externas personalizadas, com ênfase na integração entre aspectos tecnológicos, clínicos, psicossociais e institucionais, visando uma abordagem mais abrangente e alinhada à saúde pública.

MÉTODO

Os quatro eixos temáticos utilizados na metodologia integram aspectos tecnológicos, clínicos, psicossociais e institucionais (Fig. 1). 1) Tecnologias e processos de fabricação: Fluxos de trabalho digitais empregados na fabricação de próteses mamárias externas persona-

lizadas, bem como a influência da escolha de materiais e equipamentos sobre as propriedades finais dos dispositivos; 2. Experiência da usuária e impacto psicossocial: Efeitos do uso das próteses na qualidade de vida, autoestima, conforto e imagem corporal, incluindo limitações das próteses convencionais e estratégias tecnológicas propostas para superá-las; 3. Desempenho biomecânico e funcional: avaliam-se os impactos das próteses mamárias externas na postura e na biomecânica corporal, considerando evidências clínicas recentes e o potencial da personalização por manufatura aditiva para a redução do peso e otimização funcional dos dispositivos; 4. Desafios de implementação: discutem-se os principais obstáculos técnicos, econômicos, educacionais e institucionais para a adoção em larga escala de próteses mamárias externas personalizadas no Sistema Único de Saúde (SUS).

A população (P) incluiu mulheres submetidas à mastectomia; o fenômeno de interesse (I) correspondeu ao uso de próteses mamárias externas, com ênfase em dispositivos personalizados e/ou produzidos por manufatura digital; e o contexto (Co) abrangeu aspectos clínicos, biomecânicos e psicossociais e relacionados à experiência da usuária. Esses elementos fundamentaram a organização da revisão nos quatro eixos temáticos adotados.

Estratégia de busca

As buscas foram realizadas nas bases de dados PubMed, Google Scholar e SciELO. As estratégias foram adaptadas às especificidades de cada base, considerando idioma, mecanismo de busca e critérios de indexação. A busca foi realizada até fevereiro de 2026. Os descritores foram organizados em três eixos conceituais:

- Próteses mamárias externas: “external breast prosthesis”; “custom breast prosthesis”; “breast prosthesis”; “prótese mamária externa”; “prótese mamária personalizada”.
- Tecnologias de fabricação digital: “3D printing”; “digital fabrication”; “additive manufacturing”; “impressão 3D”; “manufatura aditiva”.
- Contexto e experiência da usuária: “post-mastectomy”; “mastectomy”; “user experience”; “experiência do usuário”.

Os termos foram combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR, em diferentes arranjos entre os eixos definidos, de modo a ampliar a sensibilidade da busca e recuperar estudos potencialmente relevantes. As diferentes estratégias geraram resultados parcialmente sobrepostos entre as bases. Foram realizadas buscas nas bases PubMed (2016–2026), Google Scholar (2016–2026) e SciELO (2006–2026) utilizando combinações de termos em inglês e português relacionados à impressão 3D, fabricação digital, próteses mamárias externas, mastectomia, personalização e experiência da usuária. Na

Figura 1. Estrutura metodológica da revisão sistemática sobre próteses mamárias externas personalizadas, organizada em eixos temáticos.



Fonte: Autores

Esta revisão sistemática foi conduzida de acordo com as diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA)⁽¹³⁾, para identificar e analisar estudos

sobre próteses mamárias externas, com ênfase em personalização, tecnologias de fabricação digital e aspectos relacionados à experiência da usuária após a mastectomia. A questão de pesquisa foi estruturada com base no modelo PICO:

PubMed, termos em inglês apresentaram maior sensibilidade, enquanto no Google Scholar foram incluídas combinações voltadas à experiência e customização. Na SciELO, utilizaram-se termos em ambos os idiomas para ampliar a abrangência dos resultados.

Critérios de Elegibilidade

Os critérios de inclusão e exclusão foram definidos com base no objetivo da revisão. Foram incluídos estudos que: abordassem próteses mamárias externas no contexto pós-mastectomia, incluindo modelos convencionais ou personalizados; investigassem aspectos tecnológicos, clínicos, biomecânicos, funcionais ou experienciais relacionados ao uso dessas próteses; envolvessem fabricação digital, impressão 3D ou estratégias de personalização, quando aplicável; não apresentassem restrição quanto ao idioma; disponibilizassem acesso ao texto completo; estivessem publicados dentro do recorte temporal aplicado em cada base de dados (2016 - 2026 para PubMed e Google Scholar; 2006 - 2026 para SciELO). Foram excluídos estudos exclusivamente voltados à reconstrução mamária cirúrgica ou próteses implantáveis; registros em duplicidade por variação na grafia dos autores; estudos não relacionados a mulheres mastectomizadas; publicações sem acesso ao texto completo, como resumos de conferências, editoriais ou comunicações breves; estudos com sobreposição substancial de dados ou resultados provenientes do mesmo projeto, sendo mantida a versão mais completa. A adoção de recortes temporais distintos reflete as especificidades de cobertura de cada base, considerando a rápida evolução das tecnologias.

Seleção dos Estudos

O processo de seleção dos estudos foi conduzido conforme as diretrizes do fluxograma Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020), com o suporte do software Rayyan⁽¹⁴⁾. Dois revisores

independentes realizaram a triagem de forma cega, avaliando títulos, resumos e textos completos. As discordâncias foram resolvidas por consenso entre os revisores. Esta revisão sistemática não foi previamente registrada em plataformas como o PROSPERO, uma vez que seu escopo inclui, além de desfechos clínicos, dimensões tecnológicas, psicossociais e institucionais relacionadas ao uso de próteses mamárias externas. Considerando a natureza interdisciplinar da investigação e a ausência de exigência formal de registro para esse tipo de abordagem, optou-se pela condução da revisão com base nas diretrizes PRISMA, garantindo transparência, reprodutibilidade e rigor metodológico.

Extração e Análise de Dados

Após a definição dos estudos incluídos na revisão, a extração de dados ocorreu com o uso de uma planilha estruturada. Foram coletadas informações referentes a autores, ano de publicação, país de origem, tipo de estudo, objetivos, tecnologias empregadas, processos de fabricação, materiais utilizados, principais resultados e limitações reportadas. A equipe realizou a extração de forma sistemática e revisou os dados por consenso entre os autores, visando assegurar consistência e confiabilidade na caracterização das evidências. Os dados foram organizados e sintetizados em uma tabela, o que permitiu a comparação entre os estudos incluídos. A análise consistiu em uma síntese qualitativa temática, conduzida por meio de leitura aprofundada e comparativa dos estudos. A equipe realizou a codificação com base na identificação de padrões recorrentes, permitindo a definição de eixos analíticos representativos das principais dimensões abordadas na literatura.

Os quatro eixos analíticos não são mutuamente exclusivos, permitindo que um mesmo estudo contribua para mais de uma categoria. Essa abordagem busca capturar a complexidade e a natureza interdisciplinar do campo investigado. As representações gráficas

derivam da síntese analítica dos dados e possuem caráter descritivo e comparativo, não correspondendo a dados primários dos estudos incluídos.

Para fins desta revisão, considera-se como fluxo digital completo o processo que contempla a aquisição tridimensional da geometria, seguida de modelagem digital e manufatura aditiva. Nos estudos de natureza observacional, experiencial ou de revisão, essas etapas foram indicadas na Tabela 1 como “–” (não aplicável). Entre as limitações metodológicas desta revisão, destacam-se a heterogeneidade dos delineamentos dos estudos incluídos, a predominância de abordagens observacionais e a limitada disponibilidade de evidências clínicas robustas. Adicionalmente, a variabilidade nos métodos de avaliação e nos desfechos analisados pode influenciar a comparabilidade entre os estudos e a generalização dos resultados. Ferramentas de inteligência artificial foram utilizadas como apoio à revisão linguística e organização textual do manuscrito, sem participação na condução da revisão sistemática, análise dos dados ou interpretação dos resultados.

RESULTADOS

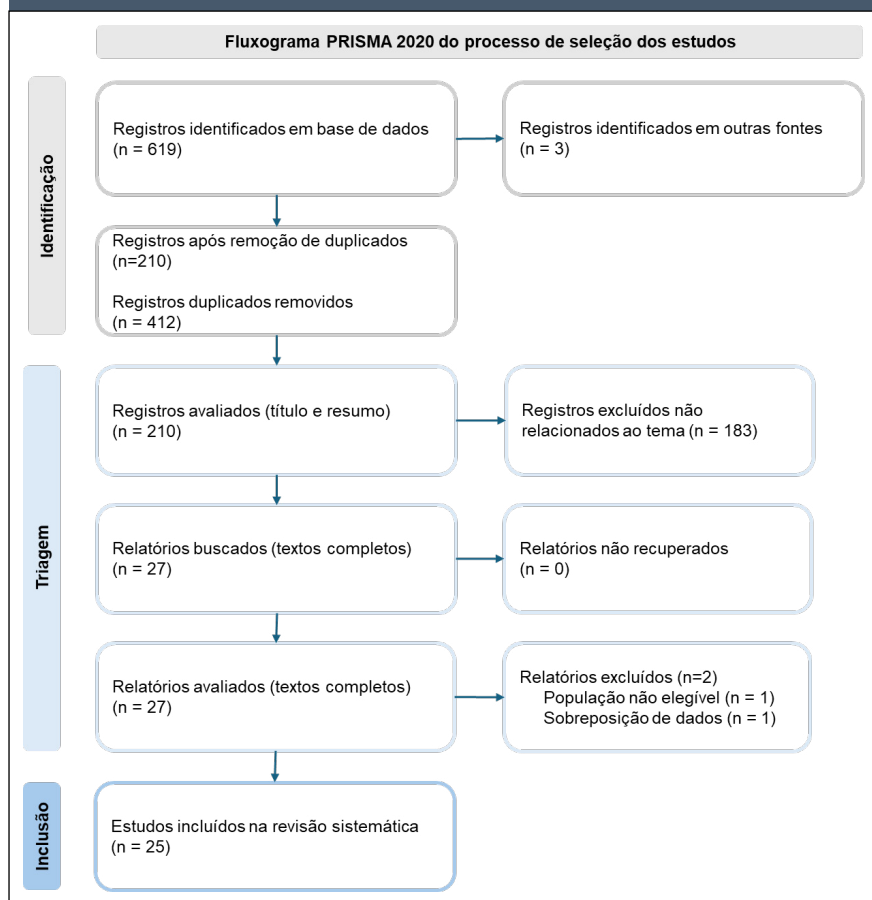
Na etapa de identificação, foram recuperados 622 registros (619 das bases de dados e 3 identificados por busca manual nas listas de referências. Após a remoção de duplicatas ($n = 412$), 210 registros foram submetidos à triagem por título e resumo. Nesta etapa, 183 registros foram excluídos por não estarem relacionados ao tema da revisão. Na etapa de elegibilidade, 27 relatórios foram avaliados em texto completo quanto aos critérios de inclusão. Desses, dois foram excluídos: um por população não elegível e outro por sobreposição de dados com estudo previamente incluído. Ao final do processo, 25 estudos foram incluídos na revisão sistemática. O processo de seleção dos estudos está apresentado na Figura 3, conforme as diretrizes do PRISMA 2020 (Fig. 2).

As estratégias de busca aplicadas nas diferentes bases de dados resultaram em volumes distintos de registros, refletindo as especificidades de indexação, cobertura temática e sensibilidade de cada plataforma.

As buscas foram realizadas nas bases PubMed, Google Scholar e SciELO, considerando principalmente os últimos 10 anos (e desde 2006 na SciELO), com combinações de termos em inglês e português relacionados à impressão 3D, fabricação digital, próteses mamárias externas, mastectomia, personalização e experiência da usuária. Na PubMed, destacam-se “3D printing” AND “breast prosthesis” (n = 2), “3D printing” AND “post-mastectomy” (n = 4), “digital fabrication” OR “external breast prosthesis” (n = 200), “digital fabrication” (n = 183), “External Breast Prosthesis” (n = 105) e “mastectomy” AND “external breast prosthesis” (n = 15), com baixa sensibilidade para termos em português. No Google Scholar, foram utilizadas combinações como “post mastectomy” AND “user experience” (n = 84) e “external breast prosthesis” AND “3D printing” (n = 33). Na SciELO, destacam-se “external breast prosthesis” OR “post-mastectomy” OR “3D printing” (n = 329) e “external breast prosthesis” OR “post-mastectomy” (n = 62).

A análise dos 25 estudos incluídos revelou uma diversidade de abordagens metodológicas, tecnologias empregadas e perspectivas analíticas relacionadas ao desenvolvimento, avaliação e uso de próteses mamárias externas no contexto pós-mastectomia. Foram identificados estudos envolvendo modelos convencionais, próteses personalizadas e soluções baseadas em manufatura aditiva, evidenciando um campo em expansão caracterizado por forte interdisciplinaridade. Os resultados foram organizados em quatro eixos temáticos previamente estabelecidos, permitindo uma análise estruturada das diferentes dimensões abordadas na literatura (Tabela 1).

Figura 2. Fluxograma PRISMA 2020 do processo de identificação à inclusão dos estudos.



Fonte: Autores

Tabela 1. Estudos sobre a produção de próteses mamárias externas com mulheres mastectomizadas

Estudo	Tipo	Processo	Material	Dimensão	Achados
15	Observacional	—	Silicone	Psicossocial	Barreiras no uso
16	Experimental	Molde físico	Silicone médico	Tecnológica	Produção convencional
17	Observacional	—	Silicone	Psicossocial	Experiência cultural
18	Observacional	—	Silicone	Psicossocial	Qualidade de vida
19	Observacional	—	Silicone, algodão	Psicossocial	Adesão ao uso
20	Observacional	—	Silicone térmico	Biomecânica	Conforto térmico
21	Observacional	—	Silicone	Biomecânica	Impacto postural
22	Experimental	TC, FDM	TPU Shore 82A	Biomecânica	Redução de massa
23	Observacional	—	—	Psicossocial	Demanda por adaptação e orientação profissional

24	Experimental	Escâner3D, moldagem	Silicone, PLA	Tecnológica	Redução de peso
25	Observacional	-	-	Psicossocial	Experiência da usuária
26	Observacional	-	Silicone, algodão	Psicossocial	Conforto e adaptação
27	Experimental	Escâner 3D + moldagem	PLA, silicone	Tecnológica	Fluxo digital
28	Revisão	-	Polímeros, metal, resina	Tecnológica	Panorama geral
29	Experimental	Kinect FDM/ LCD	PLA, resinas	Tecnológica	Baixo custo
30	Experimental	Escâner 3D, molde FDM	PLA, silicone	Tecnológica	Processo híbrido
31	Experimental	Escâner 3D fotogrametria	Espuma PU, silicone	Biomecânica	Impacto postural
32	Experimental	Escâner 3D PolyJet	Fotopolímero	Tecnológica	Alto realismo
33	Experimental	Escâner 3D, molde FDM	PLA, silicone	Tecnológica	Boa fidelidade anatômica
34	Experimental	Modelo digital FDM	TPU Shore 95A	Tecnológica / Biomecânica	Grande redução de peso
35	Revisão	-	Silicone, espuma	Tecnológica / Implementação	Personalização promissora
36	Revisão	-	Silicone, tecidos	Psicossocial / Implementação	Impacto na autoestima e acesso
37	Experimental	Paramétrica PolyJet	Fotopolímero elastomérico	Tecnológica / Biomecânica	Controle de propriedades mecânicas
38	Ensaio clínico	-	Algodão	Biomecânica	Peso equivalente melhor alinhamento postural
39	Experimental	Escâner 3D FDM	TPU Shore 85A	Tecnológica / Biomecânica	Produção direta, baixo peso e boa adaptação

Biomecânica: Dimensão do desempenho funcional, distribuição de massa e alinhamento postural; **FDM:** Modelagem por Deposição Fundida (*Fused Deposition Modeling*); **Implementação:** Dimensão da incorporação das tecnologias nos serviços de saúde (aspectos organizacionais e institucionais); **LCD:** Impressão 3D por fotopolimerização em tela líquida (*Liquid Crystal Display*); **Molde FDM:** Moldes para preenchimento com silicone; **PLA:** Ácido Polilático (*Polylactic Acid*); **PolyJet:** Manufatura aditiva por jateamento de fotopolímeros e cura por luz ultravioleta; **Psicossocial:** Dimensão da experiência da usuária (autoestima, qualidade de vida e imagem corporal); **PU:** Poliuretano (*Polyurethane*); **TC:** Tomografia Computadorizada; **Tecnológica:** Dimensão dos processos de fabricação, materiais e fluxos digitais; **TPU:** Poliuretano Termoplástico (*Thermoplastic Polyurethane*).

Eixo 1 – Tecnologias e Processos de Fabricação

Os estudos analisados evidenciam a

consolidação de um fluxo de trabalho digital para a produção de próteses mamárias externas personalizadas^(28,35-36). Esse fluxo é tipicamente estruturado em três etapas principais: aquisição da geometria da mama, modelagem digital e manufatura, que pode ocorrer por via indireta, com a produção de moldes posteriormente preenchidos com silicone, ou por via direta, por meio da fabricação da prótese final. Diferentes estratégias de fabricação têm sido empregadas, destacando-se a manufatura direta, baseada na impressão 3D de materiais flexíveis, com relatos de desenvolvimento e validação clínica inicial baseados em avaliações funcionais e experienciais^(22,34,39), e a manufatura indi-

reta, que utiliza moldes personalizados produzidos por manufatura aditiva para posterior preenchimento com silicone^(24,27,30,33). Essas abordagens apresentam vantagens e limitações relacionadas à fidelidade anatômica, propriedades mecânicas, tempo de produção e custo^(22,33,34,37), evidenciando a existência de compromissos técnicos entre leveza, realismo tátil, tempo de produção e replicabilidade dos processos^(22,33-34). Houve variabilidade nas ferramentas utilizadas e no nível de detalhamento técnico reportado, especialmente no que se refere à precisão geométrica, ao tempo de produção e à reprodutibilidade dos processos^(24,27,39). Essa heterogeneidade aponta para a ausência de protocolos padronizados, o que pode limitar a comparabilidade entre estudos e a incorporação dessas tecnologias na prática clínica.

A aquisição da geometria é predominantemente realizada por escaneamento 3D do tronco da usuária⁽²⁷⁾, utilizando tecnologias de luz estruturada, como Artec Eva[™]^(33,29) e EinScan⁽²⁴⁾. Essa abordagem apresenta vantagens por ser não invasiva e de fácil aplicação clínica. Alternativamente, alguns estudos utilizam imagens médicas, como tomografia computadorizada (TC), especialmente em situações que demandam maior detalhamento anatômico, embora com maior custo e dependência de infraestrutura^(22,32). De forma geral, o escaneamento 3D é a principal solução para aplicações clínicas e produção personalizada, em função de sua acessibilidade e aplicabilidade prática.

Na etapa da modelagem digital, a prótese é customizada com base na simetria corporal e na adaptação ao tórax da usuária⁽²⁷⁾. Ferramentas como Meshmixer são utilizadas para o processamento inicial dos dados^(24,30) e softwares como o Blender e Geomagic permitem operações mais avançadas^(27,29), incluindo espelhamento da mama contralateral e ajustes finais^(29,33). Entretanto, observa-se ausência de métricas padronizadas de desempenho, como erro geométrico e tempo de modelagem, evidencian-

do lacunas metodológicas relevantes. ZHANG et al. ⁽³⁷⁾ incorporam modelagem paramétrica e estruturas internas otimizadas, ampliando o conceito de personalização para além da forma externa.

Na etapa de manufatura, destacam-se os processos PolyJet e a Modelagem por Deposição Fundida (Fused Deposition Modeling, FDM) ou Fabricação por Filamento Fundido (Fused Filament Fabrication, FFF) ^(37,39). O processo PolyJet, baseado no jateamento de resina fotopolimérica com cura por luz ultravioleta, apresenta alta precisão e qualidade de acabamento, sendo indicado quando a fidelidade geométrica e estética é prioritária, porém com maior custo e menor acessibilidade ⁽³⁷⁾. O processo FDM/FFF se destaca pela maior viabilidade econômica e possibilidade de aplicação em contextos descentralizados, embora apresente limitações em termos de resolução e acabamento superficial ^(34,39). Essa dualidade evidencia um equilíbrio necessário entre desempenho técnico e viabilidade de implementação, especialmente relevante em sistemas públicos de saúde.

Avanços recentes incluem o uso de

estruturas internas projetadas, com geometrias do tipo gyroid, que permitem o controle de propriedades mecânicas e térmicas das próteses ⁽³⁷⁾. A avaliação dessas estruturas por ensaios mecânicos e simulações computacionais indica evolução na personalização geométrica para abordagens visando o desempenho funcional.

Os dados indicam reduções expressivas de massa em próteses produzidas por manufatura aditiva, especialmente em poliuretano termoplástico (Thermoplastic Polyurethane, TPU), quando comparadas a soluções convencionais ^(22,34), além de reduções em em moldagem com silicone ⁽²⁴⁾. A heterogeneidade das métricas limita a comparabilidade direta entre os estudos. A análise da replicabilidade evidencia maior consistência nos processos PolyJet e FDM/FFF, atribuída à padronização dos arquivos digitais e à repetibilidade dos processos. Em contraste, o escaneamento 3D e os processos FDM/FFF apresentam maior variabilidade, influenciada por fatores operacionais, calibração dos equipamentos e condições locais de produção. Tecnologias com maior replicabilidade, como PolyJet,

apresentam limitações de acesso e custo, e abordagens mais acessíveis, como FDM/FFF, apresentam maior variabilidade operacional, com um equilíbrio entre padronização e implementação.

A escolha de materiais exerce influência direta sobre as propriedades finais das próteses. O TPU combina leveza, flexibilidade e baixo custo, sendo amplamente utilizado na impressão direta, embora ainda apresente limitações quanto ao realismo tátil ^(22,34,39). Baron ⁽³⁴⁾ relata reduções de peso de até 78% em próteses fabricadas em TPU quando comparadas às próteses de silicone convencionais. Contudo, permanecem limitações relacionadas à textura superficial e à consistência mecânica da prótese ^(22,24).

Por outro lado, o silicone permanece como referência em termos de aparência e consistência, sendo aplicado principalmente por moldagem indireta, embora com maior tempo de produção e maior peso relativo. Alternativas como espuma de silicone e resinas fotopoliméricas permitem avanços em leveza e controle de propriedades, porém com limitações relacionadas ao custo e à escalabilidade ^(24,27,33).

Tabela 2. Parâmetros quantitativos associados aos processos de fabricação de próteses mamárias externas

Estudo	Material	Processo	Resultado	Vantagens	Limitações
22, 29, 34, 39	TPU Shore 82A ou 95A, PLA, resinas	Direto (FDM/FFF/LCD)	Redução de peso (g) 33 → 90 (22) 1.200 → 150 (34)	Baixo peso e custo; rapidez de fabricação; flexibilidade	Baixa fidelidade tátil e superficial; acabamento limitado
24,27, 30, 33	Silicone Shore A	Indireto (Molde FDM)	Redução de peso (g) 317%	Alto realismo tátil e estético; ampla aceitação clínica	Maior peso relativo; maior tempo de produção
31	Espuma de PU e Silicone	Processo não descrito	-	Redução de peso; bom ajuste	Limitações no acabamento estético e pintura
28, 32, 36	Fotopolímero (Rígido e Flexível)	Direto (PolyJet)	-	Realismo; gradientes de dureza	Elevado custo; baixa viabilidade em larga escala
37	Materiais Arquitetados	Modelagem paramétrica impressão 3D direta	Ensaio de compressão, FEA	Controle de rigidez; leveza otimizada; dissipação térmica	Alto custo; baixa escalabilidade

FDM: Modelagem por Deposição Fundida (*Fused Deposition Modeling*); **FEA:** Análise por Elementos Finitos (*Finite Element Analysis*); **FFF:** Fabricação por Filamento Fundido (*Fused Filament Fabrication*); **PolyJet:** Tecnologia de manufatura aditiva baseada no jateamento de fotopolímeros com cura por luz ultravioleta; **T1/T2:** Tipos de estrutura interna avaliados no estudo; **TPU:** Poliuretano Termoplástico (*Thermoplastic Polyurethane*); **λ/λs:** Razão entre a condutividade térmica do material e do sólido de referência;

Além disso, estudos recentes exploram o uso de fotopolímeros em processos PolyJet, possibilitando a criação de gradientes internos de dureza e elevado realismo de consistência. No entanto, o alto custo dos equipamentos e materiais restringe a adoção dessa abordagem em larga escala, especialmente em contextos públicos de saúde^(28,32).

De forma geral, os achados indicam que o desenvolvimento de próteses mamárias externas personalizadas por manufatura digital envolve um equilíbrio entre precisão geométrica, propriedades funcionais, custo e viabilidade de produção. Apesar dos avanços técnicos, persistem limitações relevantes, especialmente relacionadas à textura superficial, à fidelidade sensorial e ao controle térmico, que impactam diretamente a experiência da usuária e limitam a substituição integral das próteses convencionais.

Eixo 2 – Experiência da Usuária e Impacto Psicossocial

Dos 25 estudos incluídos nesta revisão sistemática, nove investigaram diretamente a experiência da usuária com próteses mamárias externas no contexto pós-mastectomia (Fig. 3A). Esses estudos abordaram dimensões psicossociais relacionadas à percepção corporal, autoestima, identidade feminina e qualidade de vida⁽¹⁵⁻²⁵⁾. As proporções foram estimadas a partir da frequência de ocorrência das categorias nos estudos incluídos neste eixo, totalizando 13 ocorrências temáticas. O conforto físico correspondeu à dimensão mais recorrente, representando 30,8% das ocorrências. As demais dimensões (autoestima, qualidade de vida e imagem corporal) apresentaram frequências equivalentes, correspondendo a 23,1% cada. Observa-se a predominância do conforto físico como principal dimensão relatada, enquanto as demais dimensões apresentam distribuição equivalente, indicando a natureza multifatorial da experiência da usuária.

Entre esses nove estudos, o confor-

to físico foi o aspecto mais recorrente, sendo associado principalmente à adaptação anatômica da prótese, à distribuição do peso e à redução de incômodos durante o uso prolongado^(15,19-21). A elevação da autoestima também foi amplamente relatada, particularmente relacionada à recuperação da simetria corporal e à possibilidade de uso de vestimentas sem constrangimento^(20-21,25).

A qualidade de vida foi descrita como resultado da retomada de atividades sociais, da redução do impacto emocional associado à ausência da mama e da sensação de maior segurança e confiança corporal^(15,18,23). Já a imagem corporal foi relacionada ao realismo estético e tátil da prótese, influenciando a percepção de completude e de pertencimento ao próprio corpo^(16,18,25). Além dessas dimensões, seis dos nove estudos analisados^(15;17,19-21,23) destacaram o peso excessivo das próteses convencionais como fator crítico de desconforto, associado a dor musculoesquelética, alterações posturais e abandono do uso ao longo do tempo. Em cinco estudos^(18,20-21,24-25), a participação ativa da usuária no processo de escolha e adaptação da prótese foi identificada como elemento central para uma experiência positiva, enquanto a ausência de escuta qualificada esteve relacionada à inadequação do dispositivo e à redução da adesão ao uso.

Os achados indicam que a experiência da usuária ultrapassa critérios exclusivamente técnicos, envolvendo dimensões subjetivas, funcionais e contextuais do cuidado. Os estudos deste eixo reforçam a necessidade de abordagens centradas na mulher, que integrem conforto físico, estética, significado simbólico e contexto de vida no cuidado pós-mastectomia. Esses achados reforçam a importância da incorporação de práticas de cuidado centradas na usuária no contexto dos serviços de saúde, especialmente no SUS, considerando a diversidade de experiências e necessidades das mulheres no pós-mastectomia.

Eixo 3 – Resultados Clínicos e Biomecânicos

Os impactos clínicos e biomecânicos associados ao uso das próteses foram investigados em nove dos 25 estudos incluídos nesta revisão sistemática. Esses trabalhos analisaram principalmente os efeitos do peso do dispositivo, sua influência sobre o alinhamento postural e os desfechos funcionais durante o uso no período pós-mastectomia. Entre os estudos analisados, a redução de peso foi o achado mais frequentemente relatado. Pesquisas baseadas em manufatura aditiva demonstraram diminuições expressivas de massa quando comparadas às próteses comerciais convencionais, frequentemente associadas a desconforto musculoesquelético, sobrecarga nas alças do sutiã e alterações posturais compensatórias^(21-22,31,34). De modo geral, próteses mais leves foram associadas a maior conforto funcional e melhor tolerância ao uso prolongado.

Entretanto, os achados indicam que o benefício clínico não decorre exclusivamente da redução absoluta do peso, mas do equilíbrio biomecânico entre os lados do corpo. O ensaio clínico randomizado conduzido por XIE et al. (2025) demonstrou melhora estatisticamente significativa no alinhamento cervical e escapular quando utilizado dispositivo com peso equivalente ao da mama contralateral. Esses resultados sugerem que o peso ideal deve considerar a simetria corporal e a compensação postural, e não apenas a leveza isolada do dispositivo^(31,38). Nesse sentido, a literatura aponta para a necessidade de uma abordagem mais precisa na definição dos parâmetros de projeto das próteses, incorporando critérios biomecânicos que considerem a distribuição de massa, o centro de gravidade e a interação com o sistema musculoesquelético.

Assim, os estudos convergem para a compreensão de que o desempenho clínico da prótese depende da adequada distribuição de massa e da adaptação anatômica individual. Próteses excessivamente pesadas podem aumentar a so-

brecarga musculoesquelética, enquanto dispositivos demasiadamente leves podem não compensar adequadamente a assimetria corporal. Esses achados reforçam que a personalização baseada em critérios biomecânicos objetivos é o elemento central para o desenvolvimento de próteses externas com melhor desempenho clínico. De forma integrada, esses achados reforçam que a personalização baseada em critérios biomecânicos objetivos constitui um elemento central para o desenvolvimento de próteses externas com melhor desempenho clínico e maior po-

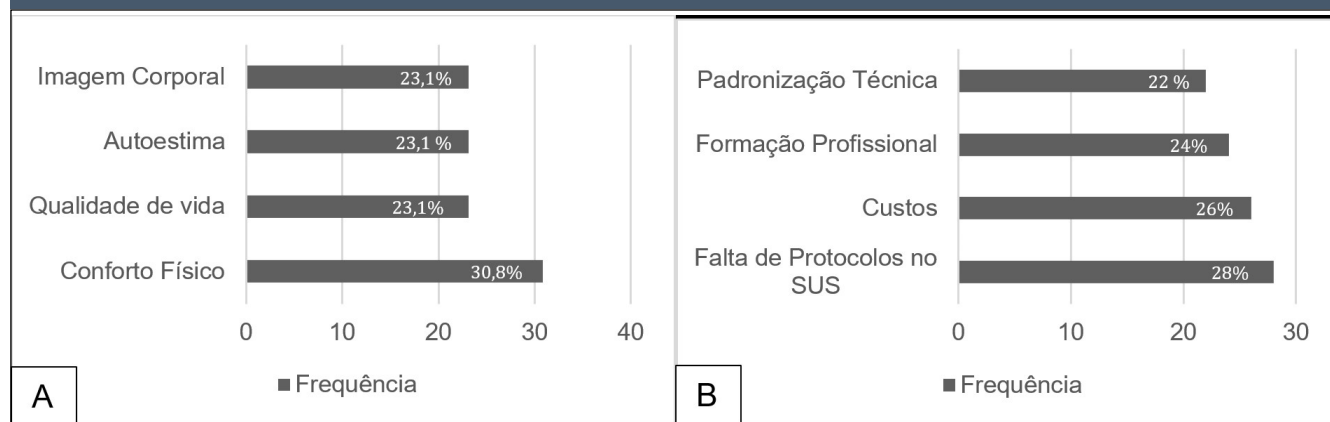
tencial de adesão ao uso.

Eixo 4 – Desafios de Implementação

Os desafios relacionados à implementação de próteses mamárias externas personalizadas constituem um eixo específico da literatura analisada. Entre os 25 estudos incluídos nesta revisão sistemática, oito artigos abordaram diretamente questões relacionadas à incorporação dessas tecnologias em serviços de saúde, com ênfase em barreiras institucionais, organizacionais e estruturais, especialmente no contexto de sistemas

públicos^(15,19,23,26-28,35-36). A Figura 3B apresenta a distribuição relativa dos principais desafios identificados neste eixo, com base na codificação temática dos estudos incluídos. O gráfico organiza os achados em quatro subcategorias: falta de protocolos no sistema público de saúde, custos dos equipamentos, formação profissional e padronização técnica. Os percentuais expressam a frequência relativa desses temas no conjunto de registros temáticos do eixo, e não a proporção de artigos em relação ao corpus total da revisão.

Figura 3. Experiência da usuária de próteses mamárias externas personalizadas (A). Distribuição dos principais desafios para implementação das próteses (B).



Fonte: Autores

Observa-se a predominância de barreiras institucionais, com destaque para a ausência de protocolos no SUS, seguida por desafios econômicos e de formação profissional, evidenciando que a implementação dessas tecnologias depende de fatores estruturais além do desenvolvimento técnico. A falta de protocolos no sistema público de saúde representa o desafio mais recorrente, concentrando 28% das menções codificadas. Os estudos indicam ausência de diretrizes clínicas e fluxos institucionais claros para a prescrição, fabricação e distribuição de próteses mamárias externas personalizadas. Essa lacuna dificulta a incorporação dessas tecnologias na rotina dos serviços públicos e compromete

te a equidade no acesso às tecnologias assistivas^(15,27-28,36).

Aproximadamente 26% das menções referem-se às dificuldades de acesso relacionadas aos custos. A literatura aponta limitações na mensuração desses custos, uma vez que os estudos raramente apresentam dados quantitativos detalhados. Os achados sugerem que a principal barreira está associada à incorporação dessas tecnologias em contextos de restrição orçamentária, especialmente em sistemas públicos^(19,26,36). Adicionalmente, tecnologias emergentes apresentam desafios relacionados à escalabilidade e ao custo dos insumos especializados⁽³⁵⁾.

A formação profissional foi identificada em 24% das menções. Os estudos

destacam a necessidade de capacitação técnica, orientação profissional e articulação interdisciplinar para a integração entre aspectos clínicos, tecnológicos e psicossociais no cuidado às usuárias. A ausência de formação adequada limita a adoção dessas tecnologias, mesmo quando há disponibilidade de infraestrutura e recursos materiais^(23,27). A padronização técnica corresponde a 22% das menções identificadas. A literatura aponta heterogeneidade nos fluxos de trabalho, nos materiais utilizados e nos critérios de avaliação das próteses. Essa ausência de padronização dificulta a comparação entre os estudos, a replicação dos processos e a consolidação de evidências para a formulação de políticas públicas⁽²⁷⁻²⁸⁾.

Oos entraves à implementação de próteses mamárias externas personalizadas não decorrem exclusivamente de limitações tecnológicas, mas de um conjunto de fatores estruturais e organizacionais. Barreiras institucionais, organizacionais e formativas desempenham papel central na incorporação dessas inovações no sistema público de saúde, reforçando a necessidade de estratégias integradas que articulem desenvolvimento tecnológico, formação profissional, padronização de processos e organização dos serviços.

DISCUSSÃO

A presente revisão sistemática, composta por 25 estudos, identifica a consolidação de um fluxo de trabalho digital composto por aquisição da geometria, modelagem digital e manufatura, como referência técnica no desenvolvimento de próteses mamárias externas personalizadas. A recorrência desse modelo na literatura reforça sua viabilidade operacional e sua capacidade de atender à adaptação anatômica individual das usuárias. Estudos recentes descrevem fluxos digitais completos que integram escaneamento 3D, modelagem digital e manufatura aditiva direta⁽³⁹⁾, indicando avanços na padronização técnica desses processos. De forma geral, os estudos apontam convergência quanto à melhoria da adaptação anatômica e do conforto das próteses personalizadas, especialmente aquelas produzidas por manufatura digital. No entanto, persistem limitações relacionadas à validação clínica, à padronização dos processos e à acessibilidade econômica dessas tecnologias.

Apesar desses avanços, a análise indica um equilíbrio ainda em construção entre desempenho tecnológico, realismo sensorial e viabilidade produtiva. A manufatura indireta baseada em moldagem com silicone permanece como referência em realismo sensorial, com maior fidelidade tátil e estética^(24,27). Esse processo, entretanto, exige maior

tempo de produção e inclui etapas adicionais, como a confecção de moldes e a cura do silicone. Em contraste, a manufatura direta por impressão tridimensional com poliuretano termoplástico favorece leveza, agilidade produtiva e maior potencial de replicabilidade^(22,34), embora ainda apresente limitações na reprodução da textura e da consistência do tecido mamário.

Tecnologias mais recentes ampliam esse repertório técnico ao explorar materiais fotopoliméricos e estruturas arquitetadas com propriedades mecânicas controladas. A impressão por PolyJet permite a criação de gradientes internos de dureza e maior controle geométrico⁽³²⁾. Estudos baseados em materiais arquitetados demonstram a possibilidade de ajustar propriedades mecânicas e térmicas por meio de geometrias internas parametrizadas, como estruturas do tipo gyroid⁽³⁷⁾. Essas abordagens ampliam o conceito de personalização ao integrar engenharia funcional de materiais, ultrapassando a adaptação exclusivamente geométrica da prótese. O alto custo de equipamentos e insumos especializados, limita a adoção dessas tecnologias em larga escala, especialmente em sistemas públicos de saúde.

Na dimensão clínica e biomecânica, os estudos analisados indicam que o peso e a distribuição de massa da prótese constituem fatores centrais para o conforto funcional e o alinhamento postural da mulher. Pesquisas baseadas em manufatura aditiva relatam reduções expressivas de massa em comparação às próteses comerciais convencionais, frequentemente associadas a desconforto musculoesquelético e sobrecarga nas alças do sutiã^(21-22,31,34). Evidência clínica recente reforça essa associação: um ensaio clínico randomizado demonstrou melhora significativa no alinhamento cervical e escapular com o uso de dispositivo com peso equivalente ao da mama contralateral⁽³⁸⁾. Esses resultados indicam que o desempenho biomecânico das próteses depende não apenas da redução absoluta do peso, mas do equi-

líbrio corporal e da compensação postural individual.

As dimensões biomecânicas apresentam relação direta com a dimensão psicossocial da experiência da usuária. Conforto físico, autoestima, qualidade de vida e imagem corporal constituem dimensões interdependentes no processo de reabilitação pós-mastectomia. A redução de peso e a adaptação anatômica contribuem para a aceitação do dispositivo, enquanto o impacto dessas próteses também envolve aspectos simbólicos e identitários relacionados à percepção de completude corporal e à reinserção social. Estudos conduzidos em diferentes contextos culturais indicam que fatores sociais, acesso à informação e suporte profissional influenciam a experiência das usuárias e a adesão ao uso das próteses⁽¹⁶⁻¹⁹⁾.

Apesar do avanço tecnológico observado nas últimas duas décadas, a implementação em larga escala dessas inovações permanece limitada. Os estudos incluídos nesta revisão indicam ausência de protocolos clínicos padronizados, lacunas na formação profissional, dificuldades de financiamento e heterogeneidade técnica como entraves à incorporação dessas tecnologias em sistemas públicos de saúde^(15,19,23,26-28,35-36). Embora o custo seja frequentemente mencionado como barreira, os estudos não apresentam dados quantitativos padronizados. Essa dimensão é abordada de forma predominantemente qualitativa, com base em características dos materiais, dos processos e do tempo de fabricação, o que limita a comparação entre abordagens e a avaliação da viabilidade econômica em larga escala.

Os achados desta revisão indicam que o desenvolvimento de próteses mamárias externas personalizadas exige articulação entre inovação tecnológica, evidência clínica, experiência da usuária e viabilidade institucional. O avanço dessas soluções depende da construção de protocolos clínicos, estratégias de financiamento e formação interdisciplinar capazes de sustentar sua incor-

poração no cuidado em saúde. Nesse sentido, os resultados evidenciam que a implementação de tecnologias assistivas personalizadas no contexto do SUS depende menos da maturidade tecnológica e mais da capacidade de organização dos serviços, da formação profissional e do desenvolvimento de diretrizes estruturadas.

CONCLUSÃO

Esta revisão sistemática mapeou e analisou criticamente a literatura sobre próteses mamárias externas personalizadas, evidenciando a consolidação de um fluxo digital estruturado em aquisição da geometria, modelagem e manufatura como referência técnica para o desenvolvimento desses dispositivos. No eixo tecnológico, o desenvolvimento de próteses mamárias externas personalizadas

envolve abordagens produtivas complementares, nas quais a manufatura indireta em silicone mantém superioridade em realismo sensorial, enquanto a manufatura aditiva amplia possibilidades de leveza e replicabilidade. Tecnologias emergentes incorporam engenharia funcional de materiais, expandindo o conceito de personalização para além da adaptação geométrica. Nos aspectos clínicos e biomecânicos, o peso e a distribuição de massa da prótese são fatores determinantes para o conforto funcional e o alinhamento postural, indicando que o desempenho desses dispositivos depende do equilíbrio biomecânico e da adaptação individual. No campo psicossocial, a experiência da usuária integra dimensões interdependentes de conforto, autoestima, qualidade de vida e imagem corporal, reforçando a natureza multifatorial do

processo de reabilitação pós-mastectomia. No âmbito institucional, os estudos analisados identificam desafios relacionados à padronização técnica, formação profissional e organização dos processos, evidenciando que a incorporação dessas tecnologias depende de condições estruturais que vão além do desenvolvimento técnico. O avanço no desenvolvimento e na aplicação de próteses mamárias externas personalizadas requer a articulação entre inovação tecnológica, evidência clínica, experiência da usuária e viabilidade institucional. Nesse contexto, a ampliação do acesso a essas tecnologias, especialmente em sistemas públicos de saúde como o SUS, depende do desenvolvimento de protocolos clínicos, estratégias de capacitação profissional e modelos de implementação que integrem tecnologia e cuidado centrado na usuária.

REFERÊNCIAS

1. World Health Organization. Breast cancer. Geneva: World Health Organization; 2025. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>
2. Instituto Nacional de Câncer. INCA estima 781 mil novos casos de câncer por ano no Brasil entre 2026 e 2028. Rio de Janeiro: INCA; 2026. Available from: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/noticias/2026/inca-estima-781-mil-novos-casos-de-cancer-por-ano-no-brasil-entre-2026-e-2028>
3. Brunet J, Price J, Harris C. Body image in women diagnosed with breast cancer: a grounded theory study. *Body Image*. 2022;41:417-31.
4. Lopes WMPS, Figueiredo MLF. O cuidado transcultural como base para investigar idosas mastectomizadas sobre o conhecimento e o uso de sutiãs e próteses externas. *Enferm Foco*. 2011;2(Suppl):81-84.
5. Perez CS, Santiago PRP, Vacari AL, et al. Adaptação à prótese mamária externa na mulher mastectomizada: equilíbrio estático e dinâmico. In: Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesiologia; Simpósio de Engenharia Biomédica; 2018.
6. Eggbeer D, Evans P. Computer-aided methods in bespoke breast prosthesis design and fabrication. *Proc Inst Mech Eng H*. 2011;225(1):94-99.
7. Silva JVL, Munhoz ALJ, Longhitano GA, et al. Aplicações na saúde. In: Volpato N, editor. *Tecnologias e aplicações da manufatura aditiva*. São Paulo: Blucher; 2024. Chap.15.
8. Ventola CL. Medical applications for 3D printing: current and projected uses. *P T*. 2014;39(10):704-711.
9. Ngo TD, et al. Additive manufacturing (3D printing): a review of materials, methods, applications and challenges. *Compos Part B Eng*. 2018;143:172-196.
10. Javaid M, Haleem A. Additive manufacturing applications in medical cases: a literature based review. *Alexandria J Med*. 2018;54(4):411-422.
11. Cruz P, Hernandez FJ, Zuñiga M, et al. A biomimetic approach for designing a full external breast prosthesis: post-mastectomy. *Appl Sci*. 2018;8(3):357.
12. Brasil. Ministério da Saúde. Política Nacional para a Prevenção e Controle do Câncer. Brasília: Ministério da Saúde; 2013.
13. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement. *Rev Panam Salud Publica*.

2022;46:e112.

14. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan: a web and mobile app for systematic reviews. *Syst Rev*. 2016;5:210.

15. Gallagher P, O'Carroll S, Buckmaster A, Mathers R, Kiernan G, Geraghty J. An investigation into the provision, fitting and supply of external breast prostheses: a national study. Dublin: Irish Cancer Society; 2006. Available from: <https://hdl.handle.net/10147/188329>

16. Kubon TM, et al. Custom breast prostheses rehabilitation and survivorship. *Curr Oncol*. 2012;19:e43-e52.

17. Jun EY, Choi SR, Kang HS. Experiences of the use of external breast prosthesis among breast cancer survivors in Korea. *Korean J Women Health Nurs*. 2012;18(1):49-61.

18. Fitch MI, et al. Perspectives of women about external breast prostheses. *Can Oncol Nurs J*. 2012;22(3):162-167.

19. Jetha ZA, Gul RB, Lalani S. Women experiences of using external breast prosthesis after mastectomy. *Asia Pac J Oncol Nurs*. 2017;4(3):250-258.

20. Qiu J, et al. Physical and psychological effects of different temperature-controlled breast prostheses. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(13):e19616.

21. McGhee DE, Mikilewicz KL, Steele JR. Effect of external breast prosthesis mass on bra strap loading and discomfort. *Clin Biomech*. 2020;73:86-91.

22. Maillo BM, et al. Methodology of custom design and manufacturing of 3D external breast prostheses. In: *Int Conf Technological Ecosystems Enhancing Multiculturality*; 2020. p.450-457.

23. Nicklaus KM, et al. Undergarment needs after breast cancer surgery. *Support Care Cancer*. 2020;28:3481-3484.

24. Paula FCN. Produção de prótese personalizada externa de mama em silicone por planejamento virtual [dissertation]. São José dos Campos: Universidade Federal de São Paulo; 2021.

25. Brave R. Prosthetic realities, prosthetic futures [thesis]. Plymouth: University of Plymouth; 2021.

26. Krishna KL, Srinath BS. Comments on the usage of external breast prosthesis. *Indian J Surg Oncol*. 2022;13(3):516-517.

27. Sudbrack R. A utilização da fabricação digital para personalização de próteses mamárias externas [dissertation]. Porto Alegre: UFRGS; 2022.

28. Savsani S, Singh S, Mali HS. Additive manufacturing for prostheses development. *Rapid Prototyp J*. 2022;29(4):741-765.

29. De Tilio LM, et al. Projeto Vênus. *Rev Fatecnológica*. 2023;17(1):130-142.

30. Leme JC, et al. Development of low-cost personalized external silicone breast prosthesis. *Clin Biomech*. 2023;110:106123.

31. Koralewska A, et al. The influence of external breast prostheses on body posture. *J Clin Med*. 2023;12(7):2745.

32. Hayashi YR. Improving the consistency of external breast prostheses with voxel-based 3D printing [dissertation]. Delft: TU Delft; 2023.

33. Branco LR, Foggiatto JA. Method for manufacturing ergonomic bespoke external breast prostheses using low-cost computer-aided technology. *Rapid Prototyp J*. 2024.

34. Baron BDV. Uso da manufatura aditiva na produção de prótese mamária externa [undergraduate thesis]. São José dos Campos: Universidade Federal de São Paulo; 2023.

35. Deshong L, Hosein A, Samaroo K. The present state and prospective trajectory of external breast prosthesis. *Cureus*. 2024;16(10):e70685.

36. Zheng L, Zhou B, Liang R, Yip J. The use of external breast prostheses in post-operative care for women after breast cancer mastectomy: a scoping review. *Text Res J*. 2025. doi:10.1177/00405175241301332.

37. Zhang S, Xue J, Yu X, Zhang Y. Development of architected materials for external breast prostheses. *Biomed Eng Adv*. 2025;8:100164.

38. Xie H, Lan X, Wang Y, Wang Q, Ye Z, Chen H, Fu L. Impact of wearing external breast prosthesis on body posture of patients after unilateral mastectomy: a randomized controlled trial. *Front Oncol*. 2025;15:1456562. doi:10.3389/fonc.2025.1456562.

39. Dominguez Lainez MA, Pinto SAM, Nunez RFE, Geovanny Mauricio C. Development of personalized external breast prosthesis prototype using 3D modeling in unilateral post-mastectomy patient. *J Biomimetics Biomaterials Biomed Eng*. 2026;70:109-118.