REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO DE PRÓTESES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

PROSTHESIS DEVELOPMENT: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

DESARROLLO DE PRÓTESIS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Juan Mário Lopes Moreira[1], Reudismam Rolim de Sousa[2], Samara Martins Nascimento Gonçalves[3], Danielle Martins do Nascimento Oliveira[4]

e686692
https://doi.org/10.47820/recima21.v6i8.6692

PUBLICADO: 8/2025

RESUMO

A tecnologia é indispensável em muitas áreas , como engenharia, educação e saúde. Na saúde, a criação de próteses alcança avanços. Sendo assim, para entender como se dá a criação de tecnologias e os desafios enfrentados por pesquisadores, este trabalho é proposto, a fim de desenvolver uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com cinco Questões de Pesquisas (QPs): QP_1 - Quais os principais avanços tecnológicos no desenvolvimento de próteses nos últimos 10 anos? QP_2 - Quais materiais e técnicas inovadoras foram incorporados às próteses para melhorar sua funcionalidade e conforto? QP_3 - Como a integração de IA e neurotecnologia tem impactado o desempenho das próteses? QP_4 - Quais os principais desafios enfrentados no desenvolvimento e na acessibilidade das próteses modernas? QP_5 - Quais evidências científicas indicam melhorias na qualidade de vida dos usuários de próteses avançadas?. Os resultados da RSL mostraram avanços (QP_1), tais como o uso de impressora 3D e próteses mioelétricas. Além de incluir técnicas e materiais (QP_2) em sua elaboração que empregam sensores, técnicas de compósitos e grafeno. Também observou-se o uso de IA e neurotecnologia (QP_3) incentivando integrações entre tecnologias para treinar algoritmos. Referente às dificuldades (QP_4), os principais motivos incluem divergências entre simulação e aplicação, além dos riscos ao paciente. Apesar dos desafios, observaram-se evidências da evolução das próteses (QP_5), como a melhoria no conforto e o aprimoramento dos resultados, na integração com IAs.

PALAVRAS-CHAVE: Próteses. Inteligência Artificial. Tecnologia. Evolução. Materiais Avançados.

ABSTRACT

Technology is indispensable in many areas, such as engineering, education, and healthcare. In healthcare, the creation of prostheses has achieved significant advances. Therefore, to understand how technologies are developed and the challenges faced by researchers, this work proposes to conduct a Systematic Literature Review (SLR) with five Research Questions (RQs): RQ1 – What are the main technological advances in prosthesis development in the last 10 years? RQ2 – Which innovative materials and techniques have been incorporated into prostheses to improve their functionality and comfort? RQ3 – How has the integration of AI and neurotechnology impacted prosthesis performance? RQ4 – What are the main challenges faced in the development and accessibility of modern prostheses? RQ5 – What scientific evidence indicates improvements in the quality of life of users of advanced prostheses? The SLR results showed advances (RQ1), such as

[1] Graduando em Bacharelado Interdisciplinar em Tecnologia da Informação pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Campus Pau dos Ferros.
[2] Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professor na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).
[3] Doutora em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professora na Universidade Federal Rural do Semi-Árido.
[4] Doutora em Enfermagem pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Enfermeira do Hospital Metropolitano Dom José Maria Pires.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

the use of 3D printing and myoelectric prostheses. In addition, it highlighted techniques and materials (RQ2) that employ sensors, composite techniques, and graphene. The use of AI andneurotechnology (RQ3) was also observed, fostering integration between technologies to train algorithms. Regarding the difficulties (RQ4), the main issues include discrepancies between simulation and real-world application, as well as patient safety risks. Despite these challenges, evidence of prosthesis evolution (RQ5) was observed, including improved comfort and enhanced results through integration with AI.Despite the challenges, there was evidence of the evolution of prosthetics (QP5), such as improved comfort and improved results through integration with AI.

KEYWORDS: *Prosthesis. Artificial Intelligence. Technology. Evolution. Advanced Materials.*

RESUMEN
La tecnología es indispensable en muchas áreas, como la ingeniería, la educación y la salud. En el ámbito de la salud, la creación de prótesis ha alcanzado avances significativos. Por lo tanto, para comprender cómo se desarrollan las tecnologías y los desafíos que enfrentan los investigadores, este trabajo propone realizar una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) con cinco Preguntas de Investigación (PIs): PI1 – ¿Cuáles son los principales avances tecnológicos en el desarrollo de prótesis en los últimos 10 años? PI2 – ¿Qué materiales y técnicas innovadoras se han incorporado a las prótesis para mejorar su funcionalidad y comodidad? PI3 – ¿Cómo ha impactado la integración de la IA y la neurotecnología en el rendimiento de las prótesis? PI4 – ¿Cuáles son los principales desafíos enfrentados en el desarrollo y la accesibilidad de las prótesis modernas? PI5 – ¿Qué evidencias científicas indican mejoras en la calidad de vida de los usuarios de prótesis avanzadas? Los resultados de la RSL mostraron avances (PI1), como el uso de la impresión 3D y las prótesis mioeléctricas. Además, destacaron técnicas y materiales (PI2) que emplean sensores, técnicas de compuestos y grafeno. También se observó el uso de IA y neurotecnología (PI3), promoviendo integraciones entre tecnologías para entrenar algoritmos. En cuanto a las dificultades (PI4), los principales motivos incluyen discrepancias entre la simulación y la aplicación real, así como riesgos para el paciente. A pesar de los desafíos, se observaron evidencias de la evolución de las prótesis (PI5), como la mejora en la comodidad y el perfeccionamiento de los resultados, con la integración de la IA.

PALABRAS CLAVE: *Prótesis. Inteligencia Artificial. Tecnología. Evolución. Materiales Avanzados.*

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o dicionário Dicio (Dicio, 2025), prótese é uma palavra que vem do grego *próthesis*, que significa mecanismo que, juntamente com o órgão, melhora ou aumenta sua função. Também é o termo utilizado para se referir a uma peça que é utilizada para substituir partes de um corpo. A prótese vem sendo utilizada há muito tempo na história (Queiroz, 2008). Com o passar do tempo, a forma como o sistema prostético é desenvolvido foi se aperfeiçoando cada vez mais com finalidade de melhorar as suas funcionalidades e diminuir os gastos referentes (Queiroz, 2008).

Nos últimos 10 anos, com o avanço da tecnologia, a melhoria da fabricação e da forma de utilização das próteses foi significativa, como a impressão de peças a partir de uma impressora 3D (Rodrigues Júnior; Cruz; Sarmanho, 2018), caso prático que ocorreu no Laboratório de Tecnologia Assistiva e Inclusão — LATAI (Brasil, 2025). Os tipos de próteses mais utilizadas e conhecidas são as que substituem algum membro decepado ou amputado (Rodrigues Júnior; Cruz; Sarmanho, 2018).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Com o crescente uso de Inteligências Artificiais (IAs) e o desenvolvimento de tecnologia assistiva para usuários com deficiência, novas técnicas podem ser desenvolvidas para emprego nas próteses. Nesse contexto, investigar a evolução desta área apresenta-se adequado, sendo esta a proposta deste trabalho. O intuito desta pesquisa é propor uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), seguindo o protocolo de Kitchenham (2004), que define uma RSL como uma forma de catalogar, avaliar e separar artigos e pesquisas referentes a um assunto em específico, sendo esse o principal material de estudo para a revisão. Neste caso, o assunto proposto para ser o principal tema deste estudo se refere a próteses.

Para a execução deste estudo, foram elaboradas cinco questões de pesquisa (QPs), que determinaram a evolução das próteses até a elaboração desta pesquisa, considerando: (QP_1) "Quais foram os principais avanços tecnológicos no desenvolvimento de próteses nos últimos 10 anos?"; (QP_2) "Quais materiais e técnicas inovadoras foram incorporados às próteses para melhorar sua funcionalidade e conforto?"; (QP_3) "Como a integração de IA e neurotecnologia tem impactado o desempenho das próteses?"; (QP_4) "Quais são os principais desafios ainda enfrentados no desenvolvimento e na acessibilidade das próteses modernas?"; (QP_5) "Quais evidências científicas indicam melhorias na qualidade de vida dos usuários de próteses avançadas?".

Foram utilizadas três fontes de pesquisas, sendo elas o ACM *Digital Library*, *ScienceDirect* e IEEE Xplore, as quais retornaram um total de 3612 trabalhos, sendo 30 deles selecionados para responderem às questões de pesquisa. Como consequência, foram encontradas várias tecnologias que contribuíram para evolução do sistema prostético (QP_1), como o uso de sensores, próteses mioelétricas, uso de IA, Realidade Virtual e Aumentada. As principais técnicas utilizadas (QP_2) incluem técnicas de compósitos, *designs* mais eficientes, além de novos materiais mais resistentes, proporcionando um bem-estar melhor para os usuários, além de facilitar o uso desses aparelhos. No que diz respeito ao uso de IA e neurotecnologias (QP_3), seu uso inclui, na parte de IA, treinamento de algoritmos e assistência de planejamento; já a neurotecnologia, está mais voltada para manipulação dos sinais recebidos nas próteses. Com relação às dificuldades para com o desenvolvimento e disponibilidade das próteses (QP_4) se considerou que incluem o custo, os riscos que podem causar aos utilizadores da peça, além da estranheza com o dispositivo. Já sobre o crescimento e chance de evolução (QP_5), os grandes indícios encontrados incluem melhoria no funcionamento e no conforto fornecido pelo sistema prostético, utilização de novas vertentes para desenvolvimento de dispositivos que facilitem a vida de quem possui deficiência e também a implementação de tecnologias como IAs para o auxílio e melhoramento da fabricação.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Alguns conceitos foram utilizados como base da pesquisa, para compreensão desta proposta, como Biossegurança, Prótese Biônica e IA.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

2.1. Biossegurança

Segundo Oliveira (2013), a biossegurança é o conjunto de procedimentos e estudos que visam evitar ou controlar os riscos presentes no uso de agentes químicos, agentes biológicos e agentes físicos à biodiversidade.

Já para Teixeira e Valle (2010), a biossegurança é um conjunto de ações que visam prevenir, minimizar ou eliminar riscos inerentes em atividades de pesquisa, produção, ensino, desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços, visando a saúde do homem, animais, a preservação do meio ambiente e a qualidade de resultados.

2.2. Prótese Biônica

Prótese é o termo utilizado para uma nova parte artificial do corpo, que é colocada por meio de cirurgia ou outros procedimentos. De acordo com o Protetics (2022), uma prótese biônica é um tipo de mecanismo de última geração que permite realizar movimentos complexos, diferentemente de uma prótese mecânica. Uma prótese biônica autônoma, têm um mecanismo de comunicação com o sistema muscular em si, para captação de pulsos elétricos a fim de realizar a movimentação.

Segundo Bionicenter (2025), a prótese biônica autônoma possui uma base de comunicação conectada ao coto da parte amputada. Essa base contém eletrodos que, ao sentirem as contrações do músculo, enviam sinais de resposta para o dispositivo prostético, fazendo com que ele faça um movimento de resposta. Dependendo do tipo de contração muscular, um movimento diferente vai ser realizado pela prótese. Ainda segundo Bionicenter (2025), as próteses biônicas podem chegar até 36 movimentos de pinça diferentes nos dedos do aparelho. Cabe salientar que o acompanhamento de um fisioterapeuta é extremamente importante para a adaptação.

2.3. Inteligência Artificial

Segundo o GoogleCloud (2025), a Inteligência Artificial (IA) é um conjunto de tecnologias que permite aos computadores executar diversas tarefas avançadas, como análise de dados, criação de novos sistemas, realizar a tradução de idiomas e entre outros. O uso de Inteligência Artificial no âmbito da saúde tem se mostrado de grande importância. Lemes, M e Lemos, A (2020) apontaram uma crescente no Brasil do uso de IAs, nas políticas públicas de saúde, no período onde ocorreu a pandemia do coronavírus (Covid-19). Porém, ainda existem ponderações sobre o uso da mesma com relação ao aspecto de ética, moral, segurança e social.

3. MÉTODOS

A RSL é um método de pesquisa onde um objetivo é definido como centro de pesquisa e, através dele são levantados vários dados através de uma busca, com o foco de determinar se são

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

relevantes ou não para o assunto, segundo modelo proposto por Kitchenham (2004). De acordo com o modelo, a pesquisa consiste em alguns passos bem definidos, como a busca de material, avaliação de relevância e documentação do material considerado importante para a pesquisa.

Segundo Kitchenham (2004), a RSL é uma forma de pesquisa que consiste em 3 etapas principais para o decorrer da revisão, são elas o (I) planejamento, (II) a condução e (III) a produção. Com essas etapas, o pesquisador consegue se orientar e desenvolver as atividades detalhadamente, assim como o período que utilizou os dados e como foi o decorrer do trabalho.

O modelo de Kitchenham (2004) pode ser definido como os seguintes passos:

- Definição do objetivo: definir uma questão central como forma de orientação de formação do projeto. Com base na questão definida, é possível organizar formas de buscas de referencial, para avaliação e classificação de trabalhos com a temática escolhida.
- Estratégia de busca: neste quesito, são definidas as formas como serão feitas as buscas dos dados. Os métodos mais utilizados são por meio de *strings* de busca, com palavras-chave que servirão de base para achar os artigos sobre o assunto principal.
- Filtragem de conteúdo: a partir do conteúdo obtido com as *strings* de busca, é feita uma seleção utilizando parâmetros de filtragem definidos no objetivo. Esses parâmetros tem como objetivo eliminar trabalhos com pouca ou nenhuma relevância para o assunto abordado na RSL.
- Extração de dados: nesta etapa, os trabalhos que passaram na seleção de filtragem são lidos e, a partir deste ponto, são introduzidos os critérios de pontuação para definir quais dados são considerados cruciais para a pesquisa. Os dados extraídos serão utilizados como fonte para a pesquisa da RSL.

Para a obtenção de trabalhos relacionados ao tema da RSL, foi necessário realizar buscas em bases de dados. De acordo com Fay (2010), a chamada *Database Search* é o nome de um tipo de busca em que o usuário entra em bancos de dados virtuais, as chamadas Database, como forma de biblioteca de informações para obter dados de acordo com o sistema trabalhado. No contexto de uma RSL, o sistema de procura em banco de dados ocorre por buscas em sites que funcionam como uma biblioteca digital como o ACM *Digital Library*, o *ScienceDirect* e o IEEE Xplore, para obter informações, no caso artigos e materiais de pesquisa, para se utilizar como fonte para o assunto ao qual o trabalho está se referindo.

A pesquisa do trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de uma RSL, que visa analisar estudos primários (EP) sobre um determinado tema, com o intuito de selecionar artigos

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

para o desenvolvimento. Essa busca se deu com uso de critérios de inclusão e exclusão, para tornar a pesquisa mais assertiva e bem definida.

O roteiro da pesquisa foi desenvolvido em quatro etapas, com o intuito de facilitar a captação de informações. Na fase inicial (Fase 0), foram construídas as *strings* de busca, que atuaram como âncoras de pesquisa. As *strings* utilizadas na pesquisa foram: (*Prosthesis AND Artificial Intelligence*) *OR* (Prótese *AND* Inteligência Artificial). Com base nas *strings* de busca definidas, as bases de dados ACM *Digital Library*, *ScienceDirect* e IEEE Xplore foram utilizadas.

O período de busca dos artigos foi definido de 1° de janeiro de 2015 até 31 de dezembro de 2024 e após a realização das buscas, os artigos foram considerados aptos à exclusão, a partir dos seguintes critérios: Duplicados, Estudo sem embasamento, Livros, Teses, Trabalhos indisponíveis e Trabalhos secundários. Além disso, trabalhos em português (PT) ou inglês (EN), artigos publicados em revistas ou pautas de congresso e capítulos de livros, foram considerados aptos para o desenvolvimento do trabalho.

Aplicando as *strings* (*Prosthesis AND Artificial Intelligence*) *OR (Próteses AND Inteligência Artificial)* no banco de dados ACM *Digital Library*, foram catalogados um total de 965 resultados antes da aplicação dos critérios de exclusão. Com a aplicação dos critérios de exclusão (trabalhos duplicados, livros, trabalhos incompletos) e inclusão (trabalhos em PT e EN, trabalhos com acesso público, revistas) definidos na Fase 0, foram totalizadas uma quantidade de 150 resultados possíveis.

Já no IEEE Xplore, utilizando as mesmas *strings* de busca (*Prosthesis AND Artificial Intelligence*) *OR (Próteses AND Inteligência Artificial)*, foram encontrados no total de 449 resultados brutos; com isso, utilizando os mesmo critérios de inclusão e exclusão utilizados na primeira busca, foram retidos apenas 45 trabalhos disponíveis para leitura.

Por fim, no *ScienceDirect*, com um total de 2198 resultados após a utilização das *strings* de busca (*Prosthesis AND Artificial Intelligence*) *OR (Próteses AND Inteligência Artificial)*, passando pelo filtro de inclusão (trabalhos em PT e EN, trabalhos com acesso público, revistas) e exclusão (trabalhos duplicados, livros, trabalhos incompletos), foram totalizados 319 artigos. Com isso, para a próxima fase foram considerados aptos um total de 514 artigos, dando um total de aproximadamente 14,2% do valor original de artigos.

Na fase seguinte (Fase 1), os trabalhos selecionados passaram por uma nova filtragem para determinar se estão ou não de acordo com o escopo desta pesquisa, os que não foram considerados adequados foram descartados. A seleção de deu através de leituras do resumo (*abstract*), palavras-chave e título dos artigos.

Na fase seguinte (Fase 2), foi implementado um sistema de pontuação referente à qualidade de cada trabalho. Aqueles que atenderam aos critérios de qualidade necessários, foram

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

considerados aptos para a próxima etapa. Além disso, nesta fase, a leitura da introdução e conclusão dos trabalhos foi necessária para as pontuações.

As questões definidas nos critérios de avaliação da qualidade dos artigos estão listadas abaixo:

I - O trabalho aborda o desenvolvimento ou avanço de próteses?
II - A publicação apresenta evidências de inovação tecnológica?
III - O artigo possui metodologia clara e rigor científico?
IV - O trabalho possui uso de IA?
V - O artigo possui resultados conclusivos?

Para cada um dos itens atendidos positivamente, foi atribuída uma pontuação de 1 se responder totalmente e 0 se responder negativamente. Com uma pontuação de 3 ou mais, o artigo se tornou apto para passar à Fase 3. Com as devidas pontuações, um total de 30 artigos de pesquisa foram selecionados como fonte de pesquisa.

A última fase (Fase 3) buscou responder às questões de pesquisa. Para determinar um melhor entendimento do cerne da pesquisa, foram desenvolvidas perguntas a serem respondidas de acordo com os dados obtidos nos trabalhos visitados.

As questões estão listadas abaixo:

I - Quais foram os principais avanços tecnológicos no desenvolvimento de próteses nos últimos 10 anos?
II - Quais materiais e técnicas inovadoras foram incorporados às próteses para melhorar sua funcionalidade e conforto?
III - Como a integração de inteligência artificial e neurotecnologia tem impactado o desempenho das próteses?
IV - Quais são os principais desafios ainda enfrentados no desenvolvimento e na acessibilidade das próteses modernas?
V - Quais evidências científicas indicam melhorias na qualidade de vida dos usuários de próteses avançadas?

Definidas as questões de pesquisa, os resultados obtidos através dos artigos foram utilizados para a elaboração das considerações do estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com as pesquisas realizadas, um total de 3612 artigos foram encontrados a partir das *strings* de busca. Após aplicar o protocolo proposto por Kitchenham (2004), foi obtido um total

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

de 30 trabalhos, a partir da aplicação dos critérios de inclusão, exclusão e qualidade, conforme mostrado no Quadro 1.

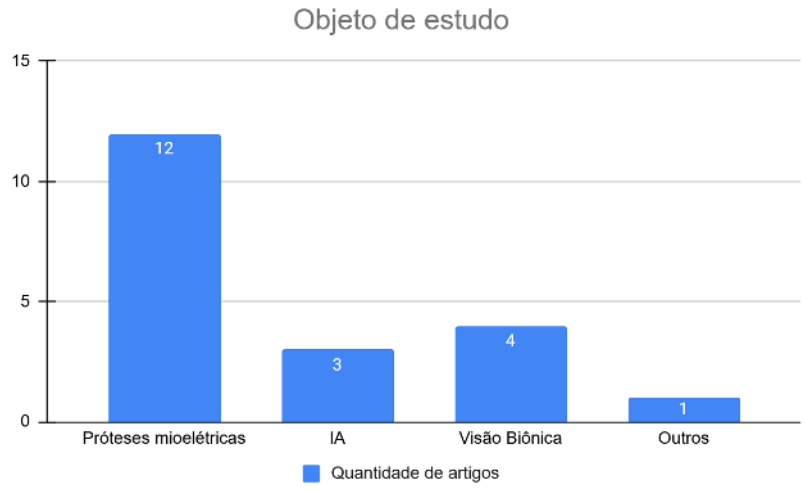
Quadro 1. Filtragem de trabalhos

Bibliotecas Virtuais	Fase 0	Fase 1	Trabalhos Resultantes	Porcentagem dos artigos aprovados para última fase
IEEE Xplore	449	45	15	50%
ACM DL	965	150	8	26%
Science Direct	2198	319	7	24%
Artigos Totais	3612	514	30	100%

Fonte: Autoria própria

De acordo com os dados coletados, os avanços que mais se destacaram envolvem o uso de realidade virtual e realidade aumentada, utilizando mais próteses do tipo mioelétricas (prótese com sensores musculares), como mostrado na Figura 1.

Figura 1. Avanços na construção de próteses



Fonte: Autoria própria

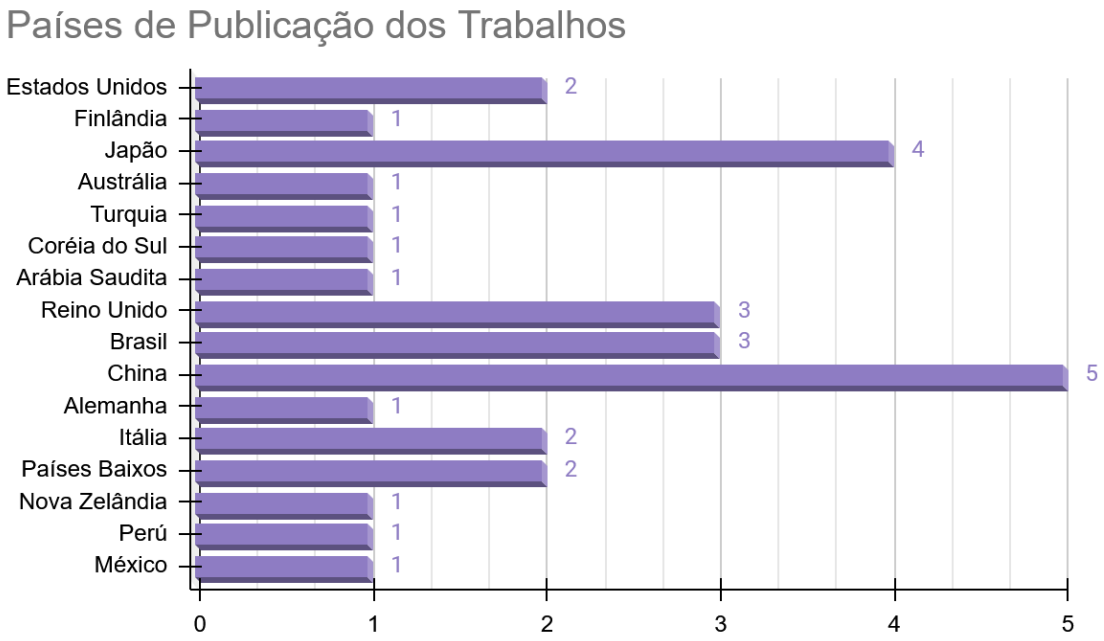
ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Como observado, a maioria dos assuntos abordados nos artigos possui como principal objeto de estudo o uso de próteses mioelétricas, sendo que novas tecnologias vem sendo desenvolvidas para sua melhoria.

Além disso, foi observada a origem do estudo (país) e a quantidade publicações referentes ao assunto abordado, conforme demonstrado no gráfico da Figura 2.

Figura 2. Distribuição dos trabalhos por países



Fonte: Autoria própria

Percebe-se que o país que possui mais publicações é a China, com um total de 5 artigos dentre os 30 analisados. Além disso, foi constatada uma crescente na busca por melhorias de usuários de próteses, visto que as datas de publicação dos artigos, em sua maioria, estão concentradas nos anos de 2022 e 2024, como mostrado no gráfico da Figura 3.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 3. Distribuição dos artigos por ano



Fonte: Autoria própria

Após as análises dos dados relacionados à extração de dados, os trabalhos foram analisados visando responder às questões de pesquisa construídas. Nesse sentido, cada questão é mostrada a seguir com a respectiva resposta encontrada.

4.1. QP1 - Quais foram os principais avanços tecnológicos no desenvolvimento de próteses nos últimos 10 anos?

Diversos avanços tecnológicos foram encontrados no desenvolvimento de próteses nos últimos 10 anos. Dentre eles, a utilização de impressoras 3D para o desenvolvimento de peças prostéticas para alunos de fisioterapia, com o intuito de promover relações para o desenvolvimento de novas tecnologias de próteses (Higgins *et al*., 2022). Dentro da área de visão, uma evolução foi o uso de simulação de um olho biônico (visão prostética) para aprimorar o desenvolvimento de como o usuário iria enxergar os objetos (Han *et al*., 2021). Ainda nessa área, He *et al*., (2020) apontaram como um dos principais progressos o uso de tecnologia baseada em sensores de visão para proporcionar uma qualidade superior na realização de tarefas, considerando as dificuldades que usuários de próteses possuem para se adaptarem. Por sua vez, Ruiz-Serra *et al*., 2024 apresentam como progresso a utilização de rede de aprendizado para o treinamento e desenvolvimento de *software* referente à geração de imagens para a prótese de visão biônica.

No tocante à marcha, Evci, Saroglu, Konukseven (2023) identificaram como evolução a criação e utilização de um sistemas de rede neurais para o uso e controle de próteses, para acompanhar o ritmo do usuário dependendo de sua velocidade. Já Cao *et al*. (2019) apontaram como avanço a criação de um controlador de marcha para detectar diferentes tipos de movimentação, em tempo real, de uma prótese. Já Mazumder; Hekman; Carloni (2024) apresentaram como progresso a criação de uma prótese com ciclos de marcha para diferentes

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

situações que variam com o andar do usuário, bem como utilizar apenas um controlador no sistema. Por outro lado, Mazumder, Hekman, Carloni (2022) apresentam como evolução a criação de um modelo prostético capaz de utilizar a transição de fases para mudar o ritmo de caminhada que o usuário faz.

Também foram identificados progressos na construção de próteses com propriedades mioelétricas. Sun *et al*., (2021) e Chappell *et al*., (2025) estudaram próteses com propriedades mioelétricas, ou seja, que usam estímulos das partes amputadas para a movimentação da prótese. Na mesma direção, Nsugbe (2022) apontou como o principal desenvolvimento tecnológico o uso dessas próteses, para ajustes e refinamento, melhorando assim o seu desempenho ao realizar determinadas funções.

Outros progressos incluem o uso de Realidade Virtual para produzir simulações de uma prótese visual (Kasowski; Beyeler, 2021), o emprego de IA para a criação dos modelos onde novos componentes foram criados para ter uma melhor eficiência (Fouly *et al*., 2024), a utilização de modelos antigos, adaptando para novos conceitos, tornando-o moderno e com novas funcionalidades (Souza; Moreno; Pimenta, 2020), o emprego e popularização de sistemas *Wireless,* bastante útil, transformando dispositivos em sistemas portáteis é muito versátil (He *et al*., 2019) e a criação e uso de exoesqueletos para pessoas que possuem deficiências ou mobilidades reduzidas, pois isso proporciona mais opções de mobilidade e conforto para o usuário.

Além disso, foram identificadas evoluções no desenvolvimento de modelos de próteses que possuam resposta tátil para o usuário, o que é um grande avanço, visto que o paciente irá se sentir mais confortável com algo que simula uma parte de seu corpo (Thomas *et al*., 2022). No desenvolvimento de modelo de próteses transfemurais completas, que conseguem abranger várias funcionalidades no uso dos membros inferiores (Chen *et al*., 2020), o emprego IA, com treinamento em um grande conjunto de dados, para determinar a eficiência e na ajuda de identificação de problemas através de fotos em Raio-X (Zhang *et al*., 2024) e a utilização de algoritmos, o ABC e o DE, para ajudar no desenvolvimento de novos formatos e alinhamento de camadas de uma palmilha para uma prótese ortopédica (Hernández-Lara *et al*., 2022).

4.2. QP2 - Quais materiais e técnicas inovadoras foram incorporados às próteses para melhorar sua funcionalidade e conforto?

Novas técnicas e materiais vêm sendo implementados continuamente no decorrer dos avanços tecnológicos, como é o caso do uso de *Deep-Learning* (aprendizagem aprofundada) para gerar previsões mais precisas de uma visão prostética simulada (Han *et al*., 2021), bem como a utilização de dados pré-estabelecidos a partir de um banco, para o treinamento da rede neural responsável pelo dispositivo (Evci; Saroglu; Konukseven, 2023), contribuindo ainda mais com o progresso de novos desenvolvimentos. Uma nova adição ao leque de possibilidades de técnicas,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

seria a implementação de IA, como demonstrado por Anwar *et al*., (2024), em que foi utilizado o uso de IA para comparação e melhoramento de projetos pré-operatórios. Outra nova técnica inclui o uso de modelagem em 3D para melhor entendimento e eficiência no quesito de desenvolvimento de uma possível cirurgia. Além do que, com o uso de redes neurais, o treinamento e controle das próteses se tornou mais preciso, como foi demonstrado por Souza e Moreno (2018), em que para melhorar a eficiência de controle de próteses mioelétricas, foi utilizada uma técnica de rede neural para a geração de cenários a partir de níveis diferentes de amostragem.

No que diz respeito ao uso de sensores, em suma maioria, novas tecnologias foram aplicadas principalmente no campo de visão dos usuários. Rueckauer e Van Greven (2022) demonstraram uma utilização de novos sensores integrados no dispositivo com o objetivo de melhorar o foco e a nitidez do paciente que utiliza próteses oculares, os chamados olhos biônicos. Outra forma de aplicação dos sistemas sensoriais inclui o uso de identificação de objetos de forma mais clara e eficiente, que é o caso apresentado por He *et al*. (2020), em que o uso um sensor visual foi utilizado, que ajuda a identificar e selecionar objetos, facilitando o uso e manejo da tecnologia.

Mas, também o uso de sensores não se limita apenas na aplicação da visão, como também nos sistemas prostéticos dos braços, por exemplo, caso esse que foi apresentado por Thomas *et al*. (2022), em que foi utilizado dois sensores para facilitar tanto a pegada quanto o manejo da prótese, principalmente em situações de baixa visibilidade, o que é uma situação comum para pessoas que não possuem limitações. Sendo assim, com esses sensores, uma resposta mais certeira com relação ao uso fica mais evidente. Outro uso seria de sensores de proximidade na visão, utilizados na prótese para determinar uma melhor eficácia até em situações com pouca visibilidade ou movimentação (Mastinu *et al*., 2024). Uma parte essencial para novos sistemas sensoriais é a utilização de miógrafo de luz para a medição de contrações feitas pelos músculos com o intuito de captação e transformação de estímulos em movimentos, que foi demonstrado por Guan *et al*., (2025). Aghchehli *et al*., (2024). No estudo, os autores propuseram uma nova forma de utilização dos detectores, o uso de sensores digitais, diminuindo a quantidade de objetos em cena, fazendo com que o dispositivo fique mais prático de se utilizar. Outra interpretação que se pode colocar nos sistemas abordados foi a determinada por Ruiz-Serra *et al*., (2024), em que a tecnologia utilizada interpreta o ambiente para facilitar a compreensão de espaço de um usuário de prótese visual.

Ampliando os métodos utilizados, um dos mais vistos atualmente é o uso de Realidade Virtual e Realidade Aumentada tanto para criação de modelos como também para simulações e testes, como foi o caso apresentado por Rasla e Beyeler (2022) que usaram Realidade Virtual para desenvolver um programa capaz de interligar duas funcionalidades para um objetivo em comum. Sun *et al*., (2021) propuseram o uso de Realidade Virtual e Realidade Aumentada para a simulação e comparativo de uma prótese utilizando os dois sistemas. No quesito de melhorar o entendimento

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

e como interligar as partes do no desenvolvimento de uma tecnologia assistiva, a criação e uso de uma simulação em um óculos de Realidade Virtual foi realizada, para que o compreendimento de como funciona uma prótese fique mais claro, o que foi apontado por Kasowki e Beyeler (2021).

No tocante ao uso de novos materiais para a fabricação e melhoramento das tecnologias assistivas, Fouly *et al*., (2024) apontam em seu experimento, o uso de grafeno e do modelo ANFIS (Sistema com Rede Neural e Lógica Fuzzy) para conter mais o desgaste referente à prótese, aumentando a sua durabilidade e robustez, bem como diminuindo o desgaste provocado pelo atrito. Outro ponto a ser apresentado é o uso de impressoras de modelo 3D. Para Cutipa-Puma, Coaguila-Quispe e Yanyachi (2023), o uso de impressão 3D para a criação das peças de montagem da prótese, é considerado uma técnica inovadora e bem eficiente. Outra técnica utilizada é de um comunicador para movimentação da prótese via *smartphone*, também apresentada pelos mesmos autores.

Uma técnica utilizada para criação de materiais de prótese é o de compósitos, que consiste em uma composição de dois ou mais materiais diferentes para se obter um material mais forte; no caso de uma palmilha, foram utilizados materiais de fibra de carbono, para deixar a tecnologia assistiva mais eficiente (Hernandéz-Lara *et al*., 2022).

Outras formas de *design,* juntamente com novas funcionalidades estão sendo estudadas, como é o caso de sistemas de amortecimento, como foi apresentado por Sugiura *et al*., (2023), que propuseram a criação de um sistema de mola por gás que funcionaria como amortecedor e ponto de apoio para usuários com dificuldades para realizar certos movimentos. Um outro sistema para a tecnologia prostética que também conta com um sistema de amortecimento foi o de Cao *et al*., (2019), que empregaram um dispositivo que modula um amortecimento hidráulico, facilitando assim o conforto e bem-estar do usuário.

Formas não convencionais de próteses também são apresentadas como uma alternativa para os desenvolvedores. Chappell *et al*., (2025) apresentaram a criação de próteses com *design* não humanoides, considerando que a proposta é desenvolver tecnologias assistivas com funções diferentes e com isso apresentar novos conceitos para a humanidade e ampliando o desenvolvimento para outras formas.

Desenvolvendo um pouco mais na parte referente ao software da tecnologia, novos programas de treinamento dos algoritmos, bem como novos algoritmos estão sendo implementados para um melhoramento dos sistemas. No trabalho de Chaves, Vieira e Lima (2024), a utilização de um DTW (*Dynamic Time Warping*) é considerada uma técnica inovadora, pois utiliza de comparação de séries para obter uma melhor extração de dados. Utilizando de novos dispositivos, Mazumder, Hekman e Carloni (2022) utilizaram dois controladores, capazes de aumentar a eficiência e o conforto do usuário de prótese. Porém, visando melhorar a eficiência e controle de próteses, Mazumder, Hekman e Carloni (2024) desenvolveram uma nova técnica que mirava a substituição

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

de sistemas complexos por apenas um controlador que manteve a transição de marcha das próteses de forma suave.

Uma outra forma de ver a utilização de novos algoritmos foi proposto por Calado *et al*., (2024), que utilizaram algoritmos para melhorar o desempenho de próteses, tanto no reconhecimento de movimentação e pegada, quanto na robustez de seu sistema, já que se mostrou mais eficiente que outros modelos utilizados. Além disso, para promover uma melhor movimentação dos sistemas prostéticos, Nsugbe (2022) propôs em seu trabalho, o uso de um decompositor, que tinha como objetivo a separação de tipos de sinais para reconhecimento de gestos, o que mostrou se tornar mais eficiente, facilitando a fluidez de movimentos e naturalidade.

Por sua vez, trazer um *design* mais humano pode demonstrar ser bastante eficiente, não só pela familiaridade, como também para um melhor conforto, como foi o caso proposto no estudo de Chen *et al*., (2020), no qual acrescentaram o dedo do pé em um modelo completo, aumentando a mobilidade, portanto demonstrando serem mais eficientes.

4.3. QP3 - Como a integração de IA e neurotecnologia tem impactado o desempenho das próteses?

A IA e a neurotecnologia vem afetando o desenvolvimento das próteses. Por exemplo, a IA impacta o treinamento do algoritmo dos sensores, prática cada vez mais comum, e a neurotecnologia está inserida na própria prótese, já que utiliza de receptores que transformam imagens em estímulos no cérebro (Rueckauer; Van Gerven, 2022). Para Chaves, Vieira, Lima (2024), a IA (Rede Neural Artificial, no caso do trabalho), possui limitações e não funciona como uma IA completa, mas auxilia no treinamento de algoritmos, tornando-se bastante eficiente.

A IA também permite maior eficiência na construção das próteses, uma vez que os modelos podem ser feitos com bases de dados menores e com processos capazes de serem completados rapidamente, diferente de um processo de construção manual (Fouly *et al*., 2024). Nessa perspectiva, a integração da IA pode otimizar o trabalho, apresentando modelos mais eficientes e com um grau de precisão mais elevado do que os feitos com modelos tradicionais (Anwar *et al*., 2024). Além disso, a IA tem um impacto positivo no desenvolvimento de próteses, uma vez que pode reduzir o número de incidências com relação a complicações e outros fatores que podem colocar a vida em risco (Zhang *et al*., 2024).

Por sua vez, a neurotecnologia pode auxiliar nos estímulos mioelétricos capazes de ativar o sistema da prótese (Mazumder; Hekman; Carloni, 2022). Para Cutipa-Puma, Coaguila-Quispe e Yanyachi (2023), a neurotecnologia utilizada nas próteses permite o uso de controladores por meio de eletroencefalogramas, o uso de estímulos elétricos do cérebro para converter em movimentação para a tecnologia, sendo esse tipo de integração bastante eficiente, visto que com apenas estímulos cerebrais, a movimentação de um dispositivo pode ser realizada.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

4.4. QP4 - Quais são os principais desafios ainda enfrentados no desenvolvimento e na acessibilidade das próteses modernas?

Alguns desafios são encontrados no desenvolvimento e na acessibilidade das próteses modernas. Um deles é a divergência entre a simulação e a aplicação em ambiente real. Para Han *et al*., (2021), por se tratar de uma simulação de uma prótese, quando ela for inserida em um ambiente real, podem existir outras complicações, podendo dificultar ou até invalidar o desenvolvimento de outras técnicas de implementação. Além disso, na questão de acessibilidade para os usuários, a disponibilidade de recursos para adquirir uma TA (Tecnologia Assistiva) ainda se mantém um problema constante. Chen *et al*., (2020) reforçam que, por se tratar de um modelo com apenas experimentação e simulações, podem ocorrer diversas divergências em um modelo real, o que pode acarretar complicações. Além disso, por se tratar de uma modelagem, sem comprovação real, a eficácia do modelo pode ser alterada por conta de meios externos em uma aplicação de modelo real, fazendo com que novas abordagens precisem ser utilizadas (Fouly *et al*., 2024).

Outro ponto a ser destacado é o risco para o paciente. Para Sugiura *et al*., (2023), apesar de existirem testes bem sucedidos, ainda há algumas variáveis para serem levadas em conta antes de um teste prático com pessoas de mobilidade reduzida ser iniciado, pois qualquer problema pode piorar a condição do paciente, principalmente nas fases de teste. Além disso, Zhang *et al*., (2024) alertam para o risco do emprego de IA sem restrição, uma vez que isso pode provocar um agravamento da situação, uma vez que fazer um treinamento de forma errônea pode acarretar problemas aos usuários. Outro fator que tem perdurado no desenvolvimento das próteses é o de acessibilidade para todos os públicos, já que é de conhecimento geral que a cirurgia, a peça e a manutenção não são baratas, o que acaba por culminar problemas para quem não dispõe de poder aquisitivo para abarcar esses custos (Zhang *et al*., 2024). Já Souza e Moreno (2018) destacam um desafio referente à forma como o algoritmo (rede neural artificial, no caso do artigo) será implementado, pois exige um grande conhecimento para que não haja futuros problemas, tanto no desenvolvimento quanto no funcionamento das próteses.

No tocante a desafios referentes ao treinamento dos algoritmos, Mastinu *et al*., (2024) apontam que apenas dados sólidos e comprovados poderão contribuir para uma rede neural (abordagem utilizada no trabalho), que atuará como base para o funcionamento do sistema. Calado *et al*., (2024) apontaram como principal desafio em sua abordagem a manipulação da álgebra para que esses algoritmos sejam criados, visto que requer uma robustez de código muito grande para que não possa ser quebrado tão facilmente. Além disso, outro desafio é a rejeição dos usuários em relação ao tipo de prótese, uma vez que podem não estar acostumados, causando estranheza principalmente no formato como as tecnologias são apresentadas (Chappell *et al*., 2025). He *et al*., (2020) reforçam que pode ocorrer uma dificuldade de adaptação do paciente ao sistema prostético,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

já que o usuário precisa passar por um treinamento de controle de gestos, para que consiga realizar os movimentos com mais fluidez.

Pode ocorrer também falha na infraestrutura. Para Aghchehli *et al*., (2024), como empregaram apenas monitoramento digital, se houver algum erro nos sensores, o sistema para de funcionar, pois a captação não pode ser obtida. He *et al*., (2019) apontam que o sistema que desenvolveram precisa estar próximo a um servidor com comunicação com a prótese, causando atuações limitadas, já que por conta disso o raio de alcance deve ser reduzido por conta dos processamentos. Nsugbe (2022) aponta que a abordagem desenvolvida por ele, mesmo se tornando mais eficiente que o uso bruto do sinal, ainda pode causar erros, causando que o uso de força seja feito erroneamente. Souza, Moreno e Pimenta (2020) apontam como desafio de sua abordagem a filtragem do sinal emitido pelos receptores, já que seria necessária muita precisão para determinar o tipo de movimento a ser realizado pela peça. No estudo de Furkan *et al*., (2023), os principais desafios incluem a utilização das tecnologias de forma precisa, principalmente se elas possuírem atualizações em tempo real, o que dificulta cada vez mais o acerto, acarretando também maior custo na implementação de uma ação desse nível.

Há também dificuldades referentes a limitações tecnológicas, tornando o avanço mais lento que o usual (Ruiz-Serra *et al*., 2024). No contexto de próteses de visão, Rasla e Beyeler (2022) apontam que apesar de um avanço significativo nessa área, ainda há necessidade de aprimoramentos para melhorar o grau de eficiência das tecnologias empregadas. Evci, Saroglu e Konukseven (2023) apontam como um dos principais desafios a utilização das tecnologias de forma precisa, principalmente, se elas possuírem atualizações em tempo real, o que dificulta cada vez mais o acerto, resultando em maior custo para o uso de ações com abordagens mais precisas.

Outros desafios incluem a acessibilidade a tecnologia assistiva, sendo mencionado um dos principais desafios no trabalho de Sun *et al*., (2021), já que elas são caras e consequentemente não estão disponíveis para a maioria do público. Outro problema é o desgaste com o tempo. Guan *et al*., (2025) apresentaram esse desafio enfrentado no desenvolvimento de próteses, no contexto de seu trabalho, uma vez que as próteses discutidas não possuem um tempo de vida prolongado, no sentido de manterem a sua eficácia por longos períodos. Por fim, no contexto educacional, Higgins *et al*., (2022) apresentaram como dificuldade a falta de conhecimento dos alunos de fisioterapia para com o funcionamento das próteses, bem como o desenvolvimento dos *designs* delas, bem como a impressão delas.

4.5. QP5 - Quais evidências científicas indicam melhorias na qualidade de vida dos usuários de próteses avançadas?

Foram identificadas várias melhorias na qualidade de vida dos usuários de próteses avançadas. Uma delas é a diversidade de criação e produtos. Para Chaves, Vieira e Lima (2024),

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

um dos maiores avanços é o uso de redes neurais e IA, o que proporciona uma nova gama de possibilidades de novas criações, principalmente, na parte de dispositivos prostéticos. Zhang *et al*., (2024) apontam que com a crescente de novas tecnologias, como o uso de IA e de impressão 3D, novas formas de criação de próteses podem surgir com o passar do tempo. No contexto de próteses de resposta tátil, Thomas *et al*., (2022) apontam que, combinado com as novas tecnologias em desenvolvimento, essas próteses são uma promissora evolução, promovendo novas áreas a serem exploradas para o conforto e adaptação dos usuários de equipamento prostéticos. Hernández-Lara *et al*., (2022) discutem que, com base no uso de novas formas de desenvolvimento de próteses com materiais compósitos, e com o avanço de novas tecnologias, principalmente, com estímulos neurais, pode-se observar que novos *designs* de tecnologias assistiva vão aparecer, com mais resistência e bastante eficiência em comparação às que estão desenvolvidas hoje em dia.

Outra melhoria é a eficiência. Fouly *et al*., (2024) apontam que, com a crescente popularização do uso de IA, o desenvolvimento de novas formas de adaptação e mecânicas através da assistência das IAs, fazendo com que o trabalho seja mais rápido e eficiente. Para Calado *et al*., (2024), o experimento realizado por eles se mostrou promissor e com o avanço da tecnologia, novas formas de desenvolvimento mais eficientes vão sendo desenvolvidas com um forte indício de um grande avanço, mesmo que seja de forma lenta. Já Souza e Moreno (2018) discutem que, com o uso de redes neurais para o treinamento de algoritmos utilizados nas tecnologias prostéticas, a forma como as próteses são produzidas e o treinamento de uso dos pacientes se tornou cada vez mais eficientes, tornando cada vez mais prático o uso dessas tecnologias. Já Mazumder, Hekman e Carloni (2024) apontam que com o uso de tecnologias simples e eficientes, uma prótese com amortecimento e fluidez pode ser desenvolvida com mais facilidade.

Outro benefício é o conforto. Chen *et al.,* (2020) apontam que a preocupação com o conforto de um usuário de tecnologia assistiva é um forte indício de novos surgimentos de técnicas inovadoras, visto que um modelo para melhorar a locomoção já foi pensado e simulado. He *et al*., (2020) discutem que com o avanço nas tecnologias, próteses mais eficientes e com o conforto, em que o usuário possa se sentir livre para poder usar. Cao *et al.,* (2019) apontam que com o uso de um microprocessador para ajustar o sistema de amortecimento, é evidente que o avanço nas próteses com melhor conforto e qualidade estão sendo desenvolvidas, visto que novas técnicas estão sendo implementadas nos sistemas.

O avanço tecnológico é outra melhoria. Aghchehli *et al*., (2024) apontam que na nova era digital, várias novas formas de programação e uso de tecnologias vêm sendo criadas, como o caso da digitalização do sistema de captação dos sinais das próteses. Isso é um grande indicativo de que a melhoria nos sistemas é evidente, embora seja devagar, sua popularidade vem aumentando cada vez mais. Mastinu *et al*., (2024) destacam que com o avanço da era digital, muitas tecnologias

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

acabam sendo convertidas em outras melhoradas e com poucos componentes, o que acaba por ser bastante conveniente para os seus possíveis usuários.

Outro benefício é a melhoria no desenvolvimento de novas próteses. Higgins *et al*., (2022) apontam que, com a ligação entre as partes interessadas com o avanço das tecnologias (Alunos de fisioterapia, fabricantes de peças 3D e usuários de Tecnologia Assistiva), pode-se observar uma infraestrutura a ser desenvolvida para o melhoramento de desenvolvimento de novas próteses. Por sua vez, Evci, Saroglu, Konukseven (2023) destacam que, com o uso de redes neurais, uma nova forma de produzir equipamento prostético com balanço de velocidade pode ser desenvolvida de forma melhor.

Além das melhorias anteriormente citadas, outras também se destacam, como a praticidade. He *et al*., (2019) apontam que, mesmo possuindo pouco alcance, é notável que, com um sistema de processamento separado, à prótese abordada em seu trabalho é bastante eficiente, indicando que novas formas de criação de sistemas surgirão, fazendo com que as tecnologias assistivas se tornem mais práticas de se utilizar. O uso de exoesqueleto é outra melhoria. Sugiura *et al*., (2023) discutem que, apesar de não ser comumente utilizado, o uso de exoesqueleto é um bom indício de evolução, visto que é considerado uma prótese removível, que possui a capacidade de auxiliar o usuário em tarefas que normalmente não conseguiria. No tocante à tecnologia assistiva, Guan *et al*., (2025) destacam que, mesmo com um tempo de precisão não tão hábil, o desenvolvimento de uma prótese com atividade motora por pequenos estímulos significa um grande passo para uma nova era de tecnologia assistiva. Para Anwar *et al.,* (2024), o maior indício de avanço no desenvolvimento de novas próteses é a integração do uso de IA como método assistivo, para melhorar o comportamento e diminuir os riscos envolvidos tanto na aplicação quanto na recuperação e adaptação dos usuários de tecnologia assistiva.

Nsugbe (2022) ainda aponta que novas formas de movimentação com relação a próteses vêm sendo desenvolvidas, fazendo com que membros prostéticos mais precisos acabem sendo desenvolvidos e, como consequência, mais natural vai ser para o usuário. Além disso, Cutipa-Puma; Coaguila-Quispe; Yanyachi (2023) discutem que, como estão surgindo novas formas de fabricação de próteses e que algumas delas possuem baixo custo, não irá demorar para que mais pessoas possam ter acesso à tecnologia que estão necessitando, fazendo com que o mercado de próteses acabe avançando ainda mais. Por fim, no estudo de Souza, Moreno e Pimenta (2020), foi identificado que, com a adição dos novos sistemas, o reconhecimento dos sinais mioelétricos se mostrou bastante promissor, fazendo com que um grande avanço seja determinado.

5. CONSIDERAÇÕES

Como resultado, em relação ao desenvolvimento e evolução nos últimos 10 anos (QP_1), os que mais se destacaram foram: uso de impressora 3D para fabricação das peças, utilização de

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

sistemas mioelétricos, RA e RV, e uso de IAs. Na questão de novas técnicas e materiais (QP_2), os que mais foram utilizados foram o uso de sensores, alguns utilizaram materiais como fibra de carbono para deixar a peça mais resistente e também o uso de novos designs. No quesito de utilização e implementação de ferramentas como IAs e neurotecnologias (QP_3), os que mais se destacaram foram, para Inteligência Artificial, o uso para criação de modelos de próteses com base em treinamentos em banco de dados; já para neurotecnologia, seria mais voltado para aplicações de detecção dos movimentos dos músculos e sinais elétricos. Com relação às dificuldades e desafios impostos para com o desenvolvimento (QP_4), os que mais se destacaram foram a falta de disponibilidade de próteses com um bom funcionamento para a população em geral; outro fator seria o gerenciamento de risco no que diz respeito à saúde do paciente e; por fim, o custo e manutenção de tais tecnologias, visto que elas possuem preços elevados. E com relação ao desenvolvimento e futuras evoluções (QP_5), torna-se bastante promissor com o desenvolvimento de tecnologias para melhoria de apoio do utilizador, além de desenvolvimento de suspensões hidráulicas, indicando uma grande melhoria nos sistemas de próteses.

Apesar das limitações identificadas, a revisão reforça o grande potencial de transformação que o avanço das próteses pode oferecer, tanto para seres humanos quanto para animais. A necessidade de estudos de validação prática surge como uma oportunidade de pesquisa, permitindo a aplicação das propostas em contextos reais e a consequente avaliação de sua eficácia e viabilidade. Com isso, pode-se observar que a evolução do sistema prostético ainda está se encaminhando em um processo lento, visto que muitos projetos de pesquisa não estão disponíveis de fácil acesso para todos os públicos. Assim, muitos trabalhos que poderiam ser utilizados como base para novos desenvolvimentos acabam sendo prejudicados pela limitação. Porém, o andamento da evolução de propostas, mesmo se mostrando lento, ainda se mantém bastante satisfatório e eficiente.

Trabalhos com o tema do uso e evolução das próteses poderão ajudar no desenvolvimento de novas técnicas e no avanço da acessibilidade para pessoas que não possuam condições de arcar com tal projeto. Também será bastante útil para a comunidade acadêmica que visa entrar no mercado de equipamentos prostéticos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos grupos LIS — Laboratório de Inovações em *Software* e LISA — Laboratório de Inovações em *Software* e Automação, pelo apoio neste trabalho, e à UFERSA pelo financiamento, por meio da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPG) através do Edital PROPPG Nº 22/2024 e PROPPG Nº 21/2024.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

REFERÊNCIAS

ANWAR, Adeel et al. Artificial intelligence technology improves the accuracy of preoperative planning in primary total hip arthroplasty. **Asian Journal of Surgery**, v. 47, n. 7, p. 2999-3006, 2024.

BIONICENTER. **Bionicenter - Excelência em Próteses Biônicas e Órteses**. [S. l]: Bionicenter, 2025. Disponível em: https://bionicenter.com.br/. Acesso em: 19 jul. 2025.

BRASIL. **Laboratório de Tecnologia Assistiva e Inclusão (LATAI)**. Brasília: INT, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/int/pt-br/pesquisa-desenvolvimento/design-industrial/laboratorio-de-tecnologia-assistiva-e-inclusao-latai. Acesso em: 19 jul. 2025.

CALADO, Alexandre et al. A geometric algebra-based approach for myoelectric pattern recognition control and faster prosthesis recalibration. **Expert Systems with Applications**, v. 254, p. 124373, 2024. 30 abr. 2025.

CAO, Wujing et al. Design and evaluation of a novel microprocessor-controlled prosthetic knee. **IEEE Access**, v. 7, p. 178553-178562, 2019.

CHAPPELL, Digby et al. Beyond Humanoid Prosthetic Hands: Modular Terminal Devices That Improve User Performance. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, 2025.

CHAVES, Gabriel S.; VIEIRA, Anderson S.; LIMA, Markus VS. sEMG-Based Gesture Classifier Through DTW and Enhanced Muscle Activity Detection. **IEEE Access**, 2024.

CHEN, Yawei et al. Modeling and control of knee-ankle-toe active transfemoral prosthesis. **IEEE Access**, v. 8, p. 133451-133462, 2020.

CUTIPA-PUMA, Diego Ronaldo; COAGUILA-QUISPE, Cristian Giovanni; YANYACHI, Pablo Raul. A low-cost robotic hand prosthesis with apparent haptic sense controlled by electroencephalographic signals. **HardwareX**, v. 14, p. e00439, 2023.

DICIO. **Prótese**. [S. l.]: Dicio, 2025. Disponível em: https://www.dicio.com.br/protese/. Acesso em: 19 jul. 2025.

EVCI, Furkan; SAROGLU, Yavuz; KONUKSEVEN, Erhan Ilhan. Gait Recognition and Phase Detection Using WearableIMUSensorsand Neural Network Algorithms. *In:* **Proceedings of the 2023 7th international conference on advances in artificial intelligence**. 2023. p. 138-143.

FAY, J. **Contemporary security management**. [S. l.]: Elsevier, 2010.

FOULY, Ahmed et al. Developing artificial intelligence models for predicting the tribo-mechanical properties of HDPE nanocomposite used in artificial hip joints. **IEEE Access**, v. 12, p. 14787-14799, 2024.

GOOGLECLOUD. **O que é inteligência artificial (IA)?** [S. l.]: Googlecloud, 2025. Disponível em: https://cloud.google.com/learn/what-is-artificial-intelligence?hl=pt-BR. Acesso em: 19 jul. 2025.

GUAN, Bonnie et al. Offline vs Real-time Grasp Prediction Employing a Wearable High-Density Lightmyography Armband: On the Control of Prosthetic Hands. **IEEE Access**, 2025.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

HAN, N.; SRIVASTAVA, S.; XU, A.; KLEIN, D.; BEYELER, M. Deep learning–based scene simplification for bionic vision. *In*: **Proceedings of the Augmented Humans International Conference**, p. 45-54, 2021.

HE, Yunan et al. Development of distributed control system for vision-based myoelectric prosthetic hand. **IEEE Access**, v. 7, p. 54542-54549, 2019.

HE, Yunan et al. Vision-based assistance for myoelectric hand control. **IEEE Access**, v. 8, p. 201956-201965, 2020.

HERNÁNDEZ-LARA, Derlis et al. Optimal design of a foot prosthesis insole with composite materials applying metaheuristic algorithms. **Results in Engineering**, v. 13, p. 100322, 2022.

HIGGINS, E.; EASLEY, W. B.; GORDES, K. L.; HURST, A.; HAMIDI, F. Creating 3D Printed Assistive Technology Through Design Shortcuts: Leveraging Digital Fabrication Services to Incorporate 3D Printing into the Physical Therapy Classroom: Leveraging Digital Fabrication Services to Incorporate 3D Printing into the Physical Therapy Classroom. *In:* **Proceedings of the 24th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility**, p. 1-16, 2022.

KASOWSKI, Justin; BEYELER, Michael. Immersive virtual reality simulations of bionic vision. *In:* **Proceedings of the Augmented Humans International Conference 2022**, p. 82-93, 2022.

KAUFMAN, Dora. **Desmistificando a inteligência artificial**. São Paulo: Autêntica Editora, 2022.

KITCHENHAM, B. Procedures for performing systematic reviews. **Keele, UK, Keele University**, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.

LEMES, Marcellle Martins; LEMOS, Amanda Nunes Lopes Espiñeira. O uso da inteligência artificial na saúde pela Administração Pública brasileira. **Cadernos Ibero-Americanos de Direito Sanitário**, v. 9, n. 3, p. 166-182, 2020.

MASTINU, E. et al. Explorations of autonomous prosthetic grasping via proximity vision and deep learning. **IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics**, v. 6, n. 2, p. 685-694, 2024.

MAZUMDER, Aniket; HEKMAN, Edsko EG; CARLONI, Raffaella. An adaptive hybrid control architecture for an active transfemoral prosthesis. **IEEE Access**, v. 10, p. 52008-52019, 2022.

MAZUMDER, Aniket; HEKMAN, Edsko EG; CARLONI, Raffaella. Toward controlling transtibial prostheses using a single degree of freedom inertial sensor system. **IEEE Access**, v. 12, p. 24803-24812, 2024.

NSUGBE, Ejay. On optimal and varying decompositions for transradial contraction force prediction in upper-limb prosthesis. **Intelligent Systems with Applications**, v. 16, p. 200134, 2022.

OLIVEIRA, Felipe Proenço de et al. Confecção e manutenção de órteses, próteses e meios auxiliares de locomoção: confecção e manutenção de próteses de membros inferiores, órteses suropodálicas e adequação postural em cadeira de rodas. *In:* **Confecção e manutenção de órteses, próteses e meios auxiliares de locomoção: confecção e manutenção de próteses de membros inferiores, órteses suropodálicas e adequação postural em cadeira de rodas**, p. 224, 2013.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

PROTETICS. **Protetics - Como funcionam as próteses biônicas**. [S. l.]: PROTETICS, 2022. Disponível em: https://www.protetics.com.br/como-funcionam-as-proteses-bionicas. Acesso em: 19 jul. 2025.

QUEIROZ, William Fernandes de. **Desenvolvimento de métodos construtivos e de novos materiais empregados na confecção de cartuchos de próteses de membros inferiores**. 2008. 155 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Materiais; Projetos Mecânicos; Termociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

RASLA, A.; BEYELER, M.. The relative importance of depth cues and semantic edges for indoor mobility using simulated prosthetic vision in immersive virtual reality. *In:* **Proceedings of the 28th ACM symposium on virtual reality software and technology**, p. 1-11. 2022.

RODRIGUES JÚNIOR, J. L.; CRUZ, L. M. DE S.; SARMANHO, A. P. S. Impressora 3D no desenvolvimento de pesquisas com próteses. **Revista Interinstitucional Brasileira de Terapia Ocupacional-REVISBRATO**, v. 2, n. 2, p. 398-413, 2018.

RUECKAUER, B.; VAN GERVEN, M.. Experiencing prosthetic vision with event-based sensors. *In*: **Proceedings of the International Conference on Neuromorphic Systems**, p. 1-7. 2022.

RUIZ-SERRA, Jaime et al. Learning scene representations for human-assistive displays using self-attention networks. **ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications**, v. 20, n. 7, p. 1-26, 2024.

SOUZA, Gabriel Cirac M.; MORENO, Robson L.; PIMENTA, Tales C. Pattern recognition in myoelectric signals using deep learning, features engineering, and a graphics processing unit. **IEEE Access**, v. 8, p. 208952-208960, 2020.

SOUZA, Gabriel Cirac Mendes; MORENO, Robson Luiz. Netlab MLP-Performance Evaluation for Pattern Recognition in Myoletric Signal. **Procedia Computer Science**, v. 130, p. 932-938, 2018.

SUGIURA, Sojiro et al. Passive lower limb exoskeleton for kneeling and postural transition assistance with expanded support polygon. **IEEE/ASME Transactions on Mechatronics**, v. 29, n. 2, p. 1193-1204, 2023.

SUN, Yinghe et al. A comparison between virtual reality and augmented reality on upper-limb prosthesis control. *In:* **2021 International Symposium on Electrical, Electronics and Information Engineering**, p. 521-528, 2021.

TEIXEIRA, Pedro; VALLE, Silvio (Ed.). **Biossegurança**: uma abordagem multidisciplinar. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2010.

THOMAS, Neha et al. The utility of synthetic reflexes and haptic feedback for upper-limb prostheses in a dexterous task without direct vision. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 31, p. 169-179, 2022.

ZHANG, Gang et al. The advantages of artificial intelligence-assisted total hip arthroplasty: a randomized controlled trial followed by 12 months. **Heliyon**, v. 10, n. 22, 2024.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.