

# **Uma Revisão Sistemática Sobre a Aplicação do Design de Interação em Tecnologias IoT Voltadas para Pessoas com Autismo**

**Rogerio Lopes Vieira Cesar<sup>1</sup>, Ariel Barbosa Gonçalves<sup>2</sup>, Ingrid Teixeira Monteiro<sup>3</sup>,  
Rita de Castro Engler<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará - (IFCE)  
Iguatu - CE - Brasil

<sup>2</sup>UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - RS - Brasil

<sup>3</sup>UFC - Universidade Federal do Ceará - CE - Brasil

<sup>4</sup>UEMG - Universidade Estadual do Estado de Minas Gerais - MG - Brasil

[rogerio.cesar@ifce.edu.br](mailto:rogerio.cesar@ifce.edu.br), [leirapsic@gmail.com](mailto:leirapsic@gmail.com), [ingrid@ufc.br](mailto:ingrid@ufc.br)

[rita.engler@uemg.br](mailto:rita.engler@uemg.br)

**Abstract.** *Introduction:* Internet of Things (IoT) technologies can support the inclusion of individuals with Autism Spectrum Disorder (ASD) but lack specific design guidelines. **Objective:** To map interaction design principles and technical features of IoT solutions for ASD. **Methodology:** Systematic review following PRISMA, covering studies from 2014 to 2025 in eight databases. **Results:** From 27 studies, four principles emerged: multimodal feedback, simplicity, adaptive accessibility, and co-creation. Applications focus on daily living, healthcare, and education, with sensors and visual interfaces predominating. Gaps remain in adult inclusion and ethical aspects.

**Keywords** Autism Spectrum Disorder. Internet of Things. Interaction Design. Assistive Technology.

**Resumo.** *Introdução:* Tecnologias de Internet of Things (IoT) podem apoiar a inclusão de pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA), mas carecem de diretrizes de design específicas. **Objetivo:** Mapear princípios de design de interação e características técnicas de soluções IoT para TEA. **Metodologia:** Revisão sistemática conforme PRISMA, abrangendo estudos de 2014 a 2025 em oito bases. **Resultados:** Dos 27 estudos, emergiram quatro princípios: feedback multimodal, simplicidade, acessibilidade adaptativa e cocriação. Aplicações concentram-se em vida diária, saúde e educação, com predominância de sensores e interfaces visuais. Persistem lacunas na inclusão de adultos e aspectos éticos.

**Palavras-Chave** Transtorno do Espectro Autista. Internet das Coisas. Design de Interação. Tecnologia Assistiva.

## **1. Introdução**

De acordo com o *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition (DSM-5)*, o Transtorno do Espectro Autista (TEA) apresenta-se como um

grupo de transtornos do neurodesenvolvimento graves e persistentes, caracterizado por três déficits principais: comunicação verbal e não verbal, comprometimento da interação social e padrões restritos, repetitivos e estereotipados de interesses e atividades [Capisiz et al. 2025]. Em nível global, indica-se que a prevalência do TEA está em crescimento, afetando, atualmente, aproximadamente uma em cada 100 crianças em todo o mundo, cenário que impõe desafios relevantes aos indivíduos impactados, às suas famílias e à sociedade como um todo [Tabolacci et al. 2025].

Apesar do potencial das ferramentas digitais para promover a inclusão e a comunicação, indivíduos com TEA ainda enfrentam diversos desafios, sobretudo no que diz respeito ao acesso a essas tecnologias. O custo dos dispositivos e a falta de conectividade confiável à internet constituem barreiras significativas para esse público [Borg et al. 2019]. Ademais, a ausência de treinamento personalizado, aliada a déficits cognitivos e intelectuais, aprofunda a exclusão digital [Murphy et al. 2025], exigindo estratégias específicas para que os benefícios do mundo digital sejam plenamente aproveitados. Nesse cenário, observa-se a escassez de soluções baseadas em *Internet of Things* (IoT) — em português, Internet das Coisas — projetadas especificamente para atender às necessidades de pessoas com TEA, o que evidencia uma importante lacuna na pesquisa e no desenvolvimento de Tecnologia Assistiva.

Como solução promissora, a IoT apresenta características valiosas: conecta diversos dispositivos e sensores, transmite dados em tempo real e possibilita, por exemplo, o monitoramento contínuo de comportamentos e sinais fisiológicos, o que embasa diagnósticos e tomadas de decisão [Sharmin et al. 2018], aperfeiçoando o suporte às pessoas com TEA.

Os critérios de utilização dessa tecnologia não podem restringir-se apenas à coleta e ao processamento de informações, devem também proporcionar experiências de uso projetadas sob parâmetros adequados, nos quais o Design de Interação (DI) exerce papel fundamental na eficácia das soluções assistivas para indivíduos com autismo. Evidências indicam que modelos centrados em heurísticas específicas potencializam a acessibilidade e a usabilidade [Sawyer e Palaniappan 2024]. Do mesmo modo, em sistemas educativos de base tecnológica, interfaces lúdicas favorecem a aquisição de habilidades comunicativas [Hussain et al. 2016]. A ampla heterogeneidade fenotípica do TEA exige pesquisas que transcendam modelos generalistas de uso e interação, a fim de atender ao espectro plural de necessidades desse público.

O presente artigo apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre metodologias de DI aplicadas a soluções baseadas em IoT destinadas a apoiar pessoas com TEA. O objetivo é mapear o estado da arte, identificando como o DI tem sido utilizado em Tecnologia Assistiva baseadas em IoT no contexto do autismo. Como contribuição, destacam-se a identificação dos princípios de design empregados e das características técnicas dos sistemas IoT implementados, suprindo lacunas de conhecimento sobre essa integração de conceitos.

As questões de pesquisa que guiaram esta revisão são: *QP1 - Quais princípios de Design de Interação têm sido aplicados em soluções baseadas em IoT para pessoas com TEA?* e *QP2 - Quais características técnicas das tecnologias IoT são utilizadas nessas soluções?*

Para responder a essas questões, realizou-se uma revisão conforme o protocolo PRISMA<sup>1</sup>, garantindo transparência e rigor metodológico nos relatos científicos [Cazarim et al. 2021]. A busca abrangeu publicações de 2014 a 2025 em oito bases de dados relevantes das áreas da saúde, da tecnologia e de caráter multidisciplinar. Utilizaram-se descritores relacionados ao autismo, à IoT e ao DI, de modo a abranger estudos empíricos que descrevessem o processo de concepção e implementação de soluções IoT voltadas a usuários no espectro autista. A análise da literatura seguiu as etapas de triagem e extração de dados.

A estrutura deste artigo está organizada em seis seções: a Seção 1 apresenta a introdução, a contextualização do tema, a justificativa e as questões de pesquisa; a Seção 2 reúne o referencial teórico sobre o TEA, incluindo dados de prevalência, diversidade e considerações sobre Tecnologias Assistivas, com ênfase em design de interação e IoT; a Seção 3 descreve a metodologia da RSL; a Seção 4 expõe os resultados, com a análise dos princípios de design e das tecnologias IoT identificadas; a Seção 5 discute os achados e suas implicações; por fim, a Seção 6 apresenta as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

## 2. Referencial Teórico

Esta seção busca fundamentar e estabelecer a relação entre DI, IoT, Tecnologias Assistivas e TEA. Inicialmente, discute-se o DI voltado a esse público, seguido da análise das potencialidades e desafios da IoT como ferramenta de mediação tecnológica no contexto do TEA.

### 2.1. Design de Interação no Contexto do TEA

O TEA é uma condição do neurodesenvolvimento caracterizada por déficits na comunicação social e por comportamentos repetitivos, que variam em severidade e apresentação clínica [Hirota e King 2023]. Ao longo dos anos, a compreensão do transtorno evoluiu, reconhecendo a heterogeneidade dos indivíduos afetados e a diversidade de suas manifestações. Com o aumento da prevalência dessa condição em todo o mundo, torna-se fundamental identificar e atender às necessidades dessas pessoas no tocante a recursos tecnológicos [Lord et al. 2018].

Usualmente, adota-se um modelo de classificação baseado em níveis de suporte, considerando as especificidades de cada indivíduo [Filgueira et al. 2023], sendo eles: **Nível I** - Requer apoio, onde na ausência de apoio, observa-se prejuízo social, dificuldades para iniciar interações, além de dificuldades de organização, planejamento e certa inflexibilidade de comportamentos; **Nível II** - Requer apoio substancial, com prejuízos sociais aparentes, limitações para iniciar e manter interações, inflexibilidade de comportamento e dificuldade para lidar com mudanças; e **Nível III** - Requer apoio muito substancial, com déficits graves nas habilidades de comunicação, inflexibilidade de comportamento e extrema dificuldade com mudanças. Segundo [Maun et al. 2023], indivíduos com TEA podem apresentar dificuldades nas funções executivas, tendendo a focar-se excessivamente em detalhes, em detrimento do contexto mais amplo, o que resulta em perfis de habilidades heterogêneos.

---

<sup>1</sup><https://www.prisma-statement.org/>

Considerando as características e especificidades do TEA, a abordagem de Design Centrado no Usuário (DCU) configura-se como uma metodologia promissora para o desenvolvimento de tecnologias assistivas nesse contexto. Inicialmente aplicada à Interação Humano-Computador (IHC), o DCU permite compreender as necessidades dos usuários, envolvendo-os nas diversas etapas de desenvolvimento do produto, com o objetivo de aumentar a eficiência, a eficácia e a segurança, além de enfatizar a usabilidade e a facilidade de compreensão e uso, tendo os designers como facilitadores [Widiantoro 2023].

A integração de Tecnologias Assistivas e soluções digitais pode contribuir significativamente para a qualidade de vida e a inclusão social de indivíduos com TEA. No entanto, ainda enfrenta desafios importantes, como a necessidade de adequação às características específicas desse público. Segundo [Petrovska et al. 2020], as principais barreiras à inclusão digital incluem a falta de acessibilidade, uma vez que muitas plataformas não são projetadas com essas necessidades como critério, a complexidade das interfaces, a ausência de treinamento e suporte adequados e barreiras sociais que limitam a utilização plena das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC).

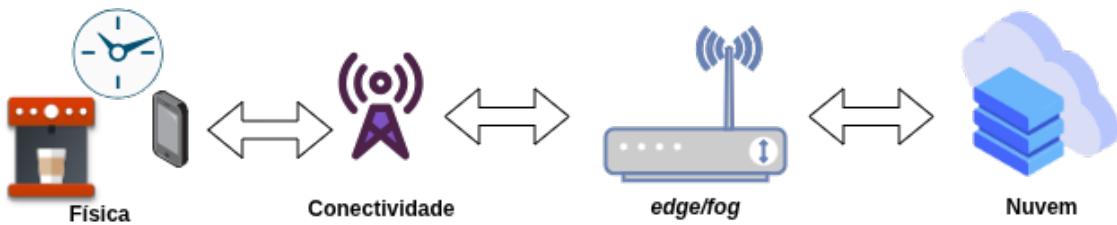
Revisões sistemáticas recentes têm explorado o uso de tecnologias digitais no apoio a indivíduos com TEA, mas ainda dedicam pouca ênfase ao design de interação. [Wang et al. 2022] analisaram aplicações de realidade estendida (XR) voltadas à atenção de usuários autistas, enquanto [Den Brok e Sterkenburg 2015] investigaram tecnologias autocontroladas, como dispositivos móveis e robôs, para promover aprendizagem e independência. [Mónica et al. 2020] revisaram o uso da realidade aumentada (RA) no desenvolvimento de habilidades cognitivas e emocionais em crianças com TEA, e [Campion et al. 2022] avaliou Tecnologias Assistivas focadas na comunicação. Apesar dessas contribuições, os estudos pouco examinam como as decisões de design de interação impactam a eficácia, a aceitação e a usabilidade das tecnologias para esse público.

A superação das barreiras de acessibilidade é requisito fundamental para promover a inclusão digital e melhorar a qualidade de vida dessas pessoas. Ademais, compreender e valorizar as capacidades dos indivíduos com TEA contribui para reduzir a segregação digital e garantir sua plena participação na sociedade.

## 2.2. IoT e Mediação Tecnológica para o TEA

A Internet das Coisas pode ser definida como um ecossistema tecnológico que interconecta objetos do mundo físico por meio de infraestruturas digitais, permitindo a coleta, transmissão e processamento de dados em tempo real [Minani et al. 2025]. Nesse paradigma, dispositivos heterogêneos, como sensores de temperatura, cafeteiras inteligentes e dispositivos móveis, operam como nós, estabelecendo comunicação tanto entre si quanto com sistemas centralizados.

Do ponto de vista estrutural, as aplicações dessa tecnologia são dispostas sobre quatro camadas (vide Figura 1), sendo elas: a) camada física, composta por sistemas embarcados e hardware especializado; b) camada de conectividade responsável por usar protocolos de comunicação como Wi-fi, Bluetooth e 5G; c) camada de *edge/fog* que recebe os dados gerados e transmitidos pela camada de conectividade; e, finalmente, d) camada de nuvem (*cloud*) responsável por processamento mais específico e armazenamento de dados [Muhammed et al. 2024].



**Figura 1. Camadas Aplicações IoT**

Essa abordagem, ao coletar, transmitir e analisar dados em tempo real, oferece ferramentas estratégicas para intervenções em pessoas com TEA em ambientes controlados e atividades estruturadas, com potencial para promover interações sociais mais seguras, embora sua eficácia dependa de uma regulação ética cuidadosa entre níveis de automação e autonomia do usuário [Ganggayah et al. 2025].

Apesar dos avanços, persistem desafios consideráveis no desenvolvimento e na implementação dessas tecnologias. Estudos prévios ilustram diferentes frentes de investigação: [Lorah et al. 2015] realizaram uma revisão sistemática sobre o uso de dispositivos geradores de fala (*SGD – speech-generating devices*) adaptados para indivíduos com TEA; [Kelson e Dorstyn 2025] examinaram intervenções psicológicas via telessaúde destinadas ao suporte de cuidadores de crianças com TEA; [Bouchouras e Kotis 2025] apresentaram uma revisão de aplicações de inteligência artificial e IoT no diagnóstico de TEA; e [Krause e Neto 2021] mapearam o desenvolvimento e a avaliação de aplicativos móveis voltados a esse público. Entretanto, ainda são escassos os estudos que investigam, especificamente, os aspectos de design de interação em intervenções baseadas em IoT voltadas ao suporte de pessoas com TEA — lacuna que esta revisão sistemática busca preencher.

### 3. Metodologia

Este trabalho trata de uma RSL cujo objetivo principal é sintetizar, de forma sistematizada, o conhecimento sobre as metodologias de design de interação aplicadas em tecnologias IoT, com foco em suporte e assistência para pessoas com TEA. Para tal, foi realizado um procedimento estruturado e minucioso, de forma a estabelecer elementos para inclusão e exclusão de estudos reduzindo riscos de vieses. A metodologia usada nesta pesquisa fez uso do protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) que fornece diretrizes para a realização de revisões sistemáticas e meta-análises, garantindo transparência e consistência nos relatórios [Stracke et al. 2023].

Para guiar esta revisão, foram realizadas três fases: identificação, triagem e inclusão [Moher et al. 2010], conforme ilustrado na Figura 2. Na etapa de identificação, foram encontrados 1.959 estudos nas oito bases de dados selecionadas, dos quais 312 foram removidos por duplicidade. Na etapa de triagem, 253 artigos foram avaliados por título e resumo, resultando em 64 artigos selecionados para leitura do texto completo, sendo que dois desses não estavam acessíveis. Por fim, após a leitura completa e aplicação dos critérios de elegibilidade, 27 artigos foram incluídos na revisão.

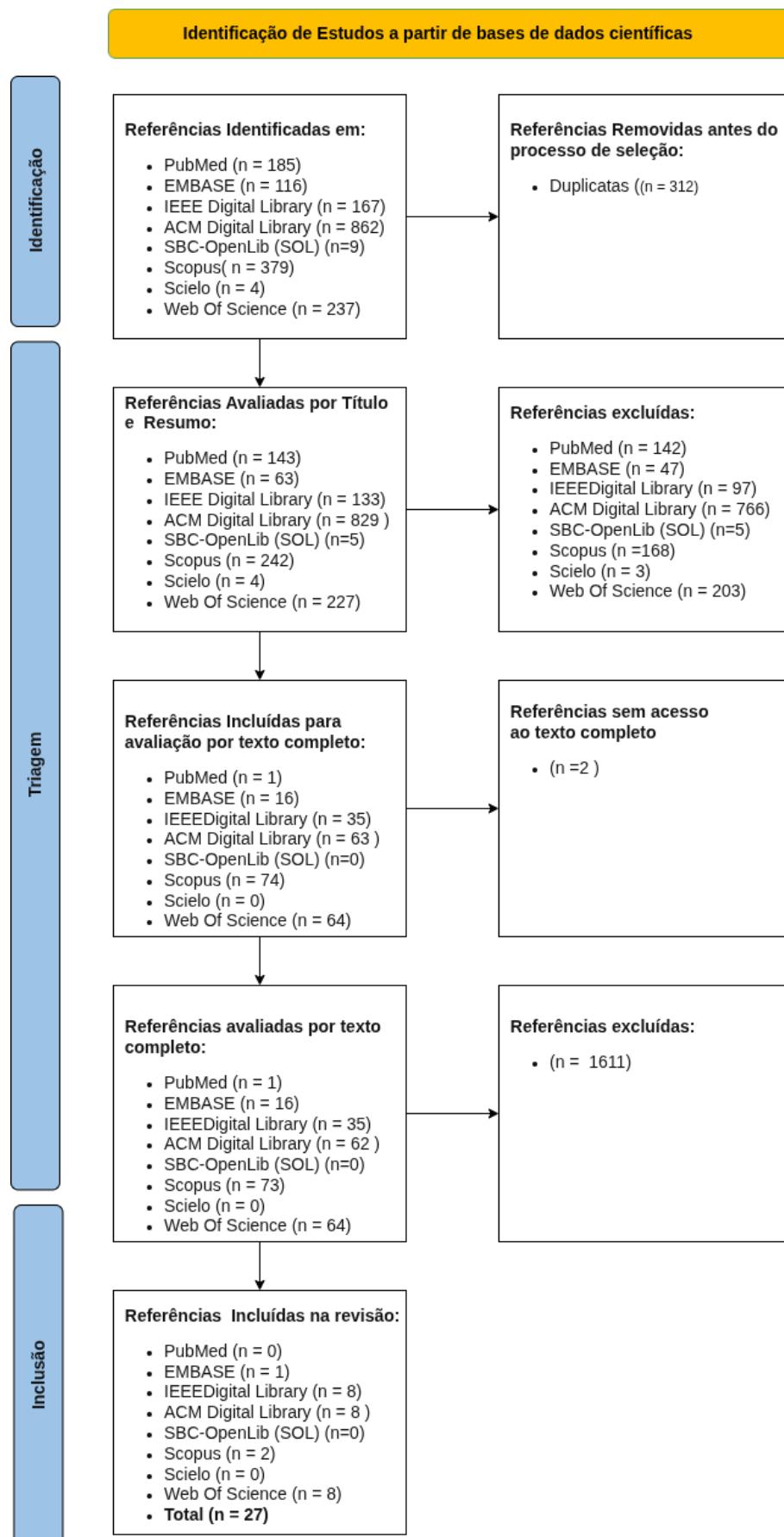


Figura 2. Fluxo PRISMA para a seleção e inclusão de artigos

### 3.1. Critérios de Inclusão e Exclusão

O levantamento bibliográfico foi realizado entre outubro de 2024 e fevereiro de 2025, e os estudos incluídos focaram no processo de design e nas características tecnológicas de artefatos IoT destinados a assistir pessoas com TEA. Esta RSL considerou trabalhos publicados entre 2014 e 2025, em inglês e português. O intervalo de dez anos foi definido em função da popularização de sensores e dispositivos móveis, que impulsionou o desenvolvimento de aplicações baseadas em IoT nesse período. Além disso, levou-se em conta a consolidação e o refinamento dos entendimentos clínicos sobre o TEA, especialmente após a publicação do DSM-5, em 2013. Foram excluídos artigos de meta-análise ou revisão e trabalhos que retratavam abordagens para diagnóstico do TEA.

### 3.2. Base de Dados, String de Busca e Seleção de Artigos

A partir do contexto e dos objetivos da revisão, optou-se por estender as buscas a oito bases de dados: *PubMed*<sup>2</sup> e *Embase*<sup>3</sup>, voltadas às ciências da saúde e à biomedicina; *IEEE Xplore*<sup>4</sup>, *ACM Digital Library*<sup>5</sup> e *SBC-OpenLib (SOL)*<sup>6</sup>, focadas em engenharia elétrica, ciência da computação e tecnologia da informação; e *Scopus*<sup>7</sup>, *SciELO*<sup>8</sup> e *Web of Science*<sup>9</sup>, que abrangem estudos multidisciplinares.

Para a construção da *string* de busca, foram realizados, de forma iterativa, testes piloto com a inclusão de termos que possibilitassem abranger e combinar conceitos relacionados ao autismo e à IoT, inicialmente nas bases voltadas às áreas de tecnologia e multidisciplinares. Com base nesses resultados iniciais, foram testadas combinações adicionais de termos mais específicos, como “*assistive technology*”, “*smart devices*” e “*interaction design*”, usando os operadores booleanos. A partir da observação da quantidade e da relevância dos artigos recuperados, a terminologia foi ajustada conforme os padrões de indexação de cada base, resultando no padrão geral apresentado a seguir:

(“*internet of things*” OR *iot* OR *smartphone* OR *smartwatch* OR “*smart device*” OR *telemedicine* OR “*assistive technology*” OR “*internet das coisas*” OR “*dispositivo inteligente*” OR “*tecnologia assistiva*” OR *telemedicina* OR *smartphone*) AND (Autism OR autismo OR TEA OR ASD)

Para as buscas nas bases PubMed e Embase, a string foi adaptada para a utilização de termos dos vocabulários controlados (tesauros) de cada base — *MeSH (Medical Subject Headings)* e *Emtree*, respectivamente.

Após a identificação dos artigos relevantes, realizou-se uma triagem cuidadosa que envolveu a análise de títulos, palavras-chave e resumos, seguida de um novo filtro aplicado ao texto completo de cada estudo.

<sup>2</sup><https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

<sup>3</sup><https://www.embase.com>

<sup>4</sup><http://ieeexplore.ieee.org>

<sup>5</sup><https://dl.acm.org/>

<sup>6</sup><https://sol.sbc.org.br/index.php/indice>

<sup>7</sup><http://www.scopus.com>

<sup>8</sup><https://www.scielo.org/>

<sup>9</sup><http://www.isiknowledge.com>

### 3.3. Análise de Dados

A análise dos estudos foi realizada por meio de uma abordagem qualitativa, respeitando os critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos. Após a seleção, foram incluídos **27 estudos** para análise detalhada, conforme mostrado na Tabela 1. Para a extração dos dados dos artigos selecionados, utilizou-se uma planilha estruturada com campos padronizados, a saber: ID, título, autores, ano, periódico, país, área de conhecimento principal, palavras-chave, objetivos, delineamento do estudo, método de coleta de dados, análise dos dados, ferramentas de medição, envolvimento do usuário no design, abordagem de design, faixa etária, contexto de aplicação, tipo de dispositivo IoT, funcionalidades principais, forma de interação, tipo de *feedback*, inteligência embarcada, processo de desenvolvimento, testes de usabilidade, adaptações específicas para TEA, aceitação da tecnologia, conclusões e trabalhos futuros. A análise foi conduzida por um pesquisador, com experiência em IoT e acessibilidade, acompanhada por um especialista, com experiência em RSL, acessibilidade e IHC.

Dessa forma, foi possível compreender melhor como as tecnologias de interação em IoT podem ser implementadas para facilitar a assistência a pessoas com autismo, identificando, ainda, práticas e tendências emergentes no campo.

**Tabela 1. Resumos dos dados das buscas**

Base de dados	Resultados iniciais	Resultados após Leitura de título e resumos	Resultados finais
PubMed	185	1	0
Embase	116	16	1
IEEE Digital Library	167	35	8
ACM Library Digital	862	63	8
SBC-OpenLib (SOL)	9	0	0
Scopus	379	74	2
Scielo	4	0	0
Web Of Science	237	64	8
<b>Total</b>	<b>1959</b>	<b>253</b>	<b>27</b>

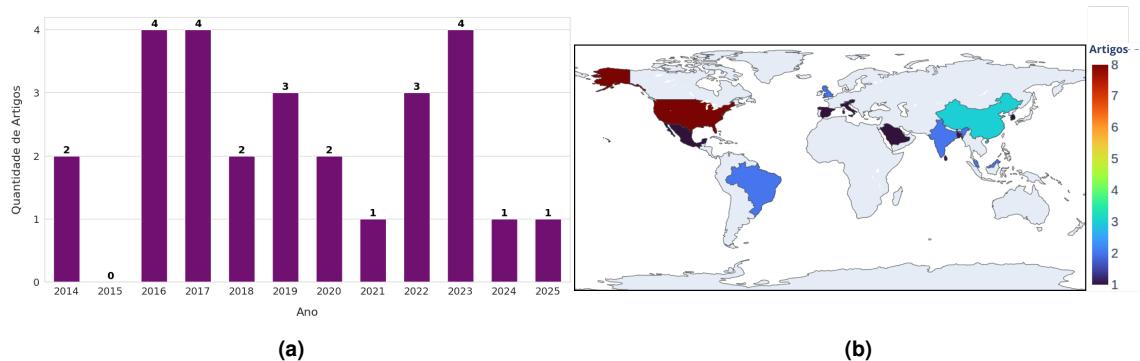
### 3.4. Considerações Sobre Aspectos Éticos

Do ponto de vista ético, o parecer de um Comitê de Ética em Pesquisa não se faz necessário para este estudo, uma vez que não se envolveu pessoas ou instituições. Foram feitas citações de todas as fontes de pesquisa utilizadas, e assim, os autores dos artigos usados para esta revisão bibliográfica estão devidamente assegurados.

## 4. Resultados

Em relação à cronologia dos artigos selecionados, observa-se uma distribuição dinâmica e não linear, o que pode indicar períodos de amadurecimento da área (IoT e autismo), com ápice mais recente em 2023, ano em que foram encontradas quatro publicações — possivelmente impulsionadas por demandas emergentes sobre o tema (Figura 3a).

Os resultados revelam predominância de publicações de origem norte-americana (oito artigos), seguidas pelas da China (três). Malásia, Reino Unido e Índia aparecem com dois artigos cada, enquanto Brasil, Sri Lanka, México, Itália, Espanha, Coreia do Sul, Bangladesh, Áustria e Arábia Saudita apresentam um artigo cada. Essa distribuição pode ser visualizada na Figura 3b.



**Figura 3. Distribuição Cronológica e Geográfica: (a) Cronologia das publicações; (b) Países de origem dos estudos**

A análise revela uma perspectiva abrangente das aplicações desenvolvidas para apoiar pessoas com autismo no contexto de IoT e design de interação. A Figura 4 apresenta uma síntese visual desses achados, por meio de uma nuvem de palavras gerada a partir das palavras-chave dos 27 estudos incluídos.



**Figura 4. Nuvem de Palavras**

Os estudos analisados evidenciam que as tecnologias desenvolvidas podem contribuir de maneira significativa para apoiar indivíduos com TEA, contemplando diversos cenários e desafios enfrentados por essa população (Tabela 2<sup>10</sup>).

<sup>10</sup>Para auxiliar na formatação da tabela, utilizou-se o modelo ChatGPT-4o, a fim de gerar uma melhor visualização dos dados com o uso de ícones sugestivos. O seguinte *prompt* foi utilizado: “*Utilizando a planilha em anexo, que contém a relação entre os artigos, dispositivos IoT usados no estudo, faixa etária do público alvo da tecnologia e o contexto da aplicação, crie uma tabela, em latex, usando ícones que representam os dados colhidos*”

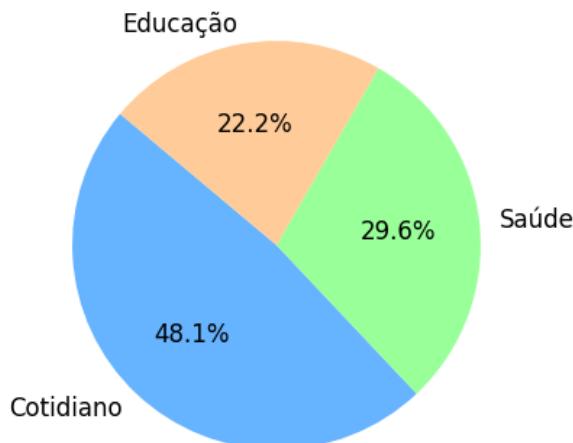
**Tabela 2. Relação de Dispositivos, Idade e Contextos de Aplicação das Pesquisas Selecionadas**

Referência	Dispositivo	Idade	Contexto			
[Escobedo et al. 2014]						
[Simm et al. 2014]	+					
[Duvall et al. 2016]	+					
[Frauenberger et al. 2016]	+					
[Simm et al. 2016]						
[Tang 2016]	+					
[Al-Khalifa et al. 2017]						
[Boyd et al. 2017]	+					
[Ishak et al. 2017]	+					
[Johnson e Picard 2017]	+					
[Shi et al. 2017]						
[Eshetu et al. 2018]	+	/				
[Garzotto e Gelsomini 2018]						
[Pérez-Fuster et al. 2019]	+					
[RajKumar et al. 2019]						
[Yap et al. 2019]	+					
[Johnson et al. 2020]						
[Mayadunne et al. 2020]	+					
[Chen et al. 2021]						
[Deng et al. 2021]	+					
[Feeham et al. 2022]						
[Miri et al. 2022]	+					
[Boza et al. 2023]						
[Miranda et al. 2023]	+					
[Palermo et al. 2023]						
[Ullah et al. 2023]	+					
[Geerthik et al. 2024]						
<b>Legenda:</b>	Wearable Educação	Mobile Cotidiano	Sensores Ambientais Web	Tablet	Criança	Adulto

A Tabela 2 evidencia a predominância de dispositivos móveis ( ), sendo o contexto mais abordado o cotidiano ( ), com soluções predominantemente voltadas à assistência de crianças ( ). A baixa recorrência de estudos com adultos indica uma lacuna para pesquisas futuras.

#### 4.1. Contexto de Assistência da Aplicação

As aplicações relatadas nos estudos selecionados visam assistir pessoas com autismo em três domínios distintos, designadamente: **Cotidiano**, em interações do dia-dia de tarefas domésticas ou atividades voltadas à socialização; **Educação**, em que aprendizado e desenvolvimento de habilidades cognitivas estão presentes, auxiliando também professores e profissionais da educação; e **Saúde**, na qual elementos de regulação de emoções, ansiedade e estresse ou para auxiliar terapeutas no processo terapêutico.



**Figura 5. Contextos de Aplicação/Estudado**

#### 4.2. Cocreção

Em [Mayadunne et al. 2020, Miranda et al. 2023, Boza et al. 2023], profissionais da saúde e especialistas em TEA responderam questionários, forneceram *insights* relevantes para a construção dos protótipos e participaram das avaliações com crianças.

A participação ativa de pessoas autistas na criação de tecnologias IoT também é verificada em [Simm et al. 2016, Frauenberger et al. 2016], onde o engajamento constitui parte fundamental do processo. Adultos com autismo de alto funcionamento participaram de *workshops* sobre desenvolvimento de produtos e de protótipos, discutindo suas necessidades e alinhando interesses específicos em um ambiente seguro.

#### 4.3. Avaliação e Validação

As pesquisas avaliaram os protótipos empregando diferentes instrumentos, como questionários estruturados, entrevistas e observações durante o uso. A adoção de múltiplos métodos é frequente nos artigos selecionados.

O trabalho de [Palermo et al. 2023] avaliou formalmente o protótipo por meio da aplicação da *System Usability Scale* (SUS) a professores, indicando elevada usabilidade e aceitabilidade. Em [Mayadunne et al. 2020], utilizou-se um questionário com escala *Likert* aplicado a terapeutas que acompanharam a tecnologia desenvolvida. Já [Yap et al. 2019] empregou uma versão adaptada da SUS, a *Mobile Usability Scale* (MUS), para mensurar a usabilidade do aplicativo.

Observações assistidas por câmeras e softwares especializados [Shi et al. 2017, Mayadunne et al. 2020], bem como acompanhadas por designers especialistas [Frauenberger et al. 2016], terapeutas [Johnson e Picard 2017, Boza et al. 2023], educadores e cuidadores [Boyd et al. 2017, Pérez-Fuster et al. 2019], também foram relatadas como procedimentos de avaliação dos artefatos desenvolvidos.

#### 4.4. QP1 - Quais princípios de design de interação têm sido aplicados em soluções baseadas em IoT para pessoas com TEA?

Os princípios de DI foram extraídos por meio de análise temática qualitativa. Inicialmente, realizou-se uma codificação aberta, na qual foram destacadas citações

relevantes sobre as formas de interação presentes nos artigos selecionados e, em seguida, essas citações foram categorizadas e agrupadas tematicamente.

Diante da heterogeneidade do espectro autista, os princípios de Design de Interação podem sofrer alterações, considerando o Design Centrado no Usuário. A possibilidade de ações específicas como *feedback* especializado e personalização devem ser percebidos e concebidos visando as capacidades dos indivíduos. Além disso, a simplicidade e intuitividade de interfaces, sejam elas vestíveis ou não, devem incorporar de conforto sensorial haja vista as características hipo/hipersensoriais identificadas em pessoas com autismo.

#### 4.4.1. *Feedback* claro e diversificado

O *feedback* é um princípio fundamental para comunicar aos usuários que suas ações foram reconhecidas pelo sistema e para orientar os próximos passos de uso. As propostas incluem soluções com respostas visuais (notificações, luzes, gráficos, projeções, pictogramas), auditivas e táteis, priorizando reações em tempo real. A efetividade desse princípio depende da própria construção do sistema, em que um ou mais tipos de resposta podem ser combinados.

Nos aspectos de *feedback* visual, prevalecem as tecnologias de monitoramento por aplicativos, capazes de verificar o estado de estresse ou as emoções do usuário, além de guiá-lo durante atividades [Feeham et al. 2022, Al-Khalifa et al. 2017, Simm et al. 2014, Pérez-Fuster et al. 2019]. Ademais, empregam-se sistemas luminosos simples para reduzir estados de desatenção durante a interação [Pérez-Fuster et al. 2019, Geerthik et al. 2024]. Destacam-se ainda soluções baseadas em *dashboards* digitais: aplicativos como *KeepCalm* [Palermo et al. 2023] e *App4Autism* [Yap et al. 2019] exibem gráficos com zonas de cor que monitoram, em tempo real, o nível de estresse ou de emoção, facilitando a visualização por educadores. Há também a representação por meio de objetos físicos com LEDs, como nos sistemas *Autoy* [Miranda et al. 2023] e *T3 Smart Objects* [Escobedo et al. 2014], que utilizam LEDs coloridos em brinquedos ou cubos para sinalizar respostas corretas, progresso em tarefas e transições de etapas, promovendo engajamento visual imediato. Além disso, ambientes imersivos, como a *Magic Room* [Garzotto e Gelsomini 2018], recorrem a projeções, tapetes luminosos e iluminação ambiente adaptativa para reforçar sucessos, orientar movimentos e criar atmosferas envolventes durante as sessões terapêuticas.

As respostas auditivas, que englobam o uso de música como recompensa, a conversão de gestos em voz para indivíduos não verbais e a reprodução de sons ou falas de engajamento, também são relatadas na literatura. Entre os exemplos, destaca-se o *smartglass* descrito por [RajKumar et al. 2019], que reproduz, aumenta ou interrompe as músicas preferidas da criança enquanto o contato visual é mantido. Brinquedos e plataformas educativas, como o robô *Tomodachi* apresentado em [Ishak et al. 2017], emitem elogios sonoros, instruções e *feedbacks* imediatos (aplausos, efeitos sonoros, vozes animadas) a cada acerto. Já em sistemas de comunicação alternativa, como o proposto por [Ullah et al. 2023] e a plataforma *ECHOS* de [Johnson et al. 2020], gestos ou vocalizações são convertidos automaticamente em mensagens de voz, promovendo a inclusão comunicativa de crianças não verbais.

Mecanismos de *feedback* tático também são relatados. [Duvall et al. 2016] empregam a sensação de pressão lateral gerada pela contração de molas com memória de forma que, quando ativadas, exercem uma força semelhante a um abraço. Outro exemplo aparece em [Miri et al. 2022], que utiliza dispositivos vibrotáteis (*pacers*) capazes de emitir vibrações sincronizadas para guiar a respiração lenta do usuário.

Por fim, muitos sistemas integram diferentes modalidades de *feedback*, visando maior personalização e adaptação ao perfil sensorial do usuário. O *SPRING* [Johnson e Picard 2017] permite que pais e terapeutas escolham entre *feedback* visual (luzes e imagens), auditivo (sons, músicas) ou até mesmo vídeos, conforme a preferência da criança, possibilitando uma experiência personalizada e dinâmica. Ambientes inteligentes, como a *Magic Room*, e brinquedos, como o *Autoy*, combinam luzes, sons, projeções e até mesmo aromas para reforçar sucessos, estimular a exploração e criar experiências multissensoriais. Aplicativos, como o *ProCom* [Boyd et al. 2017], também demonstram a importância do *feedback* simultâneo para o usuário e o cuidador, promovendo intervenções colaborativas e oportunas.

A combinação desses aspectos pode variar a forma de *feedback* conforme a aplicação e a função do usuário.

#### 4.4.2. Acessibilidade e Inclusão

A acessibilidade e a inclusão são inerentes a praticamente todos os estudos analisados, variando conforme o contexto da aplicação.

[Johnson et al. 2020] apresentam uma plataforma que visa aprimorar a comunicação de indivíduos autistas não verbais, utilizando dados de comunicação afetiva fornecidos pelos pais por meio de gravações de áudio do ambiente capturadas por uma câmera. A plataforma *ECHOS* promove a comunicação e a interação no ambiente familiar, proporcionando experiências positivas ao indivíduo.

Em ambientes escolares ou educacionais, a acessibilidade e inclusão se destacam por utilizar sensores passivos para monitoramento e identificação de emoções [Palermo et al. 2023], atenção [Deng et al. 2021] e também para melhorar o processo pedagógico [Boza et al. 2023, Escobedo et al. 2014]. Nestes trabalhos, a interação com dispositivos tecnológicos oportuniza a inclusão nos espaços de aprendizagem.

O cotidiano de pessoas com autismo pode ser desafiador e a presença de tecnologias que possam intermediar atividades pode ser de grande ajuda para este público. [Pérez-Fuster et al. 2019] ressaltam a promoção e a autonomia do indivíduo ao integrar mecanismos de guia para execução de tarefas domésticas, através de suporte visual por meio de iluminação de LEDs. Esse tipo de tecnologia foi capaz de melhorar a atenção e diminuir comportamentos de dispersão (*trade-off*). Em [Boyd et al. 2017], seu estudo aponta que é possível estimular interações, regulando e entendendo este tipo de comunicação, através de uma estrutura de controle de proximidade, usando sensores.

O próprio ambiente é enfatizado como ferramenta para interação de forma acessível, inclusiva e terapêutica, como proposto por [Garzotto e Gelsomini 2018], que utiliza sensores conectados e projeções de luz para integrar estímulos multissensoriais promovendo habilidades cognitivas, sensoriais e motoras.

Alguns trabalhos demonstram a utilização de uma estética adaptada ao contexto, ou seja, a aplicação e os dispositivos criados são, além de funcionais, ajustados simbolicamente ao perfil sensorial de crianças com TEA, promovendo aceitação e engajamento. No estudo de [Mayadunne et al. 2020], o robô foi projetado com formato esférico, materiais leves e texturas agradáveis, facilitando o manuseio e reduzindo rejeição sensorial promovendo mecanismo de interação amigável, ergonômico e usável que permitem à criança interagir com o robô através de movimentos, como empurrar, abraçar ou manipular peças, o que contribui diretamente para o desenvolvimento de habilidades motoras favorecendo inclusão e aceitação por parte de crianças com TEA.

#### 4.4.3. Simplicidade e Intuitividade

Esses elementos podem ser notados diante de particularidades de interfaces e interações dos sistemas propostos. A proposta de [Tang 2016] embarca tecnologia em objetos cotidianos, enquanto oferece intuitividade. Outro exemplo desses princípios pode ser observado em [Geerthik et al. 2024] ao combinar uma interface visual minimalista (microfones e LEDs) o que deixa os fluxos de interação mais naturais, simples e intuitivos.

O sistema *FAR* [Miri et al. 2022], empregado na regulação emocional, apresenta interação centrada em um único botão tátil, grande e acessível, simplificando o início do ciclo de vibração sincronizada à respiração e dispensando configurações ou menus. Já o estudo de [Pérez-Fuster et al. 2019], voltado ao desenvolvimento de habilidades de vida diária em adultos com TEA, propõe uma interface baseada em toques simples em *tablet* e em sinais luminosos de LED instalados no ambiente, guiando o usuário pelas etapas das tarefas domésticas sem exigir leitura, digitação ou múltiplas etapas de navegação.

Outra proposta pode ser observada no boneco *Inclusivinho* [Boza et al. 2023], pelo qual a criança simplesmente aproxima uma tag RFID (*Radio Frequency Identification*) do brinquedo para acionar sons e atividades durante o processo de alfabetização. De modo semelhante, um *smartwatch* é usado para orientar o uso do banheiro [Al-Khalifa et al. 2017], exibindo automaticamente imagens passo a passo.

Seguindo o mesmo princípio, surgem *wearables* ou dispositivos vestíveis, cujo controle se integra ao corpo, dispensando telas e comandos abstratos. Por exemplo, o protótipo desenvolvido por [Ullah et al. 2023] integra sensores vestíveis em três regiões corporais: uma luva para monitoramento dos movimentos dos dedos; módulos flexíveis e ajustáveis acoplados ao cotovelo, capazes de capturar a flexão articular; e sensores posicionados na cabeça, responsáveis pelo registro de movimentos cranianos. O design incorpora elementos ergonômicos, como flexibilidade e adaptabilidade, garantindo conformidade anatômica e conforto durante o uso.

Uma outra abordagem é apresentada em [Tang 2016], que integra tecnologia a objetos cotidianos, tornando o aprendizado e a interação mais intuitivos. Essa estratégia pode eliminar a complexidade frequentemente associada à interação com dispositivos digitais.

O estudo de [Geerthik et al. 2024] combina uma interface visual minimalista com microfones e LEDs, resultando em um fluxo de interação natural e descomplicado.

#### **4.4.4. Adaptabilidade e Personalização**

As necessidades e particularidades do espectro autista representam grandes desafios. Técnicas e ferramentas adaptativas e personalizadas para tecnologia assistiva, no contexto em estudo, aparecem de maneira diversificada, dentre elas: a possibilidade de formas alternativas de interação, peso ou grau das respostas de sistemas conforme o contexto de utilização e a adaptação com base no perfil sensorial do usuário.

Como exemplos, [Feeham et al. 2022, Ullah et al. 2023, Escobedo et al. 2014] abordam modos de interação alternativos que permitem que os usuários interajam com a tecnologia de maneira que sejam mais confortáveis e eficazes.

[Johnson e Picard 2017, Johnson et al. 2020, Palermo et al. 2023] oferecem, em seus protótipos, a diversidade e possibilidade de fornecer *feedback* que se ajusta dinamicamente, com base no comportamento ou no estado emocional do usuário detectado por sensores e inferidos por algoritmos com *Machine Learning*.

As possibilidades de ajustar as interfaces de interação com base no perfil sensorial do usuário, que podem incluir tanto a hipersensibilidade quanto a hipossensibilidade, podem ser verificadas nos trabalhos de [Deng et al. 2021, Yap et al. 2019, Johnson et al. 2020].

Por fim, proposta que envolve cocriação, como no estudo descrito por [Frauenberger et al. 2016], demonstra que a adaptabilidade pode ser conduzida a partir do próprio processo de design, quando crianças autistas atuam de forma ativa na definição de objetivos, formas e interação dos objetos inteligentes, resultando em tecnologias com potencial de alinhamento profundo às necessidades subjetivas de cada indivíduo.

#### **4.5. QP2 - Quais características técnicas das tecnologias IoT são utilizadas nessas soluções?**

Para responder à pergunta, descreve-se as principais características técnicas das soluções IoT analisadas, relacionando os tipos de dispositivos e interfaces empregados (visuais, ambientais, tangíveis, auditivas e controles táteis), e, em seguida, o uso de Inteligência Artificial para personalização, regulação emocional e reconhecimento de padrões de atenção e ansiedade.

##### **4.5.1. Tipo de Dispositivos e suas Interfaces**

Conforme exposto na Figura 6, a utilização de interfaces visuais predominou (26 artigos), seguidas por Interação Ambiental (23), Tangível (17), Auditiva (15) e Controle Físico/Tátil (4). A predominância visual reflete sua aplicação em *displays* simples (LCD, LEDs) e em aplicativos que são executados em *smartphones*, *tablets* ou plataforma web para monitoramento por cuidadores ou interação direta com dispositivos IoT [Escobedo et al. 2014, Pérez-Fuster et al. 2019].

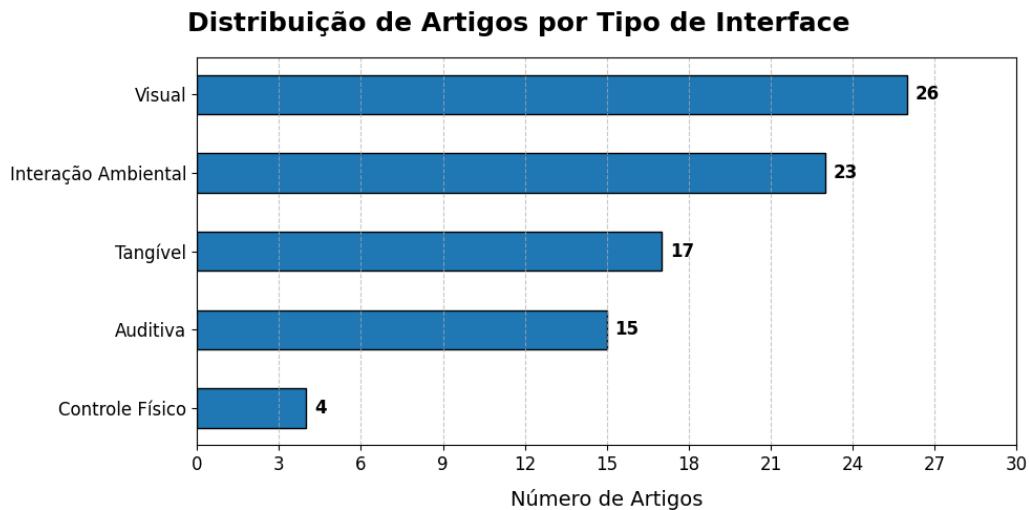
Nesse estudo, definimos a Interação Ambiental como sistemas que integram sensores ao ambiente físico para captura passiva de dados (por exemplo, temperatura e umidade). Nesse sentido, destaca-se em 23 estudos, como em sistemas de monitoramento contextual [Feeham et al. 2022]. Essa abordagem é estratégica para TEA,

pois minimiza processos ou necessidades de altas cargas cognitivas diretas e favorece o acompanhamento do ambiente por parte de outros tipos de usuários.

As interfaces tangíveis são críticas para intervenções sensoriais, alinhando-se a terapias baseadas em estímulos tátteis e visuais. Nos estudos selecionados, exemplos do uso desse tipo de interface incluem robôs com formas geométricas [Johnson e Picard 2017] e objetos manipuláveis (e.g., bola com sensores [Mayadunne et al. 2020]).

A categoria de Interfaces Auditivas abrange desde reconhecimento de voz para interação com robôs [Ishak et al. 2017] até música para regulação emocional [Yap et al. 2019]. Por fim, o Controle Físico limita-se a interfaces simples como botões físicos [RajKumar et al. 2019], sugerindo oportunidades para designs mais complexos.

É importante salientar que, de acordo com o contexto da aplicação e a função do usuário, essas tecnologias apresentam interfaces multimodais, ajustando-se, assim, o respectivo projeto.



**Figura 6. Tipos de Dispositivos**

#### 4.5.2. Uso de Inteligência Artificial

O uso de algoritmos de Inteligência Artificial (*Machine Learning*, *Deep Learning* ou Redes Neurais Artificiais) é emergente em praticamente todos os setores da sociedade [Ashraf e Mustafa 2025]. Nos trabalhos selecionados estão presentes em pelo menos 9 dos 27 artigos analisados.

As principais aplicações são relacionadas à regulação emocional, personalização [Simm et al. 2016] e adaptação automática de respostas [Miranda et al. 2023] e reconhecimento de padrões para reconhecer atenção e ansiedade [Yap et al. 2019, Boyd et al. 2017].

Apesar das tendências em relação à aplicação de IA, seu uso carece de mais pesquisas, principalmente no que diz respeito à personalização e adaptação, possibilitando intervenções mais eficazes e em tempo real, atendendo às necessidades do público autista.

## 5. Discussão

O presente artigo apresenta uma revisão da literatura cujo objetivo é sintetizar o conhecimento sobre metodologias de design de interação aplicadas a tecnologias de IoT para o suporte a indivíduos com TEA, destacando características, tendências e lacunas. Dos 27 estudos analisados, três contextos de aplicação se sobressaíram: **Cotidiano** (48,1%), com foco na autonomia para tarefas diárias e interações sociais; **Saúde** (29,6%), voltado à regulação emocional e ao monitoramento biométrico; e **Educação** (22,2%), com ênfase em habilidades cognitivas e pedagógicas.

Embora o uso de tecnologias IoT para monitoramento e regulação emocional em pessoas com TEA seja cada vez mais relevante, o domínio da saúde aparece com menor frequência em comparação ao contexto de cotidiano. Entre as possíveis explicações estão barreiras éticas e práticas, como o emprego de sensores intrusivos que captam dados sensíveis. Além disso, a validação clínica e as exigências regulatórias requerem procedimentos mais rigorosos e de maior duração, como experimentos longitudinais.

Esses achados reforçam o interesse em tecnologias assistivas que se adaptem aos diversos ambientes frequentados por esse público, conforme apontado na problemática inicial, mas evidenciam uma ênfase no cotidiano, indicando uma inclinação por pesquisas voltadas às interações e à comunicação social.

Quanto à investigação sobre a QP1, os estudos evidenciaram quatro princípios-chave de design de interação, a saber: *feedback* claro e diversificado, combinando respostas visuais (LEDs, aplicativos), auditivas (música adaptativa) e táteis (vibração); acessibilidade e inclusão, com interfaces minimalistas, adaptadas ao usuário e contextualizadas em situações cotidianas; simplicidade e intuitividade, com destaque para ergonomia (e.g., luva ajustável) e objetos familiares (e.g., brinquedos adaptados); e adaptabilidade e personalização, moldando os sistemas a perfis sensoriais e aos estímulos de respostas. Apesar dos achados, poucos (ou nenhum) dos estudos selecionados abordam a heterogeneidade dos indivíduos com TEA, considerando, por exemplo, os níveis de suporte. Esse tipo de traço pode ser um fator crucial no sucesso de adoção de tecnologia no que diz respeito à usabilidade e aceitabilidade. Além disso, observa-se um evidente foco no desenvolvimento de tecnologias para assistência ao público infantil com TEA, enquanto os adultos com TEA são, em geral, negligenciados.

Metodologias de cocriação também são apontadas como forma de empoderamento e de flexibilização do design diante da diversidade do TEA. Sob a perspectiva da participação ativa de pessoas com TEA, bem como de seus familiares e cuidadores, torna-se necessário valorizar a empatia no processo metodológico, regulando a adaptabilidade técnica e envolvendo profissionais da saúde, a fim de produzir tecnologias verdadeiramente inclusivas e eficazes nesse contexto.

Ademais, questionários estruturados, entrevistas e observações durante o uso das tecnologias são empregados, isoladamente ou de forma combinada, como ferramentas de avaliação e validação. Entretanto, o tamanho e a diversidade das amostras, assim como o período de análise, ainda podem ser considerados limitados diante da complexidade dos desafios em questão. Nesse cenário, provas de conceito e protótipos configuram-se como instrumentos fundamentais para sustentar e validar a assistência proposta.

No que diz respeito à QP2, as soluções IoT para suporte a pessoas com TEA

demonstraram forte inclinação por interfaces visuais, empregadas em 26 dos 27 estudos por meio de LEDs, telas LCD e aplicativos móveis ou web, que oferecem *feedback* imediato sobre estados emocionais e orientações de uso. Todos esses elementos indicam soluções adequadas, considerando aspectos do espectro autista, uma vez que o design intuitivo, por meio de orientações visuais claras (*affordance*), pode reduzir a carga cognitiva e evitar a sobrecarga sensorial. Esses dados também ressaltam a importância da presença massiva e do uso de dispositivos móveis na sociedade, favorecendo ainda mais sua adoção no contexto de IoT.

As interfaces ambientais aparecem em 23 trabalhos, incorporando sensores passivos ao ambiente (temperatura, umidade, movimento) de modo a reduzir a demanda cognitiva do usuário e possibilitar monitoramento discreto pelos cuidadores. A ambiência nos estudos é presente e tratada como elemento para representar situações reais por meio virtual, o que é evidente e facilitado pela aplicação da IoT, além de, presumivelmente, favorecer imersão do usuário.

Utilização de interfaces tangíveis demonstraram potencial no processo terapêutico, por meio da construção de objetos/dispositivos inteligentes e robôs sociais, promoveram habilidades motoras assim como as auditivas, enquanto que *feedbacks* sonoros atuaram como reforço positivo para perfis sensoriais diversos. Esse tipo de tecnologia apresentou bons resultados considerando usuários crianças, favorecendo o seu bem estar das mesmas.

Contudo, observa-se uma subutilização de interfaces táteis complexas, o que limita oportunidades para indivíduos com hipossensibilidade, que poderiam se beneficiar de estímulos mais profundos. Esse resultado pode indicar uma tendência dos estudos a evitar situações de hipersensibilidade.

Não obstante, os aspectos ergonômicos são considerados nos estudos, mas poucos os abordam de forma aprofundada em suas análises, o que limita o detalhamento do processo construtivo e a avaliação da eficácia clínica. Relatos de avaliações ergonômicas poderiam aumentar os níveis de aceitabilidade das propostas, sobretudo quando se considera o espectro autista.

O uso emergente de Inteligência Artificial foi identificado em nove artigos, que empregam *Machine Learning* e Redes Neurais Artificiais para reconhecimento de padrões emocionais e de atenção em tempo real, bem como para personalização dinâmica de parâmetros de *feedback* conforme o perfil sensorial do usuário. Apesar da pequena parcela de estudos que aplicam essa abordagem no contexto dos objetivos do presente estudo, essa é uma tendência promissora que, a considerar os exemplos identificados, carece de validação em larga escala, além de considerações éticas explícitas, tais como privacidade e explicabilidade dos algoritmos. É importante pesar também que a pouca utilização de abordagens com IA pode indicar a recusa do emprego de sensores intrusivos, por exemplo, os que monitoram sinais fisiológicos.

Quanto às perspectivas de interação, essas tecnologias devem incorporar múltiplas modalidades, favorecendo a acessibilidade e a inclusão, com possibilidades de adaptação e personalização. Isso pode envolver abordagens baseadas em IA, capazes de gerar recomendações que acomodem a heterogeneidade do espectro. Além disso, familiaridade, simplicidade e intuitividade são elementos fundamentais no projeto de interação, pois

reduzem a sobrecarga sensorial e cognitiva dos usuários com TEA.

Os resultados da pesquisa apontam que a adoção de estratégias multidisciplinares, fundamentadas em práticas de cocriação e design participativo, é essencial para garantir que as tecnologias IoT atendam às complexidades do TEA. A integração contínua de usuários com TEA, cuidadores, terapeutas e educadores no ciclo de desenvolvimento não apenas assegura a adequação sociotécnica das soluções, mas também evita o surgimento de visões simplistas que priorizam aspectos tecnológicos em detrimento das necessidades humanas. Na análise dos aspectos geográficos, observa-se que, no contexto brasileiro, foram produzidos poucos estudos, o que pode refletir políticas públicas insuficientes para fomentar parcerias entre setores estratégicos, como Saúde, Educação, Ciência e Tecnologia para esse propósito.

## 6. Considerações Finais

Este estudo partiu da proposta de mapear e sintetizar de que forma os princípios de DI vêm sendo incorporados a tecnologias baseadas em IoT destinadas a apoiar pessoas com TEA. Ao analisar 27 artigos selecionados, buscou-se identificar tanto os princípios de design adotados quanto as características técnicas predominantes dos dispositivos, a fim de evidenciar lacunas e oportunidades para a criação de soluções mais inclusivas.

Embora esta revisão tenha buscado uma ampla cobertura, abrangendo publicações de 2014 a 2025 em inglês e português e contemplando oito bases de dados, é possível que estudos em outros idiomas, anais não indexados ou trabalhos publicados fora do período de corte não tenham sido incluídos. Ademais, não se procedeu à avaliação formal da qualidade dos artigos nem à dupla revisão independente, o que pode ter introduzido vieses na seleção e na síntese dos dados.

Apesar das limitações mencionadas, os resultados apresentados oferecem contribuição significativa ao conhecimento sobre a aplicação da Internet das Coisas no suporte a indivíduos com Transtorno do Espectro Autista. Além disso, evidenciam lacunas de pesquisa que se alinham diretamente ao *GC7 – Interação com Tecnologias Emergentes: Um Ecossistema que Integra Humanos, Tecnologias e Contextos*, o qual “visa investigar, explorar e buscar soluções para a introdução e adoção de tecnologias emergentes e usos emergentes de tecnologias já conhecidas e seus impactos na área de IHC” [Zaina et al. 2024].

Primeiramente, é crucial ampliar os estudos voltados a adultos autistas, público que apresenta crescimento expressivo nos diagnósticos, onde [Grosvenor et al. 2024] apresenta dados de aumento de 450% entre 26 e 34 anos entre 2011 e 2022. Essa ampliação inclui investigar especificidades de gênero, pois mulheres autistas tendem a maior prevalência de ansiedade e depressão, ao passo que homens enfrentam desafios acentuados em comunicação e motricidade [Zhang et al. 2025]. Além disso, aspectos culturais e socioeconômicos também merecem atenção, dado o potencial da IoT para melhorar a qualidade de vida em diferentes realidades.

Ademais, torna-se necessário aprofundar adaptações considerando o nível de suporte (I, II e III), testando ajustes automáticos de interface que levem em conta perfis sensoriais diversos, bem como conduzindo avaliações robustas de usabilidade e aceitação. No mesmo sentido, pesquisas sobre ética e transparência devem avançar, explorando

mecanismos de proteção de dados sensíveis (por exemplo LGPD) e a explicabilidade dos algoritmos de IA embarcados em dispositivos assistivos.

Outro eixo promissor envolve metodologias de cocriação e participação ativa, integrando cuidadores, profissionais de saúde e pessoas autistas em todas as etapas de design, de modo a elevar eficácia e aceitabilidade das soluções. Por fim, questões de custo de produção e manutenção dos sistemas IoT requerem investigação paralela, especialmente para viabilizar a adoção em contextos como escolas e serviços públicos, onde orçamentos são restritos.

Neste artigo, utilizou-se o modelo de Inteligência Artificial GPT-4o para tradução do resumo para o inglês e para revisar o texto de forma a tornar a linguagem mais simples e adequada.

## Referências

- Al-Khalifa, H. S., Alrajhi, W., Alhassan, S., e Almotlag, M. (2017). Requirement elicitation for a toilet training wearable watch to serve autistic children. In *2017 6th International Conference on Information and Communication Technology and Accessibility (ICTA)*, pages 1–5. IEEE.
- Ashraf, Z. A. e Mustafa, N. (2025). Role of ai in transforming society. In *Intersection of Human Rights and AI in Healthcare*, pages 431–452. IGI Global Scientific Publishing.
- Borg, K., Boulet, M., Smith, L., e Bragge, P. (2019). Digital inclusion & health communication: a rapid review of literature. *Health communication*, 34(11):1320–1328.
- Bouchouras, G. e Kotis, K. (2025). Integrating artificial intelligence, internet of things, and sensor-based technologies: A systematic review of methodologies in autism spectrum disorder detection. *Algorithms*, 18(1):34.
- Boyd, L. E., Jiang, X., e Hayes, G. R. (2017). Procom: Designing and evaluating a mobile and wearable system to support proximity awareness for people with autism. In *Proceedings of the 2017 CHI conference on human factors in computing systems*, pages 2865–2877.
- Boza, D. d. M. B., de Araujo, H. X., e Tavares, F. M. (2023). Internet das coisas (iot) aplicada à educação—um estudo experimental com protótipo e estudantes autistas. *Humanidades & Inovação*, 10(12):339–356.
- Campion, J., Male, I., e Farr, W. (2022). 1344 a systematic review: Which characteristics of autistic individuals can be utilised to create a scoring system to determine their ability to interact with communication-enhancing technology? *Archives of Disease in Childhood*, 107(Suppl 2):A87–A87.
- Capisizu, A., Zăgrean, L., e Capisizu, A. S. (2025). Electroencephalographic aspects and phenotypic characteristics in children with autism. *Journal of Medicine and Life*, 18(3):246.
- Cazarim, M. d. S., Reis, T. M. d., Cruz-Cazarim, E. L. C. d., e Pereira, L. R. L. (2021). Systematic review protocol: following prisma guide from cochrane to generate evidence as treatment effect of pharmaceutical care for hypertension in primary care. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 56:e18028.

- Chen, M., Xiao, W., Hu, L., Ma, Y., Zhang, Y., e Tao, G. (2021). Cognitive wearable robotics for autism perception enhancement. *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, 21(4):1–16.
- Den Brok, W. e Sterkenburg, P. (2015). Self-controlled technologies to support skill attainment in persons with an autism spectrum disorder and/or an intellectual disability: a systematic literature review. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 10(1):1–10.
- Deng, L., Rattadilok, P., e Xiong, R. (2021). A machine learning-based monitoring system for attention and stress detection for children with autism spectrum disorders. In *Proceedings of the 2021 International Conference on Intelligent Medicine and Health*, pages 23–29.
- Duvall, J. C., Dunne, L. E., Schleif, N., e Holschuh, B. (2016). Active "hugging" vest for deep touch pressure therapy. In *Proceedings of the 2016 ACM international joint conference on pervasive and ubiquitous computing: adjunct*, pages 458–463.
- Escobedo, L., Ibarra, C., Hernandez, J., Alvelais, M., e Tentori, M. (2014). Smart objects to support the discrimination training of children with autism. *Personal and ubiquitous computing*, 18:1485–1497.
- Eshetu, Y., Bhuyan, P., e Behura, A. (2018). A service-oriented iot system to support individuals with asd. In *2018 International Conference on Communication, Computing and Internet of Things (IC3IoT)*, pages 251–256. IEEE.
- Feeham, S. Y., Akter, T., Debnath, S., e Mia, M. S. (2022). Risk analysis and support system for autistic children using iot. In *2022 4th International Conference on Sustainable Technologies for Industry 4.0 (STI)*, pages 1–6. IEEE.
- Filgueira, L. M. d. A., Brilhante, A. V. M., Sá, A. R. d., e Colares, M. S. F. (2023). Desenvolvimento de estratégia de pesquisa participativa envolvendo pessoas autistas com diferentes níveis de suporte. *Ciência & Saúde Coletiva*, 28(05):1501–1512.
- Frauenberger, C., Makhaeva, J., e Spiel, K. (2016). Designing smart objects with autistic children: Four design exposés. In *Proceedings of the 2016 CHI conference on human factors in computing systems*, pages 130–139.
- Ganggayah, M. D., Zhao, D., Liew, J. Y., Aqilah, N., Paramasivam, T., Lee, Y. Y., Hasan, N. I. A., e Shaharuddin, S. (2025). Accelerating autism spectrum disorder care: A rapid review of data science applications in diagnosis and intervention. *Asian Journal of Psychiatry*, page 104498.
- Garzotto, F. e Gelsomini, M. (2018). Magic room: A smart space for children with neurodevelopmental disorder. *IEEE Pervasive Computing*, 17(1):38–48.
- Geerthik, S. et al. (2024). Iot based smart educational tool to support literacy acquisition for dyslexic and autistic children. In *2024 Second International Conference on Intelligent Cyber Physical Systems and Internet of Things (ICoICI)*, pages 248–253. IEEE.
- Grosvenor, L. P., Croen, L. A., Lynch, F. L., Marafino, B. J., Maye, M., Penfold, R. B., Simon, G. E., e Ames, J. L. (2024). Autism diagnosis among us children and adults, 2011–2022. *JAMA Network Open*, 7(10):e2442218–e2442218.

- Hirota, T. e King, B. H. (2023). Autism spectrum disorder: a review. *Jama*, 329(2):157–168.
- Hussain, A., Abdullah, A., Husni, H., e Mkpojiogu, E. O. (2016). Interaction design principles for edutainment systems: Enhancing the communication skills of children with autism spectrum disorders. *Revista Tecnica De La Facultad De Ingenieria Universidad Del Zulia (Technical Journal of the Faculty of Engineering, TJFE)*, 39(8):45–50.
- Ishak, N. I., Yusof, H. M., Sidek, S. N., e Jaalan, Z. (2017). Interactive robotic platform for education and language skill rehabilitation. In *2017 IEEE 4th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA)*, pages 1–5. IEEE.
- Johnson, K. T., Narain, J., Ferguson, C., Picard, R., e Maes, P. (2020). The echos platform to enhance communication for nonverbal children with autism: A case study. In *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–8.
- Johnson, K. T. e Picard, R. W. (2017). Spring: Customizable, motivation-driven technology for children with autism or neurodevelopmental differences.
- Kelson, E. e Dorstyn, D. (2025). Telehealth as a psychological intervention for caregivers of children with neurodevelopmental disorders: A systematic review with effect sizes. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 55(1):43–58.
- Krause, M. e Neto, M. A. C. (2021). Systematic mapping of the literature on mobile apps for people with autistic spectrum disorder. In *Proceedings of the Brazilian Symposium on Multimedia and the Web*, pages 45–52.
- Lorah, E. R., Parnell, A., Whitby, P. S., e Hantula, D. (2015). A systematic review of tablet computers and portable media players as speech generating devices for individuals with autism spectrum disorder. *Journal of autism and developmental disorders*, 45:3792–3804.
- Lord, C., Elsabbagh, M., Baird, G., e Veenstra-Vanderweele, J. (2018). Autism spectrum disorder. *The lancet*, 392(10146):508–520.
- Maun, R., Fabri, M., e Trevorrow, P. (2023). Participatory methods to engage autistic people in the design of digital technology: A systematic literature review. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, pages 1–12.
- Mayadunne, M., Manawadu, U. A., Abeyratne, K. R., e De Silva, P. R. S. (2020). A robotic companion for children diagnosed with autism spectrum disorder. In *2020 International Conference on Image Processing and Robotics (ICIP)*, pages 1–6. IEEE.
- Minani, J. B., El Fellah, Y., Sabir, F., Moha, N., Gueheneuc, Y.-G., Kuradusenge, M., e Masuda, T. (2025). Iot systems testing: Taxonomy, empirical findings, and recommendations. *Journal of Systems and Software*, 226:112408.
- Miranda, L. B., Riso, E. A., Barros, E. N., e Calegario, F. (2023). Autoy: Adaptive and reconfigurable iot toy for autistic children. In *2023 15th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON)*, pages 946–952. IEEE.
- Miri, P., Arora, M., Malhotra, A., Flory, R., Hu, S., Lowber, A., Goyal, I., Nguyen, J., Hegarty, J. P., Kohn, M. D., et al. (2022). Far: end-to-end vibrotactile distributed

- system designed to facilitate affect regulation in children diagnosed with autism spectrum disorder through slow breathing. In *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–20.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., Group, P., et al. (2010). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the prisma statement. *International journal of surgery*, 8(5):336–341.
- Mónica, R., Ivana, H., Javier, D., e Jorge, R. (2020). Augmented reality for children with autism spectrum disorder-a systematic review. In *2020 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV)*, pages 1–7. IEEE.
- Muhammed, D., Ahvar, E., Ahvar, S., Trocan, M., Montpetit, M.-J., e Ehsani, R. (2024). Artificial intelligence of things (aiot) for smart agriculture: A review of architectures, technologies and solutions. *Journal of Network and Computer Applications*, page 103905.
- Murphy, E., Shiels, O., Fiori, S., McCausland, D., Bergström, H., Koster, R., Noorlandt, H., Korfage, I., e Wallén, E. F. (2025). Bridging the digital divide for individuals with intellectual disabilities: Implications for well-being and inclusion. *British Journal of Learning Disabilities*, 53(1):17–31.
- Palermo, E. H., Young, A. V., Deswert, S., Brown, A., Goldberg, M., Sultanik, E., Tan, J., Mazefsky, C. A., Brookman-Frazee, L., McPartland, J. C., et al. (2023). A digital mental health app incorporating wearable biosensing for teachers of children on the autism spectrum to support emotion regulation: Protocol for a pilot randomized controlled trial. *JMIR Research Protocols*, 12(1):e45852.
- Pérez-Fuster, P., Sevilla, J., e Herrera, G. (2019). Enhancing daily living skills in four adults with autism spectrum disorder through an embodied digital technology-mediated intervention. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 58:54–67.
- Petrovska, I. V., Petrevska, N., e Trajkovski, V. (2020). Stakeholders' views on barriers and facilitators of optimal support of individuals with autism spectrum disorder in macedonia. *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis Studia Psychologica*, 13:27–42.
- RajKumar, A., Arora, C., Katz, B., e Kapila, V. (2019). Wearable smart glasses for assessment of eye-contact behavior in children with autism. In *Frontiers in Biomedical Devices*, volume 41037, page V001T09A006. American Society of Mechanical Engineers.
- Sawyer, L. D. e Palaniappan, R. (2024). Interface design for autism in an ever-updating world.
- Sharmin, M., Hossain, M. M., Saha, A., Das, M., Maxwell, M., e Ahmed, S. (2018). From research to practice: Informing the design of autism support smart technology. In *Proceedings of the 2018 CHI conference on human factors in computing systems*, pages 1–16.
- Shi, Y., Das, S., Douglas, S., e Biswas, S. (2017). An experimental wearable iot for data-driven management of autism. In *2017 9th international Conference on Communication Systems and Networks (COMSNETS)*, pages 468–471. IEEE.

- Simm, W., Ferrario, M. A., Gradinar, A., Tavares Smith, M., Forshaw, S., Smith, I., e Whittle, J. (2016). Anxiety and autism: towards personalized digital health. In *Proceedings of the 2016 CHI conference on human factors in computing systems*, pages 1270–1281.
- Simm, W., Ferrario, M. A., Gradinar, A., e Whittle, J. (2014). Prototyping'clasp' implications for designing digital technology for and with adults with autism. In *Proceedings of the 2014 conference on Designing interactive systems*, pages 345–354.
- Stracke, C. M., Chounta, I.-A., Holmes, W., Tlili, A., e Bozkurt, A. (2023). A standardised prisma-based protocol for systematic reviews of the scientific literature on artificial intelligence and education (ai&ed). *Journal of Applied Learning and Teaching*, 6(2):64–70.
- Tabolacci, C., Caruso, A., Micai, M., Galati, G., Lintas, C., Pisanu, M. E., e Scattoni, M. L. (2025). Biogenic amine metabolism and its genetic variations in autism spectrum disorder: A comprehensive overview. *Biomolecules*, 15(4):539.
- Tang, T. Y. (2016). Helping neuro-typical individuals to "read" the emotion of children with autism spectrum disorder: an internet-of-things approach. In *Proceedings of the the 15th international conference on interaction design and children*, pages 666–671.
- Ullah, F., AbuAli, N. A., Ullah, A., Ullah, R., Siddiqui, U. A., e Siddiqui, A. A. (2023). Fusion-based body-worn iot sensor platform for gesture recognition of autism spectrum disorder children. *Sensors*, 23(3):1672.
- Wang, K., Julier, S. J., e Cho, Y. (2022). Attention-based applications in extended reality to support autistic users: A systematic review. *IEEE Access*, 10:15574–15593.
- Widiantoro, A. D. (2023). Implementation of the user centered design (ucd) method for msme e-commerce. *SISFORMA*, 10(2).
- Yap, C. Y., Ng, K. H., Cheah, Y., Lim, S. Y., Price, J., e De Vries, M. (2019). App4autism: An integrated assistive technology with heart rate monitoring for children with autism. In *Advances in Visual Informatics: 6th International Visual Informatics Conference, IVIC 2019, Bangi, Malaysia, November 19–21, 2019, Proceedings* 6, pages 498–512. Springer.
- Zaina, L., Prates, R. O., Delabrida Silva, S. E., Choma, J., Valentim, N. M. C., Frigo, L. B., e Bicho, A. D. L. (2024). Grandihc-br 2025-2035-gc7: Interaction with emerging technologies: An ecosystem integrating humans technologies and contexts. In *Proceedings of the XXIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–21.
- Zhang, L., Guan, X., Xue, H., Liu, X., Zhang, B., Liu, S., e Ming, D. (2025). Sex-specific patterns in social visual attention among individuals with autistic traits. *BMC Psychiatry*, 25(1):440.