

Tecnologias Digitais para Reabilitação de Expressões Faciais no TEA: Uma Revisão Sistemática da Literatura

**Jéferson Carlos de Souza¹, Anderson Corrêa Lima¹, Amaury Castro Júnior¹,
Leandro Soares Guedes²**

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)
Campo Grande - MS - Brasil

²Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS)
Campo Grande - MS - Brasil

souza.jefersoncarlos@gmail.com,
{anderson.lima, amaury.junior}@ufms.br, leandro.guedes@ifms.edu.br

Abstract. *This Systematic Literature Review investigates digital technologies for facial expression rehabilitation in Autism Spectrum Disorder (ASD). Following PRISMA 2020, a search across four databases (2020-2025) yielded five eligible studies from 1,670 initial records. Findings indicate that current interventions—such as apps, VR, and serious games—primarily focus on emotion recognition, leaving facial production under-researched. Given the recurrent lack of rigorous validations, small sample sizes, and short follow-ups, future research must prioritize robust longitudinal protocols and automated metrics to effectively support non-verbal communication in ASD.*

Keywords— *Autism Spectrum Disorder, Facial Expressions, Digital Technologies, Systematic Literature Review*

Resumo. *Esta Revisão Sistemática da Literatura investiga tecnologias digitais para a reabilitação da expressão facial no Transtorno do Espectro Autista (TEA). Seguindo o PRISMA 2020, uma busca em quatro bases de dados (2020-2025) resultou em cinco estudos elegíveis a partir de 1.670 registros iniciais. Os achados indicam que as intervenções atuais — como aplicativos, RV e jogos sérios — focam principalmente no reconhecimento de emoções, deixando a produção facial subinvestigada. Dada a falta recorrente de validações rigorosas, amostras pequenas e acompanhamentos curtos, pesquisas futuras devem priorizar protocolos longitudinais robustos e métricas automatizadas para apoiar efetivamente a comunicação não verbal no TEA..*

Palavras-chave— *Transtorno do Espectro Autista, Expressões Faciais, Tecnologias Digitais, Revisão Sistemática da Literatura*

1. Introdução

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) caracteriza-se por prejuízos na comunicação social, dificuldades na expressão e no reconhecimento de emoções, bem como padrões de interação que impactam o desenvolvimento global da pessoa [American Psychiatric Association 2013]. Entre as dificuldades mais frequentemente relatadas, destacam-se limitações na compreensão e na produção de expressões faciais, elementos centrais da comunicação humana e da interação social. Estudos indicam que déficits na percepção e

na expressão de emoções comprometem habilidades sociais, aprendizagem escolar, autonomia e qualidade de vida de pessoas com TEA.

Nos últimos anos, soluções tecnológicas têm sido amplamente investigadas como ferramentas de apoio ao desenvolvimento socioemocional de pessoas com TEA. Aplicativos móveis, jogos sérios, ambientes de realidade virtual e sistemas baseados em visão computacional têm sido explorados no treinamento do reconhecimento emocional, na imitação de expressões faciais e no apoio à comunicação funcional, especialmente quando combinados com estratégias gamificadas, adaptativas e centradas no usuário [Lee et al. 2018; Banos et al. 2024]. Essas abordagens têm demonstrado potencial para ampliar o engajamento e favorecer a aprendizagem em contextos controlados e estruturados.

Apesar desses avanços, a literatura ainda apresenta lacunas importantes. Muitos estudos concentram-se predominantemente no reconhecimento de emoções ou em aspectos de usabilidade das ferramentas, sem avaliar de forma sistemática a reabilitação contínua da produção de expressões faciais. Além disso, permanecem escassos os sistemas empiricamente validados que integrem, de maneira consistente, técnicas de visão computacional em tempo real com tarefas motoras e cognitivas adaptadas a diferentes perfis do espectro, incluindo indivíduos não verbais ou de baixo funcionamento [McKinney et al. 2020; Radocaj and Martinovic 2025]. Essas limitações evidenciam a necessidade de tecnologias acessíveis, escaláveis e cientificamente avaliadas, bem como de protocolos de validação mais robustos.

Nesse contexto, torna-se relevante analisar de forma sistemática as evidências disponíveis na literatura sobre o uso de tecnologias digitais voltadas ao reconhecimento e à produção de expressões faciais em pessoas com TEA. A compreensão das abordagens tecnológicas empregadas, dos métodos de avaliação adotados e das lacunas metodológicas existentes pode contribuir para a consolidação do estado da arte e para o direcionamento de pesquisas futuras na área.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a Revisão Sistemática da Literatura, descrevendo o protocolo adotado, os critérios de seleção e a síntese dos estudos incluídos; as seções subsequentes discutem os resultados obtidos, as principais lacunas identificadas, as ameaças à validade e as considerações finais desta revisão.

2. Revisão Sistemática da Literatura

Nesta seção, apresenta-se uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) cujo foco é identificar e analisar como aplicações tecnológicas — em especial aplicativos móveis, jogos sérios e sistemas interativos — têm sido investigadas e validadas como ferramentas de apoio à reabilitação de expressões faciais e ao desenvolvimento de habilidades socioemocionais em pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA). O objetivo desta revisão consiste em compreender quais métodos, métricas, instrumentos, desenhos experimentais e estratégias de avaliação têm sido empregados na literatura para a validação científica dessas tecnologias.

A revisão foi conduzida com base nas diretrizes da declaração PRISMA 2020 [Page et al. 2021], reconhecida internacionalmente por estabelecer padrões rigorosos de transparência, rastreabilidade e qualidade metodológica no desenvolvimento de revisões sistemáticas. A adoção desse protocolo assegura que o processo de identificação,

triagem, seleção e análise dos estudos seja documentado de forma clara, completa e reprodutível, permitindo a replicação do procedimento e a avaliação crítica dos resultados obtidos.

A investigação foi estruturada de modo a responder às seguintes questões de pesquisa:

- **Questão de Pesquisa 1 (QP1):** Quais abordagens tecnológicas têm sido utilizadas para apoiar a reabilitação de expressões faciais (reconhecimento e produção) e o desenvolvimento de habilidades sociais em pessoas com TEA?
- **Questão de Pesquisa 2 (QP2):** Como as tecnologias digitais, especialmente os aplicativos móveis voltados à expressão facial no TEA, têm sido validadas e avaliadas cientificamente, considerando métodos, métricas, instrumentos, desenhos de estudo e processos de evolução das soluções propostas?

Até onde se tem conhecimento, não foram identificadas revisões sistemáticas que concentrem seu escopo especificamente na análise dos processos de validação empírica de tecnologias móveis voltadas à reabilitação da produção de expressões faciais em pessoas com TEA, embora existam estudos e revisões que abordem aspectos relacionados à usabilidade, jogos sérios, reconhecimento emocional, visão computacional e realidade virtual. Nesse sentido, a presente RSL contribui ao reunir e sistematizar evidências sobre procedimentos de validação, ao destacar lacunas metodológicas recorrentes e ao oferecer uma visão consolidada do estado da arte, fornecendo subsídios teóricos para o avanço de pesquisas futuras na área.

2.1. Metodologia da RSL

A Revisão Sistemática da Literatura foi conduzida seguindo as diretrizes da declaração PRISMA 2020 [Page et al. 2021], que orientaram todas as etapas do processo, incluindo a formulação das questões de pesquisa, a definição dos critérios de inclusão e exclusão, a elaboração da estratégia de busca e a síntese das evidências encontradas.

Para a extração de dados e avaliação da qualidade dos estudos, utilizou-se um formulário padronizado que considerou o rigor dos métodos de validação, a adequação da amostra e a clareza dos resultados apresentados. Todas as etapas da revisão, incluindo busca, triagem e leitura integral, foram conduzidas de forma independente por dois pesquisadores. As divergências pontuais na seleção dos trabalhos ou na extração dos dados foram solucionadas por meio de reuniões de consenso, garantindo o rigor analítico.

Critérios de Inclusão e Exclusão: Os critérios de elegibilidade foram definidos com o objetivo de assegurar que os estudos selecionados contribuíssem diretamente para os propósitos desta Revisão Sistemática da Literatura, especialmente no que se refere à validação de tecnologias digitais destinadas à reabilitação de expressões faciais e habilidades socioemocionais em pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Para tanto, foram considerados de forma integrada aspectos metodológicos, escopo temático das pesquisas e o período de publicação dos estudos.

Critérios de Inclusão (CI):

- **CI1:** Estudos que envolvessem participantes diagnosticados com Transtorno do Espectro Autista (TEA), independentemente da faixa etária.

- **CI2:** Pesquisas que apresentassem aplicativos móveis, jogos sérios ou sistemas interativos empregados como ferramentas de intervenção, treino ou suporte ao desenvolvimento socioemocional.
- **CI3:** Trabalhos que abordassem expressões faciais, reconhecimento de emoções ou aspectos relacionados à comunicação não verbal.
- **CI4:** Estudos que descrevessem algum tipo de validação, avaliação, análise de eficácia, usabilidade ou evidências de evolução e aprimoramento do sistema proposto.
- **CI5:** Publicações disponibilizadas entre os anos de 2020 e 2025, redigidas nos idiomas ingleses ou português. O ano de 2020 foi estabelecido como marco inicial por alinhar-se à publicação da atualização das diretrizes PRISMA e por representar um período de intensa digitalização e surgimento de novas soluções tecnológicas em saúde e educação, impulsionado pelo contexto pandêmico.

Crítérios de Exclusão (CE):

- **CE1:** Estudos que não abordassem expressões faciais, emoções ou comunicação não verbal, como pesquisas focadas exclusivamente em sono, atividade física ou parentalidade sem componente emocional facial.
- **CE2:** Trabalhos cujo foco estivesse restrito ao diagnóstico do TEA, sem envolver propostas de intervenção, reabilitação ou treinamento socioemocional.
- **CE3:** Pesquisas que envolvessem outras condições, transtornos ou deficiências não relacionadas ao Transtorno do Espectro Autista.
- **CE4:** Revisões narrativas, ensaios teóricos ou estudos conceituais sem protocolo sistemático explícito, como revisões sistemáticas, mapeamentos sistemáticos ou métodos equivalentes claramente descritos.
- **CE5:** Estudos duplicados, publicados fora do período delimitado ou que não disponibilizassem acesso ao texto completo para análise integral.

A aplicação sistemática desses critérios possibilitou a seleção de estudos diretamente relevantes para a compreensão do estado da arte sobre tecnologias voltadas à reabilitação de expressões faciais em pessoas com TEA, bem como dos métodos de validação empregados para avaliar sua eficácia, usabilidade e potencial de evolução.

Fases de Busca: O processo de busca foi conduzido entre os dias 26 de setembro e 02 de novembro de 2025, abrangendo quatro bibliotecas digitais amplamente reconhecidas nas áreas de Computação, Tecnologias Assistivas e Ciências da Saúde. As buscas foram realizadas nas bases ACM Digital Library, IEEE Xplore, PubMed e Scopus, selecionadas por sua relevância científica, abrangência multidisciplinar e capacidade de indexar estudos relacionados ao desenvolvimento, avaliação e validação de intervenções tecnológicas aplicadas ao Transtorno do Espectro Autista (TEA). A escolha dessas bases visou garantir a recuperação de publicações tanto do domínio computacional quanto da área da saúde, contemplando pesquisas que abordam desde aspectos técnicos de sistemas interativos até estudos de intervenção e avaliação clínica ou educacional. Essa etapa permitiu identificar um conjunto amplo de estudos

potencialmente relevantes, assegurando diversidade metodológica e cobertura adequada do estado da arte.

String de Busca: A construção da estratégia de busca foi orientada pelo método PICOC (Population, Intervention, Comparison, Outcomes, Context), amplamente adotado em revisões sistemáticas para estruturar questões de pesquisa e definir termos de busca de forma sistemática. Com base nos elementos centrais deste estudo, a população foi definida como pessoas com Transtorno do Espectro Autista, as intervenções envolveram aplicativos móveis e tecnologias interativas, e os resultados de interesse concentraram-se na reabilitação de expressões faciais, no reconhecimento emocional e nos processos de validação e avaliação dos sistemas. A partir desses elementos, foi elaborada uma string de busca capaz de capturar estudos relevantes nas bases selecionadas, contemplando sinônimos e variações terminológicas comumente utilizadas na literatura científica.

A string final utilizada nas buscas foi a seguinte:

(autism OR autistic OR “autism spectrum disorder” OR ASD OR “transtorno do espectro autista”) AND (“mobile application” OR “mobile app” OR smartphone OR mHealth OR “mobile technology”) AND (rehabilitation OR therapy OR training OR “facial expression” OR “emotion recognition” OR “social skills”) AND (validation OR evaluation OR assessment OR “usability testing” OR “user study” OR “system evaluation” OR evolution OR improvement OR enhancement)

Extração de Dados e Avaliação de Qualidade: Para garantir a confiabilidade da síntese, o processo de extração de dados foi conduzido com o auxílio de um formulário padronizado. As informações extraídas incluíram: (1) dados bibliográficos (autores, ano, local de publicação); (2) características metodológicas (desenho do estudo, tamanho e perfil da amostra); (3) detalhes da intervenção tecnológica (tipo de dispositivo, modelo de IA, ambiente interativo); e (4) principais resultados empíricos alcançados.

Em atendimento às boas práticas em Revisões Sistemáticas, os estudos selecionados foram submetidos a uma etapa de Avaliação de Qualidade (AQ). Para tanto, elaborou-se um questionário baseado em quatro critérios estruturais, avaliados de forma binária (sim/não) ou parcial:

- **AQ1** - Clareza Metodológica: O estudo descreve de forma clara e reprodutível o protocolo de validação utilizado?
- **AQ2** - Adequação Amostral: O tamanho da amostra e o perfil dos participantes (nível de suporte no TEA) são justificados e compatíveis com os objetivos do sistema?
- **AQ3** - Métricas Objetivas: A pesquisa utiliza métricas quantitativas e automatizadas para avaliar o progresso ou o desempenho do usuário durante o uso da tecnologia?
- **AQ4** - Validação Externa: Os achados tecnológicos são confrontados com instrumentos padronizados de avaliação clínica, psicológica ou educacional?

A aplicação desses critérios revelou que, de maneira geral, os estudos atendem satisfatoriamente aos critérios AQ1 e AQ2 dentro de suas limitações experimentais (estudos piloto e provas de conceito). No entanto, observou-se uma deficiência

sistêmica nos critérios AQ3 e AQ4, refletindo a carência de validações de longo prazo e a falta de integração entre os dados gerados pelos sistemas e as métricas clínicas tradicionais.

Essa estratégia de busca permitiu abranger estudos voltados não apenas aos aspectos tecnológicos das soluções propostas, mas também aos métodos de avaliação, métricas de desempenho, protocolos experimentais e abordagens de validação científica de sistemas destinados à reabilitação de expressões faciais e ao desenvolvimento socioemocional de pessoas com TEA.

Seleção e Coleta de Dados: A busca inicial resultou na identificação de 1.670 registros distribuídos entre as quatro bases de dados consultadas. Desse total, 190 registros foram removidos por se tratarem de publicações duplicadas. Os 1.480 estudos remanescentes foram submetidos à etapa de triagem de títulos e resumos, conduzida com base nos critérios de inclusão e exclusão previamente definidos para esta revisão, o que resultou na exclusão de 1.471 publicações que não atendiam aos objetivos e ao escopo do estudo.

Como resultado dessa etapa, nove artigos foram selecionados para leitura completa. A análise integral dos textos permitiu identificar que quatro desses estudos não apresentavam informações suficientes relacionadas à validação das tecnologias propostas, à intervenção direta sobre expressões faciais ou não se alinhavam adequadamente às questões de pesquisa estabelecidas. Dessa forma, o conjunto final incluído na Revisão Sistemática da Literatura foi composto por cinco estudos primários.

O fluxo completo do processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos foi organizado de acordo com o modelo PRISMA 2020 e é apresentado na Fig. 1, assegurando transparência, rastreabilidade e reprodutibilidade do procedimento adotado [Page et al. 2021].

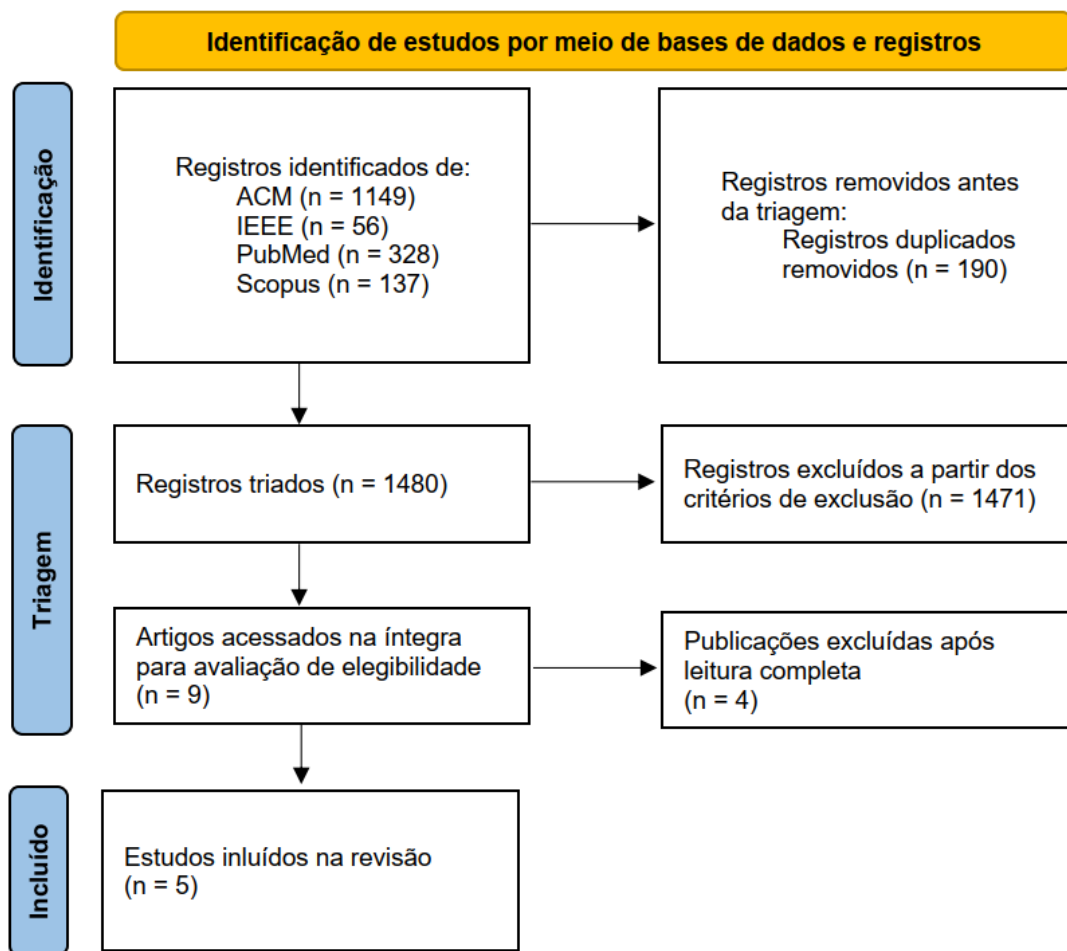


Fig. 1. Fluxo do processo de seleção de estudos conforme PRISMA 2020.

2.2. Resultados da RSL

A busca sistemática resultou em cinco estudos primários que atenderam aos critérios de inclusão estabelecidos, representando diferentes abordagens tecnológicas aplicadas ao desenvolvimento socioemocional de pessoas com TEA. A Tabela 1 sintetiza os principais elementos de cada trabalho. Em atendimento aos objetivos desta revisão e para promover uma síntese analítica, os resultados foram organizados a partir de quatro categorias principais: tecnologia empregada, público-alvo, método de avaliação e evidências de eficácia.

Tabela 1. Artigos selecionados na RSL.

Autor	Tecnologia	Público TEA	Foco do Sistema	Validação	Amostra
[McKinney et al. 2020]	Intervenção motora	Crianças não verbais	Comunicação e motricidade	Viabilidade (protocolo)	20
[Al-Saadi and Al-Thani 2023]	Revisão de aplicativos	NI	Reconhecimento emocional	Revisão sistemática	NI
[Junaidi et al. 2024]	Aplicativo Android	Estudantes TEA	Reconhecimento emocional	Pré/pós-teste	123
[Pontoh et al. 2024]	Serius Game + IA	Crianças TEA	Expressões faciais	Piloto	3
[Romadlon Junaidi et al. 2022]	Realidade Virtual	Baixo funcionamento	Comunicação social	Usabilidade	5

Tecnologia Empregada: A análise revela a adoção de diversas abordagens interativas, com destaque para aplicativos móveis e jogos sérios, evidenciando a preferência por ferramentas portáteis. Pontoh et al. [Pontoh et al. 2024] descrevem um jogo sério baseado em dispositivo móvel que utiliza o modelo de visão computacional MobileNet (treinado com o conjunto FER2013) para reconhecer expressões faciais das crianças e fornecer feedback em tempo real. Em paralelo, intervenções baseadas em Realidade Virtual (RV) foram investigadas por Romadlon Junaidi et al. [Romadlon Junaidi et al. 2022] como ambientes imersivos que favorecem a prática de situações comunicativas em contextos controlados. Além das soluções digitais diretas, protocolos motores estruturados via tablet, como o Point OutWords [McKinney et al. 2020], destacam-se pela integração lúdica do treino motor e representação simbólica.

Público-Alvo: Os estudos demonstram foco em diferentes perfis e níveis de suporte dentro do espectro autista. Enquanto Junaidi et al. [Junaidi et al. 2024] investigaram uma amostra ampla de estudantes com TEA em um contexto educacional voltado para a aprendizagem de categorias emocionais básicas, outras abordagens voltaram-se a necessidades mais complexas de suporte. McKinney et al. [McKinney et al. 2020] focaram especificamente em crianças não verbais ou minimamente verbais. Da mesma forma, Romadlon Junaidi et al. [Romadlon Junaidi et al. 2022] direcionaram seu ambiente de RV estritamente para o desenvolvimento de habilidades de comunicação em crianças diagnosticadas com TEA de baixo funcionamento.

Método de Avaliação e Evidências de Eficácia: O rigor metodológico e os tipos de validação variaram significativamente entre os trabalhos. McKinney et al. [McKinney et al. 2020] apresentam um ensaio clínico randomizado de viabilidade, utilizando medidas padronizadas aplicadas por cuidadores em ambiente domiciliar, configurando-se como uma referência em estruturação metodológica na área. Em contraste, os estudos envolvendo inteligência artificial [Pontoh et al. 2024] e RV [Romadlon Junaidi et al. 2022] limitaram-se a testes piloto e análises iniciais de usabilidade com amostras extremamente reduzidas (respectivamente, 3 e 5 participantes), o que dificulta a generalização das evidências de eficácia terapêutica. Junaidi et al. [Junaidi et al. 2024] adotaram protocolos de pré e pós-teste em sua intervenção, fornecendo indicadores quantitativos baseados em análise estatística do

desempenho, embora o estudo aproxime-se mais de uma intervenção educacional pontual do que de um acompanhamento longitudinal.

Neste contexto de avaliação da literatura, Al-Saadi e Al-Thani [Al-Saadi and Al-Thani 2023] realizaram uma revisão sistemática focada em aplicativos móveis destinados à identificação e expressão de emoções por crianças com TEA. É imperativo destacar que, enquanto o trabalho supracitado concentra-se primordialmente em aspectos de design de interface, formas de interação e no reconhecimento passivo de emoções, a presente RSL diferencia-se fundamentalmente ao focar especificamente nos métodos, métricas e protocolos de validação científica dessas ferramentas. Além disso, este estudo busca analisar de maneira conjunta as tecnologias voltadas especificamente para a produção ativa de expressões faciais, uma lacuna que ainda se mostra proeminente na literatura atual.

2.3. Discussão e Lacunas Identificadas

A análise conjunta dos estudos incluídos nesta Revisão Sistemática da Literatura evidencia que, embora haja avanços significativos e um interesse crescente no uso de tecnologias digitais aplicadas ao Transtorno do Espectro Autista [Lee et al. 2018; Banos et al. 2024; Al-Saadi and Al-Thani 2023], ainda persiste um distanciamento relevante entre o desenvolvimento dessas soluções e a realização de validações científicas metodologicamente robustas. A literatura apresenta uma diversidade de abordagens tecnológicas promissoras — englobando protocolos motores, aplicativos móveis, jogos sérios e ambientes de realidade virtual —, o que demonstra o potencial da área, mas também revela um cenário caracterizado por fragmentação metodológica e heterogeneidade nos processos de avaliação.

Do ponto de vista metodológico, a maioria dos trabalhos investigados apresenta limitações recorrentes, como ausência de acompanhamento longitudinal, baixa padronização de métricas e o predomínio de amostras pequenas ou de conveniência [Al-Saadi and Al-Thani 2023; Carvalho et al. 2024]. Em resposta a essa limitação amostral, é possível inferir que tais restrições decorrem de fatores inerentes ao próprio contexto da pesquisa assistiva e clínica. O recrutamento de participantes com TEA impõe desafios logísticos severos, demanda a conformidade com rigorosos protocolos éticos (incluindo o cuidado com a sobrecarga cognitiva e o consentimento de cuidadores) e esbarra na alta heterogeneidade clínica presente no espectro, o que dificulta a padronização de protocolos experimentais em larga escala. Consequentemente, muitos estudos acabam priorizando a viabilidade técnica e a experiência inicial de uso em detrimento de análises de eficácia terapêutica ou educacional em longo prazo.

Outro achado central desta revisão refere-se ao foco das intervenções. Observa-se uma predominância de estudos concentrados exclusivamente na tarefa de reconhecimento de emoções ou categorização de expressões alheias [Junaidi et al. 2024; Al-Saadi and Al-Thani 2023]. A produção ativa de expressões faciais — habilidade motora e cognitiva crucial para a comunicação não verbal — permanece consideravelmente menos explorada [Radočaj and Martinović 2025; Farashi 2022]. Trabalhos que abordam a produção facial de forma direta, como o de Pontoh et al. [Pontoh et al. 2024], ainda se baseiam em amostras demasiadamente reduzidas (estudos piloto). Em contrapartida, intervenções mais estruturadas voltadas para habilidades motoras e comunicativas, como a descrita por McKinney et al. [McKinney et al. 2020],

carecem de implementação em plataformas móveis de amplo acesso, restringindo a escalabilidade.

Adicionalmente, constata-se que o uso de métricas automatizadas como instrumento de validação clínica ainda é incipiente. Embora alguns sistemas registrem informações de interação, como erros, acertos e tempo de resposta, a utilização sistemática e contínua desses dados como indicadores de progresso longitudinal é pouco detalhada nos relatos de pesquisa [Deveau et al. 2022; Rezayi et al. 2023]. São raros os estudos que integram de maneira coesa as medidas objetivas de desempenho registradas pelo sistema com instrumentos padronizados de avaliação psicológica ou psicopedagógica externa.

Em síntese, o campo encontra-se em expansão, mas essas lacunas evidenciam a necessidade premente de abordagens que combinem: (1) desenhos metodológicos mais rigorosos, com etapas claras de pré e pós-teste em amostras representativas; (2) uso consistente de métricas de evolução registradas automaticamente pelas ferramentas; e (3) um foco explícito não apenas no reconhecimento, mas na reabilitação da produção ativa de expressões faciais. Esse aprofundamento é essencial para fortalecer a base empírica das tecnologias digitais aplicadas ao TEA e orientar o desenvolvimento de futuras soluções assistivas.

2.4. Ameaças à Validade

Esta Revisão Sistemática da Literatura está sujeita a algumas ameaças à validade que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A primeira refere-se ao recorte temporal adotado (2020–2025), definido para contemplar estudos recentes e alinhados ao estado da arte, o que pode ter levado à exclusão de trabalhos relevantes publicados fora desse intervalo ou após o período de busca.

Para mitigar os vieses de seleção e interpretação comuns em revisões bibliográficas, o processo de triagem e análise dos estudos foi conduzido por dois pesquisadores de forma independente, seguindo rigorosamente os critérios explícitos e o protocolo PRISMA. Contudo, eventuais vieses inerentes à interpretação humana durante a extração qualitativa dos dados e a categorização tecnológica das soluções não podem ser totalmente descartados.

Por fim, as bases de dados consultadas, apesar de amplamente reconhecidas nas áreas de computação e saúde, não cobrem integralmente toda a produção científica disponível. A inclusão de outras fontes poderia ampliar o conjunto de estudos identificados e enriquecer os achados da revisão.

2.5. Considerações Finais da RSL

Diante desse cenário, as evidências reforçam a necessidade de estudos de validação mais estruturados e metodologicamente rigorosos no campo das tecnologias aplicadas ao TEA. É exatamente para preencher essa lacuna científica e tecnológica que se justifica a proposta e o desenvolvimento futuro do *GrimCoach*.

Concebido a partir dos achados desta revisão, o *GrimCoach* visa atuar não apenas como uma ferramenta passiva de identificação, mas como um sistema móvel interativo focado na reabilitação da *produção* ativa de expressões faciais. Para superar as deficiências apontadas na literatura, sua arquitetura conceitual prevê a integração de processamento de visão computacional em tempo real embarcado no dispositivo

(minimizando latência), mecânicas de gamificação adaptadas para evitar sobrecarga sensorial e, criticamente, um módulo de *learning analytics*. Esse módulo permitirá a coleta automatizada de métricas longitudinais de desempenho, garantindo que profissionais de saúde e cuidadores possuam dados empíricos sólidos para acompanhar a evolução do usuário.

Dessa forma, espera-se que os futuros trabalhos envolvendo o *GrimCoach* contribuam para o avanço teórico e prático da área, oferecendo um protocolo de validação replicável e evidências empíricas sobre a aplicabilidade de tecnologias móveis no apoio à comunicação não verbal de forma consistente, escalável e cientificamente embasada.

References

- Al-Saadi, A. M., and D. Al-Thani. 2023. "Mobile Application to Identify and Recognize Emotions for Children with Autism: A Systematic Review." *Frontiers in Child and Adolescent Psychiatry* 2 (March): 1118665. <https://doi.org/10.3389/frcha.2023.1118665>.
- American Psychiatric Association. 2013. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-5*. 5th ed. American Psychiatric Publishing.
- Banos, Oresti, Zhoe Comas-González, Javier Medina, et al. 2024. "Sensing Technologies and Machine Learning Methods for Emotion Recognition in Autism: Systematic Review." *International Journal of Medical Informatics* 187: 105469. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2024.105469>.
- Carvalho, Ana Paula de, Camila Santana Braz, and Raquel Oliveira Prates. 2024. "An Analysis of the Evaluation Methods Being Applied to Serious Games for Autistic Children." *Journal on Interactive Systems* 15 (1): 55–78. <https://doi.org/10.5753/jis.2024.3288>.
- Nicholas Deveau, Peter Washington, Emilie Leblanc, Arman Husic, Kaitlyn Dunlap, Yordan Penev, Aaron Kline, Onur Cezmi Mutlu, Dennis P. Wall. 2022. "Machine Learning Models Using Mobile Game Play Accurately Classify Children with Autism." *Intelligence-Based Medicine* 6: 100057. <https://doi.org/10.1016/j.ibmed.2022.100057>.
- Farashi S, Bashirian S, Jenabi E, Razjouyan K. 2022. "Virtual Reality and Computerized Training Programs to Improve Emotion Recognition in Autism." *Frontiers in Psychology*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10916911/>.
- Junaidi, Ahsan Romadlon, Muchamad Irvan, Muhammad Nurrohman Jauhari, and Joko Yuwono. 2024. "Leveraging Smartphone Applications for Emotional Recognition Education in Students with Autism Spectrum Disorder." 2024 10th International Conference on Education and Technology (ICET), 48–51. <https://doi.org/10.1109/ICET64717.2024.10778455>.
- Lee, Clara, Stephen Lam, Sally Tsang, Cheong Yuen, and Carmen Ng. 2018. "The Effectiveness of Technology-Based Intervention in Improving Emotion Recognition Through Facial Expression in People with Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review." *Review Journal of Autism and Developmental Disorders* 5 (June). <https://doi.org/10.1007/s40489-017-0125-1>.

- McKinney, A., Hotson, K. L., Rybicki, A., Weisblatt, E. J. L., Días, C., Foster, J., Villar, S. S., Murphy, S., & Belmonte, M. K. 2020 "Point OutWords: Protocol for a Feasibility Randomised Controlled Trial of a Motor Skills Intervention to Promote Communicative Development in Non-Verbal Children with Autism." *Trials* 21 (1): 109. <https://doi.org/10.1186/s13063-019-3931-1>.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. 2021. "The PRISMA 2020 Statement: An Updated Guideline for Reporting Systematic Reviews." *BMJ* 372. <https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71>.
- Pontoh, Sarah Hanifah, Rizka Wakhidatus Sholikah, Hatma Suryotrisongko, and Chatherine R. Alimboyong. 2024. "Mobile-Based Serious Game for Learning Facial Expression Recognition in Children with Autism Spectrum Disorder Using MobileNet Model." 2024 International Conference on Computer Engineering, Network, and Intelligent Multimedia (CENIM), 1–6. <https://doi.org/10.1109/CENIM64038.2024.10882714>.
- Radočaj, Petra, and Goran Martinović. 2025. "Emotion Recognition in Autistic Children Through Facial Expressions Using Advanced Deep Learning Architectures." *Applied Sciences* 15 (17). <https://doi.org/10.3390/app15179555>.
- Rezayi, Sorayya, Mehdi Tehrani-Doost, and Leila Shahmoradi. 2023. "Features and Effects of Computer-Based Games on Cognitive Impairments in Children with Autism Spectrum Disorder: An Evidence-Based Systematic Literature Review." *BMC Psychiatry* 23 (1): 44. <https://doi.org/10.1186/s12888-022-04501-1>.
- Romadlon Junaidi, A., Irvan, M., Yuwono, J., Arif Dewantoro, D., Alamsyah, Y. and Wagis Mulyawati, N. (2022) "Usability Testing of Developed Virtual Reality Environment to Enhance Communication Skills for Children with Low Functioning Autism Spectrum Disorder", In: 2022 2nd International Conference on Information Technology and Education (ICIT&E), Malang, Indonesia, p. 339-346. DOI: 10.1109/ICITE54466.2022.9759890.