REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA PLATAFORMA ROBÓTICA RESPONSIVA BASEADA EM VISÃO COMPUTACIONAL PARA ESTUDANTES COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA (TEA)

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A RESPONSIVE COMPUTER-VISION-BASED ROBOTIC PLATFORM FOR STUDENTS WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER (ASD)

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA ROBÓTICA RESPONSIVA BASADA EN VISIÓN POR COMPUTADOR PARA ESTUDIANTES CON TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA (TEA)

Messias Ramos Bispo Leite
Mestre em Modelagem Computacional e Sistemas, Unimontes, Brasil
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-1983-3535
E-mail: m3ssiasleite@gmail.com

Marcel Veloso Campos
Professor Doutor, Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0581-7314
E-mail: marcel.veloso@unimontes.br

Maurílio José Inácio
Professor Doutor, Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0744-0845
E-mail: maurilio.inacio@unimontes.br

Nilton Alves Maia
Professor Doutor, Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2023-2453
E-mail: nilton.maia@unimontes.br

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

RESUMO

Este estudo apresenta o desenvolvimento e a implementação de uma plataforma robótica educacional responsiva baseada em visão computacional, destinada ao apoio de práticas pedagógicas com estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA). A pesquisa foi aplicada, exploratória e descritiva, com intervenção pedagógica em grupo único organizada em três etapas sequenciais: linha de base com atividades não mediadas por robótica, utilização de kits robóticos convencionais e aplicação da plataforma responsiva. Na primeira etapa participaram 10 estudantes com TEA, com idades entre 6 e 8 anos; nas etapas posteriores, quatro novos estudantes foram incorporados, totalizando 14 participantes. A avaliação considerou Comunicação e Linguagem, Interação Social, Habilidades Motoras, Autocontrole Emocional e Participação nas Atividades, por meio de rubricas institucionais consolidadas pela equipe pedagógica e complementadas por observações contextuais. Os resultados foram apresentados por frequências absolutas e relativas, com ênfase na proporção de estudantes classificados no nível “Ótimo”. Foram observadas diferenças descritivas entre as etapas em algumas dimensões avaliadas. Entretanto, a alteração da composição da amostra, a ausência de grupo controle, o reduzido número de participantes, a inexistência de cegamento e a utilização de registros institucionais limitam a comparabilidade e impedem inferências causais. A experiência documenta a viabilidade de utilização da plataforma como recurso complementar em práticas pedagógicas inclusivas e fornece subsídios para estudos futuros com delineamentos mais controlados.

Palavras-chave: Robótica Educacional; Inteligência Artificial; Transtorno do Espectro Autista; Educação Inclusiva; Visão Computacional.

ABSTRACT

This study presents the development and implementation of a responsive computer-vision-based educational robotic platform designed to support pedagogical practices with students with Autism Spectrum Disorder (ASD). The research was applied, exploratory, and descriptive, involving a single-group pedagogical intervention organized into three sequential stages: a baseline with activities not mediated by robotics, the use of conventional educational robotics kits, and the application of the responsive platform. Ten students with ASD, aged 6 to 8 years, participated in the first stage; four additional students were included in the subsequent stages, resulting in 14 participants. The assessment addressed Communication and Language, Social Interaction, Motor Skills, Emotional Self-Regulation, and Participation in Activities through institutional rubrics consolidated by the school

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

pedagogical team and complemented by contextual observations. Results were presented as absolute and relative frequencies, with emphasis on the proportion of students classified at the "Excellent" level. Descriptive differences were observed across stages in some assessed domains. However, the change in sample composition, the absence of a control group, the small number of participants, the lack of blinding, and the use of institutional records limit comparability and preclude causal inference. The experience documents the feasibility of using the platform as a complementary resource in inclusive pedagogical practices and provides directions for future studies using more controlled designs.

Keywords: Educational Robotics; Artificial Intelligence; Autism Spectrum Disorder; Inclusive Education; Computer Vision.

RESUMEN

Este estudio presenta el desarrollo y la implementación de una plataforma de robótica educativa responsiva basada en visión por computadora, destinada al apoyo de prácticas pedagógicas con estudiantes diagnosticados con Trastorno del Espectro Autista (TEA). La investigación fue de carácter aplicado, exploratorio y descriptivo, con una intervención pedagógica de grupo único organizada en tres etapas secuenciales: línea de base con actividades no mediadas por robótica, utilización de kits de robótica educativa convencionales e implementación de la plataforma responsiva. En la primera etapa participaron 10 estudiantes con TEA, con edades entre 6 y 8 años; en las etapas posteriores se incorporaron cuatro nuevos estudiantes, totalizando 14 participantes. La evaluación consideró Comunicación y Lenguaje, Interacción Social, Habilidades Motoras, Autorregulación Emocional y Participación en las Actividades, mediante rúbricas institucionales consolidadas por el equipo pedagógico y complementadas con observaciones contextuales. Los resultados se presentaron mediante frecuencias absolutas y relativas, con énfasis en la proporción de estudiantes clasificados en el nivel "Óptimo". Se observaron diferencias descriptivas entre las etapas en algunas de las dimensiones evaluadas. Sin embargo, los cambios en la composición de la muestra, la ausencia de grupo de control, el reducido número de participantes, la inexistencia de procedimientos de cegamiento y el uso de registros institucionales limitan la comparabilidad e impiden realizar inferencias causales. La experiencia documenta la viabilidad del uso de la plataforma como recurso complementario en prácticas pedagógicas inclusivas y aporta elementos para futuros estudios con diseños metodológicos más controlados.

Palabras clave: robótica educativa; trastorno del espectro autista; visión por computadora; educación inclusiva; tecnología asistiva.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

1. INTRODUÇÃO

A inclusão de estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA) nas escolas brasileiras ainda enfrenta desafios relacionados à promoção da participação e da aprendizagem em ambientes educacionais inclusivos. Embora as políticas públicas tenham ampliado o acesso desses estudantes ao ensino regular, persistem barreiras pedagógicas e estruturais que dificultam o atendimento às suas necessidades específicas. Nesse contexto, tecnologias educacionais, como a robótica educacional associada à visão computacional e à inteligência artificial, têm sido investigadas como recursos capazes de ampliar possibilidades de mediação pedagógica e personalização do ensino (Ferreira & Chamel, 2022).

Apesar do crescimento das pesquisas sobre robótica educacional e tecnologias assistivas, permanecem limitados os estudos que documentam, em contexto escolar real, o desenvolvimento e a utilização de plataformas educacionais responsivas que integrem sistemas embarcados, visão computacional e respostas robóticas. Também são necessárias descrições mais transparentes dos procedimentos pedagógicos, dos instrumentos de acompanhamento e das limitações metodológicas dessas aplicações (Silva et al., 2020; Lopes et al., 2015; França et al., 2024).

Este estudo teve como objetivo desenvolver e implementar uma plataforma robótica educacional responsiva baseada em visão computacional e descrever, de forma exploratória, as mudanças observadas nos indicadores de Comunicação e Linguagem, Interação Social, Habilidades Motoras, Autocontrole Emocional e Participação nas Atividades ao longo de três etapas sequenciais de intervenção pedagógica. Os resultados são apresentados de forma descritiva e não permitem estabelecer relações causais entre a plataforma e as mudanças observadas.

Além desta introdução, o artigo apresenta a revisão da literatura, a metodologia, os resultados e a discussão, as limitações do estudo, as considerações finais e as referências.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

2. REVISÃO DA LITERATURA

Apesar dos avanços nas políticas públicas de educação inclusiva e da ampliação das pesquisas sobre o uso de tecnologias educacionais voltadas aos estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA), persistem desafios relacionados à adequação das práticas pedagógicas e à formação de profissionais para atender às necessidades desses estudantes. Nesse contexto, recursos tecnológicos têm sido investigados como abordagens potencialmente úteis para favorecer a participação e a aprendizagem em ambientes educacionais inclusivos (Lima et al., 2024). Entre essas tecnologias, a robótica educacional associada à visão computacional e à inteligência artificial destaca-se como uma abordagem promissora para ampliar as possibilidades de interação durante as atividades pedagógicas (Santos et al., 2021).

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) caracteriza-se por alterações persistentes na comunicação e na interação social, além de padrões restritos e repetitivos de comportamento, manifestando-se em diferentes níveis de suporte (American Psychiatric Association, 2013). Essas características influenciam diretamente o processo de aprendizagem, exigindo estratégias pedagógicas que considerem as necessidades individuais dos estudantes e favoreçam sua participação no ambiente escolar. No contexto da educação inclusiva, a escola desempenha papel fundamental na promoção do acesso, da permanência e da aprendizagem desses estudantes, demandando práticas pedagógicas planejadas, recursos acessíveis e metodologias que estimulem a comunicação, a interação social e a autonomia (Kassar, 2018).

A robótica educacional constitui uma abordagem fundamentada nos princípios construcionistas propostos por Papert (2008), favorecendo a aprendizagem por meio da experimentação, da resolução de problemas e da interação com artefatos tecnológicos. Estudos apontam que sua utilização pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, motoras e socioemocionais em contextos educacionais inclusivos (Alimisis, 2013). No caso de estudantes com TEA, ambientes mediados por recursos robóticos podem favorecer

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

a previsibilidade das interações, estimular a comunicação e ampliar a participação em atividades coletivas (Lopes et al., 2015).

Revisões iniciais sobre robôs socialmente interativos, como a de Fong et al. (2003), contribuíram para sistematizar características, aplicações e desafios desses sistemas, incluindo possibilidades de interação em contextos educacionais e de pesquisa. Posteriormente, estudos com robôs sociais, como o Zeno (Goryagin et al., 2016), ampliaram as investigações sobre o uso dessas tecnologias com estudantes com TEA. Entretanto, essas pesquisas concentram-se predominantemente em robôs sociais dedicados e, em muitos casos, foram conduzidas em ambientes experimentais controlados, com menor ênfase na integração entre plataformas educacionais, sistemas embarcados, visão computacional e inteligência artificial em atividades desenvolvidas no contexto escolar.

Os avanços da inteligência artificial e da visão computacional ampliaram as possibilidades de utilização de tecnologias inteligentes na educação. No contexto da robótica educacional, a visão computacional possibilita o reconhecimento de gestos, movimentos e outras formas de comunicação não verbal, permitindo que sistemas robóticos executem respostas previamente programadas durante as atividades pedagógicas. Essas tecnologias podem favorecer ambientes de aprendizagem mais interativos e apoiar práticas pedagógicas voltadas às necessidades dos estudantes (Santos, Silva & Almeida, 2021).

Na plataforma desenvolvida neste estudo, foram utilizadas peças com contraste visual para facilitar a distinção dos componentes da estrutura e aumentar sua saliência perceptiva durante as atividades.

Diante desse cenário, o presente estudo concentra-se na documentação do desenvolvimento e da utilização de uma plataforma robótica responsiva em contexto escolar, bem como na apresentação descritiva de registros pedagógicos produzidos ao longo das etapas de implementação.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

3. METODOLOGIA

3.1 Deliamento da pesquisa

Trata-se de uma pesquisa aplicada, exploratória e descritiva, caracterizada como uma intervenção pedagógica com grupo único, desenvolvida em contexto escolar. O estudo foi organizado em três etapas sequenciais: (i) linha de base com atividades pedagógicas não mediadas por robótica; (ii) atividades com kits de robótica educacional convencionais; e (iii) atividades com uma plataforma robótica responsiva baseada em visão computacional. Não houve grupo controle, randomização, cegamento ou contrabalançamento. A composição da amostra também se modificou entre as etapas, pois quatro estudantes ingressaram posteriormente. Assim, as comparações foram realizadas exclusivamente de forma descritiva e não representam avaliação causal da plataforma nem acompanhamento longitudinal da mesma coorte em todas as etapas.

3.2 Contexto e participantes da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida em um colégio da rede privada localizado no município de Montes Claros, Minas Gerais, durante as aulas regulares de Robótica Educacional. As atividades ocorreram ao longo de dois anos letivos consecutivos, com encontros semanais de aproximadamente 50 minutos de duração. O ambiente pedagógico foi organizado de forma a favorecer a previsibilidade das ações, reduzir estímulos distratores excessivos e proporcionar condições adequadas para a participação dos estudantes. O espaço utilizado contemplava áreas destinadas à realização das atividades pedagógicas, à montagem dos kits robóticos e à interação com a plataforma baseada em visão computacional. Essa organização foi mantida de forma padronizada durante todas as etapas da pesquisa, buscando minimizar a interferência de fatores externos sobre as atividades desenvolvidas.

Participaram da pesquisa estudantes regularmente matriculados nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental com diagnóstico prévio de Transtorno do Espectro

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

Autista (TEA). Na primeira etapa participaram 10 estudantes com idades entre 6 e 8 anos. No segundo ano da pesquisa foram incorporados quatro novos estudantes, totalizando 14 participantes nas etapas subsequentes.

O diagnóstico de Transtorno do Espectro Autista (TEA) foi obtido a partir dos registros institucionais da escola, fundamentados nos laudos médicos apresentados pelos responsáveis no ato da matrícula. Os professores tiveram acesso apenas às informações relacionadas ao diagnóstico e às necessidades educacionais dos estudantes, não sendo disponibilizados os laudos médicos completos.

Considerando a heterogeneidade característica do Transtorno do Espectro Autista, buscou-se caracterizar os participantes quanto à idade, ano escolar, nível de suporte e perfil de comunicação verbal. Essas informações permitem contextualizar o perfil do grupo investigado e subsidiar a interpretação dos resultados apresentados nas seções subsequentes.

A Tabela 1 apresenta a caracterização dos participantes da pesquisa quanto à idade, ano escolar, nível de suporte para o TEA, perfil de comunicação verbal e etapas de participação no estudo.

Tabela 1 – Caracterização dos participantes da pesquisa

Participante	Idade	Ano escolar	Nível de suporte TEA	Comunicação verbal	Participação nas etapas
P01	6	1º	1	Verbal	1, 2 e 3
P02	6	1º	1	Verbal	1, 2 e 3
P03	6	1º	1	Verbal	1, 2 e 3
P04	6	1º	1	Verbal	1, 2 e 3
P05	6	1º	1	Verbal	1, 2 e 3
P06	6	1º	1	Verbal	1, 2 e 3
P07	7	1º	1	Parcialmente verbal	1, 2 e 3
P08	7	1º	2	Parcialmente	1, 2 e 3

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

				verbal	
P09	7	1º	2	Parcialmente verbal	1, 2 e 3
P10	7	1º	2	Verbal	1, 2 e 3
P11	7	1º	1	Verbal	2 e 3
P12	7	1º	1	Verbal	2 e 3
P13	7	1º	1	Verbal	2 e 3
P14	8	1º	3	Parcialmente verbal	2 e 3

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Nota. O nível de suporte TEA foi obtido a partir dos registros institucionais apresentados pelos responsáveis. Os participantes P01 a P10 compuseram a coorte inicial e participaram das Etapas 1, 2 e 3; os participantes P11 a P14 ingressaram posteriormente e participaram apenas das Etapas 2 e 3.

3.3 Procedimentos da intervenção

O delineamento metodológico foi organizado em três etapas sequenciais, caracterizadas por diferentes níveis de incorporação tecnológica. As atividades foram desenvolvidas ao longo de dois anos letivos consecutivos, durante as aulas regulares de Robótica Educacional e, na etapa de implementação da plataforma responsiva, também em sessões complementares destinadas aos participantes da pesquisa.

Na primeira etapa, correspondente à linha de base da pesquisa, os estudantes participaram de atividades pedagógicas sem a utilização de recursos robóticos. Foram desenvolvidas atividades envolvendo identificação de cores, formas geométricas, associação de imagens, reconhecimento de objetos e exercícios de memorização. Essa etapa teve como finalidade fornecer parâmetros iniciais para o acompanhamento dos indicadores avaliados ao longo da pesquisa.

Na segunda etapa, foram utilizados os kits LEGO Classic 10698, LEGO Construindo Emoções e LEGO Spike Essential. As atividades incluíram construção livre, montagem guiada, reconhecimento de emoções, resolução de desafios colaborativos e exploração de conceitos introdutórios de programação e

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

automação. As propostas foram desenvolvidas individualmente e em pequenos grupos, favorecendo a comunicação, a interação social e o trabalho colaborativo.

Na terceira etapa, os estudantes passaram a interagir com uma plataforma robótica responsiva desenvolvida especificamente para esta pesquisa. O sistema integrou recursos de visão computacional, inteligência artificial e automação robótica, possibilitando o reconhecimento de gestos realizados pelos participantes por meio de uma câmera digital. Os gestos identificados eram processados pelo sistema e convertidos em respostas previamente programadas executadas pelo robô. As atividades foram planejadas para estimular a comunicação não verbal, a atenção compartilhada, a participação ativa, o engajamento e a interação social.

Além das aulas regulares de Robótica Educacional, realizadas com toda a turma, os estudantes participantes da pesquisa foram acompanhados em sessões complementares desenvolvidas especificamente para a investigação. Essas atividades ocorreram duas vezes por semana, com duração aproximada de 50 minutos por encontro, e tiveram como objetivo possibilitar a interação dos participantes com a plataforma robótica responsiva e a realização das atividades previstas no protocolo da pesquisa. Embora os demais estudantes da turma também participassem das aulas regulares de robótica, apenas os participantes selecionados para o estudo tiveram seus dados registrados e analisados.

Os objetivos pedagógicos foram mantidos equivalentes ao longo das três etapas, sendo modificados apenas os recursos tecnológicos empregados em cada contexto. Essa estratégia permitiu o acompanhamento dos participantes em diferentes contextos pedagógicos ao longo do período investigado.

O pesquisador principal atuava simultaneamente como professor de Robótica Educacional dos participantes. Embora essa condição tenha favorecido o acompanhamento contínuo das atividades e a implementação da intervenção pedagógica, também representa potencial fonte de viés observacional. Para minimizar essa influência, as análises foram fundamentadas prioritariamente nas rubricas institucionais e nos registros pedagógicos produzidos coletivamente pela equipe educacional da escola, e não exclusivamente nos registros do pesquisador.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

3.4 Critérios Avaliativos

A avaliação dos participantes foi realizada por meio de rubricas institucionais utilizadas regularmente pela escola para o acompanhamento pedagógico dos estudantes. As rubricas contemplavam cinco dimensões consideradas relevantes para o acompanhamento do desenvolvimento dos estudantes: Comunicação e Linguagem, Interação Social, Habilidades Motoras, Autocontrole Emocional e Participação nas Atividades. Cada dimensão era classificada em quatro níveis de desempenho (Insuficiente, Regular, Bom e Ótimo), conforme os critérios apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Rubrica avaliativa utilizada para classificação dos estudantes nas cinco dimensões analisadas.

Critério avaliativo	Insuficiente	Regular	Bom	Ótimo
Comunicação e Linguagem	Não consegue se expressar ou apresenta comunicação verbal ou não verbal muito limitada.	Responde apenas mediante solicitação e apoio frequentes.	Comunica-se em situações conhecidas com apoio ocasional.	Comunica-se espontaneamente, iniciando ou mantendo interações verbais ou não verbais adequadas ao contexto.
Interação Social	Evita interações ou participa raramente de atividades coletivas.	Interage apenas quando solicitado e com apoio frequente.	Participa de atividades em grupo com apoio moderado.	Interage espontaneamente com colegas e professores, de modo compatível com a atividade.
Habilidades Motoras	Apresenta dificuldade significativa para manipular materiais e executar as	Executa atividades simples com auxílio frequente.	Manipula materiais e executa tarefas com relativa autonomia.	Demonstra domínio das habilidades motoras exigidas pela atividade.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

Critério avaliativo	Insuficiente	Regular	Bom	Ótimo
	tarefas propostas.			
Autocontrole Emocional	Apresenta dificuldades frequentes de regulação durante as atividades.	Necessita de intervenção constante para permanecer regulado.	Demonstra regulação na maioria das situações, com apoio ocasional.	Regula as emoções de forma autônoma ou com apoio mínimo, compatível com a situação.
Participação nas Atividades	Não inicia ou não permanece nas atividades, mesmo com apoio frequente.	Participa por períodos breves e necessita de solicitações ou apoio constante.	Participa da maior parte da atividade com apoio ocasional.	Envolve-se e permanece na atividade de forma espontânea, com autonomia compatível com a proposta.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A rubrica apresentada na Tabela 2 corresponde a um instrumento institucional utilizado pela escola para o acompanhamento pedagógico dos estudantes. O instrumento não foi desenvolvido para fins de pesquisa nem possui evidências formais de validação psicométrica, sendo utilizado neste estudo como fonte de dados educacionais produzidos no contexto escolar.

Os registros que subsidiavam as rubricas eram realizados continuamente pelos professores durante o desenvolvimento das atividades escolares e posteriormente discutidos nos Conselhos de Classe da instituição. Os registros utilizados para preenchimento das rubricas eram realizados individualmente pelos professores responsáveis pelas diferentes disciplinas ao longo do período letivo. Posteriormente, essas avaliações eram discutidas durante os Conselhos de Classe da instituição, nos quais os professores apresentavam e analisavam coletivamente seus registros sobre cada estudante.

Durante esse processo, as classificações inicialmente atribuídas poderiam ser mantidas ou ajustadas com base nas discussões realizadas pela equipe pedagógica, buscando construir uma avaliação mais abrangente do desenvolvimento e da participação dos estudantes. Após a consolidação das

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

rubricas, os resultados eram compartilhados com a equipe gestora, psicólogas escolares e profissionais do Atendimento Educacional Especializado (AEE), sendo utilizados como subsídio para a elaboração e atualização dos Planos de Desenvolvimento Individual (PDI).

As classificações analisadas nesta pesquisa foram obtidas a partir desses registros institucionais consolidados. Não foram realizados cálculos formais de concordância entre avaliadores, uma vez que as classificações finais resultavam de um processo coletivo de discussão pedagógica. Essa característica constitui uma limitação metodológica do estudo e deve ser considerada na interpretação dos resultados.

Com o objetivo de sintetizar as informações obtidas nas rubricas institucionais, elaborou-se uma distribuição das classificações observadas nas cinco dimensões avaliadas ao longo das três etapas da intervenção. Essa organização possibilitou identificar a frequência de participantes em cada nível de desempenho, preservando o caráter descritivo da análise.

3.5 Aspecto Ético

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Montes Claros (CEP/Unimontes), sob o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) nº 79900324.0.1001.5146. Posteriormente, foi aprovada uma emenda ao projeto de pesquisa, redefinindo os procedimentos de coleta de dados inicialmente previstos. A emenda substituiu a realização de entrevistas pela utilização de rubricas institucionais e observações diretas das atividades pedagógicas desenvolvidas durante a intervenção.

As rubricas analisadas já integravam os procedimentos regulares de acompanhamento pedagógico da instituição e eram utilizadas pelos professores para avaliação dos estudantes, sendo posteriormente discutidas em Conselhos de Classe e empregadas pela equipe pedagógica, psicólogas escolares e profissionais do Atendimento Educacional Especializado (AEE) na elaboração e atualização dos Planos de Desenvolvimento Individual (PDI). Os dados utilizados nesta pesquisa

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

foram obtidos exclusivamente a partir desses registros institucionais e das observações realizadas durante as atividades pedagógicas, conforme previsto no protocolo aprovado pelo Comitê de Ética e em sua respectiva emenda.

3.6 Desenvolvimento da Plataforma

O desenvolvimento da plataforma robótica educacional responsiva seguiu uma abordagem estruturada, contemplando desde a configuração do ambiente computacional até a integração entre visão computacional, inteligência artificial e robótica educacional. O objetivo foi desenvolver uma plataforma capaz de responder a gestos previamente definidos dos estudantes em tempo real, constituindo um recurso de apoio às práticas pedagógicas inclusivas desenvolvidas com estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA).A plataforma foi implementada utilizando um computador embarcado Raspberry Pi 4, uma câmera digital para captura das imagens e a placa Build HAT para comunicação com os componentes robóticos do kit LEGO Spike Essential. O ambiente de desenvolvimento foi configurado com o sistema operacional Raspberry Pi OS e a linguagem de programação Python.

Para o processamento das imagens foram utilizadas as bibliotecas OpenCV, TensorFlow, NumPy e SciPy. O OpenCV foi empregado para aquisição e pré-processamento das imagens capturadas pela câmera, enquanto o TensorFlow foi utilizado para execução dos modelos de reconhecimento visual. As bibliotecas NumPy e SciPy forneceram suporte às operações matemáticas necessárias ao processamento dos dados.

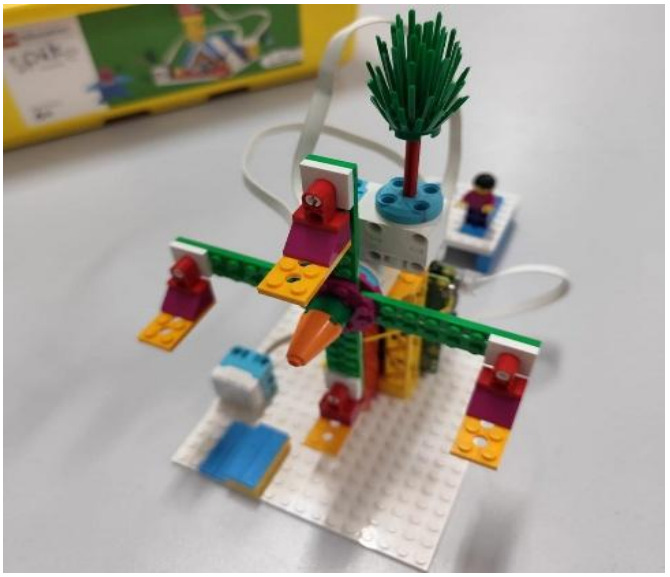
A arquitetura adotada integrou captura de imagem, identificação de gestos previamente definidos, aplicação de regras programadas e acionamento de respostas motoras. Nesse sentido, a plataforma é caracterizada neste estudo como responsiva, pois executa respostas predefinidas a estímulos reconhecidos. O trabalho não avaliou formalmente mecanismos autônomos de adaptação, personalização ou aprendizagem contínua.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

Durante as aulas de Robótica Educacional, diferentes modelos de construção foram apresentados aos estudantes. A estrutura escolhida para integração com a plataforma foi uma roda-gigante construída com o kit LEGO Spike Essential, selecionada em função de seu potencial visual e da possibilidade de demonstrar de forma clara a relação entre os gestos reconhecidos pelo sistema e os movimentos executados pelo robô. A Figura 1 apresenta a estrutura robótica utilizada nas atividades pedagógicas.

Figura 1 - Roda-gigante construída com o kit Spike Essential



Fonte: Acervo do autor

Após a montagem da estrutura física, foram implementados os mecanismos de comunicação entre o sistema de visão computacional e os motores controlados pela placa Build HAT. O modelo foi configurado para reconhecer padrões visuais previamente definidos e associá-los a comandos específicos de controle da estrutura robótica. Após o reconhecimento do gesto, o sistema enviava o comando correspondente ao controlador responsável pelo acionamento dos motores.

A etapa de integração, os componentes de hardware e software foram conectados para permitir a execução das respostas programadas. O fluxo operacional consistia na captura da imagem pela câmera, processamento do

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

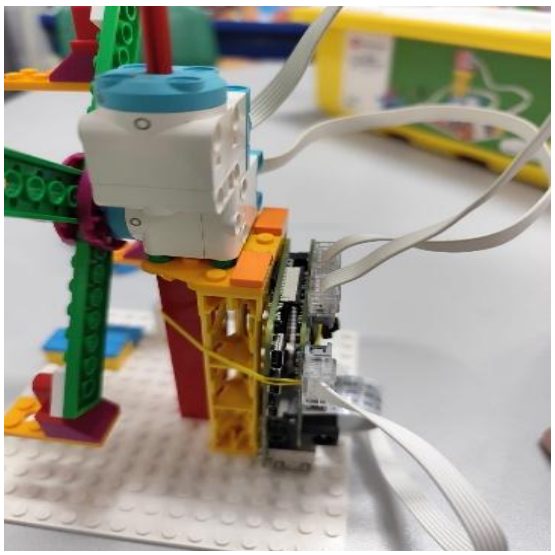
estímulo visual, identificação do gesto previamente definido e envio do comando correspondente ao sistema robótico.

Antes da utilização da plataforma nas atividades pedagógicas, foram realizados testes funcionais para verificar a comunicação entre os componentes do sistema e o acionamento adequado dos motores. Esses testes tiveram caráter exclusivamente técnico e não constituíram procedimentos de coleta de dados da pesquisa.

Por se tratar de uma pesquisa voltada à aplicação educacional da tecnologia, o objetivo principal não consistiu na avaliação do desempenho computacional do modelo, mas na análise de sua utilização como recurso pedagógico. Dessa forma, não foram coletadas métricas padronizadas de acurácia, latência, taxa de erro ou robustez computacional. Os testes realizados tiveram como finalidade verificar o funcionamento operacional da plataforma para sua utilização nas atividades desenvolvidas em ambiente escolar.

A sequência das etapas de desenvolvimento da plataforma é apresentada na Figura 2, que sintetiza o processo de implementação da solução computacional desde a configuração do ambiente até os testes funcionais realizados antes da aplicação pedagógica.

Figura 2 - Sistema robótico interativo com visão computacional



Fonte: Acervo do autor

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

A implementação da plataforma exigiu a integração entre os componentes responsáveis pela captura das imagens, processamento computacional e controle dos dispositivos robóticos. O fluxo operacional adotado foi estruturado de forma sequencial, permitindo que os estímulos visuais capturados pela câmera fossem processados e convertidos em comandos executados pela estrutura robótica.

O modelo de reconhecimento visual foi configurado para identificar gestos previamente definidos e associá-los a respostas programadas. Após o reconhecimento do gesto, o sistema enviava o comando correspondente ao controlador responsável pelo acionamento dos motores da roda-gigante. Esse processo ocorria em tempo suficiente para permitir a interação dos estudantes com a plataforma durante as atividades pedagógicas.

A comunicação entre os componentes foi realizada por meio da placa Build HAT, responsável pela interface entre o Raspberry Pi e os motores do kit LEGO Spike Essential. Essa configuração permitiu o acionamento da estrutura robótica a partir dos comandos gerados pelo sistema de visão computacional.

Inicialmente, os testes da plataforma foram realizados utilizando uma Raspberry Pi 3 Model B. Durante essa fase foram observadas limitações relacionadas à capacidade de processamento, incluindo atrasos na captura das imagens, aumento da latência na execução dos comandos e instabilidades durante o funcionamento simultâneo dos módulos computacionais. Em razão dessas limitações, optou-se pela substituição do equipamento pela Raspberry Pi 4 Model B, que apresentou desempenho mais adequado para as demandas da aplicação.

Após a substituição do hardware, foram realizados testes funcionais para verificar a comunicação entre a câmera, o ambiente computacional, a placa Build HAT e os motores da estrutura robótica. Esses testes tiveram como objetivo assegurar o funcionamento operacional da plataforma antes de sua utilização nas atividades pedagógicas.

Por se tratar de uma pesquisa com foco educacional, o objetivo principal não consistiu na avaliação do desempenho computacional do modelo. Dessa forma, não foram coletadas métricas específicas de acurácia, precisão,

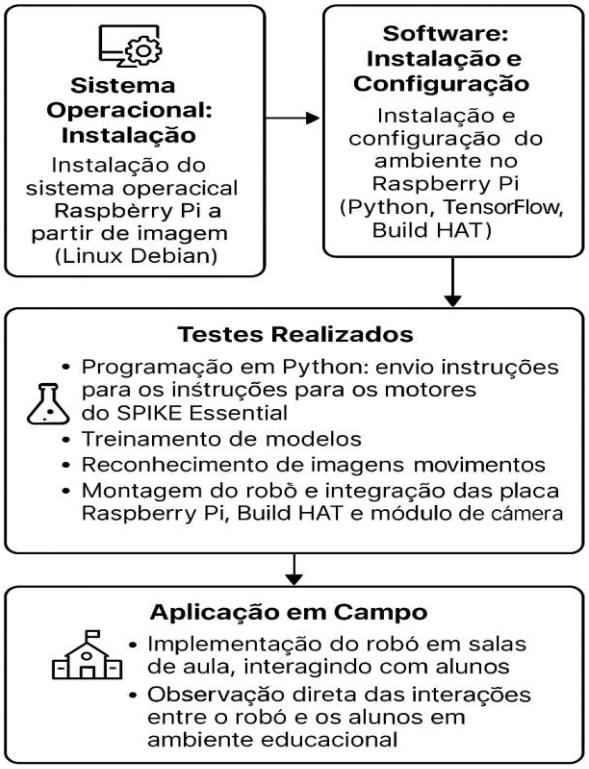
REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

sensibilidade, latência ou robustez algorítmica. Os testes realizados tiveram caráter exclusivamente funcional, buscando verificar a operacionalidade da plataforma para utilização em ambiente escolar.

A Figura 3 apresenta o fluxograma geral de desenvolvimento da plataforma robótica educacional, sintetizando as etapas de configuração do ambiente computacional, integração dos componentes de hardware e software, realização dos testes funcionais e aplicação da solução nas atividades pedagógicas.

Figura 3 - Fluxograma de Desenvolvimento da Plataforma Robótica Educacional.



Fonte: Elaboração própria

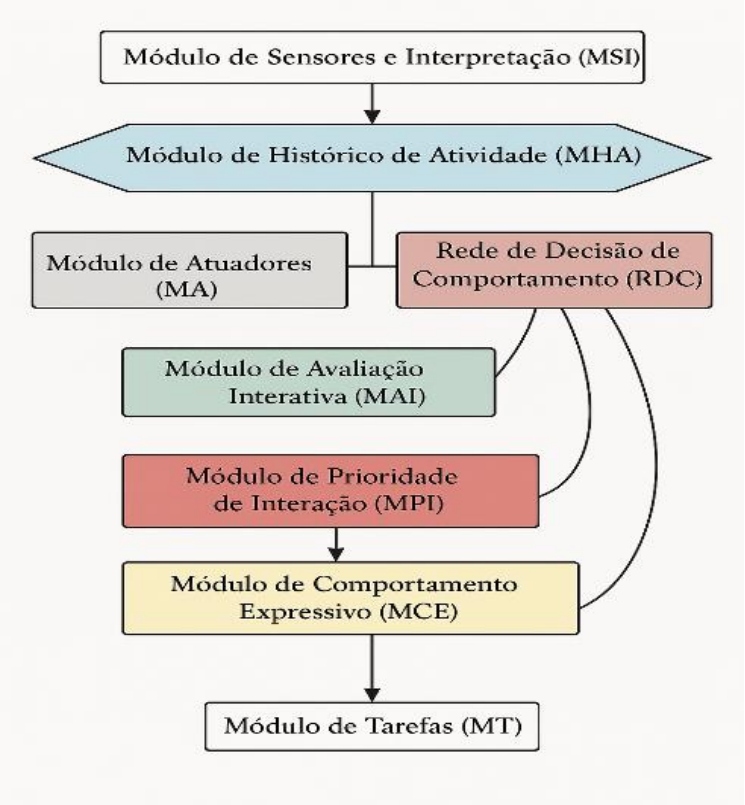
A Figura 4 apresenta a arquiteturas lógica utilizada no desenvolvimento da plataforma robótica educacional responsiva. A organização dos componentes foi estruturada de forma modular, permitindo a integração entre os processos de captura de imagens, processamento computacional e acionamento dos dispositivos robóticos.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

Embora a arquitetura represente diferentes componentes funcionais do sistema, nem todos os módulos ilustrados correspondem a mecanismos autônomos de adaptação ou aprendizagem. Neste estudo, a implementação concentrou-se na captura de estímulos visuais, no reconhecimento de gestos previamente definidos e na execução de respostas programadas por meio da estrutura robótica.

Figura 4 - Arquitetura de Software para robótica Expressiva.



Fonte: Elaboração própria

Após a conclusão dos testes funcionais, a plataforma foi utilizada nas atividades pedagógicas desenvolvidas com os estudantes participantes da pesquisa. A aplicação ocorreu em ambiente escolar, durante as aulas de Robótica Educacional e nas sessões complementares previstas no protocolo da investigação.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

Antes da utilização com os participantes, foram realizados testes controlados para verificar o funcionamento operacional da plataforma em ambiente experimental. Esses testes permitiram avaliar a comunicação entre os componentes de hardware e software, bem como a execução dos comandos associados aos gestos previamente definidos. Os ajustes realizados nessa etapa contribuíram para o aperfeiçoamento do funcionamento operacional do sistema antes de sua aplicação em contexto escolar.

Durante as atividades, cada estudante foi posicionado individualmente diante da câmera integrada ao sistema de visão computacional para realizar os gestos previamente definidos para interação com a plataforma. Após o reconhecimento do gesto, o sistema executava o comando correspondente por meio da movimentação da estrutura robótica construída com o kit LEGO Spike Essential. Além da câmera e dos motores, a plataforma incorporou um sensor de luz utilizado como recurso sensorial complementar durante as atividades. Esse componente foi empregado para fornecer estímulos visuais adicionais aos participantes durante a interação com o sistema.

A Figura 5 apresenta uma ilustração derivada de registros visuais obtidos durante a utilização da plataforma nas atividades pedagógicas. As fotografias originais não são apresentadas neste artigo, em razão da necessidade de preservar a identidade dos participantes e atender às exigências éticas da pesquisa. Em seu lugar, foram utilizadas ilustrações produzidas com o auxílio de ferramentas baseadas em inteligência artificial, preservando as características essenciais das cenas registradas e sua fidelidade ao contexto observado durante a investigação.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

Figura 5 - Ilustração derivada de registro visual da interação entre estudantes e a plataforma robótica baseada em visão computacional.



Fonte: Acervo do autor
Nota: A imagem apresentada consiste em uma ilustração produzida com o auxílio de ferramentas de Inteligência Artificial a partir de registros visuais obtidos durante a pesquisa. O tratamento foi realizado exclusivamente para preservar a identidade dos participantes, em conformidade com as exigências éticas da pesquisa e as diretrizes do Comitê de Ética em Pesquisa.

A Figura 6 apresenta uma ilustração do contexto de utilização da plataforma durante as atividades pedagógicas desenvolvidas com os estudantes participantes da pesquisa. A imagem representa uma situação típica de interação entre os alunos e o sistema robótico, evidenciando a organização do ambiente, a disposição dos recursos tecnológicos e a dinâmica adotada durante a realização das atividades.

Assim como na Figura 5, a ilustração foi produzida a partir de registros realizados durante a pesquisa e posteriormente transformada com auxílio de ferramentas baseadas em inteligência artificial, com a finalidade de preservar a identidade dos participantes e atender aos princípios éticos relacionados à pesquisa com seres humanos.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

Figura 6 – Ilustração derivada de registro visual da interação colaborativa dos estudantes durante a utilização da plataforma robótica.



Fonte: Acervo do autor
Nota: A imagem apresentada consiste em uma ilustração produzida com o auxílio de ferramentas de Inteligência Artificial a partir de registros visuais obtidos durante a pesquisa. O tratamento foi realizado exclusivamente para preservar a identidade dos participantes, mantendo a fidelidade das situações observadas durante as atividades pedagógicas e atendendo às exigências éticas da pesquisa.

A implementação da plataforma possibilitou a integração entre recursos de visão computacional, inteligência artificial e robótica educacional em um ambiente destinado à realização das atividades propostas nesta pesquisa. A solução desenvolvida permitiu a captura de estímulos visuais, o processamento computacional dos gestos previamente definidos e o acionamento de respostas programadas por meio da estrutura robótica construída com componentes LEGO Spike Essential.

Os testes funcionais realizados antes da aplicação em ambiente escolar confirmaram a comunicação adequada entre os componentes de hardware e software utilizados no sistema, assegurando as condições necessárias para sua utilização durante as atividades pedagógicas.

Por se tratar de uma investigação com foco educacional, o desenvolvimento tecnológico teve como finalidade disponibilizar um recurso de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

apoio às intervenções pedagógicas realizadas com os participantes da pesquisa. Os resultados relacionados à utilização da plataforma e às observações produzidas durante sua aplicação são apresentados e discutidos na seção seguinte.

4. RESULTADOS

Os resultados foram organizados a partir das rubricas institucionais aplicadas ao final de cada etapa. A síntese disponível corresponde às frequências absolutas e relativas de estudantes classificados no nível “Ótimo” nas cinco dimensões avaliadas. A Etapa 1 incluiu 10 estudantes, enquanto as Etapas 2 e 3 incluíram 14, devido à entrada de quatro novos participantes. Portanto, as diferenças entre os percentuais são apresentadas exclusivamente de forma descritiva e não representam acompanhamento longitudinal da mesma coorte, conforme apresentada na figura 3.

A Tabela 3 apresenta a distribuição dos participantes por nível de desempenho nas três etapas da pesquisa, expressa em frequências absolutas (n) e relativas (%).

Tabela 3 - Distribuição dos participantes por nível de desempenho nas três etapas da pesquisa (frequência absoluta e relativa)

Dimensão avaliada	Etapa 1 n/N (%)	Etapa 2 n/N (%)	Etapa 3 n/N (%)
Comunicação e Linguagem	6/10 (60,0%)	12/14 (85,7%)	13/14 (92,9%)
Interação Social	8/10 (80,0%)	13/14 (92,9%)	14/14 (100,0%)
Habilidades Motoras	10/10 (100,0%)	14/14 (100,0%)	14/14 (100,0%)
Autocontrole Emocional	6/10 (60,0%)	11/14 (78,6%)	11/14 (78,6%)
Participação nas	7/10 (70,0%)	12/14 (85,7%)	13/14 (92,9%)

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

Dimensão avaliada	Etapa 1 n/N (%)	Etapa 2 n/N (%)	Etapa 3 n/N (%)
Atividades			

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Nota: A Etapa 1 foi composta por 10 participantes, enquanto as Etapas 2 e 3 incluíram 14 participantes. Os percentuais foram calculados com base no número de participantes de cada etapa.

Na dimensão Comunicação e Linguagem, a proporção de estudantes classificados no nível “Ótimo” foi de 6/10 (60,0%) na Etapa 1, 12/14 (85,7%) na Etapa 2 e 13/14 (92,9%) na Etapa 3. Em Interação Social, as proporções foram 8/10 (80,0%), 13/14 (92,9%) e 14/14 (100,0%), respectivamente. Em Habilidades Motoras, os valores foram 10/10 (100,0%), 14/14 (100,0%) e 14/14 (100,0%). No Autocontrole Emocional, observaram-se 6/10 (60,0%), 11/14 (78,6%) e 11/14 (78,6%). Em Participação nas Atividades, as proporções foram 7/10 (70,0%), 12/14 (85,7%) e 13/14 (92,9%). Essas variações devem ser interpretadas com cautela, pois a composição do grupo se modificou, não houve controle de variáveis concorrentes e os dados não permitem atribuir as diferenças à plataforma.

Os dados apresentados nessa tabela constituem a base para a análise descritiva dos resultados desenvolvida na seção seguinte. As frequências foram utilizadas para acompanhar a distribuição dos participantes entre os diferentes níveis de desempenho ao longo das etapas da intervenção, sem a realização de testes estatísticos inferenciais.

As observações realizadas durante as atividades pedagógicas foram utilizadas como elemento complementar para contextualização dos resultados obtidos nas rubricas e para auxiliar a interpretação das mudanças observadas ao longo do acompanhamento dos estudantes.

Considerando o reduzido número de participantes, a ausência de grupo controle, a incorporação de novos estudantes nas etapas subsequentes da pesquisa e a natureza exploratória do estudo, não foram realizados testes estatísticos inferenciais. Dessa forma, os resultados apresentados possuem caráter descritivo e não permitem estabelecer relações causais entre os recursos tecnológicos utilizados e os desempenhos observados.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

4.1 Síntese das rubricas institucionais

A análise dos resultados foi estruturada a partir das rubricas institucionais utilizadas durante o acompanhamento longitudinal dos estudantes participantes. O instrumento foi organizado em cinco dimensões principais: Comunicação e Linguagem, Interação Social, Habilidades Motoras, Autocontrole Emocional e Participação nas Atividades, classificadas em quatro níveis de desempenho: Insuficiente, Regular, Bom e Ótimo.

A aplicação das rubricas ocorreu ao longo das diferentes etapas da pesquisa, permitindo acompanhar mudanças comportamentais e pedagógicas associadas à participação dos estudantes nas atividades de Robótica Educacional. A primeira etapa contemplou o acompanhamento inicial de 10 estudantes, possibilitando estabelecer uma percepção diagnóstica das características apresentadas antes da utilização dos recursos robóticos. Nas etapas seguintes, foram registrados os desempenhos dos estudantes durante atividades que envolveram diferentes recursos tecnológicos.

Considerando a característica longitudinal do estudo, os resultados foram analisados pela observação da progressão dos estudantes ao longo do processo, especialmente quanto ao envolvimento, interação com os colegas, comunicação durante as atividades colaborativas e autonomia na execução das propostas. Os quatro estudantes incorporados posteriormente também foram considerados na análise, uma vez que participaram de duas etapas da intervenção, contribuindo para ampliar a compreensão sobre o processo de adaptação e interação com os recursos tecnológicos.

De forma geral, os registros indicaram maior concentração dos estudantes nos níveis Bom e Ótimo após a participação nas atividades envolvendo robótica, principalmente nas dimensões relacionadas à participação, interação social e envolvimento nas tarefas propostas. Essas observações são compatíveis com estudos que descrevem o potencial de tecnologias interativas em contextos educacionais inclusivos

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

Entretanto, destaca-se que a análise possui caráter descritivo e exploratório. Os registros individuais completos das categorias da rubrica não foram preservados em formato que permitisse uma análise estatística detalhada ou comparação individual entre todos os momentos avaliativos. Dessa forma, optou-se por apresentar os resultados considerando a distribuição geral dos níveis de desempenho observados, especialmente a proporção de estudantes classificados no nível máximo de desenvolvimento em cada dimensão analisada.

Além disso, considerando que o pesquisador também atuava como professor responsável pelas atividades de Robótica Educacional, reconhece-se a possibilidade de influência observacional durante o processo de acompanhamento. Por essa razão, os resultados são interpretados como evidências iniciais do potencial da plataforma desenvolvida, não como comprovação definitiva de eficácia, indicando a necessidade de estudos futuros com amostras ampliadas, instrumentos validados e diferentes avaliadores.

4.2 Descrição contextual das atividades com a plataforma

A implementação da plataforma robótica integrada ocorreu como etapa avançada do processo de intervenção, após experiências iniciais realizadas com recursos padronizados de Robótica Educacional. Essa organização permitiu observar a evolução dos estudantes em diferentes níveis de complexidade tecnológica, partindo de atividades estruturadas com kits educacionais até uma abordagem envolvendo sensores, processamento computacional e respostas automatizadas aos estímulos do ambiente.

As atividades foram desenvolvidas em contexto escolar regular, durante as aulas de Robótica Educacional, considerando as características individuais dos estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA). A proposta da plataforma consistiu em ampliar as possibilidades de interação entre estudante e tecnologia, permitindo que os alunos não apenas montassem estruturas robóticas, mas também percebessem relações entre estímulos, comandos e respostas produzidas pelo sistema.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

Durante as aplicações, os estudantes participaram de atividades práticas envolvendo exploração dos componentes da plataforma, identificação de estímulos visuais e interação com o comportamento responsivo do robô. O ambiente foi organizado de modo a favorecer a experimentação, a comunicação entre pares e a construção coletiva de soluções para os desafios propostos.

Na etapa inicial, os estudantes foram convidados a compreender o funcionamento dos elementos básicos do sistema, observando como sensores e componentes eletrônicos influenciavam o comportamento do robô. Posteriormente, foram realizadas atividades nas quais os participantes precisavam interpretar informações do ambiente e propor estratégias para modificar ou controlar as respostas da plataforma.

Durante as atividades foram registrados momentos de interação entre os estudantes e os recursos tecnológicos empregados na plataforma. A resposta visual e comportamental do robô contribuiu para aumentar o interesse dos estudantes, favorecendo momentos de atenção compartilhada, comunicação de intenções e participação nas atividades coletivas.

Os quatro estudantes incorporados posteriormente participaram dessas etapas de desenvolvimento da plataforma, possibilitando observar diferentes formas de apropriação da tecnologia. Embora tenham iniciado o acompanhamento em momentos distintos dos participantes iniciais, suas experiências contribuíram para a análise longitudinal, pois permitiram verificar como estudantes com diferentes níveis de familiaridade tecnológica respondiam às atividades propostas.

De maneira geral, os resultados observados durante a utilização da plataforma indicam que ambientes robóticos responsivos podem constituir uma estratégia pedagógica promissora para favorecer a participação de estudantes com TEA. A possibilidade de interação direta com objetos tecnológicos, associada ao caráter investigativo e colaborativo da Robótica Educacional, apresentou potencial para estimular habilidades relacionadas à comunicação, interação social, autonomia e resolução de problemas.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

Contudo, ressalta-se que os achados devem ser compreendidos dentro dos limites metodológicos do estudo, uma vez que a pesquisa não buscou estabelecer relação causal entre o uso da plataforma e o desenvolvimento dos estudantes, mas analisar, de forma exploratória, as possibilidades educacionais de uma abordagem tecnológica integrada aplicada ao contexto inclusivo.

5. LIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo apresenta limitações que devem orientar a interpretação dos resultados. O delineamento com grupo único, sem randomização, cegamento, grupo controle ou contrabalançamento, não permite estabelecer relações causais entre as atividades desenvolvidas e as diferenças observadas. A composição da amostra variou entre as etapas, pois quatro estudantes foram incorporados posteriormente, o que limita a comparação direta dos percentuais e impede caracterizar todas as etapas como acompanhamento longitudinal da mesma coorte. O número reduzido de participantes e a realização em uma única instituição também restringem a generalização.

As avaliações foram baseadas em rubricas institucionais e não houve mensuração formal da concordância entre avaliadores. Além disso, o pesquisador atuou como professor, desenvolvedor da plataforma e responsável pela condução do estudo, situação que pode ter influenciado expectativas, comportamentos e interpretação dos registros. Os dados completos de todas as categorias das rubricas não estavam disponíveis em formato que permitisse reconstrução individual integral, razão pela qual a síntese quantitativa concentrou-se na proporção de participantes classificados no nível “Ótimo”.

Também não foram registradas sistematicamente métricas técnicas de acurácia, latência, erro de reconhecimento ou robustez da plataforma. Por fim, fatores como maturação, progressão escolar, familiarização com o professor e com as tarefas, repetição das atividades e efeito novidade podem ter contribuído para as diferenças observadas.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo documentou o desenvolvimento e a utilização de uma plataforma robótica responsiva baseada em visão computacional em atividades pedagógicas realizadas com estudantes com TEA. Os registros agregados disponíveis apresentaram diferenças descritivas entre as etapas em algumas dimensões das rubricas institucionais. Entretanto, essas diferenças não podem ser interpretadas como demonstração de eficácia nem como efeito causal da plataforma.

A ausência de grupo controle, randomização, cegamento e contrabalançamento, a pequena amostra, a entrada de participantes em momentos distintos, a utilização de rubricas institucionais sem avaliação formal de confiabilidade e o envolvimento do pesquisador como professor limitam a interpretação e a generalização dos resultados. Além disso, não foram registradas métricas técnicas padronizadas do sistema de visão computacional.

Apesar dessas limitações, a experiência realizada demonstrou a viabilidade operacional de utilizar a plataforma nas atividades pedagógicas propostas e sugere que recursos robóticos responsivos podem ser explorados como apoio complementar em práticas educacionais inclusivas. Estudos futuros deverão empregar amostras maiores, instrumentos validados, avaliadores independentes, métricas técnicas padronizadas e delineamentos que permitam comparações mais controladas.

REFERÊNCIAS

ALIMISIS, D. Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, v. 6, n. 1, p. 63–71, 2013.

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5*. 5. ed. Arlington: American Psychiatric Publishing, 2013.

FERREIRA, A. C.; CHAMEL, J. A. Tecnologias educacionais e inclusão escolar de estudantes com Transtorno do Espectro Autista. *Revista Educação Especial*, Santa Maria, v. 35, e14, 2022.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/07/2026 - **Accepted:** 20/07/2026
Vol: 13.16
DOI: 10.66104/c20grc52
Pages: 1-30

FONG, T.; NOURBAKHSH, I.; DAUTENHAHN, K. A survey of socially interactive robots. *Robotics and Autonomous Systems*, v. 42, n. 3–4, p. 143–166, 2003.
FRANÇA, A. C.; SILVA, R. M.; OLIVEIRA, L. S. Inteligência artificial, robótica educacional e educação inclusiva: possibilidades para estudantes com transtorno do espectro autista. *Revista Brasileira de Educação Especial*, Marília, v. 30, e0204, 2024.

GORYAGIN, A.; OBUKHOV, A.; KARPENKO, A. Zeno R25 humanoid robot as an educational and rehabilitation tool for children with autism spectrum disorders. *Procedia Computer Science*, v. 88, p. 168–173, 2016.

KASSAR, M. C. M. *Educação especial na perspectiva da educação inclusiva: desafios e possibilidades*. Campinas: Autores Associados, 2018.

LIMA, R. S.; SOUZA, M. A.; PEREIRA, T. C. Inclusão escolar de estudantes com Transtorno do Espectro Autista: desafios contemporâneos e perspectivas educacionais. *Revista Educação em Questão*, Natal, v. 62, e33872, 2024.

LOPES, A. M.; SANTOS, F. R.; SILVA, P. H. Robótica educacional como estratégia para inclusão de estudantes com transtorno do espectro autista. *Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE)*, Porto Alegre, v. 13, n. 2, 2015.

PAPERT, S. *A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática*. Porto Alegre: Artmed, 2008.

SANTOS, J. R.; SILVA, M. A.; ALMEIDA, P. C. Inteligência artificial aplicada à educação inclusiva: tecnologias adaptativas para estudantes com necessidades educacionais especiais. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, Porto Alegre, v. 29, p. 1–21, 2021.

SCASSELLATI, B.; ADAMS, B.; MATARIĆ, M. Robots for use in autism research. *Annual Review of Biomedical Engineering*, v. 14, p. 275–294, 2012.

SILVA, A. C.; OLIVEIRA, R. F.; PEREIRA, M. G. Tecnologias digitais e inclusão escolar: desafios para estudantes com transtorno do espectro autista. *Revista Educação Especial*, Santa Maria, v. 33, e52, 2020.