

O potencial da Inteligência Artificial para a inclusão de crianças neurodivergentes: uma análise de escopo

The potential of Artificial Intelligence for the inclusion of neurodivergent children: a scoping analysis

Manuel Meirinhos¹, Ana Cláudia Loureiro²
<https://orcid.org/0000-0003-1756-709X>, <https://orcid.org/0000-0001-7919-6891>
meirinhos@ipb.pt, analoureiro@esev.ipv.pt

¹ *Centro de Investigação Transdisciplinar em Educação e Desenvolvimento, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal*

² *Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal*

Resumo

Este trabalho, baseado na metodologia de revisão bibliográfica de escopo, tem como objetivo analisar o potencial da Inteligência Artificial (IA) para apoiar crianças com Perturbações do Espectro do Autismo (PEA). Estas tecnologias são consideradas promissoras na resolução de alguns sintomas associados a essa problemática. Destacam-se tecnologias como robôs sociais e sistemas de reconhecimento facial emocional podem oferecer intervenções personalizadas, melhorando a atenção, a comunicação e a interação social. A integração de sensores IoT e técnicas de aprendizagem de máquina permite monitorizar o estado emocional e cognitivo das crianças, possibilitando ajustes em tempo real. Apesar dos resultados promissores, verificamos que a investigação ainda está em estágios iniciais, com limitações em termos de generalização e impactos a longo prazo. As perspetivas futuras apontam para uma educação mais inclusiva e centrada na neurodiversidade, com a IA desempenhando um papel crucial na personalização da aprendizagem e no suporte às diferentes trajetórias de desenvolvimento das crianças.

Palavras-Chave: inteligência artificial, autismo, inclusão

Abstract

Based on a scoping literature review methodology, this paper examines the potential of Artificial Intelligence (AI) to support children with Autism Spectrum Disorder (ASD). These technologies are deemed promising in addressing some of the symptoms associated with this condition. Social robots and emotional facial recognition systems can offer personalised interventions, improving attention, communication, and social interaction. Integrating IoT sensors and machine learning techniques allows for monitoring children's emotional and cognitive states, enabling real-time adjustments. Despite promising results, research is still observed to be in its early stages, with limitations regarding generalisation and long-term impacts. Prospects indicate a more inclusive education system centred on neurodiversity, with AI playing a crucial role in personalising learning and supporting the diverse developmental trajectories of children.

Keywords: artificial intelligence, autism, inclusion

1 Introdução

A Inteligência Artificial (IA) apresenta um potencial significativo para atender às diversas necessidades das crianças com Perturbações do Espectro do Autismo (PEA), considerando suas dificuldades sociais, emocionais e cognitivas. A Inteligência Artificial (IA) surge como uma ferramenta promissora para intervenções personalizadas, adaptando-se às suas necessidades específicas dessas crianças (Vijayan et al., 2018). Tecnologias como reconhecimento facial de emoções, robôs sociais e sistemas de aprendizagem adaptativa demonstram potencial na melhoria da atenção, interação e regulação emocional, facilitando, assim, uma maior interação social (Vanaja & Raj, 2025; Fernandez, 2024; Xing, 2024) e o desenvolvimento de habilidades de comunicação (Yang et al., 2024; Shamsuddin et al., 2015; Kumazaki et al., 2015). A combinação de IA com abordagens centradas no indivíduo pode revelar-se promissora, não só na promoção de avanços na aprendizagem personalizada, como também no fornecimento de suporte mais adequado às diferentes trajetórias de desenvolvimento neurodivergentes do PEA. Entretanto, ainda há lacunas na literatura quanto à aplicação prática dessas tecnologias, à generalização dos resultados e aos impactos a longo prazo. Poucos estudos analisam sistematicamente sua eficácia para crianças com PEA e a integração de IA com sensores fisiológicos e aprendizado de máquina para monitoramento emocional ainda é pouco investigada. O objetivo deste estudo, baseado na metodologia de revisão bibliográfica de escopo, foi analisar um campo de estudos sobre o potencial da IA para apoiar crianças com PEA. A pesquisa visa contribuir para a construção de abordagens mais eficazes na educação inclusiva, destacando o papel da IA na personalização do ensino e no suporte ao desenvolvimento de crianças neurodivergentes.

2 Metodologia

A metodologia adotada neste trabalho foi a revisão de escopo. De acordo com Pham et al. (2014), o objetivo de uma revisão de escopo é oferecer uma visão geral da literatura sobre um tópico, sem a necessidade de efetuar uma extensa revisão de dados e descrição dos resultados da investigação em detalhe e sim, mapear as áreas de estudo onde é difícil visualizar a gama de informação que pode estar disponível e identificar as lacunas da investigação nesta área. As revisões de escopo partilham com as revisões sistemáticas o seu rigor e o uso de métodos transparentes para identificar e analisar os aspetos relevantes da literatura em relação a um tópico de interesse (Pham et al., 2014 & Armstrong et al., 2011). Os termos de pesquisa foram identificados a partir de artigos científicos utilizando operadores booleanos nas bases de dados Scopus e Web of Science, IEEE e Archive, para rever a literatura. A pesquisa foi restrita aos anos de 2004 – 2025. Os descritores utilizados foram (i) *autism* AND *"Artificial intelligence"* AND *education*; (ii) *AI* AND *"inclusive education"* . Foram selecionados 6 documentos que cumpriam o objetivo do estudo, mostrando investigações experimentais com a IA e público com PEA.

3 Resultados

Foi elaborada uma tabela para a análise dos dados, com base nos seguintes critérios: (i) a natureza do estudo; (ii) a idade das crianças; (iii) a tecnologia IA utilizada; (iv) o resultado e (v) as limitações. A tabela 1 apresenta esses resultados.

Tabela 1

Análise comparativa dos estudos selecionados.

| Autores | Natureza do Estudo | Idades | Tecnologia Utilizada | Resultado | Limitações |
|---------------------------|---|----------------|--|--|---|
| Atturu e Naraganti (2024) | Estudo experimental; intervenção com AI em escolas. | 2 anos ou mais | Software CognitiveBotics, integrado a tablets e computadores. | Planos individuais melhoraram atenção e retenção. | Não é referido o tamanho da amostra. Falta de análises sobre impactos de longo prazo. |
| Yang et al. (2024) | Estudo experimental em grupo em ambiente escolar. | Não refere | Robô humanoide NAO para atividades educativas e sociais. | Crianças com robôs mostraram melhor desempenho e maior envolvimento em tarefas. | Dados limitados à observação inicial; generalização em ambientes diferentes não foi avaliada. |
| Lyu et al. (2024) | Estudo baseado em co-design com especialistas e testes em protótipo; estudo de design exploratório. | Não refere | Jogo que gera histórias personalizadas para trabalhar reconhecimento emocional | Indicado para o desenvolvimento de sistemas gamificados de apoio social-emocional. | Foco em protótipo preliminar. |
| Vanaja e Raj (2025) | Estudo exploratório com utilizando sensores e aprendizagem máquina. | Não refere | Inteligência artificial (CNN), IoT (NodeMCU), sensores GSR e detecção de expressões faciais (análise em tempo real). | Deteção de expressões faciais em tempo real e vínculos com dados de stress (GSR), contribui como suporte emocional nas interações. | Implementação ainda em estágio inicial; não inclui avaliação em crianças diagnosticadas. |
| Fernandez et al. (2024) | Testes do dispositivo móvel em cenário controlado. | Não refere | Reconhecimento de emoção facial (FER) com CNN; aplicativo inclui medidor emocional e técnicas de relaxamento baseadas em IA. | Melhora no reconhecimento emocional e regulação emocional em crianças com precisão de 98%. | Requer mais testes com utilizadores finais; validação restrita ao cenário inicial. |

| | | | | | |
|---------------------|--|-------------|---|--|---|
| Kumar et al. (2024) | Estudo experimental com utilização de modelo web para rastreamento de emoções através de webcam. | 6 a 12 anos | Rede Neural Convolutiva (CNN) e Flask Framework para detecção web de emoções faciais (alegria, medo, surpresa, etc.). | Promoveu melhorias no reconhecimento emocional durante as sessões. | Centrado mais nas tecnologias de emoção do que na adaptação educacional aos perfis neurodivergentes |
|---------------------|--|-------------|---|--|---|

Elaborada pelos autores

A partir da análise da tabela e das demais informações extraídas dos artigos, foi possível responder ao objetivo deste trabalho. A seguir, apresentamos um resumo dos estudos selecionados.

3.1 Tecnologia IA utilizada nos estudos

Os artigos analisados apresentam uma variedade de tecnologias de IA aplicadas em diferentes contextos educativos. Dentre as principais, destacam-se:

- Redes Neurais Convolutivas (CNN): Utilizadas para Reconhecimento Facial de Emoções (FER), como nos estudos de Fernández (2024) e Kumar et al. (2024). Essas tecnologias permitem analisar expressões faciais em tempo real, categorizando emoções básicas como alegria, tristeza, medo e surpresa.
- Robótica Humanoide e Interativa: Robôs, como o NAO, foram utilizados para melhorar o desempenho social e educativo em ambientes de sala de aula, funcionando como mediadores na interação entre alunos e professores (Yang et al. (2024).
- Internet das Coisas (IoT): Frameworks de IA integrados com sensores de resposta galvânica da pele (GSR) e dispositivos conectados, como o sistema apresentado por Vanaja e Raj (2025), capturam dados em tempo real sobre o estado emocional e fisiológico das crianças.
- Sistemas de Aprendizagem Adaptativa: Ferramentas como o CognitiveBotics (Atturu e Naraganti, 2024) combinam algoritmos personalizados com técnicas como aprendizagem por reforço, ajustando-se dinamicamente às necessidades cognitivas e comportamentais individuais.
- Ambientes Gamificados Baseados em IA: Iniciativas como a de Lyu et al. (2024) utilizam jogos interativos que criam histórias personalizadas, apoiadas por processamento de linguagem natural e personalização comportamental.

3.2 Vantagens da utilização da IA

A principal vantagem apresentada pela literatura analisada é a personalização e adaptabilidade que as tecnologias de IA proporcionam. Ferramentas como o CognitiveBotics permitem a criação de planos de aprendizado personalizados, ajustados aos perfis únicos de cada criança, promovendo o envolvimento e a retenção da informação (Atturu e Naraganti, 2024). Tecnologias como o FER (Facial Emotion Recognition) ajudam as crianças a reconhecer e expressar emoções, promovendo melhorias na interação social e na regulação emocional (Vanaja e Raj, 2025) e (Kumar et al., 2024). Outra vantagem significativa é o aumento na capacidade de sustentar a atenção e o

interesse de crianças. Robôs interativos, como o NAO, conseguem captar a atenção das crianças ao explorar características lúdicas e previsíveis, que aliviam a sobrecarga sensorial comum em interações humanas (Yang et al, 2024). Isso também pode reduzir a carga sobre professores e terapeutas, possibilitando intervenções simultâneas em grupos ou monitorização remota suportada pela IoT (Vanaja e Raj, 2025).

3.3 Perspetivas futuras

Os estudos analisados destacam perspectivas promissoras para o papel da IA em resolver problemáticas associadas ao PEA. Uma das direções mais importantes está na integração da IA em ambientes escolares reais, permitindo intervenções contínuas e adaptadas, como sugerido por Yang et al. (2024) e Kumar et al. (2024). Outra tendência emergente é a adoção de tecnologias que combinem dados fisiológicos e comportamentais para intervenções mais precisas. O uso de sensores IoT, como os propostos por Vanaja e Raj (2025), pode fornecer informações sobre o estado emocional e cognitivo das crianças, permitindo ajustes em tempo real a fim de evitar sobrecarga emocional ou sensorial.

As CNNs desempenham um papel crucial no desenvolvimento de ferramentas inovadoras para abordar os sintomas do PEA, especialmente em áreas como reconhecimento emocional, análise comportamental e prática social. Estas redes têm sido amplamente utilizadas na criação de sistemas de reconhecimento facial emocional (FER), que ajudam crianças com PEA a identificar e processar emoções, melhorando as interações sociais. CNNs demonstraram alta precisão na classificação de emoções faciais, analisando imagens em tempo real e permitindo intervenções personalizadas e ajustadas ao contexto da criança (Fernandez, 2024; Leo et al., 2015). Também, a integração de CNNs com outras tecnologias como dispositivos IoT e sensores fisiológicos amplia ainda mais a capacidade de monitorização e resposta a necessidades emocionais e comportamentais, promovendo avanços na regulação emocional e desenvolvimento de habilidades sociais (Vanaja & Raj, 2025). À medida que as CNNs evoluem, elas vão tendo o potencial de aprimorar significativamente as abordagens terapêuticas e educativas para indivíduos com PEA, contribuindo para intervenções mais precisas e eficazes e inclusivas.

4 Conclusões

Os estudos experimentais que procuram potenciar o papel da IA na resolução de problemáticas com crianças com PEA apresentam resultados bastante promissores. Apesar desses resultados, temos de ter consciências que com a expansão da IA, esses estudos estão ainda no início e os seus resultados ainda não podem ser aplicados em larga escala em contextos terapêuticos, familiares ou educativos. Os estudos analisados apontam algumas limitações, como a falta de impactos dos resultados a longo prazo (Atturu e Naraganti, 2024), foco em resultados preliminares com falta de generalização ou baseados em protótipos (Yang et al., 2024; Lyu et al., 2024; Vanaja e Raj, 2025; Fernandez, 2024). Apesar dos resultados ainda serem circunstanciais, a aplicação da IA nas crianças com PEA, apresentará um futuro bastante promissor, à medida que a IA se for generalizando e integrando em contexto educativo. Consideramos que será importante acompanhar esta investigação para num futuro próximo conseguir implementar esta tecnologia em contextos educativos escolares. As perspetivas futuras, muito baseadas na personalização da educação, apontam para soluções mais inclusivas, escaláveis e centradas no acompanhamento holístico em contextos educativos inclusivos, centrados na neurodiversidade.

5 Referências

- Atturu, H., & Naraganti, S. (2024). Effectiveness of AI-driven Individualized Learning Approach for Children with Autism Spectrum Disorder (ASD). *European Psychiatry*, 66(S1). <https://doi.org/10.1192/j.eurpsy.2024.205>
- Armstrong, R., Hall, B. J., Doyle, J., & Waters, E. (2011). "Scoping the scope" of a cochrane review. *J. Public Health*, 33(1), 147–150. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdr015>
- Fernandez, J. R. R., Magparangalan, B. A. P., Pades, K. J. B., Centeno, C. J., Lawan, J. F., & Garcia, T. S. (2024). Convey: Developing a facial emotion recognition system for enhancing interpersonal interactions of children with autism spectrum disorders. *Journal of Electrical Systems*, 20(5s). <https://doi.org/10.52783/jes.2425>
- Kumar, S., & Singh, R. (2024). Web-based facial emotion recognition system for enhancing social interaction in autistic spectrum disorder children using CNN & Flask framework. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 123-128). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10725329>
- Lyu, Y., An, P., Zhang, H., Katsuragawa, K., & Zhao, J. (2024). Designing AI-enabled games to support social-emotional learning for children with autism spectrum disorders. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2404.15576>.
- Kumazaki, H., Warren, Z., Swanson, A., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Ishiguro, H., & Kikuchi, M. (2015). Robot-assisted learning for communication-care in autism intervention. In *2015 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICORR.2015.7281304>
- Pham, M.T., Rajić, A., Greig, J. D., Sargeant, J. M., Papadopoulos, A. S., & McEwen, A. (2014). A scoping review of scoping reviews: advancing the approach and enhancing the consistency. *Res. Synth. Methods*, 5(4), 371–385. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1123>
- Shamsuddin, S., Yussof, H., Ismail, L. I., Mohamed, S., Hanapiah, F. A., & Zahari, N. I. (2015). Robot-assisted learning for communication-care in autism intervention. *2015 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICORR.2015.7281304>
- Vanaja, D. S., & Raj, J. A. (2024). AI-enhanced IoT tool for emotional and social development in children with autism. *International Journal of High Speed Electronics and Systems*, 33(1). <https://doi.org/10.1142/S0129156425401482>
- Vijayan, A., Janmasree, S., Keerthana, C., & Syla, B. S. L. (2018). A framework for intelligent learning assistant platform based on cognitive computing for children with autism spectrum disorder. In *Proceedings of the 2018 International CET Conference on Control, Communication, and Computing (IC4)* (pp. 361-365). College of Engineering Trivandrum. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8530940>
- Xing, N. (2024). Artificial intelligence to support children with autism. *Journal of AI-Powered Medical Innovations*, 2(1), 31–43. <https://doi.org/10.60087/vol2issue1.p43>
- Yang, Q., Lu, H., Liang, D., Gong, S., & Feng, H. (2024). Surprising performances of students with autism in classroom with NAO robot. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2407.12014>