

Explorando visão computacional e IA para auxiliar indivíduos no Espectro Autista com o reconhecimento de expressões faciais e sentimentos

Exploring computer vision and AI to help individuals on the Autistic Spectrum with facial expression and sentiment recognition

Aprovechamiento de la visión por ordenador y la Inteligencia Artificial para ayudar a Personas Autistas mediante el reconocimiento de expresiones faciales y sentimientos

DOI: 10.54033/cadpedv22n9-151

Originals received: 6/6/2025

Acceptance for publication: 7/1/2025

Beatriz Barreto Marreiros Barbosa

Graduanda em Bacharelado em Engenharia de Software

Instituição: ICEV – Instituto de Ensino Superior

Endereço: Teresina, Piauí, Brasil

E-mail: beatriz.barbosa@somosicev.com

Cristovam Paulo de Brito Rocha

Graduando em Bacharelado em Engenharia de Software

Instituição: ICEV – Instituto de Ensino Superior

Endereço: Teresina, Piauí, Brasil

E-mail: cristovam.rocha@somosicev.com

Carlos Futino Barreto

Mestre em Engenharia de Software

Instituição: ICEV – Instituto de Ensino Superior

Endereço: Teresina, Piauí, Brasil

E-mail: carlos.futino@somosicev.com

Lílian Gabriella Castelo Branco Alves de Sousa

Mestra em Antropologia

Instituição: ICEV – Instituto de Ensino Superior

Endereço: Teresina, Piauí, Brasil

E-mail: liliansousa@grupocev.com

Francisco Luciani de Miranda Vieira

Mestre em Gestão e Inovação

Instituição: ICEV – Instituto de Ensino Superior

Endereço: Teresina, Piauí, Brasil

E-mail: francisco.vieira@somosicev.com

RESUMO

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) abrange distúrbios do desenvolvimento que afetam a interação social e a comunicação. Esta pesquisa investiga o uso da inteligência artificial (IA), aprendizado de máquina e visão computacional para auxiliar indivíduos com TEA no reconhecimento de expressões faciais e emoções. Dada a crescente prevalência do TEA, que em 2020 afetava 1 em cada 36 crianças, é essencial desenvolver ferramentas inovadoras. Este estudo combina uma revisão da literatura com uma implementação prática, utilizando as bibliotecas DeepFace e OpenCV do Python, para criar uma ferramenta acessível e intuitiva destinada a profissionais de saúde, familiares e pessoas no espectro. A ferramenta permite o treinamento de habilidades sociais em qualquer lugar e a qualquer momento, despertando o interesse das pessoas com TEA em desenvolver suas competências sociais por meio de tecnologias atuais. Esta abordagem representa um avanço no uso de tecnologias avançadas para enfrentar os desafios associados ao TEA, destacando a importância de continuar explorando e aprimorando essas soluções.

Palavras-chave: Transtorno do Espectro Autista. Inteligência Artificial. Visão Computacional. Expressões Faciais. Emoções. Inclusão Social.

ABSTRACT

Autism Spectrum Disorder (ASD) encompasses developmental disorders that affect social interaction and communication. This research investigates the use of artificial intelligence (AI), machine learning, and computer vision to assist individuals with ASD in recognizing facial expressions and emotions. Given the rising prevalence of ASD, which affected 1 in 36 children in 2020, developing innovative tools is essential. This study combines a literature review with practical implementation, utilizing the DeepFace and OpenCV libraries in Python, to create an accessible and intuitive tool aimed at healthcare professionals, family members, and individuals on the spectrum. The tool allows for the training of social skills anywhere and anytime, stimulating the interest of people with ASD in developing their social competencies through current technologies. This approach represents a significant advancement in using advanced technologies to address the challenges associated with ASD, highlighting the importance of continued exploration and refinement of these solutions.

Keywords: Autism Spectrum Disorder. Artificial Intelligence. Computer Vision. Facial Expressions. Emotions. Social Inclusion.

RESUMEN

El Trastorno del Espectro Autista (TEA) engloba trastornos del desarrollo que afectan a la interacción social y la comunicación. Esta investigación estudia el uso de la inteligencia artificial (IA), el aprendizaje automático y la visión por ordenador para ayudar a las personas con TEA a reconocer expresiones faciales y emociones. Dada la creciente prevalencia del TEA, que en 2020 afectaba a 1 de cada 36 niños, es esencial desarrollar herramientas innovadoras. Este estudio combina una revisión bibliográfica con una implementación práctica, utilizando

las librerías DeepFace y OpenCV de Python, para crear una herramienta accesible e intuitiva dirigida a profesionales sanitarios, familiares y personas con espectro. La herramienta permite entrenar habilidades sociales en cualquier lugar y en cualquier momento, despertando el interés de las personas con TEA por desarrollar sus competencias sociales utilizando las tecnologías actuales. Este enfoque representa un gran avance en el uso de tecnologías avanzadas para abordar los retos asociados al TEA, destacando la importancia de seguir explorando y mejorando estas soluciones.

Palabras clave: Trastorno del Espectro Autista. Inteligencia Artificial. Visión por Computador. Expresiones Faciales. Emociones. Inclusión Social.

1 INTRODUÇÃO

Não há consenso científico para responder à pergunta "O que é autismo", de acordo com Ricardo Schers (STRAVOGIANNIS, 2020); no entanto, se perguntarmos a maioria das pessoas tem um conceito bem definido em mente. Entretanto, a autora (SILVA, 2012) refere-se aos autistas como pessoas com habilidades absolutamente reveladoras, caracterizadas por um conjunto de particularidades que afeta principalmente a comunicação e o comportamento social. A discussão sobre o Transtorno do Espectro Autista (TEA) tem ganhado importância, com dados mostrando um aumento significativo nos diagnósticos. Em 2020, 1 em 36 crianças foi diagnosticada com TEA, uma alta em comparação com 1 em 150 crianças nos anos 2000 (MAENNER, 2021).

Em todos os lugares, precisamos nos comunicar, expressando desejos, dúvidas e chateações, além de interpretar essas expressões no outro. "Para todos aqueles com traços ou diagnóstico de autismo, uma coisa é universal: o contato social é sempre prejudicado", como informa a Psiquiatra Ana Beatriz em (SILVA, 2012, p. 12). Diante disso, é primordial buscar soluções e abordagens para o tratamento, especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento das habilidades sociais dessas pessoas.

Estudos indicam que a socialização é vital para a integração e desenvolvimento individual (PRESSBOOKS, 2024; LUMEN LEARNING, 2024). Dada a dificuldade de socialização das pessoas com TEA, esta pesquisa analisa como a

in- teligência artificial, aprendizado de máquina e visão computacional podem facilitar o desenvolvimento dessas habilidades.

A tecnologia também é uma grande aliada no tratamento de pessoas com TEA. Segundo a psicóloga Milene Rosenthal, cuja a informação foi disponibilizada no site *canaltech*¹. Uma pessoa autista com dificuldade de comunicação pode não saber se expressar verbalmente, mas um aplicativo que mostre figuras de sentimentos, reações, entre outros, pode ser uma poderosa ferramenta de expressão para aquele indivíduo.

Este estudo utiliza uma abordagem bibliográfica, baseada em artigos e livros, e inclui a implementação prática da biblioteca *DeepFace* do *Python*. O objetivo é explorar como a inteligência artificial, juntamente com a visão computacional, pode ser aplicada para desenvolver uma ferramenta intuitiva e acessível que auxilie no treinamento de habilidades sociais para pessoas com TEA, facilitando o uso por profissionais de saúde e familiares.

2 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

O Transtorno do Espectro Autista é classificado em três níveis, cada um com características próprias, como a presença ou ausência de deficiência intelectual e o desenvolvimento da fala. No entanto, há uma característica comum a todos: "o contato social é sempre prejudicado"(SILVA, 2012, p. 12).

A comunicação, seja verbal ou não verbal, requer que o receptor compreenda a mensagem transmitida pelo emissor. Uma forma de comunicação não verbal são as expressões faciais, sendo cruciais para interpretar emoções e estabelecer uma comunicação eficiente (MCQUAIL, 2001) (AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION, 2021). Alguns indivíduos com TEA, contudo, têm dificuldade em interpretar essas expressões. Estudos de neuroimagem funcional mostraram alterações nos sulcos temporais superiores, uma região crítica para a percepção de estímulos sociais, resultando em menor ativação durante atividades de socialização (ZILBOVICIUS; MERESSE; BODDAERT, 2006).

¹ Disponível em: <https://canaltech.com.br/saude/como-a-tecnologia-esta-ajudando-pessoas-com-autismo-no-brasil-153621>

O aprendizado de máquina (*Machine Learning*), uma subcategoria da IA, refere-se a sistemas que modificam seu comportamento com base na experiência. Visão computacional, por outro lado, permite que máquinas analisem e interpretem imagens automaticamente. Ambas as tecnologias utilizam algoritmos para identificar e classificar objetos, de forma semelhante ao cérebro humano, processando dados de câmeras e *smartphones* para reconhecimento facial e de objetos, como informado no site da Amazon² e pelo autor (MALONE; RUS; LAUBACHER, 2023).

A aplicação de inteligência artificial e visão computacional no tratamento do Transtorno do Espectro Autista (TEA) tem avançado significativamente nos últimos anos. Desde 2015, o número de publicações nessa área tem aumentado, refletindo o progresso tecnológico e o crescente interesse em desenvolver soluções que auxiliem indivíduos com TEA no reconhecimento de emoções e no desenvolvimento de habilidades sociais (HAPPY; DANTCHEVA; DUGELAY, 2019; ZENG *et al.*, 2021).

Pesquisadores como Rana el Kaliouby (KALIOUBY; FERNANDEZ, 2020) e Rosalind Picard (PICARD, 1997) têm liderado estudos sobre a utilização de inteligência artificial e visão computacional para aprimorar o reconhecimento de expressões faciais e criar tecnologias voltadas para o treinamento de habilidades sociais em indivíduos com TEA. Complementarmente, os trabalhos de Paul Ekman (EKMAN, 2003), embora focados na teoria das expressões faciais e emoções, oferecem a base teórica fundamental para esses sistemas.

Estudos como os de Happy *et al.* (2019) (HAPPY; DANTCHEVA; DUGELAY, 2019) e Zeng *et al.* (2021) (ZENG *et al.*, 2021) investigam como a visão computacional e a inteligência artificial podem ser empregadas para reconhecer emoções em pessoas com TEA. Esses estudos demonstram como ferramentas tecnológicas podem facilitar o treinamento de habilidades sociais ao fornecer *feedback* em tempo real sobre as emoções detectadas.

A revisão revelou que sistemas computacionais têm sido amplamente utilizados para oferecer suporte no desenvolvimento de habilidades sociais em ambi-

² Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is/computer-vision/>

entes controlados, como clínicas terapêuticas e escolas. Essas ferramentas criam um ambiente seguro para que indivíduos com TEA pratiquem o reconhecimento de expressões faciais e emoções, sem o estresse associado às interações sociais imediatas (GOODWIN *et al.*, 2008; WAINER *et al.*, 2014; SCASSELLATI; ADMONI; MATARIC, 2012).

Apesar dos avanços significativos, a revisão da literatura indica que ainda existem desafios relacionados à precisão dos sistemas de reconhecimento facial e à aceitação por parte dos usuários com TEA. A personalização dessas ferramentas é crucial, considerando a diversidade do espectro autista (ZENG *et al.*, 2021). Essas *insights* ressaltam a necessidade contínua de desenvolvimento e aprimoramento dessas tecnologias.

3 METODOLOGIA

Nesta pesquisa foi realizada uma extensa revisão da literatura sobre o uso de Inteligência Artificial no tratamento de habilidades sociais. Foram utilizadas fontes acadêmicas, como artigos, livros e teses, priorizando estudos relacionados à tecnologia publicados entre 2019 e 2024. Ferramentas de pesquisa foram essenciais para a viabilidade deste estudo, incluindo a documentação oficial das bibliotecas utilizadas na parte prática, Google Scholar, IEEE e SciELO.

Diversos termos de pesquisa foram utilizados para orientar o estudo, entre eles: “Transtorno do Espectro Autista”, “Tratamento de Habilidades Sociais”, “Linguagem Não Verbal”, “Expressões Faciais”, “Inteligência Artificial”, “Visão Computacional” e “Tecnologia e Autismo”. Esses termos foram fundamentais para garantir uma pesquisa direcionada e consistente com o tema do estudo.

Além da revisão teórica, a pesquisa investiu na parte prática, explorando tecnologias de IA e visão computacional para o reconhecimento de expressões faciais. Foram utilizadas bibliotecas da linguagem de programação *Python* para implementar e testar códigos experimentais, embora o código desenvolvido ainda seja experimental e necessite de aprimoramentos antes de estar pronto para o uso.

Especificamente, a biblioteca *DeepFace*³ foi implementada para realizar análises faciais e associar emoções a partir de imagens selecionadas pelo usuário. Juntamente com a *DeepFace*, utilizou-se a *OpenCV*⁴ para capturar e processar imagens em tempo real através da *webcam* do computador, permitindo o reconhecimento de expressões faciais enquanto o usuário interage com a ferramenta.

Em seguida, o sistema processa a imagem e retorna a emoção predominante associada àquela expressão facial. Esse sistema pode ser utilizado em situações de treinamento supervisionado por terapeutas ou em casa, com a orientação de familiares, para melhorar a capacidade de interpretar emoções e reações não verbais. A ferramenta pode ser aplicada em sessões de terapia para reforçar a interação social de forma controlada, ou como prática diária para que o indivíduo com TEA se acostume a reconhecer e responder adequadamente às expressões faciais. Além disso, o sistema pode ser utilizado em ambientes educativos, onde a interação social é frequentemente desafiadora para esses indivíduos. O principal propósito da ferramenta é apoiar o desenvolvimento de habilidades sociais essenciais, como a compreensão de sentimentos e emoções, melhorando a comunicação entre indivíduos com TEA e seus familiares ou colegas. Ao aumentar a conscientização sobre as emoções humanas, o sistema contribui para reduzir o isolamento social e promover uma interação mais efetiva e natural.

Além disso, as bibliotecas *Pillow*⁵ e o módulo *ImageTk* foram empregadas para manipulação e exibição de imagens. Combinadas com a *DeepFace*, essas bibliotecas permitiram a análise de uma imagem enviada pelo próprio usuário. A biblioteca *Tkinter*⁶ foi utilizada para criar uma interface mais intuitiva, permitindo que qualquer usuário, independentemente de seu conhecimento em programação, possa utilizar o sistema, como é mostrado nas Figuras 1 e 2.

³ Disponível em: <https://github.com/serengil/deepface>

⁴ Disponível em: <https://opencv.org/>

⁵ Disponível em: <https://pillow.readthedocs.io/en/stable/>

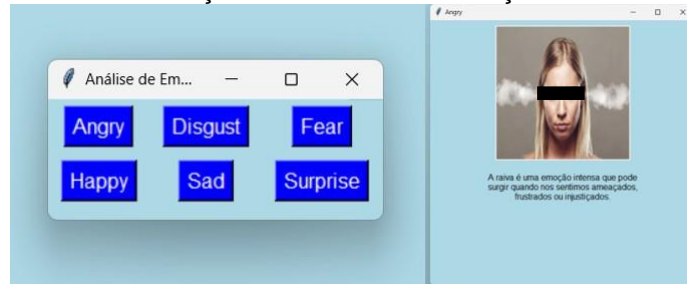
⁶ Disponível em: <https://docs.python.org/pt-br/3/library/tkinter.html>

Figura 1. Tela Inicial e Tela Descobrir do Detector de Emoções.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 2. Tela Menu de Emoções e Tela de cada emoção do Detector de Emoções



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para acompanhar o desenvolvimento do projeto, realizamos testes em duas abordagens distintas: análise por meio de imagens estáticas e em tempo real. Foram coletadas 18 fotografias de diferentes indivíduos, cada uma capturando uma variedade de expressões faciais. Optamos por incluir um número maior de imagens que capturassem a região dos ombros para cima, pois acreditamos que esta perspectiva forneceria uma visão mais clara das expressões faciais. Após a coleta, as emoções presentes nas imagens foram cuidadosamente analisadas com o auxílio do detector de emoções desenvolvido neste estudo. O objetivo desta análise foi testar a eficácia do detector ao identificar emoções em imagens estáticas. A análise realizada pela IA foi posteriormente classificada em "Correta", "Errada" e "Inconclusiva" para avaliar a precisão do sistema e ajustar sua eficácia no reconhecimento de expressões faciais.

Na segunda abordagem, participaram 8 voluntários, todos sem diagnóstico de TEA. Durante esses testes, focamos na identificação e análise das seis emoções básicas: raiva, nojo, medo, felicidade, surpresa, tristeza e a emoção neutra. O papel desses voluntários foi ajudar na avaliação da análise por meio da *webcam*. Como não tínhamos acesso a pessoas devidamente diagnosticadas

com TEA, testamos as funcionalidades com pessoas ao nosso alcance. Os testes foram conduzidos ao longo de um período de uma semana no ano de 2024.

4 RESULTADOS

A análise dos dados confirma a relevância das habilidades sociais prejudicadas no espectro autista, como discutido por Silva (SILVA, 2012), e a necessidade de intervenções eficazes. Este estudo reforça a importância das tecnologias no tratamento do TEA, alinhando-se a (CONTRERAS-ORTIZ; MARRUGO; RIBON, 2023) sobre os benefícios de ambientes virtuais. A integração da tecnologia no tratamento do TEA oferece vantagens significativas, permitindo um tratamento mais precoce e acessível, conforme discutido por Adams *et al.* (ADAMS *et al.*, 2008). No entanto, também há desafios, como a falta de estrutura e conhecimento na implementação dessas tecnologias.

Os resultados indicam que ferramentas modernas, como Inteligência Artificial e visão computacional, têm grande potencial para melhorar o tratamento das habilidades sociais. Embora a revisão da literatura mostre evidências promissoras sobre a contribuição dessas tecnologias, a eficácia prática ainda precisa ser validada de forma mais detalhada. A identificação de expressões faciais pelo sistema desenvolvido mostrou-se promissora, mas a relevância da IA nesse contexto requer mais exploração.

A aplicação é capaz de analisar expressões faciais de imagens estáticas e em tempo real via *webcam*, traduzindo-as em sentimentos para que indivíduos com TEA pratiquem o reconhecimento emocional. Sugere-se a utilização em sessões terapêuticas para associar expressões a sentimentos, semelhante ao uso de PECS⁷. Por ser uma abordagem inovadora e atual, há uma maior probabilidade de aumentar o interesse do autista no processo de aprendizado sobre emoções.

Importante frisar que a aplicação visa auxiliar e não substituir profissionais e treinamentos especializados. A ferramenta proporciona uma melhoria significativa na percepção dos indivíduos com autismo sobre diferentes sentimentos, apoiando

⁷ O PECS é um sistema único de comunicação alternativa/aumentativa, destinado a ensinar comunicação funcional

uma área muito importante, a socialização (UMBERSON *et al.*, 1996)(BANDURA *et al.*, 1986)(SCHNEIDER, 1993).

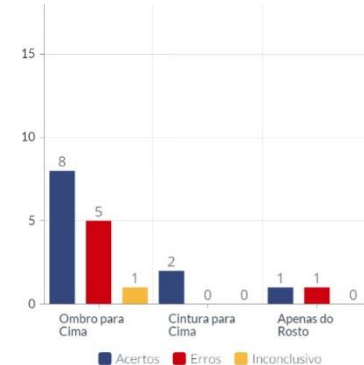
Na parte prática, foram realizados testes para avaliar a eficácia da aplicação em reconhecer expressões faciais. O objetivo foi testar a eficácia da aplicação em identificar corretamente as expressões analisadas. As bases de dados foram construídas pelos autores, que coletaram fotos de si mesmos e de pessoas conhecidas, utilizaram voluntários familiares e amigos para as análises por *webcam*. Os perfis foram escolhidos com base na acessibilidade por parte dos autores.

A avaliação foi conduzida perguntando aos participantes se a emoção identificada pelo detector correspondia à emoção que eles queriam expressar. Resultados foram classificados como inconclusivos em casos onde a expressão não era claramente identificável, como no caso onde uma expressão de felicidade foi analisada como neutra devido à sutileza do sorriso.

Após os testes de funcionamento, nenhum ajuste foi feito nos parâmetros do sistema, e não houve separação em conjuntos de validação e teste, uma vez que não foram realizados treinamentos adicionais no modelo.

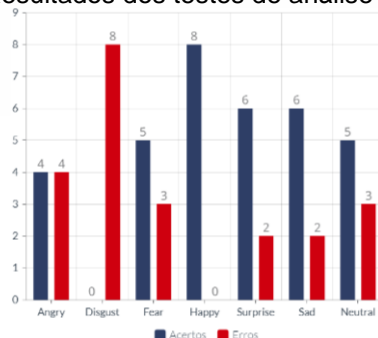
A Figura 3 e a Figura 4 mostram os resultados obtidos dos testes de análise por tipo de foto e por *webcam*, respectivamente.

Figura 3. Resultados dos testes de análise por tipo de foto



Fonte: Elaborado pelos autores.

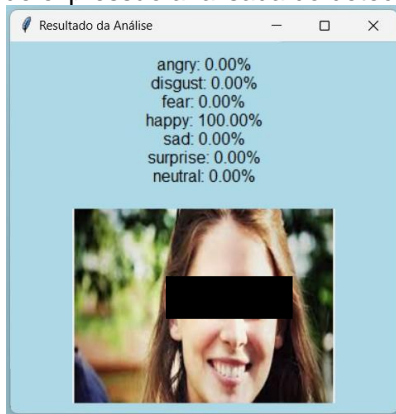
Figura 4. Resultados dos testes de análise por webcam



Fonte: Elaborado pelos autores.

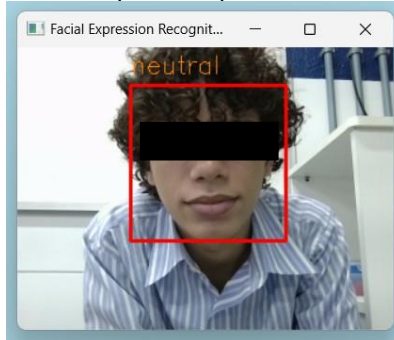
A Figura 5 ilustra a tela e as informações que o usuário visualiza ao analisar uma imagem, mostrando a porcentagem de cada emoção associada à expressão detectada. Já a análise por *webcam* é exibida na Figura 6, que apresenta uma interface simplificada para reduzir a carga de processamento. A tela mostra a imagem capturada pela *webcam* com o rosto analisado e a emoção predominante identificada.

Figura 5. Tela de expressão analisada do detector de emoções



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 6. Tela de análise de expressão por webcam do detector de emoções



Fonte: Elaborado pelos autores.

5 DISCUSSÃO

Durante a leitura deste artigo, é possível questionar por que as habilidades sociais são frequentemente afetadas em indivíduos com TEA. Estudos como o presente no site *Applied Behavior Analysis*⁸, indicam que essa dificuldade, prevalente em todos os níveis do espectro, está diretamente associada a várias características essenciais da condição. Conforme mencionado em (VOLKMAR, 2013), tais características incluem as dificuldades na interpretação de sinais de comunicação não verbal. Esses aspectos sobrecarregam o indivíduo, levando ao isolamento social ou a comportamentos inadequados.

De acordo com o site *Applied Behavior Analysis*, a habilidade de prosperar em ambientes sociais é crucial para a felicidade e experiência humana. Assim, o estudo foca em estratégias para melhorar a capacidade de reconhecer e interpretar emoções a partir de expressões faciais. Assim, quais estratégias poderiam ser adotadas para aprimorar a capacidade de reconhecer e interpretar emoções a partir de expressões faciais?

O uso de ferramentas baseadas em visão computacional foi explorado como um complemento e não um substituto aos métodos tradicionais de treinamento oferecidos por profissionais. Essa abordagem, ao integrar tecnologia visa oferecer intervenções mais precoces e envolventes.

Além disso, um benefício adicional dessa abordagem é sua conexão com o mundo do paciente. A ferramenta tecnológica desenvolvida, quando combinada

⁸ Disponível em: <https://www.appliedbehavioranalysisedu.org/why-do-autistics-have-issues-with-social-skills/>

com uma estratégia de *gamificação*⁹ bem planejada, incluindo os interesses específicos do indivíduo no espectro, mostra-se uma alternativa promissora para o tratamento (OLIVEIRA, 2019).

Entretanto, a tecnologia pode ter limitações, como a necessidade de infraestrutura adequada e capacitação para profissionais e pais. É crucial garantir um ambiente apropriado e simplicidade no uso da ferramenta desenvolvida.

A tecnologia de reconhecimento de expressões faciais desenvolvida neste trabalho representa uma abordagem prática e envolvente para aprender sobre emoções associadas a diferentes expressões faciais. Dessa forma a utilização de inteligência artificial e aprendizado de máquina nesse contexto abre um vasto leque de possibilidades. Em consonância com estudos existentes (DURKIN; CONTI-RAMSDEN, 2007), acreditamos que a aplicação de IA no tratamento do TEA pode melhorar a compreensão emocional e a interação social de indivíduos autistas.

Embora os testes com imagens estáticas tenham mostrado desempenho satisfatório, a análise em tempo real via *webcam* revelou desafios, especialmente na identificação da expressão de nojo, conforme observações em outros estudos (BERNARD-OPITZ; SRIRAM; NAKHODA-SAPUAN, 2001).

Adicionalmente, é essencial reconhecer a necessidade de adaptar a interface para atender às especificidades de indivíduos no espectro autista antes de sua implementação em cenários reais. Acrescenta-se ainda que no desenvolvimento da aplicação, não foi realizada uma análise adequada de interface e acessibilidade, dado que o foco do estudo era demonstrar a aplicação de visão computacional no contexto discutido.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alinhados com Ana Beatriz (SILVA, 2012), compreende-se que a área da socialização e as habilidades sociais são comumente prejudicadas em indivíduos no espectro, independentemente do nível. O envolvimento com essa temática

⁹ Gamificação é o uso de elementos de jogos, como desafios e recompensas, em contextos não relacionados a jogos, como educação e saúde, para motivar o engajamento e o aprendizado.

partiu do que foi exposto pelos autores (PRESSBOOKS, 2024; LUMEN LEARNING, 2024), onde foi destacada a importância da socialização na vida de qualquer ser vivo. Visto que uma das maiores dificuldades está na percepção de pistas sociais não verbais, este estudo focou em explorar a área das expressões faciais.

Para responder à questão norteadora, realizamos uma extensa revisão da literatura acadêmica, na qual constatamos que a utilização de ferramentas tecnológicas pode colaborar significativamente com o tratamento precoce do Transtorno do Espectro Autista, cuja eficácia já foi comprovada por diversos autores (ADAMS *et al.*, 2008). Considerando que a maioria das pessoas atualmente tem acesso a um smartphone, conforme mostrado nos dados estatísticos do *Oberlo*¹⁰, a criação de ferramentas móveis para o tratamento incentivaria e facilitaria a intervenção precoce.

Além do desenvolvimento prático, foram realizados testes de funcionalidade da aplicação com pessoas neurotípicas, constatando-se uma taxa de acerto acima de 50%. Por fim, as poderosas tecnologias de visão computacional e inteligência artificial podem ser usadas no tratamento do TEA e no treino de habilidades sociais. No entanto, destacamos que a aplicação desenvolvida não está em sua versão final, sendo necessários testes, melhorias e adaptações para uso em situações reais.

A principal contribuição social desta pesquisa reside na proposta de uma ferramenta acessível para familiares e profissionais, promovendo inclusão e desenvolvimento de habilidades sociais. Academicamente, a pesquisa reforça a relevância da tecnologia aplicada à saúde e educação.

Entre as limitações do estudo, destacam-se a ausência de testes com indivíduos diagnosticados com TEA e a falta de uma análise aprofundada da usabilidade da ferramenta. Para pesquisas futuras, recomenda-se a aplicação em dispositivos móveis, testes com o público-alvo real e avaliação formal de acessibilidade e usabilidade.

¹⁰ Disponível em: <https://www.oberlo.com/statistics/how-many-people-have-smartphones>

REFERÊNCIAS

- ADAMS, J. B. *et al.* **Advice for parents of young autistic children (2008, Revised)**. San Diego, CA: Autism Research Institute, 2008.
- AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION. **Nonverbal Communication**. 2021. Disponível em: <<https://www.apa.org/news/podcasts/speaking-of-psychology/nonverbal-communication>>.
- BANDURA, A. *et al.* **Social foundations of thought and action**. Englewood Cliffs, NJ, v. 1986, n. 23-28, p. 2, 1986.
- BERNARD-OPITZ, V.; SRIRAM, N.; NAKHODA-SAPUAN, S. **Enhancing**
- CONTRERAS-ORTIZ, M. S.; MARRUGO, P. P.; RIBON, J. C. R. **E-Learning Ecosystems for People With Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review**. *IEEE Access*, IEEE, 2023.
- DURKIN, K.; CONTI-RAMSDEN, G. **Turn off or turn on? Technology, television, and language in the home**. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, Wiley Online Library, v. 48, n. 10, p. 1058–1065, 2007.
- EKMAN, P. **Emotions Revealed: Recognizing Faces and Feelings to Improve Communication and Emotional Life**. [S.l.]: Henry Holt and Company, 2003.
- GOODWIN, M. S. *et al.* **Enhancing social communication through AAC systems for children with autism spectrum disorders**. *Autism*, SAGE Publications, v. 12, n. 6, p. 583–600, 2008.
- HAPPY, S. L.; DANTCHEVA, A.; DUGELAY, J. L. **Recognizing facial expressions in the wild using deep learning techniques**. *Journal of Computer Vision*, v. 127, n. 2, p. 314–327, 2019.
- KALIOUBY, R. E.; FERNANDEZ, C. C. **Girl Decoded: A Scientist's Quest to Reclaim Our Humanity by Bringing Emotional Intelligence to Technology**. [S.l.]: Currency, 2020.
- LUMEN LEARNING. **Introduction to Sociology: Socialization**. 2024. Accessed: 2024-06-04. Disponível em: <<https://courses.lumenlearning.com/wm-introductiontosociology/chapter/why-it-matters-socialization/>>.
- MAENNER, M. J. Prevalence and characteristics of autism spectrum disorder among children aged 8 years—autism and developmental disabilities monitoring network, 11 sites, United States, 2018. *MMWR*, v. 70, 2021.
- MALONE, T.; RUS, D.; LAUBACHER, R. **Machine learning, explained**. 2023. <<https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/machine-learning-explained>>. Acessado em: 2024-06-04.
- MCQUAIL, D. **Introdução à Teoria da Comunicação**. [S.l.]: Loyola, 2001.

OLIVEIRA, L. A. d. **Aproximações entre habilidades sociais e gamificação em crianças com espectro autista: um estudo de levantamento bibliográfico.** Universidade Federal do Maranhão, 2019.

PICARD, R. W. **Affective Computing.** [S.l.]: MIT Press, 1997.

PRESSBOOKS. **Introduction to Sociology: Socialization.** 2024. Accessed: 2024-06-04. Disponível em: <<https://louis.pressbooks.pub/introdsociology/chapter/socialization/>>.

SCASSELLATI, B.; ADMONI, H.; MATARIC, M. J. **Robots for use in autism research.** *Annual Review of Biomedical Engineering*, Annual Reviews, v. 14, p. 275–294, 2012.

SCHNEIDER, B. H. **Children's social competence in context: The contributions of family, school and culture.** [S.l.]: Psychology Press, 1993. v. 10.

SILVA, A. B. B. **Mundo Singular: Entenda o autismo.** [S.l.]: Editora Fontanar, 2012.

social problem solving in children with autism and normal children through computer-assisted instruction. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, Springer, v. 31, n. 4, p. 377–384, 2001.

STRAVOGIANNIS, A. L. **Autismo: Um olhar por inteiro.** São Paulo: Literare Books International, 2020.

UMBERSON, D. *et al.* **The effect of social relationships on psychological well-being: Are men and women really so different?** *American sociological review*, JSTOR, p. 837–857, 1996.

VOLKMAR, F. R. **Autism Spectrum Disorders.** In: VOLKMAR, F. R. (Ed.). *Encyclopedia of Autism Spectrum Disorders.* Springer, 2013. p. 345–349. Disponível em: <https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-1-4614-4788-7_60>.

WAINER, A. L. *et al.* **The effectiveness of using a humanoid robot to teach social skills to children with autism spectrum disorder.** *International Journal of Social Robotics*, Springer, v. 6, n. 4, p. 423–435, 2014.

ZENG, Z. *et al.* **A survey of affect recognition methods: Audio, visual, and spontaneous expressions.** *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, v. 33, n. 1, p. 39–58, 2021.

ZILBOVICIUS, M.; MERESSE, I.; BODDAERT, N. **Autismo: neuroimagem.** *Rev. Bras. Psiquiatr.*, v. 28, p. s21–s28, May 2006.