

Aspectos Teóricos do Autismo e Eye-Tracking: uma possibilidade diagnóstica não invasiva

Theoretical aspects of Autism and Eye-Tracking: a potential non-invasive diagnostic method

Eduarda de Lima¹, Miriam Arl².

¹ Graduanda em Biomedicina pela Universidade Sociedade Educacional de Santa Catarina - UNISOCIESC, polo de São Bento do Sul, Santa Catarina, Brasil. ORCID: 0009-0000-2567-4077.

² Mestre em Engenharia Ambiental e Docente no curso de Biomedicina, Universidade Sociedade Educacional de Santa Catarina - UNISOCIESC, polo de São Bento do Sul, Santa Catarina, Brasil. ORCID: 0000-0001-6892-1672.

RESUMO:

Objetivo: revisar aspectos teóricos a respeito do Transtorno do Espectro Autista e relacionar com a metodologia *eye-tracking*, um de seus possíveis biomarcadores descritos na literatura, o qual funciona medindo a movimentação ocular e frequência de piscadas de cada pessoa. *Método:* revisão sistemática de literatura a partir da coleta de artigos relacionados ao transtorno e seu diagnóstico selecionados por meio da pesquisa na base de dados das plataformas SciELO e PubMed. *Resultados:* O *eye-tracking* é uma ferramenta eficaz de diferenciação entre pessoas portadoras do Autismo e neurotípicos. Pode ser usada aliada ao *machine learning* para garantir estudos em massa com grandes quantidades de amostra, trazendo aperfeiçoamento das técnicas. *Considerações Finais:* Os estudos na área estão em fase inicial e mais trabalhos devem ser realizados a fim de garantir parâmetros para assertividade diagnóstica, o que acarreta em um aumento na qualidade de vida dos pacientes diagnosticados com o Autismo.

DESCRITORES: Marcadores biológicos. Eye-Tracking. autismo.

ABSTRACT:

Objective: to list what is currently known about Autism Spectrum Disorder, as well as relate the theme with the *eye-tracking* method, one of its potential biomarkers described in literature, which works by measuring the eye's movements and the frequency of one's blinks. *Methodology:* systematic review after collecting papers related to autism and its diagnosis by research in the database of the platform SciElo and PubMed. *Conclusions:* Eye-tracking is an efficient tool for differentiation between autistic and non-autistic groups. Can be used allied with machine learning to guarantee mass studies with a great quantity of samples, bringing an improvement of tecnics. *Conclusions:* The studies in this area are in developmental state and shall be continued aiming to assure greater diagnostic assertiveness and improvement on the wellbeing of the patients diagnosed with ASD.

KEYWORDS: Biological markers. Eye-Tracking. autism.

INTRODUÇÃO:

A palavra autismo caracteriza uma síndrome que resulta de uma alteração no desenvolvimento neuronal¹ que afeta aspectos da interação social e comunicação desde a primeira infância, podendo haver interesses e comportamentos restritos, além de movimentos sensório-motores estereotipados^{2,3}. É uma condição diagnosticada principalmente através de análises comportamentais de cada paciente, o que pode tornar o diagnóstico demorado, levando a uma série de complicações na qualidade de vida dos indivíduos autistas⁴ resultando em comorbidades como ansiedade e depressão.

Existem diferentes níveis dentro da classificação diagnóstica, que tomam por base os níveis de suporte exigidos na vida cotidiana, o diagnóstico investiga a presença ou não de traços que comprometem substancialmente a comunicação verbal e não-verbal, reciprocidade sócio emocional e consequentemente desenvolvimento, compreensão e manutenção de relacionamentos, além de padrões de comportamento repetitivos, movimentos motores estereotipados, objetos de uso para suporte, interesses fixos e hiper ou hipo reatividade a estímulos sensoriais como texturas, sons, luzes e odores⁵. Houve uma atualização em 2014 que engloba vários transtornos em um só diagnóstico. O que antes era tido como Autismo, Síndrome de Asperger, Síndrome de Heller e Síndrome de Rett agora passa a figurar em um diagnóstico guarda-chuva de Transtorno de Espectro Autista (TEA)^{6,7}.

Sabe-se que alguns marcadores biológicos são estudados em diferentes linhas de investigação para elucidar a base de neurodesenvolvimento do autismo, esses marcadores podem ser genéticos passados dos pais para os filhos, intrauterinos que perduram até a vida adulta e até mesmo pouco invasivos que utilizam inteligência artificial para identificar grupos de pessoas autistas e não-autistas com base na movimentação ocular.

Não há uma base bem fundamentada em relação a etiologia da condição, porém os biomarcadores, obrigatoriamente presentes em uma série de patologias e transtornos, podem apontar o surgimento, evolução e remissão de doenças e condições de desenvolvimento. A psiquiatria é um ramo relativamente antigo da medicina, todavia também pode contar com o uso de

novas tecnologias para a predição e acompanhamento de pacientes previamente diagnosticados pelos critérios clássicos.

Há um número crescente de casos diagnosticados nos últimos anos a nível global ⁸, sendo importante a análise não só comportamental, mas a nível de desenvolvimento neuronal de indivíduos autistas a fim de que se possa elaborar tratamentos mais eficazes e elucidar satisfatoriamente uma causa generalista do transtorno. Portanto, este estudo visa corroborar o que se sabe a respeito do *eye tracking*, um dos mais recentes biomarcadores do TEA, por meio de uma revisão sistemática, compilando informações de estudos na área.

MÉTODO

Este estudo é uma revisão narrativa a respeito dos biomarcadores utilizados para corroborar com o diagnóstico e acompanhamento dos pacientes com TEA. Foram utilizados os termos “biomarcadores do autismo” (autism biomarkers) e “*eye-tracking*” nas bases de dados dos sites “Scientific Electronic Library (SciELO)” e “PubMed” nos meses de fevereiro a junho de 2023.

A busca resultou em 27 artigos, os quais foram selecionados observando os seguintes critérios de inclusão: trabalhos com menos de cinco anos de publicação até a data do levantamento bibliográfico e que tratem especificamente sobre o estudo dos biomarcadores por *eye-tracking* próprios do transtorno, já os critérios de exclusão foram determinados como: artigos de acesso privado com mais de cinco anos desde a data de publicação até a pesquisa e que discorra sobre apenas um dos tópicos individualmente.

REVISÃO DA LITERATURA

O termo autismo foi utilizado pela primeira vez em 1911 pelo psiquiatra suíço Eugen Bleuler, que percebeu em seus pacientes uma forte desconexão com o ambiente em que viviam⁹, o nome deriva do termo grego *autós*, que significa “voltar-se a si mesmo”. Segundo o DSM-5, o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais, para confirmação do diagnóstico um dos critérios é o déficit na comunicação e interação social em múltiplos contextos, o que é associado a uma anormalidade de interesses e fixações, assim como

anormalidades no contato visual e linguagem corporal¹⁰. A comunicação não-verbal é utilizada diariamente em diferentes contextos e pessoas com prejuízo nesse campo podem apresentar comportamentos tidos como incomuns e excêntricos, influenciando diretamente a sua vida em comunidade, e portanto impactando suas relações interpessoais, uma vez que a face é um ponto foco para comunicação social direta^{11,12}.

Segundo dados de 2020 pelo CDC (Centers for Disease Control and Prevention) uma a cada 36 crianças são autistas¹³. Com o passar dos anos mais estudos foram feitos a respeito do tema, aliando o que se sabe sobre o transtorno com as possibilidades de rastreio precoce, buscando melhorar a qualidade de vida e a garantia de tratamento adequado das pessoas portadoras. Apesar de a palavra biomarcadores remeter a estudos genéticos, existem ferramentas não invasivas para o estudo de padrões exibidos em diferentes condições, doenças e transtornos¹⁴.

O *eye-tracking* é um método de rastreio do padrão de movimentação dos olhos e tem se mostrado eficaz em categorizar grupos de pessoas autistas e neurotípicas (que não possuem o transtorno)¹⁵. O teste é iniciado posicionando-se a pessoa estudada em frente a uma tela, que apresenta diversos estímulos visuais previamente selecionados pelos pesquisadores, e no decorrer do teste há uma câmera de alta resolução responsável por captar os movimentos oculares do estudado, identificando com precisão o ponto da tela onde a visão está focada. Essas informações são coletadas e migram para o banco de dados de uma Inteligência Artificial (IA) responsável por detectar os padrões e separar os grupos de pessoas estudadas com base nos pontos específicos que foram o foco durante o estudo^{16,17}.

Esse teste também pode ser realizado utilizando óculos que identificam a movimentação ocular, sendo uma opção mais moderna e mais precisa, todavia será utilizado o mesmo procedimento pelo software instalado no computador do operante para tratar as informações colhidas pelos dispositivos¹².

Machine Learning é uma sub-categoria de IA que emprega diferentes tipos de algoritmos responsáveis por aprender a identificar padrões em uma ampla gama de dados avaliados sem necessitar de um código de programação direto, sendo uma tecnologia de uso crescente para diagnósticos por imagem¹⁴.

Há também o emprego de *machine learning* no estudo do TEA, onde estas IA's podem reconhecer o desvio do olhar para pontos menos específicos, como ombros, bochechas e sobrancelhas¹⁸.

O objetivo de mapeamento da movimentação ocular é detectar três informações básicas, sendo: fixação, movimentação rápida e piscada. Sendo a fixação o momento de parada do olhar em um ponto específico para processamento da imagem pelo cérebro, variando entre 150 e 300 milissegundos. Para que haja um escaneamento do objeto em foco ocorre a movimentação rápida dos olhos, por meio dos movimentos sacádicos, que são deslocamentos rápidos que levam entre 30 a 120 milissegundos cada. As piscadas podem ser um sinal de perda de controle do olhar¹⁹.

Cada uma destas categorias é identificada para criação de um padrão único de movimentação ocular. Alguns estudos sugeriram que crianças autistas possuem uma movimentação ocular mais rápida quando comparadas a crianças sem o transtorno, porém foi mostrado que essa movimentação vai variar conforme a tarefa que está sendo realizada¹⁹.

Bacon, em um trabalho publicado em 2020 mostrou que a tecnologia de *Eye-Tracking* é eficiente em tratar sobre o prognóstico e evolução dos casos e quando aplicado a crianças em idade precoce, pôde prever a evolução clínica com 5 a 9 anos de antecedência²⁰.

Para a realização dos testes é necessário selecionar manualmente diferentes estímulos visuais para padronização, o que é feito pelo operador do software devidamente treinado, com áreas de interesse pré-determinadas onde os pesquisadores esperam que vá se depositar a atenção dos espectadores, e devem ser demarcadas em cada vídeo ou imagem que vai ser apresentada. Se houverem muitos estímulos ou áreas de interesse mal determinadas pode haver o comprometimento do diagnóstico²¹. Embora essa abordagem não seja específica para o transtorno, a precisão é de 90% e a especificidade alcança 93%¹⁹.

Venker (2020) comparou o registro automático e a descrição manual do comportamento ocular das mesmas crianças, relatando uma menor perda de dados com a descrição manual quando comparado ao processamento automático do padrão de olhar dos estudados, porém é um procedimento que demanda mais tempo e esforço da equipe de estudo²².

Todavia, Zacharov (2023) ao realizar aplicação do *Eye-Tracking* em testes de memória envolvendo crianças autistas e neurotípicas em idade pré escolar. Como resultado, observaram evidência de que as crianças com autismo olharam por menos tempo para o ponto de interesse, porém não foram observadas diferenças estatísticas na mobilidade ocular entre os grupos, o que talvez poderia ser corrigido aumentando o número amostral de crianças²³.

Em 2022, Lascowitz realizou um estudo que determinou pontos de interesse em algumas imagens e classificou como Social (aqueles pontos onde haviam pessoas e animais) e Não Social (objetos diversos e paisagens). Após a realização de testes de *Eye-Tracking* em pais de crianças com autismo e nas próprias crianças, foi possível verificar a relação de hereditariedade de cognição mesmo nos pais que não possuem histórico clínico²⁴.

Existem também estudos vanguardistas que destacam a necessidade de estudos com aplicações práticas de convivências e experimentações com as diferentes situações sociais nas quais os indivíduos autistas se veem imersos. Justificam a necessidade de identificar comportamentos e atitudes naturais ao invés de simples reação aos estímulos passivos em telas de computador, a fim de proporcionar trocas dinâmicas e avaliar as habilidades dessas pessoas ao trabalhar por um objetivo em comum ao se relacionar com outras pessoas, afinal este tipo de atividade revela padrões de atenção visuais e conseqüentemente sociais que não são óbvios nos estudos pré existentes, deixando assim uma lacuna que precisa ser preenchida²⁵.

Outros artigos defendem a conversação cara-a-cara acompanhada por *Eye-Tracking* como método eficaz de detecção de autismo em situações rotineiras. Porém ainda carece de maiores níveis amostrais para garantir a assertividade deste tipo de estudo, uma vez que essa tecnologia ainda está em fase de aperfeiçoamento em relação a sua aplicação diagnóstica²⁶.

Apesar da literatura sinalizar a necessidade de desenvolver estudos sociais para otimizar a ferramenta de *eye-tracking*, o acompanhamento e suporte dado a pacientes com autismo desde a primeira infância seria mais assertivo se contasse com exames de *eye-tracking* a fim de determinar a evolução de cada caso, assim como influenciar na abordagem terapêutica que deverá ser adotada²⁷.

CONCLUSÃO

Visto que o TEA pode prejudicar diretamente a qualidade de vida dos afetados, comprometendo as habilidades de comunicação social e reciprocidade afetiva, é necessário a realização de estudos aprofundados para melhorar a qualidade de vida dos afetados. Apesar de não existir um marcador específico para o transtorno, o *eye-tracking* é útil no monitoramento do padrão de movimentação ocular e piscadas dos estudados, levando a um maior entendimento a respeito do padrão cognitivo do transtorno, visando elucidar a etimologia do TEA.

Pode-se empregar *machine learning* juntamente com o estudo para garantir maior segurança e assertividade, além de poupar o serviço de programação da IA para a equipe de pesquisa. Uma possibilidade de inovação nestes estudos seria aplicar o *eye-tracking* em conversações reais com o objetivo de estudar o comportamento natural de pessoas autistas expostas a diferentes estímulos de convivência. A identificação de TEA por *eye-tracking* é um tópico extenso que deve ser estudado a fim de aperfeiçoar as técnicas e procedimentos atualmente aplicados, garantindo maior precisão e com o objetivo de elucidar fatores comportamentais do transtorno, garantindo maior qualidade de vida e assertividade diagnóstica.

REFERÊNCIAS

1. HODGES, Holly; FEALKO, Casey; SOARES, Neelkamal. Autism spectrum disorder: definition, epidemiology, causes, and clinical evaluation. *Translational pediatrics*, v. 9, n. Suppl 1, p. S55, 2020.
2. MASINI, Elena et al. An overview of the main genetic, epigenetic and environmental factors involved in autism spectrum disorder focusing on synaptic activity. *International journal of molecular sciences*, v. 21, n. 21, p. 8290, 2020.
3. BLANK, Marion S. et al. The Need for a Clinically Useful Schema of Social Communication. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, v. 59, n. 11, p. 1198-1200, 2020.
4. BARGIELA, Sarah; STEWARD, Robyn; MANDY, William. The experiences of late-diagnosed women with autism spectrum conditions: An investigation of the female autism phenotype. *Journal of autism and developmental disorders*, v. 46, p. 3281-3294, 2016.
5. AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION et al. DSM-5: Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais. Artmed Editora, 2014.

6. SANCHACK, Kristian E.; THOMAS, Craig A. Autism spectrum disorder: Primary care principles. *American family physician*, v. 94, n. 12, p. 972-979, 2016.
7. LORD, Catherine et al. Autism spectrum disorder. *The Lancet*, v. 392, n. 10146, p. 508-520, 2018.
8. ZEIDAN, Jinan et al. Global prevalence of autism: A systematic review update. *Autism Research*, v. 15, n. 5, p. 778-790, 2022.
9. STOTZ-INGENLATH, Gabriele. Epistemological aspects of Eugen Bleuler's conception of schizophrenia in 1911. *Medicine, Health Care and Philosophy*, v. 3, p. 153-159, 2000.
10. American Psychiatric Association (APA). Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais: DSM-5. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.
11. TODOROVA, Greta Krasimirova; HATTON, Rosalind Elizabeth Mcbean; POLLICK, Frank Earl. Biological motion perception in autism spectrum disorder: a meta-analysis. *Molecular Autism*, v. 10, n. 1, p. 1-28, 2019.
12. SCHALLER, Ulrich Max et al. ADOS-Eye-Tracking: The archimedean point of view and its absence in Autism Spectrum Conditions. *Frontiers in Psychology*, v. 12, p. 584537, 2021.
13. CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Data and Statistics on ASD. ADDM Network 2000-2020 Combining Data from all sites. Last reviewed April 4th 2023.
14. FARAH, Raymond et al. Salivary biomarkers for the diagnosis and monitoring of neurological diseases. *Biomedical journal*, v. 41, n. 2, p. 63-87, 2018.
15. MASTERGEORGE, A. M., Kahathuduwa, C., & Blume, J. (2021). Eye-tracking in infants and young children at risk for autism spectrum disorder: A systematic review of visual stimuli in experimental paradigms. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 51, 2578-2599, 2020.
16. KONG, Xue-Jun et al. Different Eye Tracking Patterns in Autism Spectrum Disorder in Toddler and Preschool Children. *Frontiers in Psychiatry*, v. 13, p. 899521, 2022.
17. KANHIRAKADAVATH, Mujeeb Rahman; CHANDRAN, Monica Subashini Mohan. Investigation of eye-tracking scan path as a biomarker for autism screening using machine learning algorithms. *Diagnostics*, v. 12, n. 2, p. 518, 2022.
18. TSANG, Vicky. Eye-tracking study on facial emotion recognition tasks in individuals with high-functioning autism spectrum disorders. *Autism*, v. 22, n. 2, p. 161-170, 2018.
19. CILIA, Federica et al. Computer-aided screening of autism spectrum disorder: eye-tracking study using data visualization and deep learning. *JMIR human factors*, v. 8, n. 4, p. e27706, 2021.
20. BACON, Elizabeth C. et al. Identifying prognostic markers in autism spectrum disorder using eye tracking. *Autism*, v. 24, n. 3, p. 658-669, 2020.
21. OLIVEIRA, Jessica S. et al. Computer-aided autism diagnosis based on visual attention models using eye tracking. *Scientific reports*, v. 11, n. 1, p. 10131, 2021.
22. VENKER, Courtney E. et al. Comparing automatic eye tracking and manual gaze coding methods in young children with autism spectrum disorder. *Autism Research*, v. 13, n. 2, p. 271-283, 2020.

23. ZACHAROV, Oleg; HUSTER, Rene Jürgen; KAALE, Anett. Working memory in pre-school children with autism spectrum disorder: An eye-tracking study. *Perception, Cognition, and Working Memory: Interactions, Technology, and Applied Research*, p. 286, 2023.
24. NAYAR, Kritika et al. A constellation of eye-tracking measures reveals social attention differences in ASD and the broad autism phenotype. *Molecular Autism*, v. 13, n. 1, p. 18, 2022.
25. LASKOWITZ, Sarah et al. Cracking the Code of Live Human Social Interactions in Autism: A Review of the Eye-Tracking Literature. *Understanding Social Behavior in Dyadic and Small Group Interactions*, p. 242-264, 2022.
26. ZHAO, Zhong et al. Classification of children with autism and typical development using eye-tracking data from face-to-face conversations: Machine learning model development and performance evaluation. *Journal of Medical Internet Research*, v. 23, n. 8, p. e29328, 2021.
27. FROST-KARLSSON, Morgan et al. Social scene perception in autism spectrum disorder: An eye-tracking and pupillometric study. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, v. 41, n. 10, p. 1024-1032, 2019.