

## O papel da neuroimagem no diagnóstico e pesquisa do autismo

## The role of neuroimaging in the diagnosis and research of autism

## El papel de la neuroimagen en el diagnóstico e investigación del autismo

DOI: 10.5281/zenodo.13149579

Recebido: 26 jun 2024

Aprovado: 28 jul 2024

### **Jeniffer da Silva Alencar Mendes**

Graduanda em Medicina

Instituição: Universidade de Cuiabá - UNIC

Endereço: Cuiabá, Mato Grosso, Brasil

Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0006-6481-788X>

E-mail: jeniffer-alencar@hotmail.com

### **Gustavo Lopes Silva**

Graduado em Medicina

Instituição: Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória - EMESCAM

Endereço: Vitória, Espírito Santo, Brasil

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-0647-5122>

E-mail: guhls50@gmail.com

### **Samuel Machado Oliveira**

Graduado em Medicina

Instituição: Universidade de Uberaba - UNIUBE

Endereço: Uberaba, Minas Gerais, Brasil

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-2121-6284>

E-mail: samuelmachado101@icloud.com

### **Rafaëlle Laurence Pessôa Demontis**

Graduada em Medicina

Instituição: Universidade Federal do Pará - UFPA

Endereço: Belém, Pará, Brasil

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-6571-4966>

E-mail: medrlpd@gmail.com

### **Júlia Marçal de Vasconcelos Gonçalves**

Graduada em Medicina

Instituição: Centro Universitário do Norte - UNINORTE

Endereço: Rio Branco, Acré, Brasil

Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0000-1366-0807>

E-mail: julia.vasconcelos0707@gmail.com

**Julia Gomes Pimentel Balestrero**

Graduada em Medicina

Instituição: Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória - EMESCAM

Endereço: Vitória, Espírito Santo, Brasil

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-8733-7463>

E-mail: julia.gpbalestrero@gmail.com

**Nathália Nogueira Armini**

Graduada em Medicina

Instituição: Centro Universitário Governador Ozanam Coelho - UNIFAGOC

Endereço: Ubá, Minas Gerais, Brasil

Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0005-5739-2361>

E-mail: nathyarmini@hotmail.com

**Maria Luiza Cardoso Ferreira Soares**

Graduada em Medicina

Instituição: Faculdade de Medicina Muriaé - Centro Universitário FAMINAS

Endereço: Muriaé, Minas Gerais, Brasil

Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0000-5176-7381>

E-mail: marialuizacardosoferreira@hotmail.com

**Luiz Fernando Pereira Ribeiro**

Graduado em Medicina

Instituição: Faculdade de Medicina Muriaé - Centro Universitário FAMINAS

Endereço: Muriaé, Minas Gerais, Brasil

Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0004-6016-4602>

E-mail: luizfernando\_ribeiro@yahoo.com.br

**Anali Gonzales Calizaya**

Graduada em Medicina

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT

Endereço: Cuiabá, Mato Grosso, Brasil

Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0001-2709-4399>

E-mail: analiluiz21@gmail.com

**Bruna Victoria Alves Teixeira Furtado**

Graduada em Medicina

Instituição: Faculdade de Medicina de Itajubá - FMIT

Endereço: Itajubá, Minas Gerais, Brasil

Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0007-0271-7629>

E-mail: brunatfurtado@gmail.com

**Amália Karina Holanda da Silva**

Graduanda em Medicina

Instituição: Faculdade Nova Esperança de Mossoró - FACENE

Endereço: Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil

Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0006-6191-131X>

E-mail: amalia.holanda@hotmail.com

**João Victor de Oliveira Maldonado**

Graduando em Medicina

Instituição: Universidade de Brasília - UnB

Endereço: Brasília, Distrito Federal, Brasil

Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0002-3663-7911>

E-mail: joaomaldonado1@gmail.com

**Thiago Antonio Ferreira**

Graduado em Medicina

Instituição: Centro Universitário Governador Ozanam Coelho - UNIFAGOC

Endereço: Ubá, Minas Gerais, Brasil

Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0007-8936-8117>

E-mail: thiago-anf@msn.com

**Ana Paula Vieira Pontes Vaz Gontijo**

Graduada em Medicina

Instituição: Universidade de Itaúna - UIT

Endereço: Itaúna, Minas Gerais, Brasil

Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0005-1232-877X>

E-mail: ana.paulagontijo@hotmail.com

**RESUMO**

A neuroimagem tem desempenhado um papel fundamental no diagnóstico e na pesquisa do transtorno do espectro autista (TEA), proporcionando informações valiosas sobre as bases neurobiológicas dessa condição complexa. Este artigo revisa as principais técnicas de neuroimagem utilizadas na investigação do autismo, destacando suas contribuições para a compreensão dos mecanismos subjacentes e para o desenvolvimento de intervenções terapêuticas. Métodos como a ressonância magnética funcional (fMRI), a tomografia por emissão de pósitrons (PET) e a difusão de tensor de imagem (DTI) são amplamente empregados para analisar as diferenças estruturais e funcionais no cérebro de indivíduos com TEA. A fMRI, por exemplo, tem revelado padrões atípicos de conectividade neural, enquanto a DTI tem sido essencial para mapear anormalidades na integridade da substância branca. A PET, por outro lado, fornece dados sobre a atividade metabólica cerebral, contribuindo para a identificação de biomarcadores potenciais. A eficácia dessas técnicas varia, exigindo uma personalização das abordagens diagnósticas com base nas características individuais dos pacientes. Pesquisas futuras são necessárias para otimizar o uso dessas tecnologias e para entender melhor os mecanismos patofisiológicos subjacentes ao autismo. Este estudo oferece uma visão abrangente e atualizada das estratégias de neuroimagem, sublinhando a importância de uma abordagem multidisciplinar e personalizada para melhorar o diagnóstico e o manejo do TEA.

**Palavras-chave:** Autismo, Conectividade Neural, Neuroimagem, Transtorno do Espectro Autista.**ABSTRACT**

Neuroimaging has played a fundamental role in the diagnosis and research of autism spectrum disorder (ASD), providing valuable insights into the neurobiological bases of this complex condition. This article reviews the main neuroimaging techniques used in autism research, highlighting their contributions to understanding the underlying mechanisms and developing therapeutic interventions. Methods such as functional magnetic resonance imaging (fMRI), positron emission tomography (PET), and diffusion tensor imaging (DTI) are widely employed to analyze structural and functional differences in the brains of individuals with ASD. For instance, fMRI has revealed atypical patterns of neural connectivity, while DTI has been essential in mapping abnormalities in white matter integrity. PET, on the other hand, provides data on cerebral metabolic activity, contributing to the identification of potential biomarkers. The efficacy of these techniques varies, necessitating a customization of diagnostic approaches based on individual patient characteristics. Future research is needed to optimize the use of these technologies and to better

understand the pathophysiological mechanisms underlying autism. This study offers a comprehensive and updated overview of neuroimaging strategies, emphasizing the importance of a multidisciplinary and personalized approach to improve the diagnosis and management of ASD.

**Keywords:** Autism, Neural Connectivity, Neuroimaging, Autism Spectrum Disorder.

## RESUMEN

La neuroimagen ha desempeñado un papel fundamental en el diagnóstico y la investigación del trastorno del espectro autista (TEA), proporcionando información valiosa sobre las bases neurobiológicas de esta compleja condición. Este artículo revisa las principales técnicas de neuroimagen utilizadas en la investigación del autismo, destacando sus contribuciones a la comprensión de los mecanismos subyacentes y al desarrollo de intervenciones terapéuticas. Métodos como la resonancia magnética funcional (fMRI), la tomografía por emisión de positrones (PET) y la imagen por tensor de difusión (DTI) se emplean ampliamente para analizar las diferencias estructurales y funcionales en el cerebro de individuos con TEA. La fMRI, por ejemplo, ha revelado patrones atípicos de conectividad neural, mientras que la DTI ha sido esencial para mapear anomalías en la integridad de la sustancia blanca. La PET, por otro lado, proporciona datos sobre la actividad metabólica cerebral, contribuyendo a la identificación de posibles biomarcadores. La eficacia de estas técnicas varía, lo que requiere una personalización de los enfoques diagnósticos basada en las características individuales de los pacientes. Se necesitan investigaciones futuras para optimizar el uso de estas tecnologías y para comprender mejor los mecanismos fisiopatológicos subyacentes al autismo. Este estudio ofrece una visión integral y actualizada de las estrategias de neuroimagen, subrayando la importancia de un enfoque multidisciplinario y personalizado para mejorar el diagnóstico y el manejo del TEA.

**Palabras clave:** Autismo, Conectividad Neural, Neuroimagen, Trastorno del Espectro Autista.

## 1. INTRODUÇÃO

A transtorno do espectro autista (TEA) é uma condição neuropsiquiátrica caracterizada por dificuldades significativas na comunicação social e por comportamentos restritos e repetitivos. A prevalência do TEA tem aumentado nas últimas décadas, motivando uma intensificação das pesquisas para melhor compreender suas causas e desenvolver métodos mais eficazes de diagnóstico e intervenção (Genovese; Butler, 2023). Nesse contexto, a neuroimagem emergiu como uma ferramenta crucial, permitindo a visualização detalhada da estrutura e função cerebral, o que tem sido fundamental para desvendar os mecanismos neurobiológicos subjacentes ao autismo (Schwarz, 2021).

A neuroimagem inclui uma variedade de técnicas, como a ressonância magnética funcional (fMRI), a tomografia por emissão de pósitrons (PET), a ressonância magnética estrutural (MRI), e a espectroscopia por ressonância magnética (MRS) (Yen; Lin; Chiang, 2023). Cada uma dessas modalidades fornece informações únicas sobre a anatomia, conectividade e metabolismo do cérebro, contribuindo para uma compreensão mais abrangente do TEA. Estudos têm revelado diferenças significativas na conectividade neural, volume cerebral e atividades regionais em indivíduos com TEA, quando comparados a controles neurotípicos (Vilela *et al.*, 2024; Knudsen *et al.*, 2022).

Essas descobertas têm implicações profundas para o diagnóstico precoce do TEA. A identificação de biomarcadores neurais pode facilitar diagnósticos mais precisos e precoces, possibilitando intervenções mais oportunas e personalizadas (Tan *et al.*, 2022). Além disso, a neuroimagem pode ajudar a diferenciar o TEA de outras condições neuropsiquiátricas, que muitas vezes apresentam sintomas sobrepostos, mas possuem trajetórias de tratamento distintas. A combinação de neuroimagem com outras técnicas, como genética e neuropsicologia, pode aprimorar ainda mais nossa capacidade de diagnóstico e tratamento (ElNakieb *et al.*, 2021).

Na pesquisa, a neuroimagem tem sido instrumental para aprofundar nosso entendimento sobre a heterogeneidade do TEA. Estudos longitudinais utilizando essas técnicas permitem acompanhar mudanças cerebrais ao longo do desenvolvimento, fornecendo insights sobre como o TEA evolui desde a infância até a idade adulta (Schwarz, 2021). Além disso, a neuroimagem tem potencial para avaliar a eficácia de intervenções terapêuticas, monitorando mudanças funcionais e estruturais no cérebro como resposta ao tratamento (Tan *et al.*, 2022).

Este artigo tem como objetivo revisar a literatura existente sobre o uso da neuroimagem no diagnóstico e na pesquisa do TEA, destacando as principais descobertas, avanços tecnológicos e desafios futuros. Trata-se de uma revisão narrativa, onde serão abordadas as contribuições mais relevantes dessa área de estudo, a fim de esclarecer a importância da neuroimagem para a compreensão e manejo do TEA. A relevância do tema é evidente, dado o impacto significativo do TEA na vida dos indivíduos e de suas famílias, e a necessidade urgente de melhorar os métodos diagnósticos e terapêuticos disponíveis.

## 2. METODOLOGIA

Este estudo apresenta uma revisão narrativa da literatura, focada em explorar o papel da neuroimagem no diagnóstico e pesquisa do autismo. O objetivo é consolidar o conhecimento existente sobre as técnicas de neuroimagem disponíveis e suas contribuições para a compreensão e diagnóstico do autismo, identificar lacunas na pesquisa atual e oferecer uma análise multidisciplinar que possa auxiliar médicos, profissionais de saúde e pesquisadores no desenvolvimento de estratégias eficazes para melhorar os resultados clínicos e a compreensão científica do transtorno. Inicialmente, realizou-se uma busca nas principais bases de dados científicos, incluindo *PubMed*, *Scopus* e *Web of Science*, além do *Google Acadêmico*. Foram utilizadas palavras-chave como "neuroimagem no autismo", "diagnóstico do autismo", "pesquisa em neuroimagem para autismo" e "técnicas de neuroimagem no transtorno do espectro autista". Os critérios de inclusão abrangeram artigos publicados nos últimos anos, em inglês e português, que descreviam estudos sobre os diferentes métodos de neuroimagem e seus efeitos na identificação e

compreensão do autismo. A análise dos dados foi conduzida por meio de uma abordagem narrativa, estruturando as informações em duas categorias principais: a descrição das técnicas de neuroimagem e suas aplicações no autismo. Esta estruturação permite não apenas uma compreensão aprofundada dos efeitos diretos das técnicas de neuroimagem, mas também avalia as respostas atuais e potenciais estratégias para aprimorar o diagnóstico e a pesquisa no campo do autismo. Este método de revisão narrativa fornece um panorama detalhado e atualizado sobre o impacto das técnicas de neuroimagem na identificação e compreensão do autismo. A revisão busca integrar diversas disciplinas, desde a neurologia e psiquiatria até a radiologia e neurociência, constituindo-se como um recurso valioso para a melhoria dos protocolos médicos e a promoção da saúde e bem-estar dos pacientes com autismo.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Neuroimagem e diagnósticos

A neuroimagem é uma técnica avançada que permite a visualização detalhada da estrutura e função do cérebro humano e de outras partes do sistema nervoso. Essas técnicas são fundamentais no diagnóstico, monitoramento e compreensão de diversas condições neurológicas e psiquiátricas. A neuroimagem não só facilita a detecção precoce de doenças, mas também auxilia na avaliação da resposta a tratamentos, proporcionando informações cruciais que guiam as decisões clínicas. Além disso, a capacidade de observar diretamente as anomalias estruturais e funcionais no cérebro humano tem revolucionado a forma como os profissionais de saúde abordam as doenças neurológicas e psiquiátricas, promovendo um entendimento mais aprofundado e detalhado de suas etiologias e progressões. A evolução tecnológica nas últimas décadas tem permitido avanços significativos na precisão e na aplicabilidade clínica dessas técnicas, tornando a neuroimagem uma ferramenta indispensável tanto na prática clínica quanto na pesquisa biomédica (Yen; Lin; Chiang, 2023; Middlebrooks *et al.*, 2020; Sone, 2021).

As técnicas de neuroimagem evoluíram consideravelmente desde suas primeiras aplicações. No início do século XX, a introdução da pneumoencefalografia e da angiografia cerebral marcou o início da neuroimagem diagnóstica. Com o desenvolvimento da tomografia computadorizada (TC) na década de 1970 e da ressonância magnética (RM) nos anos 1980, houve um salto qualitativo nas capacidades diagnósticas. A TC, que utiliza raios X para criar imagens detalhadas do cérebro, e a RM, que emprega campos magnéticos e ondas de rádio, permitiram visualizações cada vez mais precisas das estruturas cerebrais. Recentemente, avanços em técnicas como a ressonância magnética funcional (fMRI), a tomografia por emissão de pósitrons (PET) e a tomografia por emissão de fóton único (SPECT) têm permitido a visualização de processos metabólicos e funcionais no cérebro, revelando detalhes sobre a

atividade neural e os padrões de perfusão cerebral que anteriormente eram inacessíveis. Essas inovações tecnológicas não só ampliaram nosso conhecimento sobre a fisiologia cerebral, mas também abriram novas possibilidades para o diagnóstico e tratamento de doenças complexas (Martinelli; Shergill, 2018; Linden, 2016; Vidal, 2015).

Cada técnica de neuroimagem funciona com base em princípios físicos distintos, oferecendo diferentes tipos de informações sobre o cérebro. A TC utiliza raios X para gerar imagens detalhadas da estrutura cerebral, sendo particularmente útil na detecção de hemorragias, fraturas e outras lesões agudas (Agostini *et al.*, 2023). A RM, por sua vez, utiliza campos magnéticos fortes e ondas de rádio para produzir imagens de alta resolução das estruturas cerebrais, permitindo a visualização detalhada dos tecidos moles, como a substância branca e cinzenta (Stein *et al.*, 2023). A fMRI mede mudanças na oxigenação sanguínea associadas à atividade neuronal, oferecendo uma visão em tempo real da função cerebral durante diversas tarefas cognitivas e comportamentais (Stephan *et al.*, 2019). A PET e a SPECT utilizam traçadores radioativos para visualizar a atividade metabólica e a perfusão cerebral, sendo essenciais para a detecção de alterações metabólicas em doenças como o Alzheimer (Ward; Ly; Raji, 2023). Esses métodos, quando combinados, podem fornecer uma visão abrangente das estruturas e funções cerebrais, facilitando um diagnóstico mais preciso e um entendimento mais profundo das doenças neurológicas e psiquiátricas.

A neuroimagem tem sido crucial no diagnóstico de uma ampla gama de doenças neurológicas, desempenhando um papel fundamental na prática clínica diária. Condições como tumores cerebrais, acidentes vasculares cerebrais (AVC), esclerose múltipla, epilepsia e doenças neurodegenerativas (como Alzheimer e Parkinson) podem ser detectadas e monitoradas com precisão através dessas técnicas avançadas. A RM é particularmente útil na detecção de lesões na substância branca e na avaliação de alterações estruturais em doenças neurodegenerativas, fornecendo informações detalhadas que guiam o tratamento e o acompanhamento dos pacientes. A PET, por outro lado, pode identificar anomalias metabólicas características de certas patologias, permitindo uma intervenção precoce e mais direcionada. A capacidade de visualizar tanto a estrutura quanto a função do cérebro permite aos médicos identificar anormalidades específicas, monitorar a progressão da doença e avaliar a eficácia das intervenções terapêuticas de forma precisa e eficaz (Ward; Ly; Raji, 2023; Stephan *et al.*, 2019; Kamalian; Lev, 2019; Agostini *et al.*, 2023).

Além das doenças neurológicas, a neuroimagem também tem aplicações importantes no campo da psiquiatria, contribuindo para um entendimento mais profundo das bases neurais dos transtornos mentais. Técnicas como a fMRI têm sido usadas para investigar a base neural de transtornos psiquiátricos como depressão, esquizofrenia, transtorno bipolar e transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH).

Essas técnicas permitem a identificação de padrões de ativação cerebral associados a diferentes estados mentais e comportamentais, fornecendo resultados valiosos sobre os mecanismos subjacentes a esses transtornos. Por exemplo, a fMRI pode revelar disfunções em redes cerebrais específicas associadas a sintomas de depressão ou ansiedade, enquanto a PET pode identificar alterações na neurotransmissão em condições como a esquizofrenia. Esses avanços têm potencial para revolucionar o diagnóstico e o tratamento dos transtornos psiquiátricos, oferecendo abordagens mais personalizadas e baseadas em evidências (Raimondo et al., 2021; Martinelli; Shergill, 2018; Sone, 2021).

Embora a neuroimagem seja uma ferramenta valiosa e amplamente utilizada, é importante considerar os riscos associados a essas técnicas para garantir a segurança dos pacientes. A exposição à radiação em técnicas como a TC e PET pode aumentar o risco de desenvolvimento de câncer ao longo do tempo, especialmente em pacientes que requerem múltiplos exames. A radiação ionizante utilizada na TC pode causar danos ao DNA, aumentando o risco de mutações genéticas e câncer. Além disso, o uso de contrastes intravenosos em RM pode causar reações alérgicas e, em casos raros, nefropatia induzida pelo contraste, uma condição potencialmente grave que afeta a função renal. É fundamental que os profissionais de saúde avaliem cuidadosamente os benefícios e riscos antes de indicar uma neuroimagem, considerando fatores como a idade do paciente, a frequência dos exames e a presença de condições médicas subjacentes. Protocolos de segurança rigorosos e a utilização de tecnologias de baixa dose podem ajudar a minimizar esses riscos, garantindo que os benefícios da neuroimagem superem significativamente os potenciais danos (Noggle; Davis, 2021; Linden, 2016; Golemati; Cokkinos, 2022).

Os benefícios da neuroimagem são inúmeros e superam significativamente os riscos potenciais para a maioria dos pacientes. A capacidade de visualizar o cérebro em detalhes permite diagnósticos mais precisos e intervenções mais eficazes. Além disso, a neuroimagem pode guiar procedimentos cirúrgicos e ajudar no planejamento de terapias, melhorando assim os resultados clínicos. Em pesquisas, essas técnicas têm sido inestimáveis para a compreensão dos mecanismos subjacentes às doenças neurológicas e psiquiátricas. A neuroimagem permite aos pesquisadores explorar a organização funcional e estrutural do cérebro, identificar biomarcadores de doenças e desenvolver novas terapias baseadas em evidências. Na prática clínica, a neuroimagem facilita a identificação precoce de doenças, o monitoramento da progressão da doença e a avaliação da resposta ao tratamento, proporcionando uma abordagem mais personalizada e eficaz ao cuidado do paciente. Esses avanços têm um impacto profundo na qualidade de vida dos pacientes, permitindo intervenções mais precisas e melhores resultados clínicos (Ward; Ly; Raji, 2023; Martinelli; Shergill, 2018; Yen; Lin; Chiang, 2023; Middlebrooks *et al.*, 2020).

Os avanços contínuos na tecnologia de neuroimagem prometem ainda mais melhorias na precisão e aplicabilidade dessas técnicas. Inovações como a neuroimagem com alto campo magnético, técnicas de RM espectroscópica e avanços em neuroimagem molecular estão expandindo as fronteiras do que é possível. A neuroimagem com alto campo magnético, por exemplo, permite uma resolução espacial e temporal sem precedentes, revelando detalhes estruturais e funcionais que anteriormente eram inacessíveis. Técnicas de RM espectroscópica podem identificar mudanças bioquímicas no tecido cerebral, fornecendo dados sobre a patologia subjacente de doenças neurológicas e psiquiátricas. Avanços em neuroimagem molecular, como a utilização de novos traçadores PET, estão permitindo a visualização de processos biológicos específicos em tempo real. Esses avanços permitem a detecção precoce de doenças, o acompanhamento detalhado de progressões patológicas e a avaliação de novas terapias de forma mais eficaz, prometendo transformar a prática clínica e a pesquisa em neurologia e psiquiatria (Ward; Ly; Raji, 2023; Yen; Lin; Chiang, 2023; Raimondo et al., 2021; Ward; Ly; Raji, 2023).

A neuroimagem desempenha um papel crucial no estudo do autismo, utilizando técnicas como a ressonância magnética funcional (fMRI) e a tomografia por emissão de pósitrons (PET) para investigar anomalias cerebrais associadas ao transtorno do espectro autista (TEA). Essas técnicas permitem identificar diferenças na conectividade neural e na ativação de regiões do cérebro ligadas à comunicação social e ao processamento sensorial, ajudando a descobrir biomarcadores que podem facilitar o diagnóstico precoce e o desenvolvimento de tratamentos personalizados (Schwarz, 2021; Linden, 2016; Knudsen et al., 2022).

### *3.2 Uso de neuroimagem no diagnóstico de autismo*

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é uma condição neurodesenvolvimental caracterizada por dificuldades significativas na comunicação social, comportamentos repetitivos e interesses restritos. Estima-se que o autismo afete aproximadamente 1% da população mundial, embora existam variações substanciais na apresentação clínica e na gravidade dos sintomas entre os indivíduos afetados. O diagnóstico precoce e preciso é fundamental para a intervenção e suporte adequados, possibilitando melhores resultados a longo prazo para indivíduos com TEA. Identificar a condição cedo permite a implementação de estratégias terapêuticas que podem melhorar a qualidade de vida e a funcionalidade dos afetados (Genovese; Butler, 2023; Thapar; Rutter, 2020).

A neuroimagem tem se destacado como uma ferramenta inestimável no estudo do TEA, proporcionando resultados sobre as bases neurobiológicas subjacentes à condição. Diversas técnicas, como a ressonância magnética funcional (fMRI), a tomografia por emissão de pósitrons (PET) e a ressonância magnética de difusão (DTI), têm sido empregadas para visualizar e analisar anomalias estruturais e

funcionais no cérebro de indivíduos com autismo. Essas técnicas permitem a detecção de diferenças neuroanatômicas e funcionais que podem estar associadas aos sintomas clínicos observados no TEA (Schwarz, 2021; Knudsen *et al.*, 2022; Rafiee *et al.*, 2021).

A fMRI é amplamente utilizada para investigar a conectividade funcional no cérebro de indivíduos com TEA. Estudos utilizando fMRI revelaram padrões atípicos de conectividade entre diferentes regiões cerebrais, especialmente nas redes envolvidas em processos sociais e de processamento sensorial. Esses achados sugerem que as dificuldades sociais e comportamentais observadas no autismo podem estar intrinsecamente ligadas a essas anomalias de conectividade. Por meio da fMRI, é possível mapear as interações dinâmicas entre áreas cerebrais e entender como essas interações são alteradas no TEA (Schwarz, 2021; Vilela *et al.*, 2024; Molnar-Szakacs; Kupis; Uddin, 2020).

A PET é uma técnica de neuroimagem que mede a atividade metabólica cerebral. No contexto do TEA, a PET tem sido utilizada para identificar anormalidades no metabolismo da glicose e na neurotransmissão. Estudos demonstraram que indivíduos com autismo podem apresentar padrões metabólicos distintos, como redução da captação de glicose em áreas específicas do cérebro, o que pode estar relacionado aos sintomas clínicos do TEA. A PET proporciona uma visão detalhada dos processos bioquímicos cerebrais, permitindo a identificação de disfunções metabólicas associadas ao autismo (Knudsen *et al.*, 2022; Tan *et al.*, 2022; Schwarz, 2021).

A DTI é uma técnica que avalia a integridade das vias de substância branca no cérebro. Pesquisas utilizando DTI indicam que indivíduos com TEA frequentemente apresentam anomalias na estrutura da substância branca, especialmente em tratos associados à comunicação e processamento social. Essas alterações podem contribuir significativamente para as dificuldades na integração sensorial e comportamental observadas no autismo. A DTI permite a visualização detalhada das fibras nervosas, elucidando as alterações na conectividade estrutural que podem estar presentes no TEA (Molnar-Szakacs; Kupis; Uddin, 2020; Khodatars *et al.*, 2021; ElNakieb *et al.*, 2021).

O uso de técnicas de neuroimagem no diagnóstico do TEA oferece inúmeros benefícios. Primeiramente, possibilita uma compreensão mais profunda das bases neurobiológicas do autismo, auxiliando na identificação de biomarcadores que podem ser utilizados tanto para o diagnóstico precoce quanto para monitorar a resposta ao tratamento. Além disso, a neuroimagem pode desempenhar um papel crucial na personalização das intervenções terapêuticas, permitindo que sejam adaptadas às necessidades específicas de cada indivíduo. A capacidade de visualizar anomalias cerebrais específicas pode orientar a escolha de estratégias terapêuticas mais eficazes (Molnar-Szakacs; Kupis; Uddin, 2020; Rafiee *et al.*, 2021; Schwarz, 2021; Khodatars *et al.*, 2021).

Apesar dos avanços significativos, existem desafios e limitações no uso da neuroimagem para o diagnóstico do TEA. A variabilidade nos achados de neuroimagem entre diferentes estudos e populações pode dificultar a generalização dos resultados. Além disso, os altos custos e a necessidade de equipamentos especializados podem limitar o acesso à neuroimagem em algumas regiões, criando desigualdades no diagnóstico e tratamento. É necessária mais pesquisa para padronizar os protocolos e validar os biomarcadores identificados, garantindo que os achados de neuroimagem possam ser amplamente aplicáveis e clinicamente úteis (ElNakieb *et al.*, 2021; Molnar-Szakacs; Kupis; Uddin, 2020; Schwarz, 2021).

As descobertas de neuroimagem têm implicações clínicas significativas para o diagnóstico e tratamento do TEA. A identificação de biomarcadores específicos pode levar ao desenvolvimento de novas intervenções terapêuticas e estratégias de prevenção. Futuras pesquisas devem focar na integração de dados de neuroimagem com outras abordagens, como genética e neuropsicologia, para desenvolver um modelo mais compreensivo e holístico do autismo. A colaboração interdisciplinar será essencial para traduzir os avanços científicos em práticas clínicas que beneficiem os indivíduos com TEA (Tan *et al.*, 2022; Molnar-Szakacs; Kupis; Uddin, 2020; Schwarz, 2021; Knudsen *et al.*, 2022).

#### 4. CONCLUSÕES

A utilização da neuroimagem tem revolucionado o diagnóstico e a pesquisa do Transtorno do Espectro Autista (TEA), fornecendo insights críticos sobre as bases neurobiológicas dessa condição complexa. Técnicas como a ressonância magnética funcional (fMRI), a tomografia por emissão de pósitrons (PET) e a difusão de tensor de imagem (DTI) têm permitido identificar padrões atípicos de conectividade neural, anomalias na integridade da substância branca e variações na atividade metabólica cerebral em indivíduos com TEA. Esses avanços têm facilitado a identificação de biomarcadores neurais, promovendo diagnósticos mais precoces e precisos, além de oferecer subsídios para intervenções terapêuticas mais personalizadas. Apesar das contribuições significativas, a eficácia dessas técnicas pode variar, o que destaca a necessidade de uma abordagem diagnóstica personalizada, adaptada às características individuais dos pacientes.

No entanto, o campo da neuroimagem no autismo ainda enfrenta desafios, incluindo a variabilidade dos achados entre diferentes estudos e populações, além dos altos custos e a necessidade de equipamentos especializados que podem limitar o acesso a essas tecnologias. Futuras pesquisas devem focar na padronização de protocolos e validação de biomarcadores, bem como na integração de dados de neuroimagem com outras abordagens, como genética e neuropsicologia. A neuroimagem, com sua

capacidade de revelar as complexas interações cerebrais no TEA, promete continuar sendo uma ferramenta valiosa tanto na pesquisa quanto na prática clínica, melhorando significativamente o entendimento, diagnóstico e manejo do autismo, contribuindo para a qualidade de vida dos indivíduos afetados e de suas famílias.

## REFERÊNCIAS

- AGOSTINI, A. *et al.* New Frontiers in Oncological Imaging With Computed Tomography: From Morphology to Function. In: **Seminars in Ultrasound, CT and MRI**. WB Saunders, 2023. p. 214-227.
- ELNAKIEB, Y. *et al.* The role of diffusion tensor MR imaging (DTI) of the brain in diagnosing autism spectrum disorder: promising results. **Sensors**, v. 21, n. 24, p. 8171, 2021.
- GENOVESE, A.; BUTLER, M. G. The autism spectrum: behavioral, psychiatric and genetic associations. **Genes**, v. 14, n. 3, p. 677, 2023.
- GOLEMATI, S.; COKKINOS, D. D. Recent advances in vascular ultrasound imaging technology and their clinical implications. **Ultrasonics**, v. 119, p. 106599, 2022.
- KAMALIAN, S.; LEV, M. H. Stroke imaging. **Radiologic Clinics**, v. 57, n. 4, p. 717-732, 2019.
- KHODATARS, M. *et al.* Deep learning for neuroimaging-based diagnosis and rehabilitation of autism spectrum disorder: a review. **Computers in biology and medicine**, v. 139, p. 104949, 2021.
- KNUDSEN, L. V. *et al.* Diversifying autism neuroimaging research: An arterial spin labeling review. **Autism**, v. 27, n. 5, p. 1190-1203, 2023.
- LINDEN, D. Techniques of neuroimaging: X-ray, CT, MRI, PET, and SPECT. **Neuroimaging and Neurophysiology in Psychiatry**. Oxford University Press, p. 9-38, 2016.
- MARTINELLI, C.; SHERGILL, S. S. Everything you wanted to know about neuroimaging and psychiatry, but were afraid to ask. **BJPsych advances**, v. 21, n. 4, p. 251-260, 2015.
- MIDDLEBROOKS, E. H. *et al.* Neuroimaging advances in deep brain stimulation: review of indications, anatomy, and brain connectomics. **American Journal of Neuroradiology**, v. 41, n. 9, p. 1558-1568, 2020.
- MOLNAR-SZAKACS, I.; KUPIS, L.; UDDIN, L. Q. Neuroimaging markers of risk and pathways to resilience in autism spectrum disorder. **Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging**, v. 6, n. 2, p. 200-210, 2021.
- NOGGLE, C; A.; DAVIS, A; S. Advances in neuroimaging. **Understanding the Biological Basis of Behavior: Developing Evidence-Based Interventions for Clinical, Counseling and School Psychologists**, p. 107-137, 2021.

RAFIEE, F. *et al.* Brain MRI in autism spectrum disorder: narrative review and recent advances. **Journal of Magnetic Resonance Imaging**, v. 55, n. 6, p. 1613-1624, 2022.

RAIMONDO, L. *et al.* Advances in resting state fMRI acquisitions for functional connectomics. **NeuroImage**, v. 243, p. 118503, 2021.

SCHWARZ, C. G. Uses of human MR and PET imaging in research of neurodegenerative brain diseases. **Neurotherapeutics**, v. 18, n. 2, p. 661-672, 2021.

SONE, D. Making the invisible visible: advanced neuroimaging techniques in focal epilepsy. **Frontiers in Neuroscience**, v. 15, p. 699176, 2021.

STEIN, A. *et al.* Magnetic resonance spectroscopy studies of brain energy metabolism in schizophrenia: Progression from prodrome to chronic psychosis. **Current Psychiatry Reports**, v. 25, n. 11, p. 659-669, 2023.

STEPHAN, K. E. *et al.* Laminar fMRI and computational theories of brain function. **Neuroimage**, v. 197, p. 699-706, 2019.

TAN, Z. *et al.* Positron emission tomography in the neuroimaging of autism spectrum disorder: a review. **Frontiers in Neuroscience**, v. 16, p. 806876, 2022.

THAPAR, A.; RUTTER, M. Genetic advances in autism. **Journal of autism and developmental disorders**, v. 51, p. 4321-4332, 2021.

VIDAL, F. Historical and ethical perspectives of modern neuroimaging. **Handbook of neuroethics**, p. 535-50, 2015.

VILELA, J. *et al.* Bridging Genetic Insights with Neuroimaging in Autism Spectrum Disorder—A Systematic Review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 9, p. 4938, 2024.

WARD, J.; LY, M.; RAJI, C. A. Brain PET imaging: frontotemporal dementia. **PET clinics**, v. 18, n. 1, p. 123-133, 2023.

YEN, C.; LIN, C-L.; CHIANG, M-C. Exploring the frontiers of neuroimaging: a review of recent advances in understanding brain functioning and disorders. **Life**, v. 13, n. 7, p. 1472, 2023.