

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE FISIOTERAPIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO E  
DESEMPENHO FÍSICO-FUNCIONAL**

**Samara Helena da Silva**

**As manifestações motoras no Transtorno do Espectro Autista: uma revisão  
sistemática**

Juiz de Fora

2024

**Samara Helena da Silva**

**As manifestações motoras no Transtorno do Espectro Autista: uma revisão sistemática**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação e Desempenho Físico Funcional da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação e Desempenho Físico-Funcional. Área de concentração: Desempenho e Reabilitação em diferentes condições de saúde

Orientadora: Dra. Anaelli Aparecida Nogueira Campos

Co-orientadora: Dra. Silvana Terezinha Faceroli

Juiz de Fora

2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

da Silva, Samara Helena.

As manifestações motoras no Transtorno do Espectro Autista: uma revisão sistemática / Samara Helena da Silva. -- 2024.  
100 p.

Orientadora: Anaelli Aparecida Nogueira Campos

Coorientadora: Silvana Terezinha Faceroli

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Fisioterapia. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação e Desempenho Físico-Funcional, 2024.

1. Transtorno do Espectro Autista. 2. Transtornos Motores. 3. Avaliação Motora. I. Nogueira Campos, Anaelli Aparecida, orient. II. Terezinha Faceroli, Silvana, coorient. III. Título.

**SAMARA HELENA DA SILVA**

**As manifestações motoras no Transtorno do Espectro Autista: uma revisão sistemática**

Dissertação  
apresentada ao  
Programa de  
Mestrado em  
Ciências da  
Reabilitação e  
Desempenho Físico-  
Funcional  
da Universidade  
Federal de Juiz de  
Fora como requisito  
parcial à obtenção do  
título de Mestre em  
Ciências da  
Reabilitação e  
Desempenho Físico-  
Funcional. Área de  
concentração:  
Desempenho e  
Reabilitação em  
Diferentes Condições  
de Saúde.

Aprovada em 30 de agosto de 2024.

**BANCA EXAMINADORA**

**Profa. Dra. Anaelli Aparecida Nogueira Campos** - Orientadora

Universidade Federal de Juiz de Fora

**Profa. Dra. Silvana Terezinha Facceroli** - Coorientadora

IF Sudeste/MG

**Profa. Dra. Cecília Hedin Pereira**

**Profa. Dra. Juliana Silva Pimenta**

Universidade Federal do Rio de Janeiro

**Profa. Dra. Laura Alice Santos de Oliveira**

Universidade Federal do Rio de Janeiro

**Samara Helena da Silva**

Discente

Juiz de Fora, 05/08/2024.



Documento assinado eletronicamente por **Anaelli Aparecida Nogueira Campos, Professor(a)**, em 02/09/2024, às 11:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Laura Alice Santos de oliveira, Usuário Externo**, em 02/09/2024, às 12:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Silvana Terezinha Faceroli, Usuário Externo**, em 02/09/2024, às 13:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Samara Helena da Silva, Usuário Externo**, em 02/09/2024, às 20:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Juliana Silva Pimenta, Usuário Externo**, em 02/09/2024, às 22:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cecilia Hedin Pereira, Usuário Externo**, em 20/09/2024, às 19:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf ([www2.ufjf.br/SEI](http://www2.ufjf.br/SEI)) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1901037** e o código CRC **BB3682E3**.

Dedico este trabalho a Deus, que é quem me sustenta e aos meus pais e irmãos que me inspiram e me auxiliaram na realização de mais um sonho

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por ter me liberado uma palavra há 9 anos atrás. Eu nunca me esquecerei daquele “levanta e come porque a caminhada é longa”. Eu tive a certeza, em todos os momentos, que o Senhor estaria cuidando de tudo.

Não tenho nem palavras para agradecer ao meu pai, Carlos Alberto e à minha mãe, Adriana. Eu nunca conheci pessoas melhores que vocês em toda a minha vida. Sempre me incentivando, consolando e acreditando em mim. Eu me sinto uma ganhadora da loteria por ter vocês ao meu lado. É tudo por vocês! Sou grata também aos meus irmãos (e companheiros de vida), Gustavo e Nathalia, por me fazerem sentir importante e confiante, mesmo quando as coisas não saíam como o planejado.

Agradeço à doutora Anaelli Campos, minha orientadora pelos ensinamentos e por não ter desistido durante essa trajetória. É uma dádiva adquirir conhecimento com uma pessoa tão ética e coerente como você. Agradeço também à doutora Silvana Faceroli, por ter embarcado nessa trajetória comigo, ter me incentivado, inspirado e me ajudado a adquirir mais experiências e vontade de ir além.

Agradeço também à Letícia Medeiros e ao Matheus Felippin por toda ajuda durante essa trajetória, que foi essencial para a conclusão desta etapa. Agradeço ao LabNeuro, aos meus queridos irmãos da Igreja Batista Caminho da Esperança, e aos meus amigos e familiares, por cada palavra de carinho. Finalizo agradecendo, também, à Universidade Federal de Juiz de Fora, ao Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação e Desempenho Físico Funcional e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela oportunidade de adquirir mais conhecimento e por investirem e incentivarem a pesquisa científica.

“Quando você sonha alto todos os passos parecem ser o primeiro. Então esse é só o primeiro passo... Mais uma vez” - Projota

“Tudo tem o seu tempo determinado e há tempo para todo o propósito debaixo dos céus” (Eclesiastes 3:1)



## RESUMO

**Introdução:** O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é um transtorno do neurodesenvolvimento, que afeta uma a cada 100 crianças no mundo, as quais cursam com prejuízos motores de maneira generalizada cada vez mais bem relatados na literatura. O objetivo do presente estudo consistiu em realizar uma revisão sistemática da literatura sobre os tipos de manifestações motoras encontradas em indivíduos com TEA. **Métodos:** o estudo foi registrado na base de dados internacional PROSPERO e reportado conforme as diretrizes PRISMA, com base na seguinte pergunta de pesquisa: “Quais são as manifestações motoras apresentadas por indivíduos com TEA, comparados a indivíduos neurotípicos?”. Foram realizadas buscas nas bases de dados PUBMED, EMBASE, SCOPUS e Web of Science, de acordo com os critérios de elegibilidade pré definidos. Foi selecionada a ferramenta NIH Quality Assessment Tool para avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos. **Resultados:** foram incluídos 43 estudos, resultando em um agrupamento de dados de 1.264 indivíduos com TEA e 1.173 controles neurotípicos. Os estudos avaliaram pessoas com idade entre 3 e 65 anos, e foram encontradas diferenças motoras em indivíduos com TEA nos domínios de: habilidades motoras gerais; coordenação; equilíbrio; marcha; destreza manual; habilidades motoras finas; habilidades motoras grossas; movimento orientado; movimentos repetitivos; e tempo de reação. Os participantes foram avaliados principalmente por meio de instrumentos padronizados como o BOT-2, SRS-2, VABS e MAB-C. **Conclusão:** os indivíduos com TEA apresentaram desempenho diferente de pessoas neurotípicas em quase todos os domínios motores, contribuindo assim para a associação direta com a doença. Os resultados aqui apresentados contribuem para o entendimento de que as manifestações motoras constituem uma característica do TEA. Nesse sentido, reforçamos a importância da consideração de tais manifestações durante o processo de diagnóstico e tratamento deste transtorno, visando uma melhor abordagem e direcionamento de tratamentos para essa condição.

Palavras-chave: Transtorno do Espectro Autista; Transtornos Motores; Avaliação Motora.

## ABSTRACT

**Introduction:** Autism Spectrum Disorder (ASD) is a neurodevelopmental disorder affecting one in every 100 children worldwide and has widespread motor impairments, well reported in the literature. The objective of the current study was to carry out a systematic review of the literature regarding the types of motor symptoms described in individuals with ASD. **Methods:** the study was registered in the International PROSPERO database and reported following the PRISMA guidelines, based on the following research question: “What are the motor behaviors presented by individuals with ASD, compared to neurotypical individuals?”. Searches were carried out in PUBMED, EMBASE, SCOPUS and Web of Science databases, according to pre-defined eligibility criteria. The NIH Quality Assessment Tool was selected to assess the methodological quality of the included studies. **Results:** 43 studies were included, resulting in a set of data from 1,264 individuals with ASD and 1,173 neurotypical controls. The studies evaluated people aged between 3 and 65 years, and motor differences were found in individuals with ASD in the domains of: general motor skills; coordination; balance; gait; manual dexterity; fine motor skills; gross motor skills; oriented movement; repetitive movements; and time of occurrence. Participants were assessed mainly using standardized instruments such as the BOT-2, SRS-2, VABS and MAB-C. **Conclusion:** individuals with ASD showed different performance from neurotypical people in almost all motor domains, thus bringing a direct association with the disease. We thus reinforce the importance of paying attention to motor behaviors during the process of diagnosis and treatment of this disorder, providing a better approach and targeting of treatments for this condition.

Keywords: Autism Spectrum Disorder; Motor Disorders; Motor Assessment.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Fluxograma do processo de seleção dos estudos.....	30
Figura 2	– Os grupos etários dos participantes.....	35
Figura 3	– As manifestações motoras relatadas nos estudos.....	43
Figura 4	– <i>Setup</i> de avaliação cinemática.....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Estratégia de busca.....	24
Tabela 2	– Perguntas da ferramenta NIH <i>Quality Assessment Tool</i> .....	27
Tabela 3	– Dados descritivos dos estudos.....	31
Tabela 4	– Qualidade metodológica dos estudos.....	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADI-R	<i>Autism Diagnostic Interview-Revised</i>
ADOS	<i>Autism Diagnostic Observation Schedule</i>
AHRQ	<i>Agency for Healthcare Research and Quality</i>
APCP-C	<i>Preschool Children's Participation-Chinese Version</i>
APCP-C	<i>Assessment of Preschool Children's Participation-Chinese Version</i>
BOT	<i>Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency</i>
C-PEP3	<i>third edition of the Psycho-Educational Profile Revised</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBEB	Congresso de Brasileiro de Engenharia Biomédica
DCDQ-FC	<i>Developmental Coordination Disorder Questionnaire</i>
DEL	Distúrbio Específico de Linguagem
DSM-V	Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais- quinta edição
DSM-V-TR	Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais- quinta edição- texto revisado
FSIQ	<i>Full Scale Intelligence Quotient</i>
LabNeuro	Laboratório de Neurofisiologia Cognitiva
LaPES	Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software
Leiter-R	<i>Leiter International Performance Scale-Revised</i>
LPS	<i>Performance Testing System</i>
MAB-C	<i>Movement Assessment Battery for Children</i>
NEPSY	<i>Developmental Neuropsychological Assessment</i>
NHLBI ou NIH	<i>National Heart, Lung, and Blood Institute</i>
NIO	<i>Nederlandse Intelligentietest voor Onderwijsniveau</i>
NT	neurotípicos
PEDI-CAT	<i>Pediatric Evaluation of Disability Inventory Computer Adaptive Test</i>
PICO	<i>Population, Intervention, Comparison, Outcome</i>
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses</i>
PROSPERO	<i>International prospective register of systematic reviews</i>
QI	Quociente de inteligência

RBS-R	<i>Repetitive Behaviors Scale – Revised</i>
SBIQ	<i>Stanford Binet Intelligence Scales</i>
SCQ	<i>social communication questionnaire</i>
SRS	<i>Social Responsiveness Scale</i>
StArt	<i>State of the Art through Systematic Review</i>
TDAH	Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade
TDC	Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação
TEA	Transtorno do Espectro Autista
TGMD-2	<i>Test of Gross Motor Development- second edition</i>
TONI	<i>Test of Nonverbal Intelligence</i>
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
VABS	<i>Vineland Adaptive Behavior Scales</i>
WAIS	<i>Wechsler Adult Intelligence Scale</i>
WASI	<i>Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence</i>
WISC	<i>Wechsler Intelligence Scale for Children</i>
WNV	<i>Wechsler Nonverbal Scale of Ability</i>
WNV	<i>Wechsler Nonverbal Scale of Ability</i>
WPPSI	<i>Wechsler Preschool and Primary Scales of Intelligence</i>
WPPSI	<i>Wechsler Preschool and Primary Scales of Intelligence</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1	INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO .....	18
<b>2</b>	<b>OBJETIVO GERAL DO ESTUDO.....</b>	<b>23</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>24</b>
3.1	ESTRATÉGIA DE BUSCA.....	24
3.2	SELEÇÃO DOS ESTUDOS.....	25
3.3	EXTRAÇÃO DE DADOS.....	26
<b>3.3.1</b>	<b>Avaliação da qualidade metodológica.....</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
4.1	SELEÇÃO DOS ESTUDOS.....	29
4.2	CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS.....	30
<b>4.2.1</b>	<b>Participantes.....</b>	<b>31</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Avaliações e objetivos.....</b>	<b>35</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Qualificação dos estudos.....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Principais manifestações motoras.....</b>	<b>38</b>
4.2.4.1	Habilidades motoras gerais.....	39
4.2.4.2	Coordenação motora.....	39
4.2.4.3	Marcha.....	40
4.2.4.4	Equilíbrio estático e dinâmico estabilidade e controle postural.....	41
4.2.4.5	Destreza manual e habilidades motoras finas.....	41
4.2.4.6	Movimento de corpo inteiro e orientado e as habilidades motoras grossas.....	42
4.2.4.7	Movimentos repetitivos e tempo de reação.....	42
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>45</b>
5.1	APLICABILIDADE DOS RESULTADOS.....	47
5.2	QUALIDADE DAS EVIDÊNCIAS.....	48
5.3	LIMITAÇÕES DO ESTUDO E LACUNAS NO CONHECIMENTO.....	49
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>50</b>
	<b>PERSPECTIVAS FUTURAS.....</b>	<b>51</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>53</b>

<b>DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSE.....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO 1- Ferramenta de avaliação de qualidade metodológica (NIH Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross-sectional Studies).....</b>	<b>62</b>
<b>APÊNDICE A - Instrumentos de avaliação utilizados nos estudos.....</b>	<b>69</b>
<b>APÊNDICE B- projeto de criação do jogo virtual.....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE C - Revisão de escopo.....</b>	<b>75</b>
<b>APÊNDICE D - Revisão narrativa.....</b>	<b>98</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é uma doença, que afeta uma a cada 100 crianças no mundo (WHO, 2023), de etiologia ainda indefinida, sem nenhuma via causal final elucidada (Hodges *et al*, 2020), apesar de alguns estudos citarem possíveis fatores ambientais e biológicos, como associação a alguns metais pesados e a idade materna, porém com limitações metodológicas significativas (Modabbernia *et al*, 2017). O TEA é caracterizado por déficits persistentes na comunicação social e na interação social em múltiplos contextos, como na reciprocidade socioemocional, nos comportamentos comunicativos, déficits do desenvolvimento, para manter e compreender relacionamentos, ou por meio de padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses ou atividades (APA, 2014). O comprometimento intelectual e o comprometimento da linguagem podem se apresentar de maneira concomitante, sendo estes classificados separadamente de acordo com seus níveis. O nível um é o mais leve e o nível três o mais grave, para o qual há necessidade de apoio substancial (APA, 2014; WHO, 2022). O TEA engloba transtornos que recebiam diagnósticos separados anteriormente, como: transtorno de Asperger; transtorno global do desenvolvimento sem outra especificação; e transtorno autista. Seu diagnóstico é baseado em múltiplas fontes de informação, incluindo observação clínica, história do cuidador, autorrelato (quando é possível) e também podem incluir o auxílio de instrumentos padronizados de diagnóstico (APA, 2014; Constantino e Gruber, 2012).

O TEA é, também, considerado um transtorno do neurodesenvolvimento, que são classificados como déficits que se manifestam desde a infância e podem repercutir na aprendizagem, no controle de funções executivas, em prejuízos globais, em habilidades sociais e na inteligência (APA, 2014). Eles podem ocorrer gerando excessos ou déficits, e é comum a coexistência de mais de um transtorno no mesmo indivíduo, como, por exemplo, o TEA com deficiência intelectual (APA, 2014; Craig *et al*, 2021; Lorenzo *et al*, 2018). A literatura já demonstrou, inclusive, que há associação entre as habilidades motoras e habilidades sócio-emocionais nesses indivíduos (Craig *et al*, 2021). Desta forma, alguns estudos sobre TEA buscam identificar outros diagnósticos de transtornos do neurodesenvolvimento, a fim de comparação ou como variável de controle. Alguns exemplos desses

transtornos, além da deficiência intelectual, são: transtorno de comunicação (Barbeau et al, 2015); transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (Sáenz et al, 2021; Biscaldi, et al, 2015; De Francesco et al, 2023); e transtorno do desenvolvimento da coordenação (Butera et al, 2023; Kilroy et al, 2022; Martel et al, 2024).

O TEA pode apresentar, além do comprometimento intelectual e comprometimento da linguagem, algumas manifestações motoras que podem ser observadas desde os primeiros meses de vida, por meio de exploração atípica de objetos, por exploração visual incomum, comportamentos repetitivos, por fixação em movimentos de rotação (APA, 2014; Ozonoff *et al*, 2008) e por habilidades motoras infantis deficitárias (LeBarton & Landa, 2019). Crianças com TEA podem apresentar, ainda, dificuldade em realizar suas atividades de vida diárias, tais como atividades pessoais e domésticas, por exemplo (Kao et al, 2012), o que chamamos de comportamento adaptativo. Muitos estudos os comparam com indivíduos neurotípicos, que têm o seu desempenho considerados como “padrão esperado”, ou com indivíduos que possuem outras doenças, a fim de observação de padrões de movimentos específicos do TEA, e para investigar como as habilidades ou deficiências se relacionam entre si (Craig et al, 2018; De Francesco et al, 2023; Fears et al, 2024; Sáenz et al, 2021; Sumner E et al, 2016; Martel et al, 2024; Mcphillips et al, 2014). Para isso, são avaliados vários domínios motores como, por exemplo: habilidades motoras gerais, de controle manual fino e grosso; coordenação motora; equilíbrio; marcha; destreza manual; e tempo de reação. É comum os estudos avaliarem também o nível de inteligência/capacidade cognitiva desta população, como um método de controle de deficiência intelectual. Isso ocorre devido às evidências sobre o impacto dessa comorbidade no desempenho motor desses indivíduos, e pela necessidade da compreensão, por parte deles, para a realização correta das tarefas motoras que são solicitadas nas avaliações, que refletem também no dia a dia dessas pessoas (Cho et al, 2022; Craig et al, 2018; Gong et al, 2020).

## 1.1 INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

Para a avaliação de aspectos motores, é possível utilizar-se de equipamentos mais avançados como, por exemplo, avaliação cinemática com câmeras (Cho et al, 2022; Dufek et al, 2017; Wu et al, 2024), plataformas de força (Bojanek et al, 2020; Mache et al, 2016), jogos em dispositivos eletrônicos portáteis, como o tablet (Butera et al, 2023) e análise por ressonância magnética (Butera et al, 2023; Linke et al, 2020). Porém o mais utilizado na prática são os instrumentos padronizados como questionários e escalas, sendo alguns mais específicos para a população com TEA e outros com populações mais abrangentes, porém com faixa etária e desfechos específicos, que podem ser aplicados a estas pessoas. Entre os instrumentos de avaliação comumente utilizados para indivíduos com TEA, tanto de aspectos sociais, quanto motores, estão:

***Autism Diagnostic Observation Schedule (ADOS)***: é uma avaliação estruturada que utiliza atividades lúdicas e interações sociais para observar e pontuar o comportamento da criança em relação ao autismo. Ele permite uma avaliação mais individualizada e é dividido em quatro módulos de acordo com a idade e nível de desenvolvimento da criança, sendo: módulo 1, usado para crianças com fala limitada; módulo 2, usado para quem sabe falar, mas não é verbalmente fluente; módulo 3, usado com crianças verbalmente fluentes; e módulo 4, usado com adolescentes e adultos verbalmente fluentes. Além disso, o ADOS-2 é padronizado e possui critérios claros de pontuação, que garantem sua confiabilidade e validade (Lord et al, 2000; Lord et al, 1989).

***Autism Diagnostic Interview-Revised (ADI-R)***: é uma entrevista semiestruturada, especificamente relacionada aos critérios de diagnóstico da Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde (CID-10) e do Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais - quinta edição (DSM-V-TR). É um recurso completo projetado para coletar uma variedade de informações necessárias para fazer um diagnóstico de TEA, baseada em 5 seções: perguntas introdutórias; questões sobre comunicação (inicial e atual); desenvolvimento social e como costumam brincar; investigação sobre comportamentos repetitivos e restritos; e questões relativas a problemas de comportamento em geral (Lord et al, 1994).

***Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOT e BOT-2)***: é uma bateria que avalia diretamente a capacidade motora grossa e fina de uma pessoa com idade entre quatro e 21 anos. Este exame inclui quatro domínios: força e agilidade; controle manual fino; coordenação manual e coordenação corporal. O instrumento possui ainda oito subtestes, incluindo: Precisão motora fina; Integração Motora Fina; Destreza manual; Coordenação de Membros Superiores; Coordenação Bilateral; Equilíbrio; Velocidade e Agilidade de Corrida; e Força (Bruininks et al, 1978; Bruininks et al, 2005).

***Social Responsiveness Scale (SRS)***: é uma escala de classificação que tem como objetivo mensurar sintomas associados ao Transtorno do Espectro Autista (TEA), assim como classificá-los em níveis leves, moderados ou severos. Sua avaliação se faz de forma global e específica, já que agrupa os sintomas em subcategorias, sendo: Percepção Social; Cognição Social; Comunicação Social; Motivação Social; Padrões Restritivos e Repetitivos; e Comunicação e Interação Social. Há quatro tipos de formulários, destinados à população pré-escolar, escolar, adulto autorrelato e adulto heterorrelato. Os autores relatam que este instrumento pode ser utilizado tanto para iniciar processos diagnósticos (de rastreio), quanto para o planejamento de intervenções clínicas e ocupacionais (Constantino; Gruber, 2012).

***Vineland Adaptive Behavior Scales (VABS- I, -II e -III)***: é uma escala que tem como principal objetivo identificar critérios que podem ajudar no diagnóstico de deficiências intelectuais e transtornos do desenvolvimento, como o TEA. Além de ser útil como suporte para profissionais da área clínica na criação de planos de ensino e ações que ajudam na independência da pessoa (SPARROW, 2008; SPARROW, 2005; SPARROW, 1984). Cada uma das versões da escala possui uma divisão dos domínios, sendo:

**VABS I** - Domínios de: comunicação, subdividida em receptiva, expressiva e escrita; habilidades diárias, subdividida em habilidades pessoais, domésticas e comunitárias; socialização, subdividida em relações interpessoais, brincadeiras e lazer, habilidades de enfrentamento; habilidades motoras, subdividida em motricidade grossa e habilidades motoras fina; comportamento desajustado, projetado para avaliar comportamentos mal-adaptativos, como obstinação,

impulsividade, teimosia, agressividade, ansiedade, introversão, negativismo, alteração de humor etc (SPARROW, 1984).

**VABS II** - organizada em quatro grandes domínios, que se subdividem em 11 subdomínios: comunicação, sendo receptiva, expressiva e escrita; autonomia, sendo pessoal, doméstica e comunitária; socialização, dividida em relações interpessoais, lazer e regras sociais; e função motora, dividida em fina e grossa (SPARROW, 2005).

**VABS III** - nela, os principais domínios mensurados são: comportamento adaptativo; comunicação; habilidades cotidianas; socialização; habilidades motoras; e comportamentos mal adaptados (SPARROW, 2008).

***Movement Assessment Battery for Children (MAB-C e MABC-II)***: é um teste motor que visa identificar e descrever dificuldades motoras moderadas e leves para pessoas com idade entre três e quinze anos (é adaptada em três faixas etárias, 3-6 anos, 7-10 anos, 11-16 anos). O teste possui oito tarefas que avaliam três tipos diferentes de habilidades (destreza manual, equilíbrio, desempenho motor, por meio da tarefa de “lançar e receber”), adequadas para diferentes grupos etários especificamente (Henderson, 2020; Henderson, 2007).

***Test of Gross Motor Development - second edition (TGMD-2)***: é um teste de proficiência motora, que consiste em uma bateria de testes que avalia 12 habilidades motoras fundamentais, com pontuação que varia de 0 a 48, com a pontuação mais alta indicando maior proficiência. As habilidades motoras são divididas em dois subtestes, sendo: atividades locomotoras (corrida, galope, salto com um pé, salto por cima, salto horizontal e deslocamento lateral) e de controle de objetos (manipulativos, tais como rebater, quicar, agarrar, chutar, arremessar, rolar). As crianças são avaliadas no seguinte aspecto: se conseguem (valor= 1) ou se não conseguem (valor= 0) (Ulrich, 1995; Ulrich, 2000).

***Repetitive Behaviors Scale – Revised (RBS-R)***: é um questionário que avalia comportamentos repetitivos, contendo 43 itens dividido em cinco subescalas de acordo com a fórmula de pontuação revisada. As subescalas são (a) comportamento ritualístico/mesmice, (b) comportamento autolesivo, (c)

comportamento estereotipado, (d) comportamento compulsivo e (e) interesses restritos (Lam; Aman, 2007).

A capacidade cognitiva, quando prejudicada nesses indivíduos, parece impactar o seu desempenho motor, devido às limitações da conectividade cerebral (Schipul et al, 2011). Já foram relatadas também, por Mostofsky *et al* (2009), alterações diretamente na rede de execução motora nessa população, que apesar de apresentarem desempenho esperado, foi observada conectividade difusamente diminuída. O comportamento adaptativo parece também, possui relação direta com as alterações motoras nessa população (Sung et al, 2021). Sendo assim, é observado que os estudos utilizam, ainda, algumas escalas como a *Preschool Children's Participation-Chinese Version* (APCP-C), *Wechsler Nonverbal Scale of Ability* (WNV) e *Wechsler Preschool and Primary Scales of Intelligence* (WPPSI), por exemplo, para avaliar o comportamento adaptativo e a função cognitiva desta população. Dessa forma, observa-se, também, uma certa variedade de métodos destinados à avaliação de aspectos que possuem influência direta na motricidade dessa população.

Em resumo, os instrumentos apresentados acima se propõem a avaliar comportamentos relacionados ao TEA, nível de inteligência, comportamento adaptativo e o desempenho motor dos indivíduos com TEA. Os diferentes instrumentos citados visam avaliar o desempenho motor, podendo ser de acordo com os níveis de dificuldades ou habilidades, que podem ainda ser divididas em habilidades motoras grossas e finas, de acordo com cada instrumento. Sendo assim, é possível escolher um ou mais instrumentos supracitados, de acordo com o que se pretende avaliar. Alguns subdomínios motores que podem ser avaliados com estes instrumentos são: precisão motora fina; integração motora fina; destreza manual; coordenação de membros superiores; coordenação bilateral; equilíbrio; velocidade e agilidade de corrida; e força; capacidade de agarrar, arremessar; atividades locomotoras (corrida, galope, salto com um pé, salto por cima, salto horizontal e deslocamento lateral) e de controle de objetos (manipulativos, tais como rebater, quicar, agarrar, chutar, arremessar, rolar). Após a observação da presença de déficits motores em indivíduos com TEA, constatamos que é possível avaliar, de maneira efetiva, os domínios motores específicos que são prejudicados em pessoas

com este transtorno, a fim de se buscar entender mais precisamente como tais alterações se manifestam (sendo este o alvo do presente estudo), em quais idades é possível observá-las e quais as áreas da vida dos indivíduos que podem ser impactadas por elas.

## **2 OBJETIVO GERAL DO ESTUDO**

O presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura sobre os tipos de manifestações motoras encontradas em indivíduos com TEA, visando descrevê-las, englobando todos os grupos etários, a fim de reforçar a importância desses achados no processo diagnóstico deste transtorno.



### 3 METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma revisão sistemática registrada na base de dados *International prospective register of systematic reviews* (PROSPERO) (CRD42024552075) e reportada conforme as diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (Page et al, 2020).

Para a seleção dos estudos e elaboração da pergunta da pesquisa foi utilizada a estratégia PICO, sendo: (P-*Population*) População, os indivíduos com TEA, sendo esta a população alvo do estudo; (I-*Intervention*) Exposição, as manifestações motoras relatadas de maneira geral; (C-*Comparison*) Comparador, os indivíduos neurotípicos e com outras doenças (caso houvesse um terceiro grupo nos estudos); e (O-*Outcome*) os Desfechos/Resultados, os domínios de manifestações motoras apresentadas de acordo com as diferentes abordagens experimentais utilizadas. Sendo assim, a pergunta de pesquisa formulada foi “Quais são as manifestações motoras apresentadas por indivíduos com TEA, comparados a indivíduos neurotípicos?”.

#### 3.1 ESTRATÉGIA DE BUSCA

Foram realizadas buscas nas bases de dados PUBMED, EMBASE, SCOPUS e Web of Science no período de março a julho de 2024, incluindo estudos observacionais publicados até 2024. Foram utilizados os termos do DeCS/MeSH e *Emtree* para definir os descritores e seus sinônimos para: Transtorno do Espectro Autista; Manifestações motoras; e Déficit motores. Sendo assim, foram realizadas as combinações para a busca científica apresentados na tabela 1.

Tabela 1- Estratégia de busca

Base de Dados	Palavras-Chave	Artigos Encontrados	Artigos Selecionados
PUBMED (avaliador #1)	<i>Disorder, Autistic OR autism OR TEA AND Motor skills disorder</i>	842	116
PUBMED (avaliador #2)	<i>((("movement disorder") OR ("psychomotor disorders")) OR ("neurologic manifestations")) OR ("motor skills disorders")) AND (("autistic disorder") OR ("autism spectrum disorder"))</i>	488	19

EMBASE (avaliador #1)	('disorder, autistic' OR (('disorder,'/exp OR disorder,) AND autistic) OR 'autism'/exp OR autism OR 'tea'/exp OR tea) AND ('motor assessment' OR (('motor'/exp OR motor) AND ('assessment'/exp OR assessment))) AND 'motor dysfunction' AND [embase]/lim AND [2014-2024]/py	429	42
EMBASE (avaliador #2)	('autism'/exp OR 'autism') AND 'motor dysfunction'	2405	35
WEB OF SCIENCE (avaliador #1)	TI=autism AND AB=Motor skills disorder	586	56
WEB OF SCIENCE (avaliador #2)	(ALL=("movement disorder") OR ALL=("motor dysfunction") OR ALL=("motor skills disorders")) AND (ALL=("autism") OR ALL=("autism spectrum disorder"))	250	6
SCOPUS (avaliador #1)	autism' OR disorder-autistic OR tea AND 'motor AND skills AND disorder'	1573	49
SCOPUS (avaliador #2)	(( TITLE-ABS-KEY ( "motor dysfunction" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "movement disorders" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "movement dysfunction" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "motor skills disorders" ) ) ) AND ( ( TITLE-ABS-KEY ( "autistic disorder" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "autism disorder" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "autism spectrum disorder" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "autistic spectrum disorder" ) ) ) )	1406	17
<b>TOTAL DE ESTUDOS</b>		<b>7979</b>	<b>340</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

### 3.2 SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Todas as etapas da revisão, desde a busca de artigos, até a avaliação final dos estudos foram realizadas de maneira independente por duas revisoras (SHS e LOM), que após as análises individuais, se reuniram para a discussão dos achados. As revisoras foram habilitadas a realizar o presente estudo, após realizarem o curso de Revisão Sistemática e Meta-análise, oferecido pela Universidade Estadual de

Campinas, por meio da plataforma Coursera (Universidade Estadual de Campinas, 2024). Em casos de divergências de resultados, eram realizadas reuniões para que se chegasse a um consenso, e caso as discordâncias persistissem, havia uma terceira revisora (AAN-C) para auxiliar na tomada de decisão.

Para serem incluídos na presente revisão, os estudos precisavam atender a alguns critérios de elegibilidade, sendo eles:

**Critérios de inclusão:** estudos transversais que objetivaram avaliar e identificar manifestações motoras em indivíduos com TEA de todas as idades, com a finalidade de diagnóstico ou para observação clínica; e estudos publicados nos últimos dez anos, em língua inglesa.

**Critérios de exclusão:** estudos que abordaram intervenção ou tratamento; estudos de revisão; estudos realizados com animais; estudos com indivíduos sem diagnóstico clínico de TEA; estudos que não possuíam grupo comparador com participantes neurotípicos; aqueles que não descreveram o método de avaliação ou o tipo de manifestação motora; e artigos que não possuíssem texto completo disponível em *open access*, com acesso pelos periódicos CAPES (através da instituição de ensino).

### 3.3 EXTRAÇÃO DE DADOS

Foi utilizada a ferramenta *State of the Art through Systematic Review* (StArt) para a exclusão de duplicatas e de estudos que não contemplaram os critérios de elegibilidade e para organização de acordo com as etapas de seleção. A StArt é uma ferramenta gratuita, desenvolvida no LaPES (Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software) da UFSCAR (Universidade Federal de São Carlos), e encontra-se disponível em <http://lapes.dc.ufscar.br/ferramentas/start-tool>. A ferramenta contempla as três etapas da revisão sistemática: planejamento, execução e sumarização, incluindo os processos de filtragem, extração de conteúdo das publicações e algumas análises quantitativas, de acordo com um protocolo previamente elaborado (Fabbri et al, 2016; Zamboni et al, 2010).

Os dados de cada estudo selecionado foram extraídos pelos revisores, individualmente, e registrados em uma planilha de *excel* padronizada, contendo: título; ano; autores; tamanho da amostra (separada em grupo experimental e controle); objetivo do estudo; tipos de manifestações motoras (sendo esta a principal variável de interesse da presente revisão); faixa etária dos participantes; avaliação

cognitiva (se foi feita ou não, qual instrumento utilizado e o resultado); avaliação do comportamento adaptativo, referente às atividades de vida diária (se foi feita ou não, qual instrumento utilizado, resultado); escalas/instrumentos/outras avaliações realizadas.

### 3.3.1 Avaliação da qualidade metodológica

Para a avaliação da qualidade metodológica, foi utilizada a ferramenta *NIH Quality Assessment Tool* (anexo 1), desenvolvida por profissionais do *National Heart, Lung, and Blood Institute* (NHLBI ou NIH) e do *Research Triangle Institute International*, baseada em métodos de avaliação da qualidade, conceitos e em outras ferramentas desenvolvidas por pesquisadores dos Centros de Prática Baseada em Evidências da *Agency for Healthcare Research and Quality* (AHRQ), da Colaboração *Cochrane*, entre outras. Na presente revisão, foi utilizada a versão específica para estudos de Coorte e Transversais Observacionais. A ferramenta visa identificar fontes de possíveis vieses e os autores recomendam considerar cada resposta “não” como um risco potencial de viés (<https://www.nhlbi.nih.gov/node/80102>).

A escala atribui pontuação para 14 perguntas específicas dos estudos e há critérios detalhados para atribuir pontuação a cada questão, sendo elas apresentadas na tabela 2.

Tabela 2- Perguntas da ferramenta *NIH Quality Assessment Tool*

1. A questão ou objetivo de pesquisa deste artigo foi claramente declarado?
2. A população do estudo foi claramente especificada e definida?
3. A taxa de participação das pessoas elegíveis foi de pelo menos 50%?
4. Todos os sujeitos foram selecionados ou recrutados na mesma população ou em populações semelhantes (incluindo o mesmo período de tempo)? Os critérios de inclusão e exclusão para participação no estudo foram pré-especificados e aplicados uniformemente a todos os participantes?
5. Foi fornecida uma justificativa do tamanho da amostra, descrição do poder ou estimativas de variância e efeito?
6. Para as análises deste artigo, a(s) exposição(ões) de interesse foi medida(s) antes do(s) desfecho(s) medido(s)?
7. O prazo foi suficiente para que se pudesse razoavelmente esperar uma associação entre exposição e desfecho, caso existisse?
8. Para exposições que podem variar em quantidade ou nível, o estudo examinou diferentes níveis de exposição em relação ao desfecho (por exemplo, categorias de exposição ou exposição medida como variável contínua)?

9. As medidas de exposição (variáveis independentes) foram claramente definidas, válidas, confiáveis e implementadas de forma consistente em todos os participantes do estudo?
10. A(s) exposição(ões) foi(ram) avaliada(s) mais de uma vez ao longo do tempo?
11. As medidas de desfecho (variáveis dependentes) foram claramente definidas, válidas, confiáveis e implementadas de forma consistente em todos os participantes do estudo?
12. Os avaliadores de desfecho foram cegados para o status de exposição dos participantes?
13. A perda de seguimento após o início do estudo foi de 20% ou menos?
14. As principais variáveis potenciais de confusão foram medidas e ajustadas estatisticamente para seu impacto na relação entre exposição(ões) e desfecho(s)?

Fonte: perguntas retiradas do site: Study Quality Assessment Tools | NHLBI, NIH (acesso em 24 de julho de 2024).

Todos os estudos foram avaliados individualmente por meio da ferramenta *NIH Quality Assessment Tool* e os resultados da avaliação de qualidade foram agrupados em uma tabela, a qual pode ser analisada na seção de resultados da presente revisão.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Foram encontrados 7.979 estudos, sendo: 2.834 na Embase; 1.330 na Pubmed; 2.979 na Scopus; e 836 na Web of Science. Após triagem, 340 estudos foram selecionados e, após a exclusão de 118 artigos por serem duplicatas, 222 artigos foram triados para a leitura de seus títulos e resumos. Posteriormente 166 estudos foram excluídos por critérios de elegibilidade, restando 56 para a leitura completa. Após a leitura completa, 13 estudos foram excluídos por não se enquadrarem nos critérios de elegibilidade e 43 estudos foram incluídos na presente revisão sistemática. O fluxograma da seleção dos estudos está representado na Figura 1, de acordo com o PRISMA.

Os últimos treze estudos foram excluídos (após leitura completa), pois dois apresentavam dois estudos distintos no mesmo artigo, onde cada estudo havia recebido uma pontuação diferente. Em reunião entre os revisores, foi pontuado que o instrumento de qualificação avalia o artigo como um todo, ou seja, não seria adequado a atribuição de duas pontuações diferentes para o mesmo. Os outros onze artigos foram excluídos por critérios de elegibilidade, sendo:

3 = não possuíam grupo controle com participantes neurotípicos

3 = não avaliaram manifestações motoras

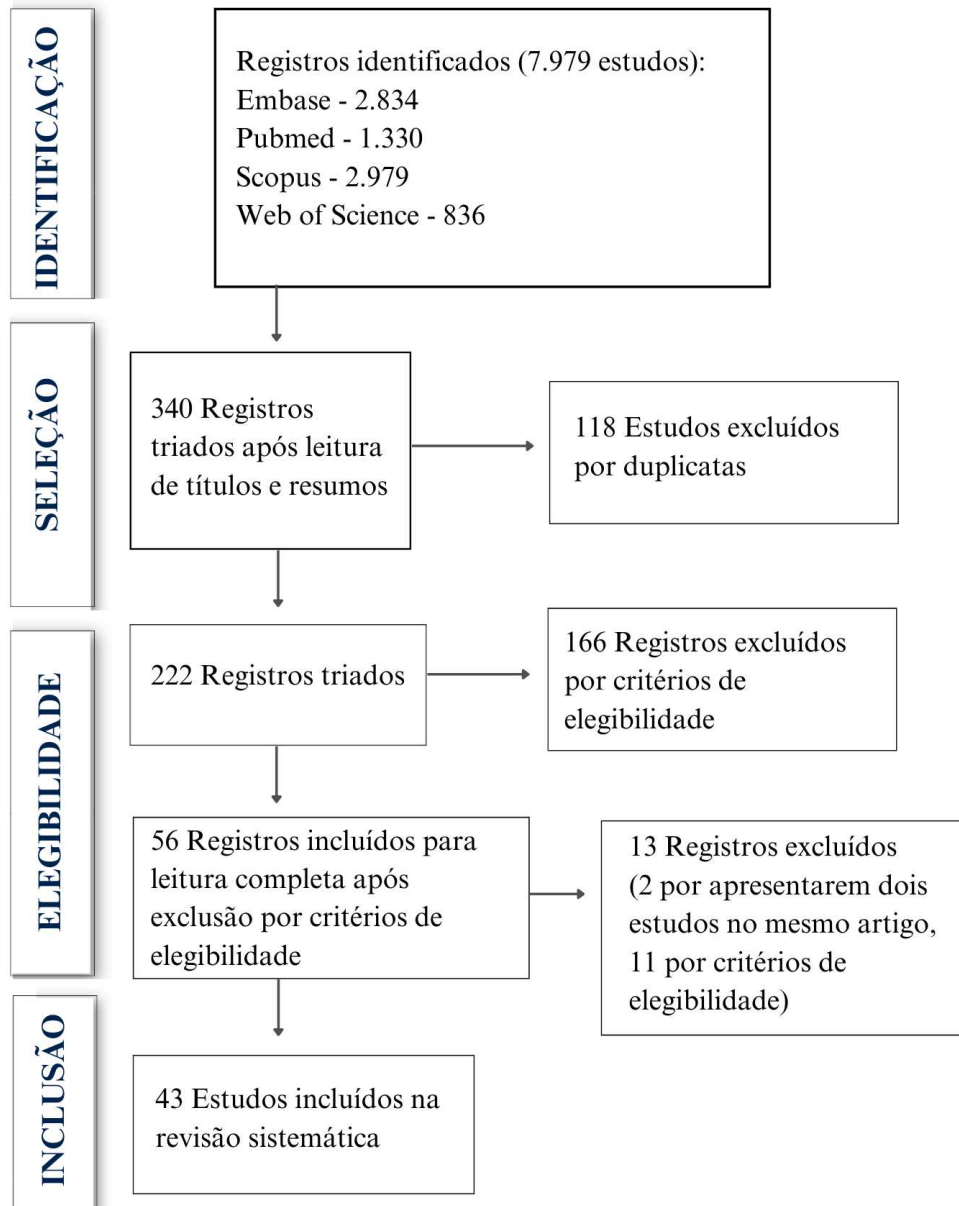
2 = os textos completos não estavam disponíveis em *open access*

1 = não era estudo transversal

1 = não encontrado em língua inglesa

1 = publicado há mais de 10 anos

Figura 1 – Fluxograma do processo de seleção dos estudos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

#### 4.2 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS

As características dos estudos estão apresentadas na tabela 3 e a relação com todas as escalas e questionários utilizados nos estudos estão descritos detalhadamente no Apêndice A. Foram coletados os seguintes dados para a descrição dos estudos: autor; amostra; alterações motoras; grupo etário; avaliação

cognitiva/QI; avaliação do comportamento adaptativo; escalas/avaliações usadas; e objetivo da avaliação.

#### 4.2.1 Participantes

Foram avaliados um total de 2.664 indivíduos, sendo 1.264 com TEA, 1.173 controles NT e outros 227 indivíduos com outras condições de saúde (conforme consta na Tabela 3).

Tabela 3- Dados descritivos dos estudos

<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>Amostra</b>	<b>Alterações Motoras</b>	<b>Faixa Etária (anos)</b>	<b>Avaliação Cognitiva/Qi</b>	<b>Avaliação do comportamento adaptativo</b>
Abdel Ghafar et al	2022	38 TEA / 36 Controle NT	Equilíbrio	6-14	Escalas de Inteligência Stanford-Binet	-
Armitano et al	2020	20 TEA / 20 Controle NT	Marcha	17-26	Avaliado, sem especificar o instrumento usado	-
Barbeau et al	2015	39 TEA / 30 Controle NT	Coordenação motora, destreza manual, movimento orientado	14-35	FSIQ	-
Bennett et al	2022	25 TEA / 17 Controle	Marcha	13-18	-	-
Biscaldi et al	2015	22 TEA (sendo 11 com TDAH)/ 24 TDAH / 20 Controle NT	Coordenação motora, habilidades motoras finas e equilíbrio estático	6-13	WISC-III or -IV, Raven's Standard Progressive Matrices	-
Bojanek et al	2020	17 TEA / 20 Controle NT	Coordenação motora, Controle Postural	6-19	Escalas de Inteligência Abreviadas de Wechsler	-
Bricout et al.	2019	22 TEA / 20 Controle NT	Habilidades Motoras	8-12	WISC	Vineland
Butera et al	2023	16 TEA / 15 TCD /19 Controle NT	Destreza Manual, Equilíbrio, Movimento Orientado	8-17	WASI-II	-
Chen et al	2019	15 TEA / 15 Controle NT	Coordenação motora	7-10	Relato ou Escala Preschool of Intelligence-Revised ou a WASI-IV	-
Cho et al	2022	37 TEA / 45	Marcha	18-65	Avaliado, sem	-



		Controle NT			especificar o instrumento usado	
Craig et al	2018	46 TEA com deficiência intelectual / 42 deficiência intelectual/ 43 Controle NT	Habilidades Motoras	3-6	Leiter-R	-
Craig et al	2021	46 TEA / 30 Controle NT	Habilidades Motoras	3-6	Avaliado, sem especificar o instrumento usado	-
Crippa et al	2021	98 TEA / 98 Controle NT	Habilidades motoras	3-11	Griffiths Mental Development Scales, WPPSI-III, WASI-IV	-
De Francesco et al	2023	25 TEA / 25 TDAH/ 25 Controle NT	Destreza Manual, Movimento Orientado, Equilíbrio estático e dinâmico	7-13	WISC-IV, NEPSY-II	-
Dong et al	2024	108 TEA / 108 Controle NT	Destreza manual, Equilíbrio, Movimento orientado	7-10	PEP-3	-
Dufek et al	2017	10 TEA / 10 Controle NT	Marcha	5-12	-	-
Faber et al	2022	67 TEA / 67 Controle NT	Habilidades Motoras	9-15	NIO	-
Fears NE ; Templin TN et al	2023	16 TEA / 12 Controle NT	Movimentos de corpo inteiro	7-13	WASI-II e SCQ	-
Fears et al.	2024	16 TEA / 12 Controle NT/ 10 transtorno do desenvolvimento	Movimentos de corpo inteiro	7-13	WASI-II	-
Fulceri et al	2018	11 TEA / 11 Controle NT	Coordenação motora e movimento orientado	5-11	WPPSI ou WISC-IV ou Leiter-R	-
Gong et al	2020	46 TEA de alto funcionamento (QI) / 12 TEA de baixo funcionamento / 28 Controle NT	Marcha	4-6	WASI-IV	-
Hillus et al	2019	19 TEA / 22 Controle NT	Habilidades motoras finas e Habilidades motoras grossas	27-50	LPS-3	-

Kalfirt et al	2023	17 TEA / 15 Controle NT	Habilidades Motoras Finas, Destreza Manual, Coordenação motora e Equilíbrio	9-12	Avaliado, sem especificar o instrumento usado	-
Kaur et al	2018	24 TEA / 12 Controle NT	Coordenação motora, Habilidades Motoras Finas e Habilidades Motoras grossas	5-12	SBIQ	-
Kilroy et al	2022	33 TEA / 28 TCD / 35 Controle NT	Habilidades Motoras	8-17	WASI-II, FSIQ	-
Kostrubiec et al	2017	20 TEA / 21 Controle NT	Coordenação motora	8-14	WISC-IV	Vineland-II
Linke et al	2020	17 TEA / 19 Controle NT	Habilidades Motoras	40-65	WASI-II	-
Mache et al.	2016	11 TEA / 11 Controle NT	Habilidades motoras grossas, estabilidade postural e movimentos repetitivos	5-12	-	-
Manicolo et al	2019	32 TEA / 36 Controle NT	Marcha	4-16	-	-
Martel et al	2024	14 TEA / 14 TCD / 14 Controle NT	Movimento Orientado	7-12	WISC-IV	-
Mason et al	2023	9 TEA / 18 Controle NT	Marcha	10-14	WASI-II	-
Mcphillips et al	2014	28 TEA / 27 DEL / 28 Controle NT	Destreza manual e equilíbrio	8-10	WNV	-
Miller et al	2015	20 TEA / 20 Controle NT	Coordenação motora, Equilíbrio, Habilidades Motoras Finas e Habilidades Motoras grossas	8-15	WASI-II	-
Morrison et al	2018	20 TEA / 20 Controle NT	Marcha, equilíbrio, tempo de reação	16-26	Avaliado, sem especificar o instrumento usado	-
Odeh et al	2022	12 TEA / 12 Controle NT	Habilidades Motoras	5-12	TONI-3	Vineland-III
Pusponegoro et al	2016	40 TEA / 40 Controle NT	Habilidades Motoras Grossas	1,5-6	-	Vineland-II
Riquelme et al	2016	27 TEA / 30	Habilidades	4-15	-	-

		Controle NT	Motoras Finas			
Sáenz et al	2021	16 TEA / 22 TDAH / 17 Controle NT	Habilidades motoras	8-12	WISC-IV	-
Sumner et al	2016	25 TEA / 30 TCD / 26 Controle NT	Habilidades Motoras	7-10	WISC-IV	Vineland-II
Sung et al	2021	25 TEA / 28 Controle NT	Habilidades Motoras	4-6	-	APCP-C
Thomas et al	2022	17 TEA / 17 Controle NT	Habilidades Motoras	4-7	WPPSI-IV	-
Umesawa et al	2023	25 TEA / 23 Controle NT	Coordenação motora	15-34	WAIS-III, WISC-IV	-
Wu et al	2024	11 TEA / 11 Controle NT	Marcha	9-17	-	-

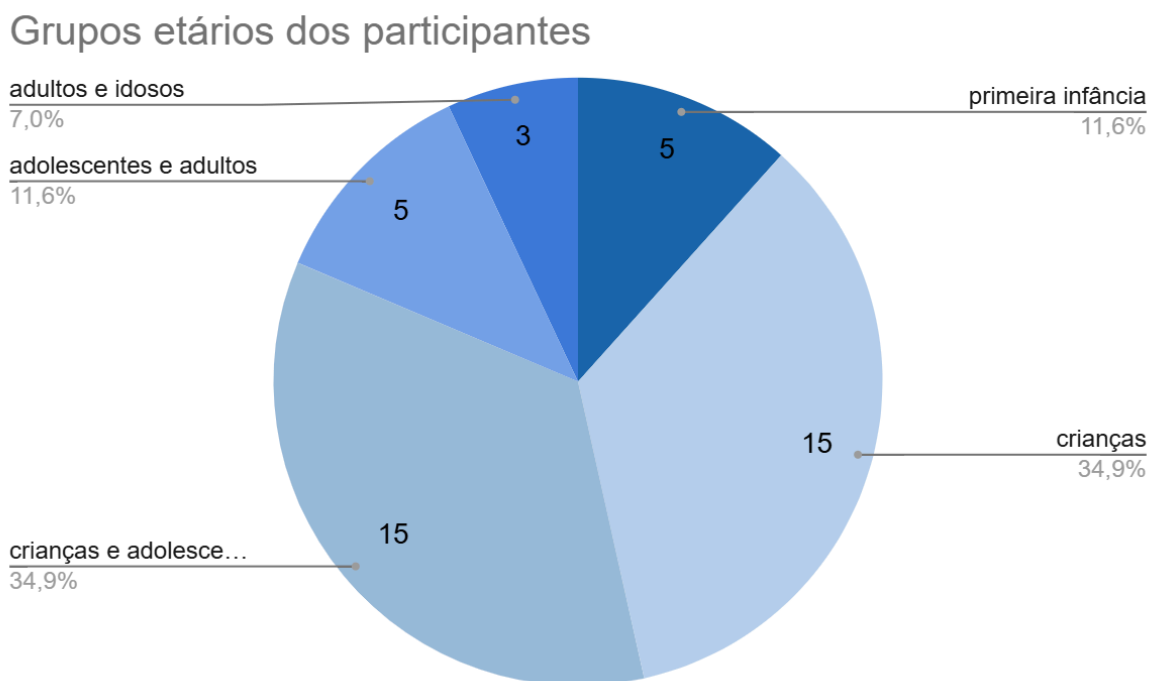
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Legenda: NT, neurotípicos; PEP-3, *third edition of the Psycho-Educational Profile Revised*; DEL, distúrbio específico de linguagem; FSIQ, *Full Scale Intelligence Quotient*; Leiter-R, *Leiter International Performance Scale-Revised*; LPS, *Performance Testing System*; NEPSY, *Developmental Neuropsychological Assessment*; NIO, *Nederlandse Intelligentietest voor Onderwijsniveau*; QI- Quociente de inteligência; SCQ, *social communication questionnaire*; SBIQ, *Stanford Binet Intelligence Scales*; TDAH, Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade; TDC, Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação; TEA, Transtorno do Espectro Autista; TONI, *Test of Nonverbal Intelligence*; WAIS, *Wechsler Adult Intelligence Scale*; WASI, *Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence*; WISC, *Wechsler Intelligence Scale for Children*; WNV, *Wechsler Nonverbal Scale of Ability*; WPPSI, *Wechsler Preschool and Primary Scales of Intelligence*.

Os estudos avaliaram majoritariamente a população infanto-juvenil, com idade entre quatro e 19 anos. Na Figura 2 é possível observar a quantidade de artigos encontrados em cada grupo etário, que foram classificados de acordo com as idades indicadas pelo ministério da saúde para tais grupos (BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE), sendo: primeira infância, (participantes com idade entre 0 a seis anos); crianças (idade entre quatro e 12 anos); crianças e adolescentes (participantes com idade entre quatro e 19 anos); adolescentes e adultos (com idade entre treze e 35 anos); e adultos e idosos (com idade entre vinte e sete e 65 anos) (Abdel Ghafar et al, 2022; Armitano et al, 2020; Barbeau et al, 2015; Bennett et al, 2022; Biscaldi et al, 2015; Bojanek et al, 2020; Bricout et al, 2019; Butera et al, 2023; Chen et al, 2019; Cho et al, 2022; Craig et al, 2018; Craig et al, 2021; Crippa et al, 2021; De

Francesco et al, 2023; Dong et al, 2024; Dufek et al, 2017; Faber et al, 2022; Fears et al, 2023; Fears et al, 2024; Fulceri et al, 2018; Gong et al 2020; Hillus et al, 2019; Kalfirt et al, 2023; Kaur et al, 2018; Kilroy et al, 2022, Kostrubiec et al, 2017; Linke et al, 2020; Mache et al, 2016; Manicolo et al, 2019; Martel et al, 2024; Mason et al, 2023; Mcphillips et al, 2014; Miller et al, 2015; Morrison et al, 2018; Odeh et al, 2022; Pusponogoro et al, 2016; Riquelme et al, 2016; Sáenz et al, 2021; Sumner et al, 2016; Sung et al, 2021; Thomas et al, 2022; Umesawa et al, 2023; Wu et al, 2024).

Figura 2- Os grupos etários dos participantes



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Legenda: o número e porcentagens apresentados representam as quantidades de estudos que avaliaram cada grupo etário. 11,6% avaliaram indivíduos na primeira infância, 34,9% avaliaram crianças, 34,9% avaliaram crianças e adolescentes, 11,6% avaliaram adolescentes e 7% avaliaram adultos e idosos.

#### 4.2.2 Avaliações e objetivos

As avaliações motoras contaram com diferentes escalas, sendo as mais utilizadas, as versões das escalas: BOT; SRS; VABS; e MAB-C. Para o diagnóstico e observação clínica do TEA, os instrumentos mais utilizados foram a ADI-R e ADOS.

As avaliações cognitivas e de QI, apesar de serem frequentemente utilizadas no meio científico (em 35 dos 43 estudos avaliados), foram abordadas por meio de diferentes testes, sendo utilizados 26 instrumentos diferentes (tendo alguns estudos utilizando mais de um). Em alguns estudos foi relatada a avaliação de QI, porém não foi mencionado o instrumento utilizado (Armitano et al, 2020; Cho et al, 2022; Craig et al, 2021; Kalfirt et al, 2023; Morrison et al, 2018). O comportamento adaptativo, que são as habilidades de realizar tarefas comuns do dia a dia, conforme descrito na introdução, foi avaliado em apenas seis artigos, sendo por meio das diferentes versões da escala *Vineland* em quatro, e por meio da escala *Assessment of Preschool Children's Participation-Chinese Version* (APCP-C) em um estudo. Essas avaliações confirmaram as anormalidades motoras generalizadas, também no comportamento adaptativo (Bricout et al, 2019; Kostrubiec et al, 2017; Odeh et al, 2022; Pusponegoro et al, 2016; Sumner et al, 2016; Sung et al, 2021)

#### **4.2.3 Qualificação dos estudos**

Os estudos foram avaliados pelo instrumento da NIH, recebendo as classificações, de acordo com o número de critérios preenchidos pela escala, que possui pontuação de 0 a 14.

A maioria dos estudos foram classificados como tendo qualidade moderada, sendo apenas um considerado como tendo qualidade baixa/pobre (Armitano et al, 2020), e seis estudos foram considerados como tendo boa qualidade (Abdel Ghafar et al, 2022; Bennett et al, 2022; Butera et al, 2023; Mcphillips et al, 2014; Odeh et al, 2022; Thomas et al, 2022). Estes estudos com melhor pontuação, avaliaram domínios motores como: equilíbrio; marcha; destreza manual; equilíbrio; e movimento orientado. Esses resultados dizem respeito à metodologia da seleção dos participantes, coleta e descrição dos dados.

Com base nos resultados, foi observado que apenas quatro estudos relataram perda de segmento, apenas dez relataram a quantidade de participantes elegíveis para seus respectivos estudos, apenas seis realizaram cálculo amostral e nenhum estudo relatou cegamento dos avaliadores. Sendo estes alguns itens onde a maioria dos estudos não pontuaram, nos leva a refletir sobre a importância de nos atentarmos a estes aspectos em pesquisas futuras, a fim de elevarmos a qualidade metodológica dos estudos. O cálculo amostral, por exemplo, é um importante dado,

que nos indica quantos participantes são necessários para representar uma determinada população e refletir, através da amostra, o desempenho desta.

Tabela 4- Qualidade metodológica dos estudos

ARTIGO (por autores)	Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	TOTAL /14	Qualidade
<b>Abdel Ghafar et al</b>	2022	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	sim	sim	13	boa
<b>Odeh et al</b>	2022	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	12	boa
<b>Bennett et al</b>	2022	sim	sim	NR	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	11	boa
<b>Butera et al</b>	2023	sim	sim	sim	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	11	boa
<b>Mcphillips et al</b>	2014	sim	sim	sim	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	11	boa
<b>Thomas et al</b>	2022	sim	sim	sim	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	11	boa
<b>Barbeau et al</b>	2015	sim	sim	NR	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	10	moderada
<b>Biscaldi et al</b>	2015	sim	sim	NR	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	10	moderada
<b>Crippa et al</b>	2021	sim	sim	NR	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	10	moderada
<b>De Francesco et al</b>	2023	sim	sim	NR	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	10	moderada
<b>Dong et al</b>	2024	sim	sim	sim	sim	não	sim	sim	sim	sim	NA	sim	NR	NR	sim	10	moderada
<b>Fears et al</b>	2023	sim	sim	NR	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	10	moderada
<b>Gong et al</b>	2020	sim	sim	NR	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	10	moderada
<b>Kilroy et al</b>	2022	sim	sim	NR	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	10	moderada
<b>Kostrubiec et al</b>	2017	sim	sim	NR	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	10	moderada
<b>Mache et al.</b>	2016	sim	sim	NR	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	10	moderada
<b>Manicolo et al</b>	2019	sim	sim	sim	sim	não	sim	sim	não	sim	não	sim	NR	sim	sim	10	moderada
<b>Morrison et al</b>	2018	sim	sim	NR	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	10	moderada
<b>Riquelme et al</b>	2016	sim	sim	NR	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	10	moderada
<b>Sumner et al</b>	2016	sim	sim	NR	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	10	moderada
<b>Umesawa et al</b>	2023	sim	sim	NR	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	10	moderada
<b>Chen et al</b>	2019	sim	sim	NR	não	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	9	moderada

<b>Craig et al</b>	2021	sim	sim	NR	sim	não	sim	sim	não	sim	sim	sim	NR	NR	sim	9	moderada
<b>Faber et al</b>	2022	sim	sim	NR	não	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	9	moderada
<b>Fears et al.</b>	2024	sim	sim	NR	sim	não	sim	sim	sim	sim	NR	sim	NR	NR	sim	9	moderada
<b>Hillus et al</b>	2019	sim	sim	NR	sim	não	não	não	sim	sim	sim	sim	NR	sim	sim	9	moderada
<b>Kaur et al</b>	2018	sim	não	NR	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	9	moderada
<b>Miller et al</b>	2014	sim	sim	NR	sim	não	sim	sim	sim	sim	sim	nã o	NR	NR	sim	9	moderada
<b>Sáenz et al</b>	2021	sim	sim	sim	sim	não	sim	sim	não	sim	não	sim	NR	nã o	sim	9	moderada
<b>Sung et al</b>	2021	sim	sim	NR	NR	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	9	moderada
<b>Bricout et al.</b>	2019	sim	sim	NR	NR	não	sim	sim	não	sim	sim	sim	NR	sim	não	8	moderada
<b>Craig et al</b>	2018	sim	sim	NR	sim	não	sim	sim	não	sim	não	sim	NR	NR	sim	8	moderada
<b>Kalfirt et al</b>	2023	sim	sim	NR	não	não	sim	sim	não	sim	sim	sim	NR	NR	sim	8	moderada
<b>Martel et al</b>	2024	não	sim	NR	NR	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim	NR	NR	sim	8	moderada
<b>Pusponegoro et al</b>	2016	sim	sim	NR	não	sim	sim	sim	não	sim	não	sim	NR	NR	sim	8	moderada
<b>Dufek et al</b>	2017	sim	sim	NR	sim	sim	não	não	não	não	não	sim	NR	NR	sim	6	moderada
<b>Linke et al</b>	2020	sim	sim	sim	sim	não	não	não	não	não	não	sim	NR	NR	sim	6	moderada
<b>Mason et al</b>	2023	sim	sim	sim	sim	não	não	não	não	não	não	sim	NR	NR	sim	6	moderada
<b>Wu et al</b>	2024	sim	sim	NR	sim	sim	não	não	não	não	não	sim	NR	NR	sim	6	moderada
<b>Bojanek et al</b>	2020	sim	sim	NR	sim	não	não	não	não	não	não	sim	NR	NR	sim	5	moderada
<b>Cho et al</b>	2022	sim	sim	NR	sim	não	não	não	não	não	não	sim	NR	NR	sim	5	moderada
<b>Fulceri et al</b>	2018	sim	sim	NR	sim	não	não	não	não	não	não	sim	NR	NR	sim	5	moderada
<b>Armitano et al</b>	2020	sim	sim	NR	sim	não	não	não	não	não	não	sim	NR	NR	não	4	pobre

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

#### 4.2.4 Principais manifestações motoras

As principais manifestações motoras encontradas nos estudos estão apresentadas no Figura 3. Os termos utilizados nos estudos para definir os domínios motores foram agrupados em: habilidades motoras gerais; coordenação; equilíbrio; marcha; destreza manual; habilidades motoras finas; habilidades motoras grossas; movimento orientado; movimentos repetitivos; e tempo de reação. A grande parte dos estudos utilizou-se de subescalas dos instrumentos de avaliação para definir o

desempenho dos indivíduos em um domínio motor específico, sendo eles melhor descritos a seguir.

#### 4.2.4.1 Habilidades motoras gerais

As habilidades motoras gerais representam um domínio de manifestações motoras que não foram especificadas para um único domínio, sendo avaliada nos estudos por meio de escalas que abrangeram subescalas, como a MABC-2, DCDQ, BOT-2, VABS-II e BMAT (*Bruininks Motor Ability Test*). Foram relatados resultados em diferentes atividades, sendo avaliadas entre todos os grupos etários, englobando aspectos como disritmia, praxia, força e flexibilidade, habilidades com bola, como mirar e pegar, e análise cinemática de uma tarefa de alcançar e soltar (Sáenz et al, 2021; Bricout et al., 2019; Cho et al, 2022; Craig et al, 2018; Crippa et al, 2021; Faber et al, 2022; Craig et al., 2021; Kilroy et al, 2022; Linke et al, 2020; Odeh et al, 2022; Sumner et al, 2016; Sung et al, 2021; Thomas et al, 2022). De modo geral, indivíduos com TEA, obtiveram desempenho inferior aos NT, e os prejuízos motores foram observados em todas as subescalas, ressaltando-se: escores de flexibilidade, potência explosiva e força significativamente menores; dificuldades em atividades com a bola; e pior desempenho motor global. Apenas no estudo de Thomas et al (2022), os indivíduos com TEA não diferiram dos NT nas subescalas de destreza manual e habilidades com bola do MAB-C.

Foi relatado, ainda, que as habilidades motoras no TEA se correlacionam com a prática de atividades físicas (Sung et al, 2021) e os déficits nessas habilidades se correlacionaram com piores habilidades de comunicação social (Craig et al, 2021). Por fim, foi observado que o TDAH atuou como um agravante dessas habilidades motoras gerais (Sáenz et al, 2021).

#### 4.2.4.2 Coordenação motora

Foi observado que a avaliação da coordenação motora também foi bastante prevalente entre os estudos, sendo avaliada principalmente na população de crianças e adolescentes, abrangendo atividades como restrição direcional, que é a capacidade de mover dois membros em sentidos opostos simultaneamente (Umesawa et al, 2023) e atividades com bola (Chen et al, 2019). De modo geral, os indivíduos com TEA obtiveram como resultados, movimentos menos precisos e mais lentos, em comparação com indivíduos NT (Barbeau et al, 2015; Fulceri et al, 2018;



Kaur et al, 2018; Kostrubiec et al, 2017; Sáenz et al, 2021). Os participantes foram avaliados por meio de instrumentos como o BOT-2 e o *Developmental Coordination Disorder Questionnaire* (DCDQ-FC) e em alguns estudos foram avaliados outros agravantes como o TDAH, atrasos na linguagem e participantes com QI abaixo do esperado para a idade (o que os autores consideraram como de “baixo funcionamento”) (Barbeau et al, 2015; Biscaldi et al, 2015; Bojanek et al, 2020; Chen et al, 2019; Fulceri et al, 2018; Kalfirt et al, 2023; Kaur et al, 2018; Kostrubiec et al, 2017; Miller et al, 2015; Sáenz et al, 2021; Umesawa et al, 2023).

#### 4.2.4.3 Marcha

A marcha foi um domínio motor avaliado em todos os grupos etários, por meio de testes de caminhada em velocidade habitual e, em alguns casos, em velocidade rápida. Foi avaliada também através da caminhada com dupla tarefa (caminhando e pegando objetos) (Armitano et al, 2020; Bennett et al, 2022; Cho et al, 2022; Dufek et al, 2017; Gong et al, 2020; Manicolo et al, 2019; Mason et al, 2023; Morrison et al, 2018; Wu et al, 2024). Os instrumentos utilizados para as avaliações foram: acelerômetro (Armitano et al, 2020); câmeras de rastreamento de trajetórias, utilizando-se marcadores retrorrefletivos (Dufek et al, 2017; Mason et al, 2023; Wu et al, 2024); esteira sensível à pressão plantar (Armitano et al, 2020; Cho et al, 2022; Dufek et al, 2017; Gong et al, 2020; Manicolo et al, 2019; Mason et al, 2023; Morrison et al, 2018); e para a avaliação de força dos membros inferiores, contrações isométricas voluntárias máximas em um dinamômetro isocinético (Wu et al, 2024). Os desfechos avaliados pelos estudos foram: tempo de reação; oscilação; aceleração; velocidade de caminhada; cadência da marcha; comprimento da passada; força; força de reação ao solo; e angulação articular.

Como resultados, foram observados padrões de marcha diferentes entre indivíduos com e sem TEA (Armitano et al, 2020; Bennett et al, 2022; Cho et al, 2022; Dufek et al, 2017; Gong et al, 2020; Manicolo et al, 2019; Mason et al, 2023; Morrison et al, 2018; Wu et al, 2024). Os indivíduos com TEA apresentaram cadência, velocidade da marcha e tempo de passada mais lentos, tendo os adultos com TEA caminhado com uma estratégia de marcha mais cautelosa e apresentando capacidade reduzida em atenuar as oscilações da marcha. A velocidade e o comprimento da passada foram regressores significativos de atividade física e esteve negativamente associada às habilidades motoras (avaliadas por meio do

MABC-2) nessa população. Foram encontradas ainda assimetrias do passo (esquerda-direita) e mudanças no padrão de marcha durante a dupla tarefa. As características anormais da marcha foram relacionadas a deficiências sociais (medidas pelo Quociente do Espectro do Autismo e pela Escala de Resposta Social), apoiando uma associação entre habilidades motoras prejudicadas e sintomas centrais do TEA. Ademais, foram encontradas altas forças de frenagem durante a caminhada e fraqueza extensora do joelho, que os autores acreditam que pode ter levado às estratégias de movimento compensatório.

#### 4.2.4.4 Equilíbrio estático e dinâmico, estabilidade e controle postural

O equilíbrio estático e dinâmico, a estabilidade e o controle postural foram avaliados nas populações de crianças, adolescentes e jovens e foi avaliado principalmente por subescalas do SRS, SRS-2, MAB-C e MABC-2, mas também por meio de teste que expunham os participantes a condições como permanecer em pé e caminhar com os olhos abertos em superfície firme, com os olhos fechados em superfície firme, com os olhos abertos em superfície de espuma e com os olhos fechados em superfície de espuma. Os estudos demonstraram maior comprometimento desses domínios em indivíduos com TEA, quando comparados a NT (Biscaldi et al, 2015; Butera et al, 2023; De Francesco et al, 2023; Dong et al, 2024; Ghafar et al, 2022; Kalfirt et al., 2023; Mcphillips et al, 2014; Miller et al, 2015; Morrison et al, 2018). A estabilidade postural foi avaliada em apenas um estudo, que também abrangeu as habilidades motoras grossas e movimentos repetitivos (Mache et al, 2016), tendo os indivíduos com TEA apresentado desempenho deficitário. Os autores sugerem, ainda, que a estabilidade postural parece influenciar a capacidade das crianças de realizarem habilidades motoras grossas.

#### 4.2.4.5 Destreza manual e habilidades motoras finas

A destreza manual e as habilidades motoras finas foram avaliadas em todos os grupos etários, por meio de instrumentos padronizados, como o MAB-C, MABC-2, BOT-2 e NEPSY-II, por meio de tarefas de coordenação manual e caligrafia. Esses domínios motores também foram relatados como alterados na população com TEA, em todos os grupos etários (Barbeau et al, 2015; Biscaldi et al, 2015; Butera et al, 2023; De Francesco et al, 2023; Dong et al, 2024; Faber et al, 2022; Hillus et al,

2019; Kalfirt et al., 2023; Kaur et al, 2018; Mcphillips et al, 2024; Miller et al, 2015; Riquelme et al, 2016).

#### 4.2.4.6 Movimento de corpo inteiro e orientado e as habilidades motoras grossas

Os movimentos de corpo inteiro também não foram muito descritos nos estudos (Fears et al, 2023; Fears et al, 2024). Foram avaliados apenas em amostras de crianças, por meio de tarefa imersiva de realidade virtual em um jogo com tarefas de mover bolas para um alvo. As crianças com TEA, apesar de terem sido capazes de mover sua bola para o alvo com sucesso, tiveram desempenho significativamente pior do que crianças neurotípicas nos domínios de duração do teste, eficiência do caminho, empurrão adimensional logarítmico, tipos de movimento. Os autores relataram que as crianças com TEA não pareciam usar uma estratégia de movimento, ou seja, não modularam sua estratégia para o jogo.

O movimento orientado e as habilidades motoras grossas abrangeram o planejamento e execução de tarefas direcionadas a alvos ou controle de objetos, avaliados por meio dos testes: TGMD-3; MAB-C; MABC-2; e BOT-2. Esses foram mais dois domínios relatados como prejudicados em indivíduos com TEA (Butera et al, 2023; De Francesco et al, 2023; Dong et al, 2024; Fulceri et al, 2018; Hillus, J. et al, 2019; Puspongoro et al, 2016; Kaur et al, 2018; Mache et al, 2016; Martel et al, 2024; Miller et al, 2015; Sáenz et al, 2021).

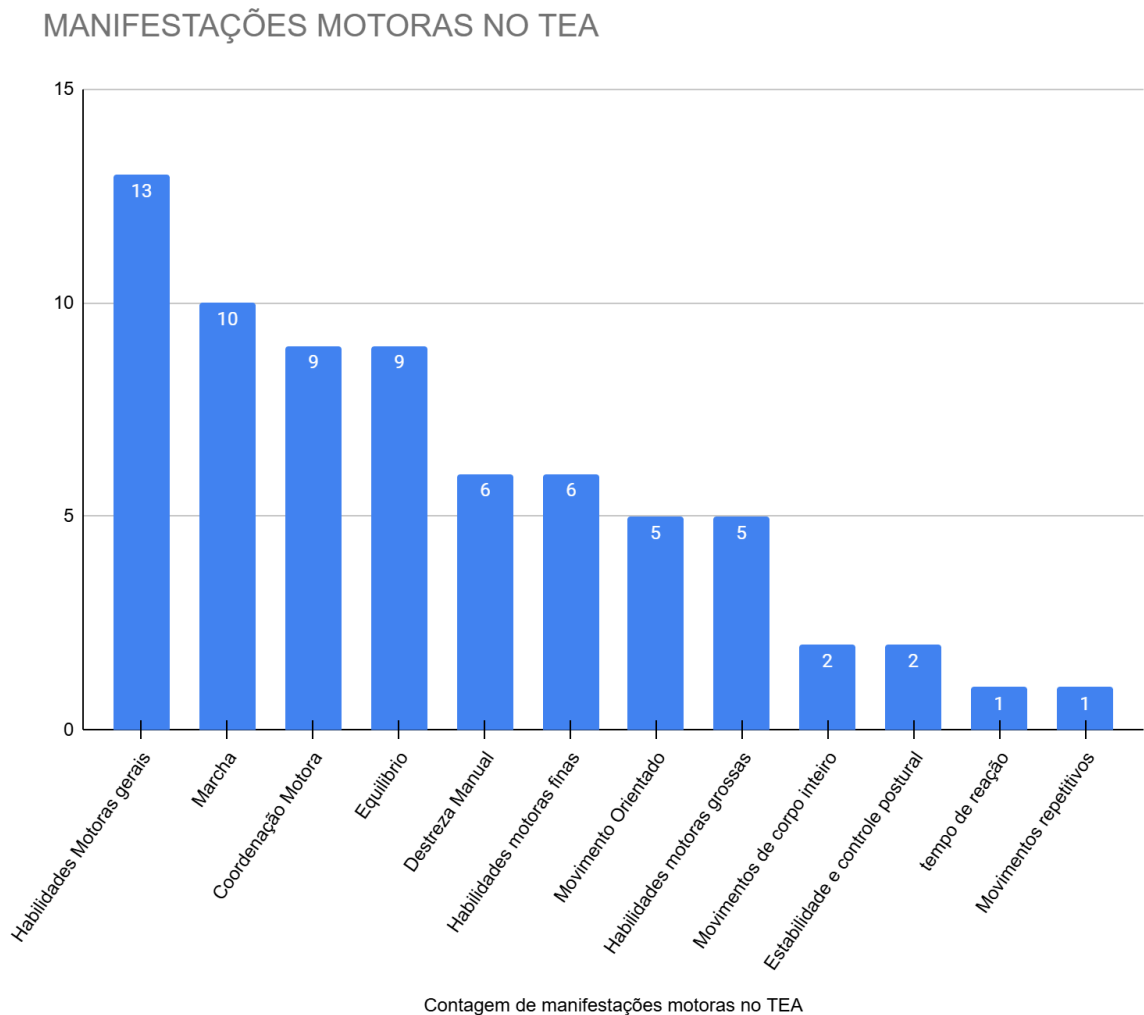
#### 4.2.4.7 Movimentos repetitivos e tempo de reação

Os movimentos repetitivos, apesar de ser uma manifestação motora considerada como um dos critérios centrais para o diagnóstico de TEA, foram avaliados em apenas um estudo (Mache 2016). Eles foram avaliados por meio do RBS-R. Como resultado, foi observado uma intensidade significativamente maior de comportamentos restritos e repetitivos em indivíduos com TEA do que para aqueles sem TEA, porém a intensidade de comportamentos restritos e repetitivos foram preditores do desempenho das habilidades motoras. É importante, porém, ressaltar que comportamentos repetitivos não são considerados como “prejuízos motores”, e sim como padrões de movimentos (APA, 2014; Hodges *et al*, 2020).

O tempo de reação foi avaliado em apenas um estudo, que apresentou como resultado o tempo de reação da mão e pé significativamente mais lentos no grupo TEA (Morrison et al, 2018).

Estes dados nos mostram que há uma série de domínios de afecções motoras que podem ser observadas no TEA, o que mais uma vez nos chama a atenção para a importância da observação e avaliação clínica dessa função que tanto pode impactar a vida desses indivíduos.

Figura 3- As manifestações motoras relatadas nos estudos



Fonte: Elaborado pelo autor (2024). TEA, Transtorno do Espectro Autista.

As manifestações motoras no TEA se apresentam por meio de alterações globais, em diferentes domínios, podendo haver a co-ocorrência de uma ou várias alterações em um indivíduo. Devido à diversidade de métodos de avaliação e quantificação dessas afecções, a apresentação de uma prevalência exata de cada manifestação motora nessa população requer uma metodologia mais refinada, sendo este um dos objetivos de estudos futuros de nosso grupo, por meio de uma meta-análise.

## 5 DISCUSSÃO

As manifestações motoras no TEA vêm recebendo maior atenção pela comunidade científica ao longo dos anos. Isso se deve também ao fato da crescente prevalência desse transtorno na população, em todas as faixas etárias (WHO, 2023). A presente revisão se propôs a analisar as manifestações motoras relatadas em pessoas com TEA, em todos os grupos etários. De acordo com nossos resultados, essa população apresenta diferenças na função motora de maneira global, incluindo também aspectos primários à essas manifestações, tais como déficits de força de membros inferiores e diferenças na angulação articular durante a marcha (Dufek et al, 2017; Wu et al, 2024), por exemplo. As afecções motoras vêm sendo avaliadas por meio de escalas e questionários padronizados, que possuem faixa etária específica. Sendo assim, é possível observarmos que para a população de lactentes, por exemplo, são coletados dados como marcos motores, já na população de idosos, são utilizados testes como o BMAT, visando avaliar aspectos como a velocidade de corrida, agilidade, equilíbrio e coordenação bilateral, como exemplos.

Entre os estudos de revisão sistemática recentes, estão os de Kangarani-Farahani et al (2023), Bell et al (2019) e Moraes et al (2017), que apesar de também avaliarem aspectos motores, se propuseram a incluir estudos com outros critérios de elegibilidade, avaliando populações com faixas etárias restritas e visando desfechos diferentes do apresentado aqui, o qual está centrado em relatar os domínios de manifestações motoras. O estudo de Moraes et al (2017) teve como objetivo analisar os resultados das pesquisas sobre "aprendizagem motora" e mostraram que, ainda que os indivíduos com TEA apresentem déficits em diferentes tarefas de aprendizagem motora, a aquisição dessas habilidades ainda ocorre nessa população. No artigo de Kangarani-Farahani et al (2023), os autores visaram avaliar as deficiências motoras apenas em crianças com TEA, assim como determinar a prevalência de dificuldades motoras e compreender a natureza dos déficits nessa população, e tiveram como resultados que em torno de 50-88% das crianças com TEA tinham deficiências motoras significativas, observadas por meio de avaliações motoras padronizadas e questionários funcionais. Ademais, a natureza dos problemas motores no TEA foi consistente com o TDC (Kangarani-Farahani et al, 2023).

Há também revisões sistemáticas que objetivaram identificar se há associação entre habilidades motoras e habilidades sociais, obtendo-se como

resultados uma correlação geral modesta, mas significativa, entre as habilidades motoras grossas e sociais no TEA, principalmente para habilidades motoras finas (Ohara et al, 2020; Wang et al, 2022). Foram encontrados ainda outros tipos de revisão, também abordando afecções motoras no TEA. A revisão de escopo de Hwang & Lee (2024), teve como objetivo analisar a associação entre o desenvolvimento de habilidades motoras e de linguagem em crianças, e os autores observaram que existe uma relação positiva entre o desenvolvimento motor e o de linguagem. Na revisão com foco clínico, de Zampella et al (2021), os autores apresentaram dados atualizados e importantes sobre a extensão, importância e centralidade das diferenças das habilidades motoras no TEA e postularam que a representação explícita do comprometimento motor dentro do DSM-V, como um especificador clínico para TEA, tem potencial para influenciar positivamente a abordagem clínica e o tratamento dessa população.

Alguns estudos incluídos na presente revisão relataram não haver diferença entre os sexos nas manifestações motoras (Crippa et al, 2021; Dong et al, 2024), porém o QI influenciou o desempenho dos indivíduos, assim como outras comorbidades (Biscaldi et al, 2015; Cho et al, 2022; Craig et al, 2018; Gong et al, 2020; Sáenz et al, 2021). Isso se justifica pelo fato do teste de QI ser um método de controle de deficiência intelectual, uma vez que já é relatado na literatura a frequente ocorrência deste transtorno, juntamente com o TEA, o que pode impactar nas avaliações motoras, até mesmo por uma possível dificuldade de compreensão da tarefa (APA, 2014; Cho et al, 2022; Craig et al, 2018; Gong et al, 2020). Porém esse método de divisão de grupos (com QI alto, ou com QI baixo) muitas vezes parece ser um método de subcategorização do transtorno, como se a população com TEA fosse dividida em com e sem deficiência intelectual, mesmo essa divisão não sendo considerada como critério diagnóstico ou de classificação da doença. Sendo assim, acreditamos ser mais adequado que os estudos com esta população adotem como critério de elegibilidade o nível de suporte destes indivíduos, baseados no DSM-V-TR.

Foi observado que a maioria dos estudos demonstrou desempenho motor diferente entre pessoas com e sem TEA, sendo a maioria dos estudos com indivíduos mais novos (crianças e adolescentes), o que cria a premissa de que é possível observar diferenças nos aspectos motores de indivíduos com TEA desde os primeiros anos de vida. Foi observado, ainda, que apesar dos aspectos motores

gerarem interferência direta na realização de atividades de vida diária, a maioria dos estudos ainda não aderiram à avaliação deste domínio motor, sendo abordado apenas nos estudos de Bricout et al (2019), Kostrubiec et al (2017), Odeh et al (2022), Pusponogoro et al (2016), Sumner et al (2016) e Sung et al (2021). O QI, entretanto, mesmo se dando ao fato de também não ser um critério central da doença, foi incluído recorrentemente, tanto como critério de inclusão, quanto para fins de controle da amostra, como método de comparação entre os grupos.

## 5.1 APLICABILIDADE DOS RESULTADOS

Os estudos, em sua maioria utilizaram as avaliações motoras a fim de contribuir para a observação clínica da doença, porém três estudos as utilizaram como uma ferramenta a mais para o diagnóstico do TEA. Reforçamos assim a importância da inclusão de avaliações motoras como um adjunto ao diagnóstico clínico da doença, uma vez que esses aspectos motores são relatados no DSM-V-TR como critérios B para tal fim (APA, 2014).

Foram incluídos apenas estudos publicados nos últimos 10 anos, com o objetivo de apresentação de dados recentes da literatura. Foram observados também o crescente número de estudos de revisão recentes presentes na literatura, mas, apesar de relatarem alguns achados sobre aspectos motores de indivíduos com TEA, não abordaram a mesma metodologia, abrangência da população e desfechos (Hwang; Lee, 2024; Kangarani-Farahani et al, 2023; Moraes et al, 2017; Ohara et al, 2020; Wang et al, 2022).

Após constatadas as manifestações motoras que estão presentes neste transtorno, destacamos a importância da inclusão desse aspecto no diagnóstico de TEA, a fim de que haja tratamento eficaz e mais direcionado a essa população, já nos primeiros anos de vida. Com base nos estudos de Jin *et al* (2023) e Williams *et al* (2024) é possível observar que a abordagem terapêutica precoce oferece benefícios significativos tanto às habilidades motoras, quanto para a socialização. Benefícios esses que não são completamente supridos em intervenções menos direcionadas, como atividades físicas sem foco clínico (Monteiro *et al*, 2022). Acreditamos então que, ao proporcionar tal intervenção de maneira precoce a essa população, haja então uma redução dos sintomas motores, benefícios esses que se estenderão ao longo da vida desses indivíduos e, em especial, poderão oferecer ganho considerável para a qualidade de vida.



## 5.2 QUALIDADE DAS EVIDÊNCIAS

Apesar de a maioria dos estudos terem recebido qualificação como “moderada”, alguns aspectos podem ser pontuados, como, apesar de a escalas ter sido desenvolvida especialmente para avaliar a qualidade de estudos de coorte e estudos transversais, em 2 questões (número 6 e 7) os autores sugerem que a resposta seja “não” para estudos transversais, são elas: “Para as análises deste artigo, a(s) exposição(ões) de interesse foi medida(s) antes do(s) desfecho(s) medido(s)?”; e “O prazo foi suficiente para que se pudesse razoavelmente esperar uma associação entre exposição e desfecho, caso existisse?”. A justificativa dos autores para tais questões é de que “as exposições e os desfechos são medidos durante o mesmo período de tempo. Como resultado, as análises transversais fornecem evidências mais fracas do que os estudos de coorte regulares sobre uma potencial relação causal entre exposições e desfechos”. Porém, após reunião e discussão entre os revisores, foi decidido que, com base na pergunta PICO do presente estudo, todas as avaliações motoras realizadas, antes ou ao mesmo tempo que a avaliação de interesse de cada estudo, seria considerada como suficiente para estabelecer relação causal com o desfecho. Os revisores chegaram a este consenso considerando que a manifestação motora de modo geral está co-ocorrendo com a de interesse, ou seja, não faria diferença avaliá-la antes do desfecho, pois não alteraria o resultado.

Foi observado, ainda, que o cegamento da equipe de pesquisa não parece ser uma prática neste tipo de avaliação, voltada para esta população. Talvez isso ocorra devido à dificuldade em ocultar as manifestações mais explícitas de aspectos motores da doença, apresentadas por indivíduos com TEA, como, por exemplo: estereotípias; movimentos repetitivos; ecolalia; e evitação de contato visual.

Os estudos incluídos abrangeram populações de diversos países, com culturas, raças e condições socioeconômicas diferentes, mas as motoras no TEA se mantiveram em sua grande maioria, o que pode ser considerado como um dado abrangente e universal.

Ressaltamos que o TEA é um transtorno de natureza heterogênea e não linear, o que faz com que não haja dois indivíduos iguais (Brincker; Torres, 2013). No presente estudo buscamos, então, relatar os diversos domínios motores onde indivíduos com TEA, de modo geral, apresentam desempenho diferente de

indivíduos NT, o que não é necessariamente deficitário ou aprimorado, a fim de que as diferenças motoras no TEA sejam reconhecidas como centrais da doença. Acreditamos que, através de uma melhor abordagem dessas manifestações, os profissionais de saúde serão capazes de ofertar tratamentos mais amplos e eficazes para essa população.

### 5.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E LACUNAS NO CONHECIMENTO

Uma das limitações do presente estudo foi não terem sido incluídos, como desfechos, outros aspectos que impactam diretamente as ações motoras, como a preparação motora ou a integração sensório-motora, por exemplo. Porém, apesar de não fazerem parte do tema central do estudo, esses dados foram citados em decorrência de estudos que os integram, juntamente com a avaliação motora.

Identificamos como lacunas no conhecimento a pequena quantidade de estudos encontrados que abordassem tarefas mais voltadas às atividades de vida diária dos participantes, o que também pode ser chamado de comportamento adaptativo, ou funcionalidade, uma vez que apenas cinco estudos utilizaram escalas que avaliavam este domínio (Vineland e APCP-C). Devido a importância desse domínio de capacidades, sugerimos então, a utilização de escalas padronizadas a fim de avaliar o impacto dessas habilidades na vida diária destes indivíduos. Para isso podem ser utilizadas escalas como a *Vineland* e o *Pediatric Evaluation of Disability Inventory Computer Adaptive Test* (PEDI-CAT), que é um instrumento de avaliação clínica, validado, que possui score normativo e que visa avaliar o nível de funcionalidade (também chamado de comportamento adaptativo) de bebês, crianças e adolescentes, sendo indicado para indivíduos com idade entre 0 e 21 anos (Haley et al., 2011; Dumas et al. 2012). Avaliar esse comportamento é um dos objetivos dos trabalhos futuros de nosso grupo.

## **6 CONCLUSÃO**

A presente revisão sistemática visou avaliar as principais manifestações motoras, encontradas em indivíduos com TEA, relatadas na literatura científica atual. Foi observado déficits motores nos domínios de: habilidades motoras gerais; coordenação; equilíbrio; marcha; destreza manual; habilidades motoras finas; habilidades motoras grossas; movimento orientado; movimentos repetitivos; e tempo de reação. Esses achados demonstram que as manifestações em diferentes domínios motores parecem ter relação direta com o TEA, uma vez que a maioria dos estudos encontraram diferenças no desempenho desses indivíduos, quando comparados a pares NT, além de relatarem relação entre o desempenho motor e capacidade sociocomunicativa nesta população.

O presente estudo apoia descobertas recentes de que as manifestações motoras podem ser um dos sintomas centrais do TEA. Sendo assim, reforçamos a importância de considerarmos tais manifestações durante o processo de diagnóstico e tratamento deste transtorno, visando uma melhor abordagem e direcionamento na escolha dos tratamentos dessas afecções.

## PERSPECTIVAS FUTURAS

Nosso grupo de pesquisa visa utilizar as informações contidas no presente estudo para embasar o conhecimento nos demais estudos que vêm sendo desenvolvidos no âmbito do laboratório. Estudos estes que visam avaliar o efeito da emoção em indivíduos com TEA durante tarefas de alcance e preensão manual dirigidos a objetos emocionais, e por meio de um jogo sério. Os objetivos destes futuros estudos são: comparar os parâmetros de cinemática do movimento da mão de crianças e adolescentes com TEA e indivíduos neurotípicos, ao realizarem as tarefas de alcance e preensão dirigida a objetos emocionais e ao jogarem um jogo sério em um ambiente virtual. Ademais, temos como objetivos específicos: avaliar se indivíduos com TEA apresentam dificuldade em antecipar as consequências de sua ação motora diante de estímulos de tamanho semelhantes; e avaliar se há correlação entre os resultados nos parâmetros da cinemática da mão e os níveis de funcionalidade e capacidade sócio-comunicativa de indivíduos com TEA. Este estudo principal encontra-se aprovado no comitê de ética da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) (CAAE: 66913923.6.0000.5147), porém sob análise do comitê de ética da para a inclusão da avaliação cinemática por meio do jogo virtual.

Já foram confeccionados os Termos de consentimento e de assentimento, a ficha de anamnese já possuímos acesso aos demais instrumentos a serem utilizados (escala SRS-2, questionário *Edinburgh Handedness Inventory*, programa PEDI-CAT). O *setup* de avaliação da cinemática já foi montado nas dimensões 90cm x 90cm x 90cm, conforme consta na Figura 4.

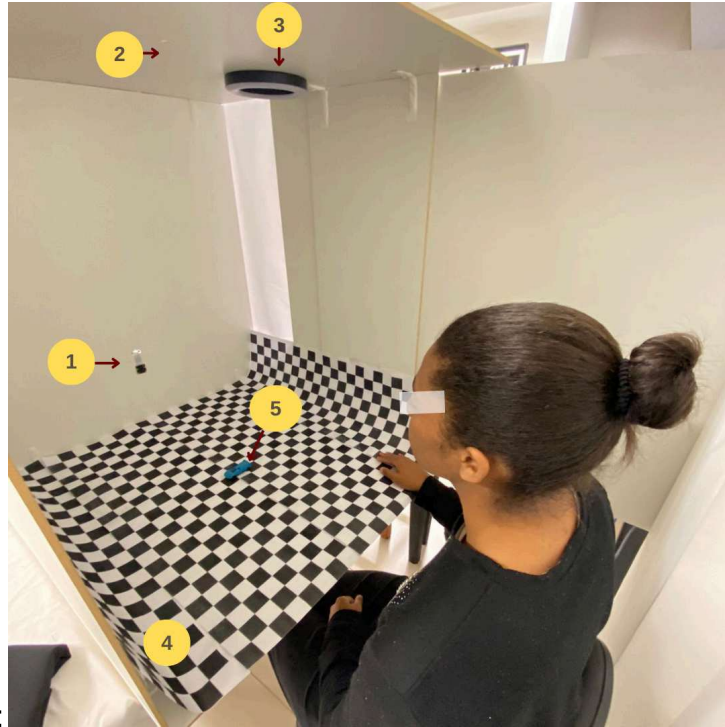


Figura 4: *Setup* de avaliação cinemática. 1- câmera 1; 2- câmera 2; 3- lâmpada para sinal luminoso de início da tentativa; 4- campo xadrez; e 5- objeto. O voluntário está sentado à frente da cabine de avaliação, em uma cadeira confortável, com encosto, sob luz ambiente, com o estímulo à sua frente.

O jogo virtual foi desenvolvido usando o algoritmo na linguagem de programação Python, utilizando a biblioteca PyGame. Os objetos a serem fotografados foram selecionados após discussões entre os pesquisadores, entrevistas com responsáveis por crianças com TEA e com base em alguns objetos utilizados em estudos anteriores do grupo de pesquisa. As imagens a serem utilizadas foram capturadas no Laboratório de Neurofisiologia Cognitiva (LabNeuro) da UFJF, de acordo com a padronização da posição dos objetos e da câmera, e foram cortadas por meio de *photoshop* para se adequar às dimensões do computador a ser utilizado. O artigo de criação do jogo (Apêndice B) já foi submetido e aceito para apresentação no XXIX Congresso de Brasileiro de Engenharia Biomédica (CBEB- 2024), a realizar-se em setembro de 2024.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente estudo instaurou-se a partir de uma revisão narrativa da literatura desenvolvida pelo grupo de pesquisa, que teve como objetivo citar algumas manifestações motoras encontradas em indivíduos com TEA. O resumo da revisão narrativa foi apresentada no XIX Fórum da Associação Brasileira de Pesquisa e Pós Graduação em Fisioterapia (ABRAPG-Ft) e aprovado para publicação na revista MOVIMENTA (ISSN: 1984-4298) (Apêndice D). A partir disso, nos motivamos, no estudo dessa temática, a desenvolvermos uma revisão em escopo, que foi submetida à revista *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* (Apêndice C), que teve como resultados as manifestações motoras em indivíduos com TEA, em todos os domínios avaliados. Encontramos como lacunas do conhecimento o pequeno número de estudos selecionados, o que pode levar a uma menor precisão nas estimativas dos resultados, e pode afetar a confiabilidade e a robustez dos resultados. Sendo assim, logo após, foi realizada a presente revisão sistemática, com metodologia melhor definida (registrada na base de dados PROSPERO) e descritas de acordo com as diretrizes do PRISMA.

## **DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSE**

Os autores desta revisão declaram não haver potenciais conflitos de interesse relacionados ao estudo. Não houve nenhum patrocínio ou envolvimento com organizações com interesse financeiro no objeto de estudo desta revisão.

## REFERÊNCIAS

ABDEL GHAFAR, MOHAMED A., ABDELRAOUF O. R., ABDELGALIL A. A., et al. “Quantitative Assessment of Sensory Integration and Balance in Children with Autism Spectrum Disorders: Cross-Sectional Study”. **Children** 9, no 3 (3 de março de 2022): 353. <https://doi.org/10.3390/children9030353>.

American Psychiatric Association. (2022). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5-TR)*. American Psychiatric Association Publishing. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425787>.

ARMITANO, C.N., H.J. BENNETT, J.A. HAEGELE, E S. MORRISON. “Assessment of the Gait-Related Acceleration Patterns in Adults with Autism Spectrum Disorder”. **Gait & Posture** 75 (janeiro de 2020): 155–62. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.09.002>.

BARBEAU, ELISE B., ANDRÉE -ANNE S. MEILLEUR, THOMAS A. ZEFFIRO, E LAURENT MOTTRON. “Comparing Motor Skills in Autism Spectrum Individuals With and Without Speech Delay”. **Autism Research** 8, no 6 (dezembro de 2015): 682–93. <https://doi.org/10.1002/aur.1483>.

BELL, L.; WITTKOWSKI, A.; HARE, D. J. Movement disorders and syndromic autism: A systematic review. **Journal of autism and developmental disorders**, v. 49, n. 1, p. 54–67, 2019.

BISCALDI M., RAUH R., MÜLLER C. et al. “Identification of Neuromotor Deficits Common to Autism Spectrum Disorder and Attention Deficit/Hyperactivity Disorder, and Imitation Deficits Specific to Autism Spectrum Disorder”. **European Child & Adolescent Psychiatry** 24, no 12 (dezembro de 2015): 1497–1507. <https://doi.org/10.1007/s00787-015-0753-x>.

BOJANEK E. K., WANG Z., WHITE S. P., & MOSCONI M. W. “Postural Control Processes during Standing and Step Initiation in Autism Spectrum Disorder”. **Journal of Neurodevelopmental Disorders** 12, no 1 (dezembro de 2020): 1. <https://doi.org/10.1186/s11689-019-9305-x>.

BRICOUT V., PACE M., DUMORTIER L. et al. “Motor Capacities in Boys with High Functioning Autism: Which Evaluations to Choose?” **Journal of Clinical Medicine** 8, no 10 (21 de setembro de 2019): 1521. <https://doi.org/10.3390/jcm8101521>.

BRINCKER M. & TORRES E. B. “Noise from the Periphery in Autism”. **Frontiers in Integrative Neuroscience** 7 (2013). <https://doi.org/10.3389/fnint.2013.00034>.

BRUININKS R. H., BRUININKS B. D. BOT2: Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency : Manual. 2nd ed: **Pearson Assessments**; 2005.

BRUININKS, R.H.: *Manuel-Bruininks-Oseretsky test of motor pro- ficiency (USA: American Guidance Service, Inc.)*, 1978.

BUTERA C., DELAFIELD-BUTT J., LU S. et al. “Motor Signature Differences Between Autism Spectrum Disorder and Developmental Coordination Disorder, and

Their Neural Mechanisms”. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, 7 de dezembro de 2023.

CHEN L., SU W., HO T. et al. “Postural Control and Interceptive Skills in Children With Autism Spectrum Disorder”. **Physical Therapy** 99, no 9 (1o de setembro de 2019): 1231–41. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzz084>.

CHO A. B., OTTE K., BASKOW I. et al. “Motor Signature of Autism Spectrum Disorder in Adults without Intellectual Impairment”. **Scientific Reports** 12, no 1 (10 de maio de 2022): 7670. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10760-5>.

CRAIG F., CRIPPA A., RUGGIERO M. et al. “Characterization of Autism Spectrum Disorder (ASD) Subtypes Based on the Relationship between Motor Skills and Social Communication Abilities”. **Human Movement Science** 77 (junho de 2021): 102802. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2021.102802>.

CRAIG F., LORENZO A., LUCARELLI E. et al. “Motor Competency and Social Communication Skills in Preschool Children with Autism Spectrum Disorder”. **Autism Research** 11, no 6 (junho de 2018): 893–902. <https://doi.org/10.1002/aur.1939>.

CRIPPA A., CRAIG F., CECCARELLI S. B. et al. “A Multimethod Approach to Assessing Motor Skills in Boys and Girls with Autism Spectrum Disorder”. **Autism** 25, no 5 (julho de 2021): 1481–91. <https://doi.org/10.1177/1362361321995634>.

DE FRANCESCO S., MORELLO L., FIORAVANTI M. et al. “A Multimodal Approach Can Identify Specific Motor Profiles in Autism and Attention-deficit/Hyperactivity Disorder”. **Autism Research** 16, no 8 (agosto de 2023): 1550–60. <https://doi.org/10.1002/aur.2989>.

DONG L., FAN R., SHEN B. et al. “A Comparative Study on Fundamental Movement Skills among Children with Autism Spectrum Disorder and Typically Developing Children Aged 7–10”. **Frontiers in Psychology** 15 (28 de março de 2024): 1287752. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1287752>.

DUFEK J., EGGLESTON J., HARRY J. et al. “A Comparative Evaluation of Gait between Children with Autism and Typically Developing Matched Controls”. **Medical Sciences** 5, no 1 (5 de janeiro de 2017): 1. <https://doi.org/10.3390/medsci5010001>.

DUMAS, H. M.; FRAGALA-PINKHAM, M. A.; HALEY, S. M. et al. Computer adaptive test performance in children with and without disabilities: Prospective field study of the PEDI-CAT. **Disabil Rehabil.**, v. 35, n. 5, p. 393-401, 2012.

FABBRI S., OCTAVIANO F., SILVA, C. et al. Improvements in the Start tool to better support the systematic review process. In Proc. of the **20th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE'16)**, Limerick, Ireland, June 2016.

FABER L., BOS N. V. D., HOUWEN S. et al. “Motor Skills, Visual Perception, and Visual-Motor Integration in Children and Youth with Autism Spectrum Disorder”. **Research in Autism Spectrum Disorders** 96 (agosto de 2022): 101998. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2022.101998>.



FEARS N. E., HIRSCH S. B., TAMPLAIN P. M. et al. "Characterizing Goal-Directed Whole-Body Movements in Autistic Children and Children with Developmental Coordination Disorder". **Research in Autism Spectrum Disorders** 114 (junho de 2024): 102374. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2024.102374>.

FEARS N. E., TEMPLIN T. N., SHERROD G. M. "Autistic Children Use Less Efficient Goal-Directed Whole Body Movements Compared to Neurotypical Development". **Journal of Autism and Developmental Disorders** 53, no 7 (julho de 2023): 2806–17. <https://doi.org/10.1007/s10803-022-05523-0>.

FULCERI F., TONACCI A., LUCAFERRO A. "Interpersonal Motor Coordination during Joint Actions in Children with and without Autism Spectrum Disorder: The Role of Motor Information". **Research in Developmental Disabilities** 80 (setembro de 2018): 13–23. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2018.05.018>.

GONG L., LIU Y., YI L. "Abnormal Gait Patterns in Autism Spectrum Disorder and Their Correlations with Social Impairments". **Autism Research** 13, no 7 (julho de 2020): 1215–26. <https://doi.org/10.1002/aur.2302>.

HALEY, S. M.; COSTER, W. J.; DUMAS, H. M. et al. Accuracy and Precision of the Pediatric Evaluation of Disability Inventory Computer Adapted Tests (PEDI-CAT). **Dev Med Child Neurol.**, v. 53, n. 12, p. 1100-1106, 2011.

HENDERSON S., SUGDEN D. A., BARNETT A. L. (2007). Movement Assessment Battery for Children-2 [Database record]. APA PsycTests.

HENDERSON S., SUDGEN D. A., BARNETT A. L. Movement assessment battery for children 2ª edição – MABC-2. **Pearson**, 2020.

HILLUS J., MOSELEY R., ROEPKE S., MOHR B. "Action Semantic Deficits and Impaired Motor Skills in Autistic Adults Without Intellectual Impairment". **Frontiers in Human Neuroscience** 13 (25 de julho de 2019): 256. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00256>.

HODGES H., FEALCO C., SOARES N. Autism spectrum disorder: definition, epidemiology, causes, and clinical evaluation. **Transl Pediatr.**, 9, p. 55- 65, 2020.

HWANG B. H. & LEE D. "Association between Motor and Language Skills Development in Children with Autism Spectrum Disorder: A Scoping Review". **International Journal of Disability, Development and Education** 71, no 2 (23 de fevereiro de 2024): 135–49. <https://doi.org/10.1080/1034912X.2022.2092081>.

JIN, Y. R., SUNG, Y. S., KOH, C. L., CHU, S. Y., YANG, H. C., & LIN, L. Y. (2023). Efficacy of motor interventions on functional performance among preschool children with autism spectrum disorder: A pilot randomized controlled trial. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, v. 77, n. 6. <https://doi.org/10.5014/ajot.2023.050283>.

KALFIŘT L., SU C., FU C. "Motor Skills, Heart Rate Variability, and Arterial Stiffness in Children with Autism Spectrum Disorder". **Healthcare** 11, no 13 (30 de junho de 2023): 1898. <https://doi.org/10.3390/healthcare11131898>.

KANGARANI-FARAHANI M., MALIK M. A., ZWICKER J. G. “Motor Impairments in Children with Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis”. **Journal of Autism and Developmental Disorders** 54, no 5 (maio de 2024): 1977–97. <https://doi.org/10.1007/s10803-023-05948-1>.

KAO Y.-C., KRAMER J. M., LILJENQUIST K. et al. Comparing the functional performance of children and youths with autism, developmental disabilities, and no disability using the revised Pediatric Evaluation of Disability Inventory item banks. *The American journal of occupational therapy: official publication of the American Occupational Therapy Association*, v. 66, n. 5, p. 607–616, 2012.

KARACAR E. & ÖZER D. “An Investigation of Motor Skills of 8- to 12-Year-Old Children With Autism Spectrum Disorder Compared to Typically Developing Peers”, [s.d.].

KAUR M., SRINIVASAN S. M., BHAT A. N. “Comparing Motor Performance, Praxis, Coordination, and Interpersonal Synchrony between Children with and without Autism Spectrum Disorder (ASD)”. **Research in Developmental Disabilities** 72 (janeiro de 2018): 79–95. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.10.025>.

KILROY E., RING P., HOSSAIN A. et al. “Motor Performance, Praxis, and Social Skills in Autism Spectrum Disorder and Developmental Coordination Disorder”. **Autism Research** 15, no 9 (setembro de 2022): 1649–64. <https://doi.org/10.1002/aur.2774>.

KOSTRUBIEC V., HUYS R., JAS B. “Age-Dependent Relationship Between Socio-Adaptability and Motor Coordination in High Functioning Children with Autism Spectrum Disorder”. **Journal of Autism and Developmental Disorders** 48, no 1 (janeiro de 2018): 209–24. <https://doi.org/10.1007/s10803-017-3326-7>.

LAM K. S. & AMAN M. G. The repetitive behavior scale revised: independent validation in individuals with autism spectrum disorders. **J. Autism Dev. Disord.** 37, 855–866. 2007.

LEBARTON E. S., LANDA R. J. Infant motor skill predicts later expressive language and autism spectrum disorder diagnosis. **Infant behavior & development**, v. 54, p. 37–47, 2019.

LINKE A. C., KINNEAR M. K., KOHLI J. S. “Impaired Motor Skills and Atypical Functional Connectivity of the Sensorimotor System in 40- to 65-Year-Old Adults with Autism Spectrum Disorders”. **Neurobiology of Aging** 85 (janeiro de 2020): 104–12. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2019.09.018>.

LORD C., RISI S., LAMBRECHT L. et al. The autism diagnostic observation schedule-generic: A standard measure of social and communication deficits associated with the spectrum of autism. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, 30(3), 205-223. 2000.

LORD C., RUTTER M., LE COUTEUR A. Autism Diagnostic Interview-Revised: A revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders. **J Autism Dev Disord** 24, 659–685 (1994).

- LORD C., RUTTER M., GOODE S. et al. Autism diagnostic observation schedule: a standardized observation of communicative and social behavior. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, 19(2), 185-212. 1989.
- MACHE M. A. & TODD T. A. “Gross Motor Skills Are Related to Postural Stability and Age in Children with Autism Spectrum Disorder”. **Research in Autism Spectrum Disorders** 23 (março de 2016): 179–87. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2016.01.001>.
- MANICOLO O., BROTZMANN M., ARX P. H. “Gait in Children with Infantile/Atypical Autism: Age-Dependent Decrease in Gait Variability and Associations with Motor Skills”. **European Journal of Paediatric Neurology** 23, no 1 (janeiro de 2019): 117–25. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2018.09.011>.
- MARTEL M., FINOS L., BAHMAD S. et al. “Motor Deficits in Autism Differ from That of Developmental Coordination Disorder”. **Autism** 28, no 2 (fevereiro de 2024): 415–32. <https://doi.org/10.1177/13623613231171980>.
- MASON A. H., PICKETT K. A., PADILLA A. S., TRAVERS B. G. “Combined Gait and Grasping in Autistic and Non-Autistic Youths”. **Developmental Neurorehabilitation** 25, no 7 (3 de outubro de 2022): 452–61. <https://doi.org/10.1080/17518423.2022.2052375>.
- MILLER M., CHUKOSKIE L., ZINNI M. et al. “Dyspraxia, Motor Function and Visual–Motor Integration in Autism”. **Behavioural Brain Research** 269 (agosto de 2014): 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2014.04.011>.
- MODABBERNIA, A., VELTHORST, E., & REICHENBERG, A. (2017). Environmental risk factors for autism: An evidence-based review of systematic reviews and meta-analyses. **Journal of Neurodevelopmental Disorders**, 8(13). <https://doi.org/10.1186/s13229-017-0121-4>.
- MONTEIRO, C. E., DA SILVA, E., SODRÉ, R., COSTA, F., TRINDADE, A. S., BUNN, P., COSTA E SILVA, G., DI MASI, F., & DANTAS, E. (2022). The effect of physical activity on motor skills of children with autism spectrum disorder: A meta-analysis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 19(21), p. 1-10. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114081>
- MORAES I. A. P., MASSETTI T., CROCETTA T. B. et al. “Motor Learning Characterization in People with Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review”. **Dementia & Neuropsychologia** 11, no 3 (setembro de 2017): 276–86.
- MORRISON S., ARMITANO C. N, RAFFAELE C T. et al. “Neuromotor and Cognitive Responses of Adults with Autism Spectrum Disorder Compared to Neurotypical Adults”. **Experimental Brain Research** 236, no 8 (agosto de 2018): 2321–32. <https://doi.org/10.1007/s00221-018-5300-9>.
- MOSTOFISKY, S. H., POWELL, S. K., SIMMONDS, D. J., GOLDBERG, M. C., CAFFO, B., & PEKAR, J. J. (2009). Decreased connectivity and cerebellar activity in autism during motor task performance. **Brain**, 132(9), 2413–2425. <https://doi.org/10.1093/brain/awp088>

National Heart, Lung and BI (**NHLBI**), 2018. Study quality assessment tools. Available: <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/study-quality-assessment-tools> [Accessed on June 20th, 2024].

National Heart, Lung and BI (**NHLBI**). Background: Development and Use of Study Quality Assessment Tools. Available: <https://www.nhlbi.nih.gov/node/80102> [Accessed on June 20th, 2024].

ODEH C. E., GLADFELTER A. L., STOESSER C., ROTH S. “Comprehensive Motor Skills Assessment in Children with Autism Spectrum Disorder Yields Global Deficits”. **International Journal of Developmental Disabilities** 68, no 3 (4 de maio de 2022): 290–300. <https://doi.org/10.1080/20473869.2020.1764241>.

OHARA R., KANEJIMA Y., KITAMURA M., IZAWA K. P. “Association between Social Skills and Motor Skills in Individuals with Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review”. **European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education** 10, no 1 (12 de dezembro de 2019): 276–96. <https://doi.org/10.3390/ejihpe10010022>.

PAGE M. J., MCKENZIE J. E., BOSSUYT P. M. et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. **PLoS Med**, 18(3), e1003583, 2021.

PUSPONEGORO H. D., EFAR P., SOEDJATMIKO et al. “Gross Motor Profile and Its Association with Socialization Skills in Children with Autism Spectrum Disorders”. **Pediatrics & Neonatology** 57, no 6 (dezembro de 2016): 501–7. <https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2016.02.004>.

RIQUELME I., HATEM S. M., MONTOYA P. “Abnormal Pressure Pain, Touch Sensitivity, Proprioception, and Manual Dexterity in Children with Autism Spectrum Disorders”. **Neural Plasticity** 2016 (2016): 1–9. <https://doi.org/10.1155/2016/1723401>.

SCHIPUL S. E., KELLER T., JUST M. A. Inter-regional brain communication and its disturbance in autism. **Frontiers in Systems Neuroscience**, v. 5, n. 10, 2011.

SPARROW S., CICCHETTI D., BALLA D. Vineland Adaptive Behavior Scales (2 ed.). Minneapolis, MN: **Pearson Assessment**., 2005

SUMNER E., LEONARD H. C., HILL E. L. “Overlapping Phenotypes in Autism Spectrum Disorder and Developmental Coordination Disorder: A Cross-Syndrome Comparison of Motor and Social Skills”. **Journal of Autism and Developmental Disorders** 46, no 8 (agosto de 2016): 2609–20. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-2794-5>.

SUNG Y., LOH S. C., LIN L-Y. “Physical Activity and Motor Performance: A Comparison Between Young Children With and Without Autism Spectrum Disorder”. **Neuropsychiatric Disease and Treatment** Volume 17 (dezembro de 2021): 3743–51. <https://doi.org/10.2147/NDT.S343552>.

SUZUMURA N., NISHIDA T., MAKI N. et al. “Atypical Cortical Activation during Fine Motor Tasks in Autism Spectrum Disorder”. **Neuroscience Research** 172 (novembro de 2021): 92–98. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2021.04.010>.

The Psychological Corporation. (1999). Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence Manual. San Antonio: **Psychological Corporation**.

THOMAS S., BARNETT L. M., PAPADOPOULOS N. et al. “How Do Physical Activity and Sedentary Behaviour Affect Motor Competence in Children with Autism Spectrum Disorder Compared to Typically Developing Children: A Pilot Study”. **Journal of Autism and Developmental Disorders** 52, no 8 (agosto de 2022): 3443–55. <https://doi.org/10.1007/s10803-021-05205-3>.

ULRICH, D. (1985). Test of gross motor development. Pro-Ed. Austin, TX.

ULRICH, D. (2000). Test of gross motor development-2. Austin, TX: Pro-Ed.

UMESAWA Y., MATSUSHIMA K., FUKATSU R. et al. “Hand–Foot Coordination Is Significantly Influenced by Motion Direction in Individuals with Autism Spectrum Disorder”. **Autism Research** 16, no 1 (janeiro de 2023): 40–51. <https://doi.org/10.1002/aur.2837>.

Universidade Estadual de Campinas. (2024). Revisão sistemática [Curso online]. Coursera. <https://www.coursera.org/learn/revisao-sistemica>.

WANG L. A. L., PETRULLA V., ZAMPELLA C. J. et al. “Gross Motor Impairment and Its Relation to Social Skills in Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review and Two Meta-Analyses”. **Psychol Bul.** ed. 148, n. 3-4, 2023.

**WHO.** World Health Organization. Autism- Key facts. Version: 2023 nov. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>.

**WHO.** World Health Organization. ICD-11 for mortality and morbidity statistics. Version: 2022 feb. Disponível em: <https://icd.who.int/browse/2024-01/mms/en#1686726595>.

WILLIAMS, N. R., HURT-THAUT, C., BRIAN, J., TREMBLAY, L., PRANJIĆ, M., TEICH, J., TAN, M., KOWALESKI, J., & THAUT, M. (2023). Improved motor skills in autistic children after three weeks of neurologic music therapy via telehealth: A pilot study. **Frontiers in Psychology**. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1355942>.

WU X., DICKIN D. C., BASSETTE L. et al. “Clinical Gait Analysis in Older Children with Autism Spectrum Disorder”. **Sports Medicine and Health Science** 6, no 2 (junho de 2024): 154–58. <https://doi.org/10.1016/j.smhs.2023.10.007>.

ZAMBONI A. B., THOMMAZO A. D., HERNANDES E. C. M. et al. StArt Uma Ferramenta Computacional de Apoio à Revisão Sistemática. In: **Brazilian Conference on Software: Theory and Practice - Tools session**. UFBA. 2010.

Zampella, C. J., Wang, L. A. L., Haley, M., Hutchinson, A. G., & de Marchena, A. (2021). Motor skill differences in autism spectrum disorder: A clinically focused

review. **Current Psychiatry Reports**, 23(10), 64.  
<https://doi.org/10.1007/s11920-021-01280-6>

**ANEXO 1- Ferramenta de avaliação de qualidade metodológica (NIH Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross-sectional Studies)**

Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross-Sectional Studies - NHLBI, NIH



**Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross-Sectional Studies**

Criteria	Yes	No	Other (CD, NR, NA)*
1. Was the research question or objective in this paper clearly stated?			
2. Was the study population clearly specified and defined?			
3. Was the participation rate of eligible persons at least 50%?			
4. Were all the subjects selected or recruited from the same or similar populations (including the same time period)? Were inclusion and exclusion criteria for being in the study prespecified and applied uniformly to all participants?			
5. Was a sample size justification, power description, or variance and effect estimates provided?			
6. For the analyses in this paper, were the exposure(s) of interest measured prior to the outcome(s) being measured?			
7. Was the timeframe sufficient so that one could reasonably expect to see an association between exposure and outcome if it existed?			
8. For exposures that can vary in amount or level, did the study examine different levels of the exposure as related to the outcome (i.e., categories of exposure, or exposure measured as continuous variable)?			
9. Were the exposure measures (independent variables) clearly defined, valid, reliable, and implemented consistently across all study participants?			
10. Was the exposure(s) assessed more than once over time?			
11. Were the outcome measures (dependent variables) clearly defined, valid, reliable, and implemented consistently across all study participants?			
12. Were the outcome assessors blinded to the exposure status of participants?			
13. Was loss to follow-up after baseline 20% or less?			
14. Were key potential confounding variables measured and adjusted statistically for their impact on the relationship between exposure(s) and outcome(s)?			
<b>Quality Rating (Good, Fair, or Poor) (see guidance)</b>			
Rater #1 initials:			
Rater #2 initials:			
Additional Comments (If POOR, please state why):			

\*CD, cannot determine; NA, not applicable; NR, not reported

## **Guidance for Assessing the Quality of Observational Cohort and Cross-Sectional Studies**

The guidance document below is organized by question number from the tool for quality assessment of observational cohort and cross-sectional studies.

### ***Question 1. Research question***

Did the authors describe their goal in conducting this research? Is it easy to understand what they were looking to find? This issue is important for any scientific paper of any type. Higher quality scientific research explicitly defines a research question.

### ***Questions 2 and 3. Study population***

Did the authors describe the group of people from which the study participants were selected or recruited, using demographics, location, and time period? If you were to conduct this study again, would you know who to recruit, from where, and from what time period? Is the cohort population free of the outcomes of interest at the time they were recruited?

An example would be men over 40 years old with type 2 diabetes who began seeking medical care at Phoenix Good Samaritan Hospital between January 1, 1990 and December 31, 1994. In this example, the population is clearly described as: (1) who (men over 40 years old with type 2 diabetes); (2) where (Phoenix Good Samaritan Hospital); and (3) when (between January 1, 1990 and December 31, 1994). Another example is women ages 34 to 59 years of age in 1980 who were in the nursing profession and had no known coronary disease, stroke, cancer, hypercholesterolemia, or diabetes, and were recruited from the 11 most populous States, with contact information obtained from State nursing boards.

In cohort studies, it is crucial that the population at baseline is free of the outcome of interest. For example, the nurses' population above would be an appropriate group in which to study incident coronary disease. This information is usually found either in descriptions of population recruitment, definitions of variables, or inclusion/exclusion criteria.

You may need to look at prior papers on methods in order to make the assessment for this question. Those papers are usually in the reference list.

If fewer than 50% of eligible persons participated in the study, then there is concern that the study population does not adequately represent the target population. This increases the risk of bias.

### ***Question 4. Groups recruited from the same population and uniform eligibility criteria***

Were the inclusion and exclusion criteria developed prior to recruitment or selection of the study population? Were the same underlying criteria used for all of the subjects involved? This issue is related to the description of the study population, above, and you may find the information for both of these questions in the same section of the paper.

Most cohort studies begin with the selection of the cohort; participants in this cohort are then measured or evaluated to determine their exposure status. However, some cohort studies may recruit or select exposed participants in a different time or place than unexposed participants, especially retrospective cohort studies— which is when data are obtained from the past (retrospectively), but the analysis examines exposures prior to outcomes. For example, one research question could be whether diabetic men with clinical depression are at higher risk for cardiovascular disease than those without clinical depression. So, diabetic men with depression might be selected from a mental health clinic, while diabetic men without depression might be selected from an internal medicine or endocrinology clinic. This study recruits groups from different clinic populations, so this example would get a "no."



However, the women nurses described in the question above were selected based on the same inclusion/exclusion criteria, so that example would get a "yes."

**Question 5. Sample size justification**

Did the authors present their reasons for selecting or recruiting the number of people included or analyzed? Do they note or discuss the statistical power of the study? This question is about whether or not the study had enough participants to detect an association if one truly existed.

A paragraph in the methods section of the article may explain the sample size needed to detect a hypothesized difference in outcomes. You may also find a discussion of power in the discussion section (such as the study had 85 percent power to detect a 20 percent increase in the rate of an outcome of interest, with a 2-sided alpha of 0.05). Sometimes estimates of variance and/or estimates of effect size are given, instead of sample size calculations. In any of these cases, the answer would be "yes."

However, observational cohort studies often do not report anything about power or sample sizes because the analyses are exploratory in nature. In this case, the answer would be "no." This is not a "fatal flaw." It just may indicate that attention was not paid to whether the study was sufficiently sized to answer a prespecified question—i.e., it may have been an exploratory, hypothesis-generating study.

**Question 6. Exposure assessed prior to outcome measurement**

This question is important because, in order to determine whether an exposure causes an outcome, the exposure must come before the outcome.

For some prospective cohort studies, the investigator enrolls the cohort and then determines the exposure status of various members of the cohort (large epidemiological studies like Framingham used this approach). However, for other cohort studies, the cohort is selected based on its exposure status, as in the example above of depressed diabetic men (the exposure being depression). Other examples include a cohort identified by its exposure to fluoridated drinking water and then compared to a cohort living in an area without fluoridated water, or a cohort of military personnel exposed to combat in the Gulf War compared to a cohort of military personnel not deployed in a combat zone.

With either of these types of cohort studies, the cohort is followed forward in time (i.e., prospectively) to assess the outcomes that occurred in the exposed members compared to nonexposed members of the cohort. Therefore, you begin the study in the present by looking at groups that were exposed (or not) to some biological or behavioral factor, intervention, etc., and then you follow them forward in time to examine outcomes. If a cohort study is conducted properly, the answer to this question should be "yes," since the exposure status of members of the cohort was determined at the beginning of the study before the outcomes occurred.

For retrospective cohort studies, the same principal applies. The difference is that, rather than identifying a cohort in the present and following them forward in time, the investigators go back in time (i.e., retrospectively) and select a cohort based on their exposure status in the past and then follow them forward to assess the outcomes that occurred in the exposed and nonexposed cohort members. Because in retrospective cohort studies the exposure and outcomes may have already occurred (it depends on how long they follow the cohort), it is important to make sure that the exposure preceded the outcome.

Sometimes cross-sectional studies are conducted (or cross-sectional analyses of cohort-study data), where the exposures and outcomes are measured during the same timeframe. As a result,

cross-sectional analyses provide weaker evidence than regular cohort studies regarding a potential causal relationship between exposures and outcomes. For cross-sectional analyses, the answer to Question 6 should be "no."

**Question 7. Sufficient timeframe to see an effect**

Did the study allow enough time for a sufficient number of outcomes to occur or be observed, or enough time for an exposure to have a biological effect on an outcome? In the examples given above, if clinical depression has a biological effect on increasing risk for CVD, such an effect may take years. In the other example, if higher dietary sodium increases BP, a short timeframe may be sufficient to assess its association with BP, but a longer timeframe would be needed to examine its association with heart attacks.

The issue of timeframe is important to enable meaningful analysis of the relationships between exposures and outcomes to be conducted. This often requires at least several years, especially when looking at health outcomes, but it depends on the research question and outcomes being examined.

Cross-sectional analyses allow no time to see an effect, since the exposures and outcomes are assessed at the same time, so those would get a "no" response.

**Question 8. Different levels of the exposure of interest**

If the exposure can be defined as a range (examples: drug dosage, amount of physical activity, amount of sodium consumed), were multiple categories of that exposure assessed? (for example, for drugs: not on the medication, on a low dose, medium dose, high dose; for dietary sodium, higher than average U.S. consumption, lower than recommended consumption, between the two). Sometimes discrete categories of exposure are not used, but instead exposures are measured as continuous variables (for example, mg/day of dietary sodium or BP values).

In any case, studying different levels of exposure (where possible) enables investigators to assess trends or dose-response relationships between exposures and outcomes—e.g., the higher the exposure, the greater the rate of the health outcome. The presence of trends or dose-response relationships lends credibility to the hypothesis of causality between exposure and outcome.

For some exposures, however, this question may not be applicable (e.g., the exposure may be a dichotomous variable like living in a rural setting versus an urban setting, or vaccinated/not vaccinated with a one-time vaccine). If there are only two possible exposures (yes/no), then this question should be given an "NA," and it should not count negatively towards the quality rating.

**Question 9. Exposure measures and assessment**

Were the exposure measures defined in detail? Were the tools or methods used to measure exposure accurate and reliable—for example, have they been validated or are they objective? This issue is important as it influences confidence in the reported exposures. When exposures are measured with less accuracy or validity, it is

harder to see an association between exposure and outcome even if one exists. Also as important is whether the exposures were assessed in the same manner within groups and between groups; if not, bias may result.

For example, retrospective self-report of dietary salt intake is not as valid and reliable as prospectively using a standardized dietary log plus testing participants' urine for sodium content. Another example is measurement of BP, where there may be quite a difference between usual care, where clinicians measure BP however it is done in their practice setting (which can vary

considerably), and use of trained BP assessors using standardized equipment (e.g., the same BP device which has been tested and calibrated) and a standardized protocol (e.g., patient is seated for 5 minutes with feet flat on the floor, BP is taken twice in each arm, and all four measurements are averaged). In each of these cases, the former would get a "no" and the latter a "yes."

Here is a final example that illustrates the point about why it is important to assess exposures consistently across all groups: If people with higher BP (exposed cohort) are seen by their providers more frequently than those without elevated BP (nonexposed group), it also increases the chances of detecting and documenting changes in health outcomes, including CVD-related events. Therefore, it may lead to the conclusion that higher BP leads to more CVD events. This may be true, but it could also be due to the fact that the subjects with higher BP were seen more often; thus, more CVD-related events were detected and documented simply because they had more encounters with the health care system. Thus, it could bias the results and lead to an erroneous conclusion.

**Question 10. Repeated exposure assessment**

Was the exposure for each person measured more than once during the course of the study period? Multiple measurements with the same result increase our confidence that the exposure status was correctly classified. Also, multiple measurements enable investigators to look at changes in exposure over time, for example, people who ate high dietary sodium throughout the followup period, compared to those who started out high then reduced their intake, compared to those who ate low sodium throughout. Once again, this may not be applicable in all cases. In many older studies, exposure was measured only at baseline. However, multiple exposure measurements do result in a stronger study design.

**Question 11. Outcome measures**

Were the outcomes defined in detail? Were the tools or methods for measuring outcomes accurate and reliable—for example, have they been validated or are they objective? This issue is important because it influences confidence in the validity of study results. Also important is whether the outcomes were assessed in the same manner within groups and between groups.

An example of an outcome measure that is objective, accurate, and reliable is death—the outcome measured with more accuracy than any other. But even with a measure as objective as death, there can be differences in the accuracy and reliability of how death was assessed by the investigators. Did they base it on an autopsy report, death certificate, death registry, or report from a family member? Another example is a study of whether dietary fat intake is related to blood cholesterol level (cholesterol level being the outcome), and the cholesterol level is measured from fasting blood samples that are all sent to the same laboratory. These examples would get a "yes." An example of a "no" would be self-report by subjects that they had a heart attack, or self-report of how much they weigh (if body weight is the outcome of interest).

Similar to the example in Question 9, results may be biased if one group (e.g., people with high BP) is seen more frequently than another group (people with normal BP) because more frequent encounters with the health care system increases the chances of outcomes being detected and documented.

**Question 12. Blinding of outcome assessors**

Blinding means that outcome assessors did not know whether the participant was exposed or unexposed. It is also sometimes called "masking." The objective is to look for evidence in the article that the person(s) assessing the outcome(s) for the study (for example, examining medical

records to determine the outcomes that occurred in the exposed and comparison groups) is masked to the exposure status of the participant. Sometimes the person measuring the exposure is the same person conducting the outcome assessment. In this case, the outcome assessor would most likely not be blinded to exposure status because they also took measurements of exposures. If so, make a note of that in the comments section.

As you assess this criterion, think about whether it is likely that the person(s) doing the outcome assessment would know (or be able to figure out) the exposure status of the study participants. If the answer is no, then blinding is adequate. An example of adequate blinding of the outcome assessors is to create a separate committee, whose members were not involved in the care of the patient and had no information about the study participants' exposure status. The committee would then be provided with copies of participants' medical records, which had been stripped of any potential exposure information or personally identifiable information. The committee would then review the records for prespecified outcomes according to the study protocol. If blinding was not possible, which is sometimes the case, mark "NA" and explain the potential for bias.

### ***Question 13. Followup rate***

Higher overall followup rates are always better than lower followup rates, even though higher rates are expected in shorter studies, whereas lower overall followup rates are often seen in studies of longer duration. Usually, an acceptable overall followup rate is considered 80 percent or more of participants whose exposures were measured at baseline. However, this is just a general guideline. For example, a 6-month cohort study examining the relationship between dietary sodium intake and BP level may have over 90 percent followup, but a 20-year cohort study examining effects of sodium intake on stroke may have only a 65 percent followup rate.

### ***Question 14. Statistical analyses***

Were key potential confounding variables measured and adjusted for, such as by statistical adjustment for baseline differences? Logistic regression or other regression methods are often used to account for the influence of variables not of interest.

This is a key issue in cohort studies, because statistical analyses need to control for potential confounders, in contrast to an RCT, where the randomization process controls for potential confounders. All key factors that may be associated both with the exposure of interest and the outcome—that are not of interest to the research question—should be controlled for in the analyses.

For example, in a study of the relationship between cardiorespiratory fitness and CVD events (heart attacks and strokes), the study should control for age, BP, blood cholesterol, and body weight, because all of these factors are associated both with low fitness and with CVD events. Well-done cohort studies control for multiple potential confounders.

### ***Some general guidance for determining the overall quality rating of observational cohort and cross-sectional studies***

The questions on the form are designed to help you focus on the key concepts for evaluating the internal validity of a study. They are not intended to create a list that you simply tally up to arrive at a summary judgment of quality.

Internal validity for cohort studies is the extent to which the results reported in the study can truly be attributed to the exposure being evaluated and not to flaws in the design or conduct of the study—in other words, the ability of the study to draw associative conclusions about the effects of the exposures being studied on outcomes. Any such flaws can increase the risk of bias.

Critical appraisal involves considering the risk of potential for selection bias, information bias,

measurement bias, or confounding (the mixture of exposures that one cannot tease out from each other). Examples of confounding include co-interventions, differences at baseline in patient characteristics, and other issues throughout the questions above. High risk of bias translates to a rating of poor quality. Low risk of bias translates to a rating of good quality. (Thus, the greater the risk of bias, the lower the quality rating of the study.)

In addition, the more attention in the study design to issues that can help determine whether there is a causal relationship between the exposure and outcome, the higher quality the study. These include exposures occurring prior to outcomes, evaluation of a dose-response gradient, accuracy of measurement of both exposure and outcome, sufficient timeframe to see an effect, and appropriate control for confounding—all concepts reflected in the tool.

Generally, when you evaluate a study, you will not see a "fatal flaw," but you will find some risk of bias. By focusing on the concepts underlying the questions in the quality assessment tool, you should ask yourself about the potential for bias in the study you are critically appraising. For any box where you check "no" you should ask, "What is the potential risk of bias resulting from this flaw in study design or execution?" That is, does this factor cause you to doubt the results that are reported in the study or doubt the ability of the study to accurately assess an association between exposure and outcome?

The best approach is to think about the questions in the tool and how each one tells you something about the potential for bias in a study. The more you familiarize yourself with the key concepts, the more comfortable you will be with critical appraisal. Examples of studies rated good, fair, and poor are useful, but each study must be assessed on its own based on the details that are reported and consideration of the concepts for minimizing bias.

## APÊNDICE A - Instrumentos de avaliação utilizados nos estudos

<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>Escalas/ Questionários/ Avaliações</b>
Abdel Ghafar et al	2022	Teste Clínico Modificado de Integração Sensorial e Equilíbrio (m-CTSIB)
Armitano et al	2020	velocidade de caminhada (PWS)
Barbeau et al	2015	ADI-R, ADOS-G, Edinburgh Handedness Inventory, Hand Preference Demonstration Test, Annett Peg Moving Task, Purdue Pegboard Test, Inspection and Reaction Time
Bennett et al	2022	-
Biscaldi et al	2015	Edinburgh Handedness Inventory, ZNA, versão alemã das tarefas de face apraxia (FAT), Test Battery of Ideomotor Apraxia (TBIA)
Bojanek et al	2020	IMC, ADOS-2, ADI-R, SCQ
Bricout et al.	2019	ADOS, M-ABC, PANESS, EUROFIT
Butera et al	2023	MABC-2, Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCDQ), SRS-2, ADOS-2, FAB-M
Chen et al	2019	MABC-2
Cho et al	2022	ADOS-2, WHOQOL-BREF, Teste de Caminhada
Craig et al	2018	ADOS-2, MABC-2, SCQ
Craig et al	2021	ADOS-2, MABC-2
Crippa et al	2021	ADOS-2, SCQ, amilial socioeconomic status (SES), MABC2, DCDQ,
De Francesco et al	2023	Social Communication Questionnaire–Lifetime (SCQ), ADOS-2, MABC-2, DCDQ
Dong et al	2024	ADI-R, Questionário de Comunicação Social (CQ), MABC-2
Dufek et al	2017	-
Faber et al	2022	MABC-2, Beery VMI-6
Fears NE ; Templin TN et al	2023	MABC-2, Cortex Software Suite (Análise de movimento)
Fears et al.	2024	ADOS-2, MABC-2, DCDQ-2, SCQ, “Safe Zone” task
Fulceri et al	2018	SCQ
Gong et al	2020	SRS
Hillus et al	2019	Oldfield, ADOS, ADI-R, Teste de Pegboard Purdue, Trailmaking Test, TAS-26, Quociente de Empatia (EQ), Systemizing Quotient-R (SQ-R), MOSES-Test (“Habilidades de Motor em Situações Diárias”)
Kalfirt et al	2023	BOT-2, VFC, oscilometria computadorizada
Kaur et al	2018	BOT-2, SIPT-BMC,

Kilroy et al	2022	MABC-2, SRS 2, ADOS2, Florida Apraxia Battery (FAB), NEPSY, SIPT PPr, VCI-IQ
Kostrubiec et al	2017	VIQ, ADI-R, SCQ, DCDQ
Linke et al	2020	ADOS-2, BMAT
Mache et al.	2016	TGMD-3, RBS-R
Manicolo et al	2019	variabilidade da marcha - sistema de passarela eletrônica GAITRite, M-ABC-2
Martel et al	2024	Movement recordings and data processing, M-ABC, ADI-ADOS
Mason et al	2023	Questionário de Comunicação Social,
Mcpillips et al	2014	SRS, British Picture Vocabulary Scale-2 (BPVS-2), Expressive Vocabulary Test-2 (EVT-2), Children's Communication Checklist (CCC-2), General Communication Composite (GCC) and the Social Interaction Deviance Composite (SIDC), Conners 3 (Teachers Short Form), MABC-2
Miller et al	2015	ADI-R, ADOS-G, SRS, Teste de Desenvolvimento da Percepção Visual e o Teste de Desenvolvimento da Coordenação Motora, Tandem Gait
Morrison et al	2018	SRS-2, Trails Making Tests A & B (TMT), Symbol Digit Modalities Test, velocidade de toque de dedo, Purdue Pegboard Test, orça de preensão da mão, equilíbrio permanente, tempo de reação simples e capacidade de andar.
Odeh et al	2022	MABC-2, BOT-2, ADOS-2, CARS-2, SRS-2
Pusponegoro et al	2016	-
Riquelme et al	2016	teste Purdue Pegboard, teste Box and Block
Sáenz et al	2021	DCDQ-FC, TDAH RS-IV
Sumner et al	2016	SCQ, MABC-2, Teste Benton de Reconhecimento Facial
Sung et al	2021	CARS-2, IMC, MABC-2
Thomas et al	2022	SRS-2, MABC-2, TGMD-2, Competência de Habilidade do Movimento Percebido (PMSC)
Umesawa et al	2023	Autism Spectrum Quotient (AQ), Oldfield, BOT-2
Wu et al	2024	-

## APÊNDICE B- projeto de criação do jogo virtual

### Virtual serious game for analyzing the motor behavior of children with Autism Spectrum Disorder using emotional objects

C.C. Lima<sup>1</sup>, S.H. da Silva<sup>2</sup>, S.T. Faceroli<sup>1</sup>, A.A.Nogueira-Campos<sup>2</sup>, S.D. Vecchio<sup>1</sup>, T.R. Oliveira<sup>1</sup>, M.C.B.P. Rodrigues<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – Campus Juiz de Fora, LabTec Saúde, Juiz de Fora, Minas Gerais

<sup>2</sup> Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Biofísica e Fisiologia, Laboratório de Neurofisiologia Cognitiva (LabNeuro), Juiz de Fora, Minas Gerais

**Abstract—** O Transtorno do Espectro autista é classificado como déficits persistentes na comunicação e interação social, podendo também ter comprometimentos motores, que podem interferir na vida social do indivíduo e na sua funcionalidade. Na literatura, há relatos de diferença na duração dos movimento de alcance e preensão manual em comparação com seus pares neurotípicos. Por outro lado, estudos mostram que os marcadores temporais desses movimentos são dependentes da valência emocional. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo propor e implementar um jogo sério virtual que gera parâmetros cinemáticos do movimento, produzido a partir do deslocamento de objetos emocionais. Foi desenvolvido um jogo virtual na linguagem de programação Python, com a biblioteca Pygame. O jogador deve capturar um objeto emocional na tela e levar até o alvo. Os parâmetros escolhidos para análise foram tempo de reação, tempo do movimento, velocidade, aceleração, tempo para a velocidade de pico, gráfico com a trajetória do movimento e distância percorrida. A partir dos dados coletados, podem ser gerados gráficos e tabelas, facilitando a análise do desempenho.

**Keywords—** serious game, autism spectrum disorder, kinematics parameters, manual movement, emotion, Pygame

#### I. INTRODUCTION

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é caracterizado por déficits persistentes na comunicação e interação social, podendo ou não ter comprometimento intelectual e comprometimento da linguagem concomitantes [1]. Além disso, podem haver comprometimentos motores, os quais podem ser observados desde o primeiro ano de vida desses indivíduos.

O planejamento motor é parte fundamental do processo de geração de movimento voluntário. Ocorre a partir de uma transformação sensório-motora, que converte as representações internas do mundo exterior em um plano de movimento devido à eferência motora [2]. O movimento manual já possui uma linha de pesquisas bem estabelecida e estudada, inclusive na população com TEA, e os estudos avaliam, principalmente, os movimentos de alcance e preensão [3], [4], [5].

Já é relatado, por exemplo, que o movimento manual envolve, também, um sistema visuomotor especializado que codifica as características do objeto e gera as adaptações manuais correspondentes para a realização da ação motora [4]. Esse achado mostra a necessidade de avaliarmos

diferentes parâmetros cinemáticos. Apesar de a maioria dos estudos que avaliam o movimento manual de indivíduos com TEA fazê-lo por meio dos parâmetros dos movimentos de alcance e preensão, alguns pesquisadores têm incluído jogos sérios como plataforma de avaliação, mostrando as inúmeras possibilidades de métodos de análise na pesquisa científica [6], [7].

Já há estudos integrando os jogos no meio da pesquisa com indivíduos com TEA, como método de avaliação e como tratamento [7], [8], [9]. Em alguns estudos, como o de [9], onde os participantes jogaram um jogo, sendo necessário cooperar e entender a intenção do outro jogador, foi observado que quanto mais traços autísticos o indivíduo apresentava, maior é a dificuldade em se envolver em comportamentos cooperativos [9]. No estudo de [7], utilizando um jogo de comida, foram observadas diferenças na cinemática de movimento de crianças autistas em comparação com controles neurotípicos. Os resultados mostraram que os indivíduos com TEA apresentaram maior tempo de movimento e tempo para o pico de velocidade e menor pico de velocidade [7] em comparação aos seus pares neurotípicos.

Com base nesses estudos, é possível observarmos a possibilidade da utilização de jogos sérios como método de avaliação dessa população. Os jogos sérios são jogos que vão além do entretenimento [10]. Esses jogos têm aplicações variadas como em educação, saúde e formação empresarial. Contribuem com diversas aptidões como capacidade analítica e espacial, memória, proficiência psicomotora, dentre outras [11].

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo propor um jogo sério virtual capaz de gerar parâmetros cinemáticos para posterior comparação de desempenho entre indivíduos com e sem TEA. Como objetivos específicos, tem-se: avaliar as principais funcionalidades que o jogo deve ter, elaborar uma documentação para o jogo sério e desenvolver o jogo em ambiente virtual.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: Chapter II apresenta os procedimentos metodológicos do trabalho; Chapter III mostra os principais resultados e as discussões sobre eles e Chapter IV traz as conclusões.



## II. METHODOLOGY

### A. Funcionalidades do jogo sério e objetos emocionais

A partir da avaliação do estado da arte, foram escolhidos sete parâmetros para serem calculados a partir da utilização do jogo. São eles: tempo de reação; tempo total do movimento; velocidade; aceleração; tempo para a velocidade de pico; gráfico com a trajetória do movimento; distância percorrida (em pixels). Os dados do jogo são capturados e exportados para uma planilha eletrônica, de forma que os cálculos podem ser feitos ao término de cada partida.

Além da escolha dos parâmetros, outro ponto importante é a definição das imagens a serem utilizadas. Foram escolhidas imagens de objetos comuns do dia a dia, pre-categorizados como sendo agradáveis, neutras ou desagradáveis. Eles foram escolhidos após conversas com pais de crianças com TEA, em visitas técnicas realizadas ao Hospital Universitário da Universidade Federal de Juiz de Fora e após discussões entre os membros do grupo de pesquisa. As imagens foram produzidas pelo grupo de pesquisa, de maneira padronizada, no Laboratório de Neurofisiologia Cognitiva da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Os objetos foram separados nestes grupos (agradáveis, neutros e desagradáveis) com o objetivo tanto de comparar o desempenho dos participantes em cada um dos grupos quanto de avaliar se é possível a identificação da diferença na cinemática dos indivíduos expostos a diferentes categorias de estímulos, por meio de um jogo sério. Na literatura, já foi relatado que o valor emocional dos objetos, ou seja, a maneira como o indivíduo o classifica, tem impacto direto na cinemática do movimento manual.

### B. Game Design Document

O desenvolvimento de um jogo virtual requer a especificação de informações importantes, desde o tema principal até os requisitos do sistema. O Game Design Document (GDD) é um documento de design de software primordial no desenvolvimento de um jogo, que detalha todos os principais aspectos a serem programados. Seguem as principais informações do jogo sério proposto.

1. Definições e Objetivos: Este jogo sério foi desenvolvido com o objetivo de permitir ao jogador capturar um objeto específico na tela e levá-lo até um alvo, representado por um ícone de mão humana. O principal intuito é coletar dados sobre a trajetória e o tempo de movimento, que serão utilizados para analisar a cinemática de crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA).
2. Público-alvo: O jogo é destinado a crianças com TEA e profissionais da saúde que trabalham com essa condição.

3. Mecânica do Jogo: O jogador controla uma representação de mão na tela, que segue o movimento do ponteiro do mouse. A mão pode ser movida em qualquer direção. Ao alcançar o objeto, este é capturado e levado até o alvo. Uma vez que o objeto é entregue ao alvo, um novo objeto aparece no mesmo local da tela para ser capturado, reiniciando o ciclo.
4. Diferencial: O jogo foi projetado para capturar medidas quantitativas que refletem o desempenho do usuário. Estes dados permitem avaliar possíveis diferenças nos parâmetros cinemáticos entre crianças com TEA e seus pares sem o transtorno.
5. Ambiente: A interface do jogo é mantida visualmente neutra para minimizar distrações, proporcionando um ambiente controlado que facilita a concentração nos objetivos do jogo.
6. Características Técnicas: O jogo é uma aplicação para computadores, controlada inteiramente por mouse. Desenvolvido em Python, utilizando a biblioteca Pygame. Ao término de cada sessão de jogo, os dados coletados (trajetória e tempo total de movimento) são automaticamente exportados para uma planilha Excel, facilitando a análise posterior pelos profissionais da saúde.
7. Linguagem de programação: Python (PyGame).

## III. RESULTS AND DISCUSSIONS

A partir da escolha das principais funcionalidades do jogo e da elaboração do GDD, foi desenvolvido o algoritmo na linguagem de programação Python, utilizando a biblioteca PyGame. O Python é uma linguagem amplamente utilizada, principalmente para desenvolvimento de software, ciência de dados e machine learning. É interpretada, ou seja, não necessita de compilação, com sintaxe simples e multiparadigma. Para programar, foi utilizado o editor de código-fonte Visual Studio Code (VS Code). O VS Code é um editor de código aberto com suporte integrado para diversas linguagens e extensões.

A Fig. 1 mostra a tela inicial do jogo. Observa-se que o cenário é bastante simples, com cores neutras, para não gerar distração no jogador. A mão representa o local onde deverá ser depositado o objeto.



Fig. 1 Tela inicial

Ao iniciar a partida, um objeto emocional surge no canto direito da tela, conforme mostrado na Fig. 2. Com o ponteiro do mouse, representado pela mão de tamanho pequeno, o jogador deverá recolher o objeto, apertando o botão esquerdo do mouse, e coloca-lo sobre a mão maior, posicionada no canto esquerdo inferior. Ao levar o objeto para a posição correta, o ciclo se reinicia com o surgimento de um novo objeto. Os objetos sempre surgem na mesma posição da tela. Durante todo o processo, o posicionamento do mouse e o tempo estão sendo capturados para análise posterior. De posse dessas informações, é possível calcular os sete parâmetros propostos nesta pesquisa.



Fig. 2 Tela de início de um ciclo

A Fig. 3 apresenta uma tela intermediária do jogo mostrando o momento em que o jogador irá iniciar a trajetória com o objeto. Neste instante, inicia-se a captura dos dados e armazenamento dos mesmos em planilha eletrônica. Pode-se observar que, na parte superior direita, aparecem a pontuação e o número de tentativas.



Fig. 3 Tela intermediária do jogo

Para ilustrar as possibilidades de informações geradas pelo programa de computador desenvolvido, serão apresentados alguns gráficos relevantes. A Fig. 4 mostra a trajetória de um objeto emocional, desde o início do movimento até a chegada no ponto alvo. O gráfico apresenta o posicionamento do mouse, relacionando os valores de pixels do eixo  $x$  e do eixo  $y$ .

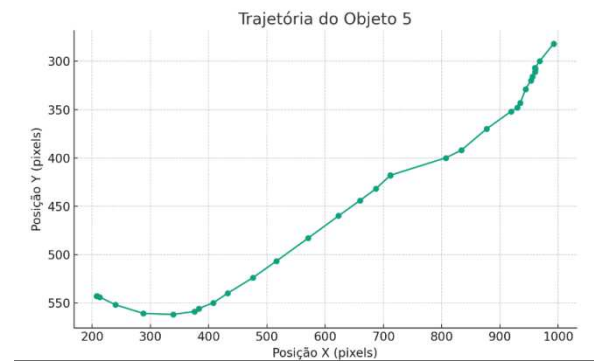


Fig. 4 Gráfico da trajetória do objeto

As figuras 5 e 6 apresentam, respectivamente, a velocidade e a aceleração do movimento. O tempo é apresentado em segundos (s), enquanto que a velocidade está em pixels por milissegundos (pixels/ms) e a aceleração em pixels por milissegundos ao quadrado (pixels/ms<sup>2</sup>)



Fig. 5 Gráfico da velocidade do objeto



Fig. 6 Gráfico da aceleração do objeto

#### A. *Objetivos de tese e evidências de consecução*

Avaliar as principais funcionalidades que o jogo deve proporcionar: a partir da revisão da literatura, foram escolhidas sete variáveis que são calculadas, de forma direta ou indireta, a partir da análise da trajetória.

Elaborar um documento para o jogo sério: foi desenvolvido do GDD para o jogo proposto, contendo as principais informações necessárias para seu desenvolvimento e prosseguimento em versões futuras.

Desenvolver o jogo em ambiente virtual: utilizando a linguagem Python, em especial a biblioteca Pygame, no editor de código-fonte VS Code, foi implementado um jogo sério virtual. Além disso, foi desenvolvido um algoritmo para cálculo dos parâmetros e geração de gráficos.

#### B. *Limitações do trabalho*

É importante ressaltar algumas limitações experimentais deste trabalho. Nesta etapa da pesquisa, foi desenvolvido o software necessário para a avaliação pretendida, sendo realizados apenas testes de bancada para verificar a usabilidade e funcionalidade do jogo. Em trabalhos futuros, serão realizados testes com crianças com e sem TEA.

## IV. CONCLUSIONS

Esta pesquisa propôs um modelo de jogo sério virtual capaz de gerar parâmetros cinemáticos do movimento, realizado a partir do deslocamento de objetos emocionais na tela, utilizando o mouse. O jogo implementado traz a possibilidade de ser utilizado, em trabalhos futuros, para analisar e comparar, de forma quantitativa, o desempenho de crianças com e sem TEA.

## ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank the *Intituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais* and *Universidade Federal de Juiz de Fora* for Financial Support.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no conflict of interest.

## REFERENCES

1. American Psychiatric Association. (2014). DSM-5: Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais. Artmed Editora.
2. Kandel, E., Schwartz, J., Jessell, T., Siegelbaum, S., & Hudspeth, A. J. (2014). Princípios de neurociências-5. AMGH Editora.
3. Ansuini, C.; podda, J.; battaglia, F. M. One hand, two hands, two people: Prospective sensorimotor control in children with autism. *Dev Cogn Neurosci*, v. 29, p. 86-96, 2018.
4. Castiello, U. The Neuroscience of Grasping. *Nat Rev Neurosci.*, v. 6, n. 9, p. 726-736, 2005.
5. Mari, M.; Castiello, U.; Marks, D.; Marraffa, C.; Prior, M. The reach-to-grasp movement in children with autism spectrum disorder. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, v. 358, n. 1430, p. 393-403, 2003.
6. Anzulewicz, A; Sobota, K., Delafield-Butt. Toward the Autism Motor Signature: Gesture patterns during smart tablet gameplay identify children with autism. *Scientific Reports*, v. 6, p. 1-13, 2016.
7. Chua, Y. W.; LU, S. C.; Anzulewicz, A. et al. Developmental differences in the prospective organisation of goal-directed movement between children with autism and typically developing children: A smart tablet serious game study. *Developmental Science*, v. 25, n. 3, p. 1-19, 2022.
8. Hase, A.; Haines, M.; Hasler, G. Using simple economic games to assess social orienting and prosocial behavior in adolescents with autism spectrum disorder. *Autism Research*, v. 16, n. 6, p. 1199-1209, 2023.
9. Craig, A. B; Grossman, E.; Krichmar, J. L. Investigation of autistic traits through strategic decision-making in games with adaptive agents. *Scientific Reports*, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2017.
10. Miranda, M. J. P. L. (2012). Jogo sério para reabilitação neurocognitiva: cidade virtual.
11. Arif, Y. M., Ayunda, N., Diah, N. M., & Garcia, M. B. (2024). A Systematic Review of Serious Games for Health Education: Technology, Challenges, and Future Directions. *Transformative Approaches to Patient Literacy and Healthcare Innovation*, 20-45.

Enter the information of the corresponding author:

Author: Camila de Castro lima  
 Institute: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais  
 Street: 1283 Bernardo Mascarenhas St.  
 City: Juiz de Fora  
 Country: Brasil  
 Email: camilac.lima@hotmail.com

## APÊNDICE C - Revisão de escopo

**Title:** A scoping review of the motor impairments in autism spectrum disorder

**Authors:** Samara Helena da Silva<sup>1,2</sup>; Matheus Ribeiro Felippin<sup>1,3</sup>; Letícia de Oliveira Medeiros<sup>1,2</sup>; Cecília Hedin-Pereira<sup>3,4</sup>; Anaelli Aparecida Nogueira-Campos<sup>1,2</sup>

### **Affiliations:**

<sup>1</sup>Laboratory of Cognitive Neurophysiology (LabNeuro), Institute of Biological Sciences, Department of Biophysics and Physiology, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil.

<sup>2</sup>Post-Graduation Program in Rehabilitation Sciences and Physical-Functional Performance, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil.

<sup>3</sup>Graduate Program in Biological Sciences (Biophysics), Carlos Chagas Filho Institute of Biophysics, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brazil

<sup>4</sup>Vice-Presidency of Research and Biological Collections, Oswaldo Cruz Foundation, Rio de Janeiro, Brazil.

### **Correspondence:**

Anaelli Aparecida Nogueira-Campos ([anaelli.campos@ufjf.br](mailto:anaelli.campos@ufjf.br))  
Federal University of Juiz de Fora, Institute of Biological Sciences  
Department of Biophysics and Physiology  
Rua José Lourenço Kelmer, s/n - Campus Universitário  
Zip code: 36036-900 - Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil

### **Highlights:**

- Motor impairments frequently occur in autism.
- ASD individuals present weakness, less manual accuracy, lower balance, and gait alterations.
- Motor symptoms are assessed by specialized or not scales, parental reports, or motor tasks.

## **Abstract**

Autism Spectrum Disorder (ASD) is a neurodevelopmental disorder mainly defined by impairments in communication and socialization. Although motor symptoms are not considered central to the disease, their high frequency and early onset have been recurrently reported in the literature. Therefore, the present scoping review aimed to identify these motor impairments. The scientific search was carried out in Scopus, Pubmed, Embase and Web of Science databases. Nineteen studies were selected after applying the eligibility criteria. The studies analyzed 784 participants diagnosed with ASD compared to 592 controls. Motor function was assessed by means of varied kinds of scales and questionnaires. The main motor impairments evaluated included features of fine and gross motor skills, manual dexterity, coordination/motor control/praxis, balance, running speed/agility, strength, gait, whole-body movements, aiming and catching (ball skills), and repetitive movements.

Motor impairments are consistently observed in ASD from the first years of life, persisting into adulthood. It includes a significant deficit in performance of manual, posture, strength and gait behavior/skills. Motor impairments are usually revealed by using tools from a variety of techniques specific or not, and even by verbal report. The deficits described in ASD comprised fine and gross motor skills, lower balance, lower cadence and greater variation of gait control, as well as weakness among other features that leads this population to move in an adaptive way affecting their interactions in real life.

**Key-words:** Autistic disorder; motor disabilities; psychomotor performance; motor skills disorder

## Introduction

Autism Spectrum Disorders (ASD) is currently characterized in diagnostic manuals such as the International Classification of Diseases (ICD-11) and Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders - DSM-5 (American Psychiatric Association, 2022) by impairments or differences in communication and social interactions and by restricted and repetitive patterns of behavior and interests. These symptoms are typically thought of as the core features of autism and consequently orient or define diagnostic criteria and treatment. There are, however, other clinical features in autism extremely relevant by either their high prevalence or potentially high functional impact in a variety of settings, such as school, daily living, work, and quality of life. Motor deficits are part of these impairments, besides problems related to intellectual development (Bhat et al., 2011; Fournier et al., 2010), mood and sleep disorders (Kotagal & Broomall, 2012), aggressiveness, and self-harm (Mazzone et al., 2012). Interestingly, motor features and its problems in ASD is a topic that has been discussed for decades, for example as in the differential diagnosis between typical autism and Asperger's syndrome, where clumsiness was proposed as a particular feature for the latter (Ghaziuddin et al., 1994). They are also very frequent, ranging from 35% to 79% in some studies (Dewey et al., 2007; Green et al., 2009; Licari et al., 2020), which is more prevalent than, for example, intellectual disability (Licari et al., 2020).

The “restricted, repetitive and inflexible patterns of behaviors and interests” (RRB) criteria are already covered by diagnostic manuals, especially motor stereotypies (e.g. flapping or other unusual hand postures or gestures, back-and-forth whole-body movements). However, there are other symptoms in motor proficiency that, despite being frequent and impactful, are not explicitly addressed in diagnostic manuals and are frequently overlooked in clinical practice. These include problems in basic motor features, such as static and dynamic postural imbalance (Lim et al., 2017; Bhat et al., 2011), impairments in both fine and gross motor control (Fournier et al., 2010), low muscle tonus, decreased strength or agility and delays in the acquisition of motor skills (West, 2019), atypical gait as well as impairments in more complex skills or behaviors, such as writing, imitation and playing with balls (Mosconi & Sweeney, 2015; Odeh et al., 2022).

Motor skills are also closely related to the socio-communication and RRB symptoms, both correlate with severity and in predicting future impairments in these domains (Boyd et al., 2010). Indeed, the development of motor and socio-communicative skills are interdependent, for example, the acquisition of motor skills allows for new opportunities for social and communication skills (e.g. learning to throw and catch objects expands' children

repertoire of games to play with each other, creating new opportunities for socialization) and vice versa (e.g. motor learning in novel contexts is highly dependent on imitation of observed movements and social interaction with peers). In a general sense, development of motor skills should not be considered separate from social, perceptual and cognitive ability acquisition, but rather as a dynamic and interactive process in which ever changing motor abilities constrain the landscape of possible interactions with the world and other people, which in turn shape the trajectory of development (Thelen, 1992). This theoretical framework helps to explain the well documented relationship between changes in motor and communication development seen in ASD infants (West, 2019). It also contextualizes some findings about non-verbal communication in ASD, such as difficulties in recognizing and interpreting other people's actions and their emotional meaning (Annaz et al., 2010; Nackaerts et al., 2012), since such abilities rely on recruiting one's own motor system to simulate observed actions (Parkinson et al., 2011).

One might suppose after this brief introduction that motor symptoms must play a central role in the diagnostic characterization of ASD and therapeutic interventions, but, paradoxically, this is often not the case. Because of the increasing importance given to diagnostic manuals in the last decades of psychological and psychiatric practice, the minor role attributed to motor symptoms of ASD in these documents ends up also lessening the attention given to them by clinicians and researchers. This shapes the landscape of what is discussed about autism in both the professional and popular spheres, which in turn serves as the inspiration for the reformulation of diagnostic and therapeutic guidelines. Considering that repetitive motor behavior is amongst the diagnostic criteria for ASD, the potential importance of better understanding motor impairments in ASD is evident since such behaviors could build on primary motor deficits or other motor behavior deficits which may be closely related to severity. Therefore, we seek in this scoping review to produce an organized assessment of motor impairments in ASD and the clinical tools often used to assess them.

## **Methods**

Studies were selected using the Scopus, Pubmed, Embase, and Web of Science databases. The MESH and Entree instruments were used to evaluate the search strategies and

keywords. It was mandatory that the studies included an evaluation comparing autistic subjects with healthy controls, published after 2014, and were cross-sectional or cohort studies. The analysis and selection of eligible papers were conducted independently by two researchers (S.H.S. and L.O.M.). In short, they searched for studies using the following terms or topics: Autism, Motor Skill Disorders, Motor Dysfunction, Movement Disorders, and Psychomotor Disorders. The exact query strings used for each database are presented in Table 1. Studies were excluded if they: 1) were reviews or case-report studies; 2) were not available in English or full form; 3) did not include, describe, or specify which form or tool for motor assessment was used, 4) were published before 2014, and 5) mainly addressed therapeutic interventions without sufficiently describing the motor symptoms.

For data extraction, studies have had their methods and main results categorized according to the following variables: sample size, motor disabilities, age group, cognitive and motor evaluations, and scales or other assessments.

Furthermore, these studies had quality assessments using the NIH Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross-Sectional Studies. This tool allows the evaluation of concepts that are fundamental to a study's internal validity and analyzes its Risk of Bias (NHLBI, 2018), through the assignment of a three-level quality score (“good”, “fair”, or “poor”), based on the consideration of 14 items. The main questions assessed were: research question, population study (2 items), groups recruited from the same population and uniform eligibility criteria, sample size justification, exposure assessed prior to outcome measurement, sufficient timeframe to see an effect, different levels of exposure of interest, exposure measures and assessment, repeated exposure assessment, outcome measures, blinding of outcome assessors, follow-up rate, and statistical analyses (Godos, J. et al., 2021).

## **Results**

A total of 3195 studies were identified through the initial research analysis in all databases. After excluding duplicates and applying the exclusion criteria, the remaining 19 studies were included in this analysis. Figure 1 presents a flowchart describing the complete study selection process. The quality assessment using the NIH tool yielded 17 studies as being of regular quality, with scores ranging from 6 to 10 (out of 14 maximum points), and 2 studies as being of good quality, with scores ranging from 11 to 12. This data is further detailed in Table 2.

Across all studies, 784 participants (average  $41.26 \pm 41.91$ ) were diagnosed with ASD based on the 4th or 5th editions of the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Health



Disorders (DSM-IV, DSM-5) by a clinician (a professional expert in the health field including doctor, psychoanalyst, psychologist, psychotherapist and/or therapist) or had their diagnosis confirmed by an educational professional (professionally trained in an area other than health, but with the necessary skills to apply tools that assist in the diagnosis of ASD) . Besides use of the DSM, eleven studies confirmed the diagnosis by the research team using the Autism Diagnostic Observation Schedule (ADOS-2/ADOS-G) (Fears et al., 2024; Fears et al., 2023; Kilroy et al., 2022; Odeh et al., 2022; Craig et al., 2021; Crippa et al., 2021; An et al., 2021; Bricout et al., 2019; Kaur et al., 2018; Biscaldi et al., 2015; Travers et al., 2017), four used Autism Diagnostic Interview-Revised (ADI-R) (Fears et al., 2023; Kilroy et al., 2022; Stevenson et al., 2017; Biscaldi et al., 2015), one study used the Gillian Autism Rating Scale (GARS-2/GARS-3) (Alsaedi et al., 2020), one applied the Childhood Autism Rating Scale (CARS-2) (Odeh et al., 2022), and one applied the Michigan Autism Spectrum Questionnaire (MASQ) (Alsaedi et al., 2020).

In contrast, there were in total 592 (average  $31.16 \pm 23.33$ ) controls, ranging from 540 neurotypical participants, 52 individuals diagnosed with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) or Developmental Coordination Disorder (DCD/Dyspraxia). These participants varied between child, adolescent, and adult age groups, with 11 studies evaluating only children, six containing children and adolescents, one study evaluating adolescents with adults, and one studying the three age groups (children, adolescents, and adults) respectively.

Among the main motor functions evaluated in the studies, the following stand out: Gross and Fine Motor Skills (Kalfirt et al., 2023; Odeh et al. 2022; Craig et al., 2021; Crippa et al., 2021; Alsaedi et al., 2020; Kaur et al., 2018; Travers et al., 2017; Stevenson et al., 2017; Mache et al., 2016; Pusponegoro et al., 2016; Biscaldi et al., 2015); Aiming and Catching (Ball Skills) (Kilroy et al., 2022; Odeh et al., 2022; Craig et al., 2021; Bricout et al., 2019; Stevenson et al., 2017; Pusponegoro et al., 2016); Balance (Kalfirt et al., 2023; Fears et al., 2023; Kilroy et al., 2022; Odeh et al., 2022; Craig et al., 2021; Crippa et al., 2021; Alsaedi et al., 2020; Bricout et al., 2019; Mache et al., 2016; Biscaldi et al., 2015); Manual Dexterity (Kalfirt et al., 2023; Kilroy et al., 2022; Odeh et al., 2022; Craig et al., 2021; Alsaedi et al., 2020; Bricout et al., 2019; Mache et al., 2016); Running Speed/Agility (Fears et al., 2024; Kalfirt et al., 2023; Wu et al., 2024; Fears et al., 2023; Odeh et al., 2022; Alsaedi et al., 2020; Bricout et al., 2019; Pusponegoro et al., 2016); Gait (Wu et al., 2024; Gong et al., 2020; Bricout et al., 2019; Pusponegoro et al., 2016); Strength (Kalfirt et al., 2023; Wu et al., 2024; Odeh et al., 2022; Crippa et al., 2021; Alsaedi et al., 2020; Bricout et al., 2019; Travers

et al., 2017); Whole-Body Movements (Fears et al., 2024; Fears et al., 2023); Coordination/Motor Control/Praxis (Fears et al., 2024; Kalfirt et al., 2023; Fears et al., 2023; Odeh et al., 2022; Umesawa et al., 2023; Crippa et al., 2021; An et al., 2021; Alsaedi et al., 2020; Kaur et al., 2018; Travers et al., 2017; Biscaldi et al., 2015); and Repetitive Movements (Bricout et al., 2019; Mache et al., 2016). We describe these findings in detail below. A variety of methods were used across the studies to assess motor function and other clinical features. This information is summarized in Table 3.

The majority of studies applied scales as follows: MABC, BOT-2, Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCDQ-2), Test of Gross Motor Development (TGMD-2), K-ABC, ZNA, FAT, FAB, SIPT, TBIA, PEP-3, Physical and Neurological Examination of Subtle Signs (PANESS), and European Physical Fitness Test Battery (EUROFIT). In addition, some studies used other assessment tools such as the Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971), Heart Rate Variability (HRV), oscillometry, anthropometry, Walking Test, Magnetoencephalography (MEG), Video-game Motor Tasks, Sitting and Standing Test, Dynamometry, Ground reaction force (GRF) data, kinematic data, bioelectric impedance, and motor issues addressed on the Vineland Adaptive Behavior Scales (VABS). Furthermore, some articles also compared motor skills with social issues and communication, through the Social Communication Questionnaire (SCQ) (Fears et al., 2024; Fears et al., 2023; Crippa et al., 2021; Stevenson et al., 2017) or Social Responsiveness Scale (SRS) (Kilroy et al. 2022; Odeh et al., 2022; Crippa et al., 2021; Gong et al., 2020; Travers et al., 2017; Stevenson et al., 2017).

Studies that evaluated gross motor skills were executed mainly in throwing, ball skills, and hand grip activities. As for fine motor skills, these were evaluated employing specific scales/tests in conjunction with tasks that also assessed object manipulation, manual dexterity, visuomotor interaction, coordination, strength, and agility. It was observed that the studies agreed on a significant reduction in scores for both skills comparing healthy individuals to those with some alteration in development. These motor skills were analyzed in different age groups. In general, studies focusing on babies and/or children evaluated motor coordination and gross motor skills. One of them also measured oral motor control. Taken together they suggested less complexity of movement in individuals later diagnosed with ASD.

For studies that verify balance, analyses were based on a combination of motor assessments. such as Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency Second Edition (BOT-2), Movement Assessment Battery for Children first and second editions (MABC e

MABC-2), Face Apraxia Tasks (FAT), Florida Apraxia Battery (FAB), Zurich Neuromotor Assessment (ZNA), Test Battery of Ideomotor Apraxia (TBIA), Sensory Integration and Praxis Tests (SIPT), and Gross Motor Development Test - 3 (TGMD-3) associated with the evaluation of sway control, correlated or not with tasks involving moving the entire body towards a goal. Taken together, this body of evidence shows that for ASD individuals there is a reduction in spatial efficiency, area of postural sway, and postural control. Finally, a study evaluating oscillatory coupling through the application of magnetoencephalography (MEG), described a dysregulation of motor limitation mechanisms in autistic individuals, which could lead to reduced motor control.

Studies that focused on gait were based on walking tests using different speeds (slow, preferred, and faster without running) in addition to filming movement to characterize motor strategies and adjustments. According to the gait analysis, there was a reduction in stride, a lower cadence, greater variation in stride width, and a change in the ankle joint during the pre-swing phase. Furthermore, in video analysis, it was possible to note that these adjustments seem to occur to compensate for the muscle weakness observed in ASD.

Concerning strength, the studies that applied dynamometry showed that ASD individuals presented a decreased level of force suggesting that it could justify their lower performance in gross and fine motor skill tests.

Furthermore, many studies agree on the importance of evaluating the intelligence quotient/assessment (IQ) and functionality of ASD individuals in order to build a better understanding of this population. Additionally, it is well established that the level of IQ directly correlates to the index of independence/functionality of ASD individuals (Lord C., et al. 2018). It was observed that 16 studies evaluated IQ, and some studies applied more than one scale. Among the scales adopted, we observed that the Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence (WASI-II) had the highest frequency (Fears et al., 2024; Fears et al., 2023; Kilroy et al.; 2022, Travers et al., 2017), followed by the Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence (WPPSI-III) (Craig et al., 2021; Crippa et al., 2021) and Weschler Intelligence Scale for Children (WISC-III) (Alsaedi et al., 2020; Travers et al., 2017; Biscaldi et al., 2015). Other work presented the scales Test of Nonverbal Intelligence (TONI-3), Kaufman Assessment Battery for Children (K-ABC), WISC, WASI-III, Leiter-R, Raven's Coloured Progressive Matrices (RCPM), SBIQ, Full-Scale Intelligence Quotient (FSIQ), and The Griffith Mental Development Scales (GMDS-ER). One study did not specify which scale was used. The remaining three studies did not report the employment of any intelligence assessment in their analyses.

Finally, most of the studies analyzed motor skills in autism only to add more information to clinical observation. These studies also highlighted the importance of using this knowledge to implement interventions and prevent some adaptive behaviors. Three other studies included in this review focused on exclusive features in autism motor skills as an early differentiating diagnosis from other developmental disorders. In short, out of the 19 studies inspected, 16 specified their research on studying motor function for clinical observation purposes, and the three remaining studies evaluated possible diagnostic tools.

## **Discussion**

In this scoping review, we seek to understand how motor impairments occur in ASD. Through the analysis of the selected studies, we observed that there are substantial motor disabilities that are prevalent in autism. According to the studies these motor signs could be observed very early, in some cases, in babies. In addition, the lack of a common motor evaluation paradigm in this population poses a huge challenge since comparison of different scales and assessments makes it hard to obtain a real comprehension of their motor function.

The majority of studies have focused mainly on the cognitive domain of ASD due to its direct association with atypical behavior/communication and social performance. These features receive more attention than motor skills in the general literature since they are listed as the core symptoms reported in the diagnostic manual DSM-5. Particularly, the relation between motor and social skills has not been fully explored. However, current evidence suggests the occurrence of heterogeneous motor dysfunctions in very young patients with ASD which may even precede the appearance of the main signs of autism (Posar & Visconti, 2022). Such observations are typically not part of ASD assessments nor included in intervention programs (Alsaedi et al., 2020).

Furthermore, untreated motor difficulties among autistic children and adolescents can negatively impact their mental health, increasing the likelihood of social isolation and low

self-esteem (Tamplin & Miller et al., 2020; Fears et al., 2022), as well as affecting their activities of daily living (Summer et al., 2016). Besides, it has been demonstrated that motor deficits are correlated with social behaviors in the population with ASD (Craig et al., 2021; Ohara et al., 2020; Wang et al., 2022). Studies focusing on real-life social interaction (Lahnakoski et al., 2020; Georgescu et al., 2020) using non-invasive assessment of natural social exchanges, led to the conclusion that motor impairments are associated with interpersonal behavior. In this regard, it is known that substantial research in the area of physiotherapy on improving the motor skills of young children in early childhood environments is capable of implementing interventions that seem to help minimize those impacts on individuals' quality of life (Logan et al., 2012; Robinson et al., 2012). It is also important to point out that deficits in eye movement are an important trait of autistic individuals and that ()

Analyzing the studies, we observed that there are still many motor changes related to autism that have not yet been systematically studied. Motor difficulties are reported in 35% to 79% of individuals with ASD, depending on the age range considered and the evaluation criteria applied (Dewey et al., 2007; Licari et al., 2020). Changes in fine and gross motor functions, aiming and catching movement, manual dexterity, coordination, balance, running speed/agility, strength, and gait were reported. More specifically, it seems that fine motor skills were used to distinguish autistic toddlers from toddlers with atypical development and gross motor skills distinguished a subset of autistic toddlers from toddlers with atypical development (Matson, Mahan, Fodstat, Hess, & Neal, 2010).

All of these abilities were assessed by comparing ASD individuals with controls and including ages varying across studies from 3 months to 39 years old. Due to the range of ages assessed, the means of evaluation, and the complexity of the skills that were evaluated an adaptation had to be done according to age group. However, it was observed that the result is not dependent on age, with ASD individuals having lower scores and greater adaptations than controls. Autism is usually diagnosed in childhood which justifies the number of studies focused on new early assessment methods involving this age group. Only two studies recruited adults for analysis (Umesawa et al., 2023; Travers et al., 2017). Therefore, in addition to evaluating motor manifestations in children, it is crucial to carry out further studies seeking to describe how they are expressed over time and how they can affect adult life.

Therefore, due to the diversity of motor skills affected in different age groups, it becomes challenging to standardize a method and an instrument to be used for analyzing

motor function in ASD. It could be more interesting to object to each motor problem/impairment per age in order to wholly understand. However, when evaluating the same motor impairment, the studies did not agree on the tool to be applied nor on the evaluation method, mainly because there are many particularities that could influence the choice of methods used, such as age and IQ. In general, preference was observed for using the MABC-2 (Fears et al., 2024; Fears et al., 2023; Kilroy et al., 2022; Odeh et al., 2022; Craig et al., 2021; Crippa et al., 2021; Bricout et al., 2019) and BOT-2 (Kalfirt et al., 2023; Odeh et al., 2022; Umesawa et al., 2023; Alsaedi et al., 2020; Kaur et al., 2018) scales when evaluating fine and gross motor precision functions.

Finally, motor skills have been found to be related to cognitive, language, and social development (Fears et al., 2022). Thus, considering the many particularities of ASD individuals and the known heterogeneity in severity and prevalence of different autistic traits (McCormick et al., 2020; Wolfers et al., 2019), a complete assessment of the main symptoms of autism should be imperative to well contribute with this condition. Further studies of motor performance in social contexts using precise and non-invasive technologies such as optical motion tracking (Lahnakoski et al., 2020) could reveal important features of social behavior in the ASD population. For instance, Georgescu et al., 2020 described a lower non-verbal interpersonal synchrony in ASD patients. In this line of evidence, studies focusing on interactive peers approaching could offer an interesting alternative to explore the interaction between motor and social cognition.

## **Conclusion**

Motor impairments in ASD are diverse in terms of performance, range of disabilities, and behaviors in several domains or skills. They include fine and gross motor skills, balance, gait, manual dexterity, speed/agility, strength, and ball skills alongside motor stereotypies and other repetitive or unusual behaviors. There is a pattern of global, symmetrical, pervasive, and evolving impairments in motor function that are especially evident in motor or socially demanding tasks and the delayed achievement of developmental milestones. Specifically, ASD individuals present weakness, less fine and gross motor accuracy, lower balance, lower cadence, and greater variation of gait control, among other features that lead this population to move in an adaptive way compensating for the decreased motor efficiency. These symptoms especially rely on parental reports, clinical observation, or direct assessment of

performance in motor tasks. However, some questionnaires and clinical scales supply an assessment.

Therefore, although there is heterogeneity of assessment methods in the literature, such as questionnaires, scales, and direct assessment methods according to the individual's performance, there are also limitations regarding instruments that cover a large age range of the population, in a consistent manner. Since the motor deficits reported in the literature were solid and constant, from the first years of life until adulthood, we, therefore, highlight the need for better standardization of methods to offer a reliable assessment of each motor domain to achieve a complete understanding of this function in the ASD population. Since the relationship between motor and social abilities has been increasingly evident, we emphasize the importance of implementing standardized motor function evaluations at the beginning of health care which could greatly contribute to the reduction of major behavioral and social impairments and improve daily skills and quality of life.

**Declarations of Interest:** None

#### **Author contributions**

SHS: Conceptualization, Formal analysis, Investigation, Methodology, Writing – original draft. MRP: Conceptualization, Formal analysis, Investigation, Writing – original draft. LOM: Conceptualization, Formal analysis, Investigation, Methodology, Writing – original draft. CHP: Conceptualization, Writing – review & editing. AAN-C: Conceptualization, Formal analysis, Methodology, Supervision, Writing – review & editing.

#### **Funding**

The author(s) declare that no financial support was received for the research, authorship, and/or publication of this article.

#### **References**

\*Alsaedi, R. H. (2020). An Assessment of the Motor Performance Skills of Children with Autism Spectrum Disorder in the Gulf Region. *Brain Sciences*, 10(9), 607. <https://doi.org/10.3390/brainsci10090607>

American Psychiatric Association. (2022). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5-TR)*. American Psychiatric Association Publishing. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425787>

\*An, K., Ikeda, T., Hasegawa, C., Yoshimura, Y., Tanaka, S., Saito, D. N., Yaoi, K., Iwasaki, S., Hirose, T., Jensen, O., & Kikuchi, M. (2021). Aberrant brain oscillatory coupling from the primary motor cortex in children with autism spectrum disorders. *NeuroImage: Clinical*, 29, 102560. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2021.102560>

Annaz, D., Remington, A., Milne, E., Coleman, M., Campbell, R., Thomas, M. S. C., & Swettenham, J. (2010). Development of motion processing in children with autism. *Developmental Science*, 13(6), 826–838. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00939.x>

Bhat, A. N., Landa, R. J., & Galloway, J. C. (2011). Current perspectives on motor functioning in infants, children, and adults with autism spectrum disorders. *Physical Therapy*, 91(7), 1116–1129. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100294>

\*Biscaldi, M., Rauh, R., Müller, C., Irion, L., Saville, C. W. N., Schulz, E., & Klein, C. (2015). Identification of neuromotor deficits common to autism spectrum disorder and attention deficit/hyperactivity disorder, and imitation deficits specific to autism spectrum disorder. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 24(12), 1497–1507. <https://doi.org/10.1007/s00787-015-0753-x>

Boyd, B. A., Baranek, G. T., Sideris, J., Poe, M. D., Watson, L. R., Patten, E., & Miller, H. (2010). Sensory features and repetitive behaviors in children with autism and developmental delays. *Autism Research: Official Journal of the International Society for Autism Research*, 3(2), 78–87. <https://doi.org/10.1002/aur.124>

\*Bricout, V.-A., Pace, M., Dumortier, L., Miganeh, S., Mahistre, Y., & Guinot, M. (2019). Motor Capacities in Boys with High Functioning Autism: Which Evaluations to Choose? *Journal of Clinical Medicine*, 8(10), 1521. <https://doi.org/10.3390/jcm8101521>

\*Craig, F., Crippa, A., Ruggiero, M., Rizzato, V., Russo, L., Fanizza, I., & Trabacca, A. (2021). Characterization of Autism Spectrum Disorder (ASD) subtypes based on the relationship between motor skills and social communication abilities. *Human Movement Science*, 77, 102802. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2021.102802>

\*Crippa, A., Craig, F., Busti Ceccarelli, S., Mauri, M., Grazioli, S., Scionti, N., Cremascoli, A., Ferrante, C., Visioli, C., Marzocchi, G. M., Molteni, M., & Nobile, M. (2021). A multimethod approach to assessing motor skills in boys and girls with autism spectrum disorder. *Autism*, 25(5), 1481–1491. <https://doi.org/10.1177/1362361321995634>



Dewey, D., Cantell, M., & Crawford, S. G. (2007). Motor and gestural performance in children with autism spectrum disorders, developmental coordination disorder, and/or attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 13(2), 246–256. <https://doi.org/10.1017/S1355617707070270>

\*Fears, N. E., Hirsch, S. B., Tamplain, P. M., Templin, T. N., Sherrod, G. M., Bugnariu, N. L., Patterson, R., & Miller, H. L. (2024). Characterizing goal-directed whole-body movements in autistic children and children with developmental coordination disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 114, 102374. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2024.102374>

\*Fears, N. E., Templin, T. N., Sherrod, G. M., Bugnariu, N. L., Patterson, R. M., & Miller, H. L. (2023). Autistic Children Use Less Efficient Goal-Directed Whole Body Movements Compared to Neurotypical Development. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 53(7), 2806–2817. <https://doi.org/10.1007/s10803-022-05523-0>

Fears, N. E., Palmer, S. A., & Miller, H. L. (2022). Motor skills predict adaptive behavior in autistic children and adolescents. *Autism Research*, 15(6), 1083–1089. <https://doi.org/10.1002/aur.2708>

Fournier, K. A., Hass, C. J., Naik, S. K., Lodha, N., & Cauraugh, J. H. (2010). Motor coordination in autism spectrum disorders: A synthesis and meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(10), 1227–1240. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-0981-3>

Georgescu, A. L., Koeroglu, S., Hamilton, A. F. de C., Vogeley, K., Falter-Wagner, C. M., & Tschacher, W. (2020). Reduced nonverbal interpersonal synchrony in autism spectrum disorder independent of partner diagnosis: a motion energy study. *Molecular Autism*, 11(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s13229-019-0305-1>

Ghaziuddin, M., Butler, E., Tsai, L., & Ghaziuddin, N. (1994). Is clumsiness a marker for Asperger syndrome? *Journal of Intellectual Disability Research: JIDR*, 38 ( Pt 5), 519–527. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2788.1994.tb00440.x>

Godos, J., Grosso, G., Castellano, S., Galvano, F., Caraci, F., & Ferri, R. (2021). Association between diet and sleep quality: A systematic review. *Sleep Medicine Reviews*, 57, 101430. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2021.101430>

\*Gong, L., Liu, Y., Yi, L., Fang, J., Yang, Y., & Wei, K. (2020). Abnormal Gait Patterns in Autism Spectrum Disorder and Their Correlations with Social Impairments. *Autism Research*, 13(7), 1215–1226. <https://doi.org/10.1002/aur.2302>

Green, D., Charman, T., Pickles, A., Chandler, S., Loucas, T., Simonoff, E., & Baird, G. (2009). Impairment in movement skills of children with autistic spectrum disorders. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 51(4), 311–316. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.03242.x>

\*Kalfiřt, L., Su, C.-T., Fu, C.-P., Lee, S.-D., & Yang, A.-L. (2023). Motor Skills, Heart Rate Variability, and Arterial Stiffness in Children with Autism Spectrum Disorder. *Healthcare*, 11(13), 1898. <https://doi.org/10.3390/healthcare11131898>

\*Kaur, M., M. Srinivasan, S., & N. Bhat, A. (2018). Comparing motor performance, praxis, coordination, and interpersonal synchrony between children with and without Autism Spectrum Disorder (ASD). *Research in Developmental Disabilities*, 72, 79–95. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.10.025>

\*Kilroy, E., Ring, P., Hossain, A., Nalbach, A., Butera, C., Harrison, L., Jayashankar, A., Vigen, C., Aziz-Zadeh, L., & Cermak, S. A. (2022). Motor performance, praxis, and social skills in autism spectrum disorder and developmental coordination disorder. *Autism Research*, 15(9), 1649–1664. <https://doi.org/10.1002/aur.2774>

Kotagal, S., & Broomall, E. (2012). Sleep in children with autism spectrum disorder. *Pediatric Neurology*, 47(4), 242–251. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2012.05.007>

Lahnakoski, J. M., Forbes, P. A. G., McCall, C., & Schilbach, L. (2020). Unobtrusive tracking of interpersonal orienting and distance predicts the subjective quality of social interactions. *Royal Society Open Science*, 7(8), 191815. <https://doi.org/10.1098/rsos.191815>

Licari, M. K., Alvares, G. A., Varcin, K., Evans, K. L., Cleary, D., Reid, S. L., Glasson, E. J., Bebbington, K., Reynolds, J. E., Wray, J., & Whitehouse, A. J. O. (2020). Prevalence of Motor Difficulties in Autism Spectrum Disorder: Analysis of a Population-Based Cohort. *Autism Research: Official Journal of the International Society for Autism Research*, 13(2), 298–306. <https://doi.org/10.1002/aur.2230>

Lim, Y. H., Partridge, K., Girdler, S., & Morris, S. L. (2017). Standing Postural Control in Individuals with Autism Spectrum Disorder: Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 47(7), 2238–2253. <https://doi.org/10.1007/s10803-017-3144-y>

Logan, S. W., Robinson, L. E., Wilson, A. E., & Lucas, W. A. (2012). Getting the fundamentals of movement: A meta-analysis of the effectiveness of motor skill interventions in children. *Child: Care, Health and Development*, 38(3), 305–315. [10.1111/j.1365-2214.2011.01307.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2011.01307.x)

Lord, C., Elsabbagh, M., Baird, G., & Veenstra-Vanderweele, J. (2018). Autism Spectrum Disorder. *Lancet*, 11;392(10146):508-520. doi: 10.1016/S0140-6736(18)31129-2.

\*Mache, M. A., & Todd, T. A. (2016). Gross motor skills are related to postural stability and age in children with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 23, 179–187. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2016.01.001>

Matson, J.L., Mahan, S., Fodstad, J.C., Hess, J.A., & Neal, D. (2010). Motor skill abilities in toddlers with autistic disorder, pervasive developmental disorder-not otherwise specified, and atypical development. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 4(3), 444-449. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2009.10.018>

Mazzone, L., Ruta, L., & Reale, L. (2012). Psychiatric comorbidities in asperger syndrome and high functioning autism: Diagnostic challenges. *Annals of General Psychiatry*, 11(1), 16. <https://doi.org/10.1186/1744-859X-11-16>

McCormick, C.E.B., Kavanaugh, B.C., Sipssock, D., Righi, G., Oberman, L.M., De Luca, D.M., Uzun, E.D.G., Best, C.R., Jerskey, B.A., Quinn, J.G., Jewel, T.P., Wu, P-C., McLean, R.L., Levine, T.P., Tokadjian, H., Perkins, K.A., Clarke, E.B., Dunn, B., Gerber, A.H., Tenenbaun, E.J., Anders, T.F., RI-CART, Sheinkopf, S.J., & Morrow, E.M. (2020). Autism Heterogeneity in a Densely Sample U.S. Population: Results From the First 1,000 Participants in the RI-CART Study. *Autism Research*, 13(3), 474-488. <https://doi.org/10.1002/aur.2261>

Mosconi, M. W., & Sweeney, J. A. (2015). Sensorimotor dysfunctions as primary features of autism spectrum disorders. *Science China Life Sciences*, 58(10), 1016–1023. <https://doi.org/10.1007/s11427-015-4894-4>

Nackaerts, E., Wagemans, J., Helsen, W., Swinnen, S. P., Wenderoth, N., & Alaerts, K. (2012). Recognizing Biological Motion and Emotions from Point-Light Displays in Autism Spectrum Disorders. *PLOS ONE*, 7(9), e44473. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044473>

National Heart, Lung and BI (NHLBI), 2018. Study quality assessment tools. <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/study-quality-assessment-tools> [Accessed on June 28th, 2024].

\*Odeh, C. E., Gladfelter, A. L., Stoesser, C., & Roth, S. (2022). Comprehensive motor skills assessment in children with autism spectrum disorder yields global deficits. *International Journal of Developmental Disabilities*, 68(3), 290–300. <https://doi.org/10.1080/20473869.2020.1764241>

Ohara, R., Kanejima, Y., Kitamura, M., Izawa, K. P. (2019). “Association between Social Skills and Motor Skills in Individuals with Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review”. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 10(1), 276–96. <https://doi.org/10.3390/ejihpe10010022>

Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97–113. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(71\)90067-4](https://doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4)

Parkinson, J., Springer, A., & Prinz, W. (2011). Can you see me in the snow? Action simulation aids the detection of visually degraded human motion. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* (2006), 64(8), 1463–1472. <https://doi.org/10.1080/17470218.2011.594895>

Posar, A., & Visconti, P. (2022). Early Motor Signs in Autism Spectrum Disorder. *Children*, 9(2), 294. <https://doi.org/10.3390/children9020294>

\*Pusponegoro, H. D., Efar, P., Soedjatmiko, Soebadi, A., Firmansyah, A., Chen, H.-J., & Hung, K.-L. (2016). Gross Motor Profile and Its Association with Socialization Skills in Children with Autism Spectrum Disorders. *Pediatrics & Neonatology*, 57(6), 501–507. <https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2016.02.004>

Robinson, L. E., Webster, E. K., Logan, S. W., Lucas, W. A., & Barber, L. T. (2012). Teaching practices that promote motor skills in early childhood settings. *Early Childhood Education Journal*, 40, 79–86. 10.1007/s10643-011-0496-3

\*Stevenson, J. L., Lindley, C. E., & Murlo, N. (2017). Retrospectively Assessed Early Motor and Current Pragmatic Language Skills in Autistic and Neurotypical Children. *Perceptual and Motor Skills*, 124(4), 777–794. <https://doi.org/10.1177/0031512517710379>

Sumner, E., Leonard, H.C., & Hill, E.L. (2016). Overlapping Phenotypes in Autism Spectrum Disorder and Developmental Coordination Disorder: A Cross-Syndrome Comparison of Motor and Social Skills. *Autism Dev Disord*, 46:2609-2620. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-2794-5>.

Tamplain, P., & Miller, H. L. (2020). What can we do to promote mental health among individuals with developmental coordination disorder? *Current Developmental Disorders Reports*, 8(1), 24–31. 10.1007/s40474-020-00209-7

West, K. L. (2019). Infant Motor Development in Autism Spectrum Disorder: A Synthesis and Meta-analysis. *Child Development*, 90(6), 2053–2070. <https://doi.org/10.1111/cdev.13086>

Thelen, E. (1992). Development as a dynamic system. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 1, 189–193. doi: 10.1111/1467-8721.ep10770402

\*Travers, B. G., Bigler, E. D., Duffield, T. C., Prigge, M. D. B., Froehlich, A. L., Lange, N., Alexander, A. L., & Lainhart, J. E. (2017). Longitudinal development of manual motor ability in autism spectrum disorder from childhood to mid-adulthood relates to adaptive daily living skills. *Developmental Science*, 20(4). <https://doi.org/10.1111/desc.12401>

\*Umesawa, Y., Matsushima, K., Fukatsu, R., Terao, Y., & Ide, M. (2023). Hand-foot coordination is significantly influenced by motion direction in individuals with autism spectrum disorder. *Autism Research*, 16(1), 40–51. <https://doi.org/10.1002/aur.2837>

Wang, L. A. L., Petrulla, V., Zampella, C. J., Waller R., Schultz, R. T. (2022). “Gross Motor Impairment and Its Relation to Social Skills in Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review and Two Meta-Analyses”. *Psychol Bul.* 148(3-4), 273-300. <https://doi.org/10.1037/bul0000358>

West KL. Infant Motor Development in Autism Spectrum Disorder: A Synthesis and Meta-analysis. *Child Dev.* 2019 Nov;90(6):2053-2070. doi: 10.1111/cdev.13086. Epub 2018 May 15. PMID: 29766496.

Wolfers, T., Floris, D.L., Dinga, R., Van Rooij, D., Isakoglou, C., Kia, S.M., Zabihi, M., Llera, A., Chowdanayaka, R., Kumar, V.J., Peng, H., Laidi, C., Batale, D., Dimitrova, R., Charman, T., Loth, E., Lai, M-C., Jones, E., Baumeister, S., Moessnang, C., Banaschewski, T., Ecker, C., Dumas, G., O’Muircheartaigh, J., Murphy, D., Buitelaar, J.K., Marquand, A.F., & Beckmann, C.F. (2019). From pattern classification to stratification: towards conceptualizing the heterogeneity of Autism Spectrum Disorder. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 104, 240-254. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.07.010>

\*Wu, X., Dickin, D. C., Bassette, L., Ashton, C., & Wang, H. (2024). Clinical gait analysis in older children with autism spectrum disorder. *Sports Medicine and Health Science*, 6(2), 154–158. <https://doi.org/10.1016/j.smhs.2023.10.007>

**Table 1.** String terms applied to search in the main databases.

Databases	Search String
<b>Scopus</b>	<p>( <i>TITLE-ABS-KEY</i> ( “<i>motor AND dysfunction</i>” ) <i>OR</i>  <i>TITLE-ABS-KEY</i> ( “<i>movement AND disorder</i>” ) <i>OR</i>  <i>TITLE-ABS-KEY</i> ( “<i>movement AND dysfunction</i>” ) <i>OR</i>  <i>TITLE-ABS-KEY</i> ( “<i>motor AND skills AND disorders</i>” ) ) <i>AND</i> ( <i>TITLE-ABS-KEY</i> ( “<i>autistic AND disorder</i>” ) <i>OR</i>  <i>TITLE-ABS-KEY</i> ( “<i>autism AND disorder</i>” ) <i>OR</i>  <i>TITLE-ABS-KEY</i> ( “<i>autism AND spectrum AND disorder</i>” ) <i>OR</i>  <i>TITLE-ABS-KEY</i> ( “<i>autistic AND spectrum AND disorder</i>” ) )</p>
<b>Pubmed</b>	<p>((("movement disorder") <i>OR</i> ("neurologic manifestations")) <i>OR</i>  ("motor skills disorders")) <i>AND</i> (("autistic disorder") <i>OR</i>  ("autism spectrum disorder"))</p>
<b>Web of Science</b>	<p>((<i>ALL</i>=(“movement disorder”)) <i>OR</i> <i>ALL</i>=(“motor dysfunction”))  <i>OR</i> <i>ALL</i>=(“motor skills disorders”) <i>AND</i> (<i>ALL</i>=(“autism  spectrum disorder”)) <i>OR</i> <i>ALL</i>=(“autism”)</p>
<b>Embase</b>	<p><i>'autism':ti<sup>1</sup>,ab<sup>2</sup>,kw<sup>3</sup></i> <i>AND</i> <i>'motor dysfunction:ti,ab,kw</i></p>

<sup>1</sup>ti - Title; <sup>2</sup>ab - Abstract; <sup>3</sup>kw - Keyword

**Table 2.** Quality NIH assessment of selected studies

Study	Questions														Total /14	Interpretation
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Fears et al. 2024	Y	N	NR	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	NR	NR	Y	9	Fair
Wu et al. 2024	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	N	Y	NR	NR	Y	10	Fair
Fears et al. 2023	Y	Y	NR	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	NR	NR	Y	10	Fair
Kalfirt et al. 2023	Y	Y	NR	N	N	Y	Y	N	Y	N	Y	NR	Y	Y	8	Fair
Umesawa et al. 2023	Y	Y	NR	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	NR	NR	Y	10	Fair
Kilroy et al. 2022	Y	Y	NR	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	NR	NR	Y	10	Fair
Odeh et al. 2022	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	NR	NR	Y	12	Good
Craig et al. 2021	Y	Y	NR	Y	N	Y	Y	N	Y	Y	Y	NR	NR	Y	9	Fair
Crippa et al. 2021	Y	Y	NR	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	NR	NR	Y	10	Fair
An et al. 2021	Y	Y	NR	N	N	Y	Y	N	Y	N	Y	NR	Y	Y	8	Fair
Alsaedi et al. 2020	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	N	Y	N	Y	NR	Y	Y	10	Fair
Gong et al. 2020	Y	Y	NR	Y	N	Y	Y	N	Y	Y	Y	NR	NR	Y	9	Fair
Bricout et al. 2019	Y	Y	NR	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	NR	NR	Y	10	Fair
Kaur et al. 2018	Y	N	NR	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	NR	NR	Y	9	Fair
Travers et al. 2017	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	N	Y	Y	CD	NR	NR	Y	9	Fair
Stevenson et al. 2017	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	NR	NR	NR	Y	11	Fair/Good
Mache et al. 2016	Y	Y	NR	Y	N	Y	Y	N	Y	N	Y	NR	NR	Y	8	Fair
Pusponegoro et al. 2016	Y	Y	NR	Y	Y	Y	Y	N	Y	N	Y	NR	NR	Y	9	Fair
Biscaldi et al. 2015	Y	Y	NR	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	NR	NR	Y	10	Fair

**Table 3.** Descriptive analysis of studies.

Study	Population	Motors Disabilities	Age	Intelligence Assessment	Motor Evaluation	Adicional Scales/Exams
Fears et al. 2024	16 ASD / 12 NT	Whole-body goal-directed movements, Agility, Coordination	7-14 years	WASI-2	MABC-2, DCDQ-2	ADOS-2, SCQ, "Safe Zone" task
Wu et al. 2024	11 ASD / 11 NT	Gait, Speed/Agility, Strength	9-17 years	-	Walking Task	Anthropometric measurements, Motion Capture, Muscular Strength, GRF
Fears et al. 2023	16 ASD / 12 NT	Whole-body goal-directed movements, Agility, Coordination, Balance	5-17 years	WASI-II	MABC-2	ADOS-2, ADI-R, SCQ, "Safe Zone task"
Kalfirt et al. 2023	17 ASD / 15 NT	Gross and Fine Motor Skills, Manual Dexterity, Coordination, Balance, Strength, Agility and Running Speed	9-13 years	Not specified	BOT-2	BMI, Anthropometric Parameters, HRV, Arterial Stiffness
Umesawa et al. 2023	25 ASD / 23 NT	Coordination	15-34 years	WAIS-III, WISC-IV	BOT-2	Edinburgh Handedness Inventory, Kinematic data
Kilroy et al. 2022	33 ASD / 28 DCD /35 NT	Manual Dexterity, Aiming and Catching (ball skills), Balance	8-17 years	WASI-II	MABC-2, FAB, SIPT	SRS-2, ADOS-2, ADI-R, interpersonal reactivity index (IRI), NEPSY-II
Odeh et al. 2022	12 ASD / 12 NT	Fine motor Skills, Manual Dexterity, Aiming and Catching (ball skills), Balance, Coordination, Strength, running Speed and Agility	5-12 years	TONI-3	Vineland-3, MABC-2, BOT-2	ADOS-2, CARS-2, SRS-2
Craig et al. 2021	46 ASD / 30 NT	Fine and Gross Motor Skills, Manual Dexterity, Aiming and Catching (ball	3-6 years	WPPSI-III	MABC-2, PEP-3	ADOS-2, ACSF:SC criteria



		skills), Balance				
Crippa et al. 2021	98 ASD / 98 NT	Fine and Gross Motor Skills, Balance, Coordination, Strength	3-11 years	GMDS-ER, WPPSI-III, WISC-IV	MABC2	ADOS-2, SCQ, SRS, SES, DCDQ, kinematic analysis of a reach-to-drop task
An et al. 2021	18 ASD / 19 NT	Motor Control	Mean age 6 years	K-ABC	Video-game-like motor task	ADOS-2, MEG, Edinburgh Handedness Inventory
Alsaedi et al. 2020	180 ASD / 55 NT	Fine Motor Skill, Manual Dexterity, Coordination, Balance, Running Speed and Agility, Strength	6-12 years	WISC-III, RCPM	BOT-2	GARS-3, CRSASSC, MASQ, Edinburgh Handedness Inventory, parental education level
Gong et al. 2020	58 ASD / 28 NT	Gait	4-6 years	FSIQ	Walking Test	SRS
Bricout et al. 2019	22 ASD / 20 NT	Manual Dexterity, Aiming and Catching (ball skills), Balance, Gait, Repetitive Movements, Running Speed and Agility, Strength	8-12 years	WISC	M-ABC, Vineland, PANESS, EUROFIT	ADOS, Tanner criteria, ECG, Aerobic capacity, Anthropometric data, body composition, muscular strength, and flexibility
Kaur et al. 2018	24 ASD / 12 NT	Gross and Fine Motor Skills, Coordination (Praxis)	5-12 years	SBIQ	BOT-2, SIPT-BMC	ADOS-2
Travers et al. 2017	90 ASD / 56 NT	Gross and Fine Motor Skills, Grip Strength, Coordination	6-39 years	FSIQ, WISC-III, WASI-III, WASI-II	VABS	ADOS, SRS, Grip strength, Finger tapping
Stevenson et al. 2017	45 ASD / 31 NT	Oral and Manual Motor Skills (Roll, Walk, Aiming/Catching, Gross Motor Skills)	3-24 months	-	Early Oral- and Manual-Motor Skills, Developmental Milestones	SCQ, Children's Communication Checklist, MacArthur Developmental Inventory (CDI), SRS, ADI-R
Mache et al.	11 ADS /	Gross Motor Skills,	5-12 years	-	TGMD-3	RBS-R, GRF

2016	11 NT	Manual Dexterity, Balance, Restricted and Repetitive Behaviors				
Pusponogoro et al. 2016	40 ASD / 40 NT	Gross Motor Skills, Aiming and Catching (ball skill), Gait, Running Speed and Agility	18 months - 6 years	-	Vineland-II	Anthropometric measurements, BMI
Biscaldi et al. 2015	22 ASD / 24 ADHD / 20 NT	Fine and Gross Motor Skills, Balance, Motor Performance (Praxis)	6-14 years	WISC-III or -IV, Raven's Standard Progressive Matrices	ZNA, FAT, TBIA	Edinburgh Handedness Inventory, ADOS-G, ADI-R,

## APÊNDICE D - Revisão narrativa

### As manifestações motoras no autismo: Uma revisão narrativa

Samara Helena da Silva<sup>1,4</sup>; Matheus Ribeiro Felippin<sup>2,4</sup>; Letícia de Oliveira Medeiros<sup>4</sup>; Cecília Hedin Pereira<sup>2,3</sup>, Anaelli Aparecida Nogueira Campos<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação e Desempenho Físico-Funcional, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Biofísica, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil

<sup>3</sup> Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil

<sup>4</sup> Laboratório de Neurofisiologia Cognitiva, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Biofísica e Fisiologia, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

E-mail: anaelli.campos@ufjf.br

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é uma desordem do neurodesenvolvimento com manifestações neuropsiquiátricas variadas e de etiologia ainda desconhecida. O TEA é definido por alterações da comunicação/socialização e por padrões restritos e repetitivos de comportamentos/interesses. Esses sintomas são tipicamente considerados centrais da doença, mas outras manifestações são frequentes, como sintomas motores, que serão o tema desta revisão narrativa, realizada com base em 21 estudos eleitos, de acordo com palavras-chave como “TEA” e “*Motor skills disorder*”, encontrados nas bases de dados PUBMED, EMBASE, SCOPUS e WEB OF SCIENCE. As alterações motoras aparecem desde a infância, inclusive precedendo o desenvolvimento de sintomas sócio-comunicativos; e cuja utilidade diagnóstica e prognóstica tem sido estudada. As principais manifestações motoras encontradas são os problemas de coordenação, que impactam na aquisição de habilidades motoras grossas e finas. Outros sintomas incluem: apraxia, tiques, hipotonia, estereotípias, marcha atípica, instabilidade postural, bradicinesia e hipocinesia. Embora esses sintomas não sejam tradicionalmente considerados “essenciais” ou “inerentes” ao TEA, seu impacto na apresentação clínica são muito evidentes principalmente na funcionalidade motora dos

autistas. Parece portanto relevante avançar além da caracterização clínica e fisiopatológica dessas manifestações motoras, mas também reconsiderar seu lugar na definição e diagnóstico do TEA.

**Palavras-Chave:** Transtorno do Espectro Autista, Transtorno Autístico, Transtornos Motores, Desempenho Psicomotor, Destreza Motora.