

ROBÔS HUMANOIDES NO CONTEXTO EDUCACIONAL E TERAPÊUTICO DE CRIANÇAS COM AUTISMO: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

HUMANOID ROBOTS IN THE EDUCATIONAL AND THERAPEUTIC CONTEXT OF CHILDREN WITH AUTISM: CHARACTERISTICS AND APPLICATIONS

Recebido em: 24/05/2024

Aceito em: 03/10/2024

Publicado em: 12/11/2024

George França dos Santos¹ 
Universidade Federal do Tocantins

Héllen Souza Luz² 
Universidade Federal do Tocantins

Simone Lima de Arruda Irigon³ 
Universidade Federal do Tocantins

Ricardo Loureiro Soares⁴ 
Universidade Federal do Tocantins

Resumo: Este artigo explora a aplicação de robôs humanoides em intervenções educacionais para crianças com autismo, um campo de estudo que tem ganhado atenção devido ao potencial dessas tecnologias em facilitar o aprendizado e a interação social. Através de uma revisão bibliográfica abrangente, realizada em diversas bases de dados entre os anos de 2015 e 2023, identificamos os principais robôs utilizados no atendimento a essa população específica. A seleção dos estudos focou em pesquisas que apresentaram estratégias concretas de utilização dos robôs, excluindo-se revisões sistemáticas, propostas teóricas sem intervenção prática e estudos que não envolveram robôs humanoides. No total, 35 estudos foram analisados, destacando-se as funcionalidades dos robôs, os comportamentos-alvo das intervenções e os resultados obtidos. Este trabalho contribui para o campo da robótica educacional e terapêutica, oferecendo insights valiosos para pesquisadores, desenvolvedores e profissionais da educação especial, na escolha de robôs humanoides como ferramentas de apoio para crianças com autismo, visando uma integração social e educacional mais efetiva.

Palavras-chave: Robôs Humanoides; Transtorno do Espectro Autista; Comportamentos-Alvo.

Abstract: This article investigates the use of humanoid robots in educational interventions for children with autism, a field of study that has attracted attention due to the potential of these technologies to facilitate learning and social interaction. Through a comprehensive literature review conducted across various databases from 2015 to 2023, we identified the key robots used in assisting this specific population. The study selection focused on research that presented concrete strategies for using robots, excluding systematic reviews, theoretical proposals without practical intervention, and studies that did not involve humanoid robots. In total, 35 studies were analyzed, highlighting the robots' functionalities, target behaviors in the interventions, and the outcomes achieved. This work

¹ Professor do Programa de Pós-graduação de Governança e Transformação Digital da Universidade Federal do Tocantins. E-mail: george.f@uft.edu.br

² Doutoranda no Programa de Pós-graduação de Governança e Transformação Digital da Universidade Federal do Tocantins. E-mail: hellen.luz@gmail.com

³ Doutoranda no Programa de Pós-graduação de Governança e Transformação Digital da Universidade Federal do Tocantins. E-mail: simonelimadearruda@gmail.com.

⁴ Aluno do Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional da Universidade Federal do Tocantins. E-mail: ricardo.l.soares@gmail.com

contributes to the field of educational and therapeutic robotics, offering valuable insights for researchers, developers, and special education professionals in selecting humanoid robots as support tools for children with autism, aiming for more effective social and educational integration.

Keyword: Humanoid Robots; Autism Spectrum Disorder; Target Behaviors

INTRODUÇÃO

Atualmente, há um amplo debate sobre o papel das tecnologias no apoio aos processos de aprendizagem e interação de crianças com autismo em ambientes escolares. A robótica, assim como outras tecnologias, emerge como tema relevante nesse debate, sendo reconhecida como uma tecnologia com potencial para contribuir de maneira ética e eficaz nesse contexto. Contudo, existe uma vasta gama de possibilidades a serem exploradas e compreendidas sobre a integração responsável e efetiva da robótica no estímulo ao desenvolvimento e interação de crianças autistas nas instituições escolares. Esta questão é central e está em foco neste trabalho devido à sua complexidade, demandando aprofundamento e discussão contínua.

Estudos indicam que a robótica e a interação homem-robô oferecem potencial significativo no auxílio ao diagnóstico e ao desenvolvimento de indivíduos com autismo (DIEHL *et al.*, 2014; CLABAUGH *et al.*, 2019). Esse potencial passa pela sua capacidade de oferecer meios eficientes de medir o envolvimento das crianças, bem como permitir uma interação mais natural com as mesmas, de modo a conseguir oferecer intervenção em tempo hábil (RUDOVIC *et al.*, 2017).

A Robótica Socialmente Assistiva surgiu da interação entre a Robótica Assistiva e a Robótica Socialmente Interativa e pode desempenhar funções de motivação e influenciar mudanças de comportamento em suas interações com usuários humanos (SCASSELLATI, ADMONI; MATARIC, 2012). Conforme Reilly (2012), a educação de crianças com autismo é complexa e deve envolver modelos multiníveis que contemplem ações de adaptação e acomodação nos diversos ambientes em que ela é desenvolvida. Nesse sentido, os robôs apresentam um conjunto de funcionalidades e características que podem representar esses modelos multiníveis e, a partir de sensores e interfaces de interação amigáveis, promover intervenções intencionais dentro do processo educacional e terapêutico de crianças com autismo.

Este estudo analisa uma diversidade de robôs com características distintas e os comportamentos-alvo enfatizados nas pesquisas correlatas. Essa heterogeneidade torna desafiadora a escolha, por parte dos profissionais, dos robôs que melhor se adequam aos comportamentos a serem observados em seus contextos de intervenção. Também mapeamos os

principais comportamentos que são alvo das intervenções baseadas em robôs e as características dos robôs utilizados nessas intervenções. O mapeamento de tais informações pode auxiliar a comunidade interessada (pesquisadores, terapeutas e professores) na escolha de robôs com as características adequadas para a realização de intervenções em crianças autistas.

A metodologia adotada consistiu em uma revisão sistemática de estudos focados na aplicação de robôs em intervenções dirigidas a crianças com autismo. Exploramos, em bases de dados, pesquisas que possam estabelecer relações com os tipos de robôs mais utilizados, suas características e funcionalidades no contexto educacional e terapêutico.

Este artigo visa analisar as características de robôs humanoides empregados em pesquisas e sua correlação com comportamentos-alvo, objetivando auxiliar desenvolvedores e profissionais da área na seleção de plataformas robóticas que ofereçam o melhor custo-benefício. O artigo está estruturado da seguinte maneira: a Introdução contextualiza o tema e destaca sua importância; a seção Procedimentos Metodológicos detalha a abordagem de revisão adotada; na sequência, são apresentados os resultados das análises dos estudos referentes às Características dos robôs humanoides utilizados e aos Comportamentos-alvo abordados; e, finalmente, as Considerações Finais encerram o trabalho.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A compreensão das aplicações da robótica em intervenções para indivíduos com autismo tem sido um foco recente de estudo. Para aprofundar essa compreensão, realizou-se uma revisão bibliográfica visando identificar os principais robôs atualmente destacados no atendimento de crianças com autismo. Em resumo, este texto apresenta o processo dessa revisão, voltado para explorar a utilização de robôs humanoides em intervenções terapêuticas e educacionais destinadas a esse público específico.

A revisão foi conduzida nos seguintes bancos de dados: Scopus (Elsevier), OneFile (GALE), Advanced Technologies & Aerospace Database, Social Sciences Citation Index e Science Citation Index Expanded (ambos no Web of Science), acessíveis através da plataforma Periódicos CAPES. Empregaram-se combinações específicas de palavras-chave para a busca: ("autism*" OR "ASD" OR "TEA" OR "autismo") AND ("robot" OR "robô") AND ("LEARNING" OR "aprendizagem") AND ("CLASSROOM" OR "School" OR "sala de aula" OR "escola"). A busca ainda restringiu a artigos que tivessem no título ("autism*" OR "ASD" OR "TEA" OR "autismo") AND ("robot" OR "robô"). Uma pesquisa na base de dados

Springer com as palavras-chaves “autism” AND "robot" cujo título do estudo deveria conter a palavra “robot” foi realizado.

A escolha dos artigos revisados por pares entre os anos de 2015 e 2023 foi fundamentada na busca por estudos atualizados e confiáveis, considerando o rápido avanço e a inovação na área da robótica aplicada ao autismo. Esse intervalo de tempo permitiu acompanhar o desenvolvimento tecnológico, visto que a utilização de robôs humanoides em intervenções para crianças com autismo tem sido uma área em constante evolução. Excluíram-se estudos sem estratégias concretas de utilização de robôs, revisões sistemáticas, artigos teóricos sem intervenção prática e trabalhos que não envolviam robôs humanoides.

Essa abordagem buscou assegurar que os estudos selecionados oferecessem informações relevantes sobre a aplicação prática dos robôs humanoides, incluindo informações detalhadas sobre os comportamentos-alvo trabalhados, o papel desempenhado pelo robô na intervenção, suas funcionalidades relevantes e os resultados obtidos. A pesquisa resultou em 31 estudos identificados na plataforma Periódicos CAPES e 35 estudos na base Springer. Inicialmente, realizou-se a análise de títulos e resumos para uma triagem preliminar. Para uma triagem inicial posterior, um conjunto de estudos que apresentaram contribuições para a compreensão da utilização desses robôs nas intervenções destinadas a crianças com autismo. Ao final, 35 estudos foram incluídos para a análise.

O objetivo desta abordagem foi assegurar a seleção de estudos que oferecessem insights práticos sobre o uso de robôs humanoides, oferecendo detalhes sobre os comportamentos-alvo abordados, o papel desempenhado pelos robôs nas intervenções, suas funcionalidades mais relevantes.

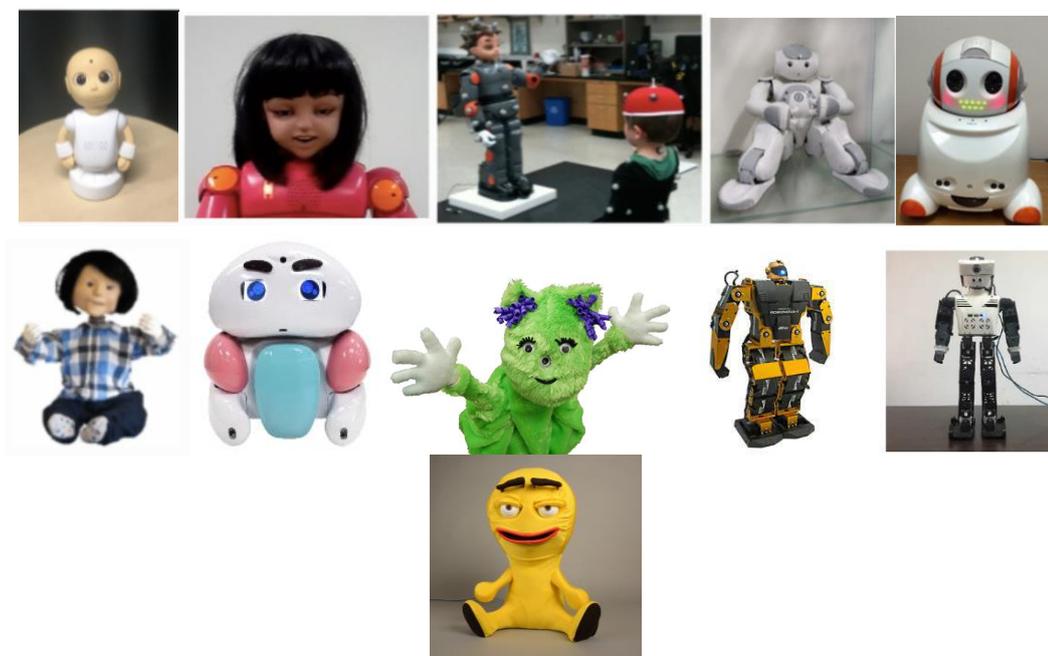
CARACTERÍSTICAS DOS ROBÔS SOCIAIS HUMANOIDES

A concepção de robôs destinados a atenderem às pessoas com autismo em uma abordagem assistiva enfatiza a necessidade de um design que preza pelo equilíbrio entre a interação humana e a acessibilidade. Desse modo, a aparência física deve ser pensada para ser amigável e convidativa, simplificando os principais elementos relacionados à interação social e evitando traços demasiadamente realistas que podem causar estranheza e inviabilizar o desenvolvimento de habilidades nas crianças com autismo por meio da interação. Nessa sessão os robôs utilizados nos estudos serão apresentados de acordo com as suas características físicas e funcionalidades.

DESIGN FÍSICO, APARÊNCIA E CAPACIDADE DE INTERAÇÃO

Os robôs variam no que se refere ao tamanho, peso, mobilidade, capacidade de reproduzir expressões faciais e interagir. No que se refere a altura, o menor robô, apresentado pelo CommU, tem 30,4 cm e os maiores, Alice-R50 e Zeno, têm 69 cm. Em relação ao peso, CommU apresenta apenas 740g enquanto Kaspar possui 15kg. Diante dessa característica, em grande parte das interações ocorriam com os robôs posicionados em cima da mesa, ou no chão com as crianças sentadas.

Imagem 1 - Robôs utilizados nos estudos: a) CommU, b) Mina, c) Zeno, d) NAO, e) Humane, f) Kaspar, g) Bliss, h) Charlie, i) Robonova, j) ARC, h) ONO.



Fonte: Dados da Pesquisa (2015 a 2023)

Entre os robôs apresentados nos estudos, Alice-R50 e Zeno apresentam o design mais realista, com o maior número de graus de liberdade (36 DOFs). Graus de liberdade (DoF), dentro do contexto da robótica, se refere ao número de maneiras pelas quais o robô pode se mover ou orientar no espaço, cada DoF representa uma direção única na qual uma junta do robô pode se mover ou girar. O movimento das juntas de um robô é o que possibilita a sua atuação no mundo com a realização de movimentos corporais e faciais que modelam ações humanas.

Os graus de liberdade (DoF), particularmente na face e nos membros, variam significativamente. O Zeno apresenta um total de 36 DoFs no total, incluindo 8 DoFs dedicados

pagina 5 de 25

DOI: <https://doi.org/10.56579/rei.v6i4.1306>

à articulação facial. Isto contrasta com o CommU, que prioriza os movimentos da cabeça em interações visuais.

Por conseguinte, uma importante característica que difere os robôs é o número de expressões faciais, e por consequência sentimentos, que os mesmos podem expressar. Movimento de cabeça, boca, pálpebras, sobrancelhas podem beneficiar intervenções que envolvam o reconhecimento de emoções e são relevantes para ampliar habilidades de interação e comunicação social. Dos 11 robôs apresentados, 4 possuem a capacidade de realizar movimentos faciais como piscar dos olhos e movimento da boca (Zeno, Alice, Kaspar e CommU). Taheri *et al.* (2018) utilizou dois robôs em suas intervenções, um com menos habilidade em realizar expressões faciais (NAO) e outro com mais (Alice-R50). Apesar da utilização em ambos em cenários similares, não apresenta os dados classificados por robô e não apresenta considerações sobre o impacto dessas diferenças nas intervenções, tal como na análise sobre a preferência de interação e nível de engajamento entre robôs e indivíduos com autismo ser alvo de alguns estudos pilotos (KUMAZAKI *et al.*, 2017; RUDOVIC *et al.*, 2017) ainda há muito o que compreender sobre o impacto dessas características no engajamento dos indivíduos dentro do processo de interação.

Apesar de não possuírem a capacidade de expressar movimentos faciais, outros robôs também foram utilizados em atividades de reconhecimento de emoções. O robô NAO, conforme Saadatzi *et al.* (2018), foi utilizado para treinar a diferenciação e o reconhecimento de emoções por meio da prosódia, e em Marino *et al.* (2020) foram utilizadas atividades de pantomima e histórias sociais para a aquisição da capacidade de rotular as emoções.

Outra característica que diferencia de forma marcante os robôs é a capacidade de movimentar os membros superiores e inferiores. Apesar de cinco robôs possuírem a capacidade de movimentar os membros inferiores (Alice R-50, Zeno, NAO, Robonova-I e ARC) a movimentação no espaço foi apresentada apenas em 1 estudo (PETRIC; KOVACIC, 2020). Considerando que o grande foco das abordagens apresentadas nos estudos foi o processo de diagnóstico e comunicação, não foi possível observar diferenças relevantes quanto à capacidade de caminhar dos robôs. Os estudos, em sua grande maioria, utilizaram os robôs em pontos fixos para a interação. Esses pontos poderiam ser sentados, apoiados em uma mesa, ou até no chão. O movimento dos membros inferiores do robô NAO foi utilizado em atividades de Role-Play, Dança e Imitação, mas apenas circunscrito ao mesmo local.

Importa ressaltar que os estudos ainda não apresentam uma relação entre a capacidade de realizar movimentos e a efetividade nas atividades, sendo a escolha das plataformas utilizadas pelos pesquisadores pautada pelas características das atividades. Para ilustrar, *So et al.* (2023) utiliza um robô simples, com 8 DoFs para uma tarefa de atenção conjunta. A mesma pesquisadora utilizou, em 2019, o NAO para atividades de dramatização. Quanto maior a quantidade de DoF mais complexas são as interações oportunizadas e o custo da tecnologia. Existe uma tendência em criar robôs mais simples, com cada vez menos DoF, com a substituição da função do movimento por outros elementos como telas. Mais estudos são necessários para avaliar o impacto dessas diferentes características nas atividades de interação entre robô-criança no campo do autismo.

Um grande desafio também identificado nos estudos é a capacidade de dar autonomia aos robôs. Dotar essas plataformas com sensores e sistemas de reconhecimento e inteligência artificial, utilizados no processo de identificação de demandas e apoio à decisão, ainda são um grande desafio dentro da Robótica Socialmente Assistiva. Para contornar esses desafios a grande maioria dos estudos os robôs foram manipulados utilizando uma técnica denominada Mágico de Oz, onde um operador humano é que manipula o robô e promove a interação por meio de um dispositivo remoto, que pode ser um computador, tablet ou acionador de botão.

Apesar de desafiador, um estudo apresentou uma maior autonomia aos seus robôs (PETRIC; KOVACIC, 2020) possibilitando que a atividade fosse realizada com interferências mínimas de um operador humano presente na intervenção. Taheri *et al.* (2018) e Pour *et al.* (2018) utilizaram o processamento de imagem por meio do Kinect, câmeras embarcadas e algoritmos para promover a autonomia nas atividades de imitação. Em Marino *et al.* (2020) o robô NAO foi incrementado com uma rotina automática de reconhecimento facial e Scripts pré-definidos de comportamento como o de recompensa, incentivo, pausas, estímulo de atenção e reforço social. Duque *et al.* (2019) implementou por meio da plataforma de código aberto OPSORO algumas atividades automáticas como o deslocamento do olhar para a criança em eventos específicos, a mudança da expressão facial de neutra para positiva quando a criança olha para o alvo e o fornecimento de recompensas sonoras. Além disso, um Módulo de Comportamento de Alividade (ABM) foi implementado, que consiste em piscar os olhos do robô e mudar seus braços entre algumas posições predefinidas. Tais comportamentos automáticos possibilitam simular interações mais realistas, com pequenos movimentos nas pausas de interação, da mesma forma que serem animados fazem.

Diferentes formas de interação foram apresentadas, adicionando, inclusive, características sobre-humanas aos robôs. Em Wood *et al.* (2019) a projeção de tela foi utilizada para auxiliar na atividade de Tomada de Perspectiva Visual (VPT), demonstrando a criança que a perspectiva de visão do robô é diferente da que a própria criança possui. Grande parte das interações ainda são apoiadas na vocalização e nos movimentos corporais e faciais. A apresentação de emoções na fala automatizada ainda é um desafio. Em Duville, Alonso e Barra *et al.* (2018) o recurso de gravar a voz humana e sintetizar foi utilizado para expressar melhor as emoções. David *et al.* (2018) o recurso de utilizar a voz humana pré-gravada foi utilizado em virtude do NAO não disponibilizar a voz romena. Em Berk-Smeekens *et al.* (2020), os recursos de incluir pausas na fala do robô e a ortografia fonética em detrimento da real foram utilizados para melhorar a clareza da fala. Apesar da vocalização ser, junto com o movimento, o grande pilar das interações em alguns estudos, apenas a interação gestual foi utilizada (POUR *et al.*, 2018; ARIANIA *et al.*, 2020).

Outra modalidade de interação apresentada foi a por meio do toque. Em Costa *et al.* (2014) Kasper foi equipado com sensores de toque e programado para distinguir entre o toque suave a áspero e responder de forma automática, oferecendo um feedback social por meio de verbalizações como “Isso é bom!” ou “Isso dói!”. Em Chung (2020) o robô NAO foi programado para produzir sons de riso, balançar e dizer “faz cócegas” quando a sua cabeça era tocada.

Pensando em oportunizar uma experiência agradável ao toque e/ou uma interação mais realista, diferentes materiais foram utilizados para cobrir o corpo dos robôs. Charlie utiliza uma cobertura verde brilhante de pelúcia. Ono também utiliza uma cobertura em espuma e tecido, tornando o toque mais suave. Os robôs Alice-R50 e Zeno possuem o rosto coberto de um polímero especial que possibilita simular expressões faciais mais realistas. Charlie utiliza uma máscara utilizada em manequins usados em treinamento de reanimação cardiopulmonar, os demais robôs utilizam coberturas de plástico e alumínio.

Por fim, algumas plataformas disponibilizam um software de apoio que possibilita o controle e a programação de forma facilitada. Tais plataformas oportunizam que pessoas que não possuem habilidades de programação configurem os robôs e criem cenários de interação adequados aos seus interesses de forma autônoma. O robô NAO disponibiliza o software Coregraphe que possibilita programar os comportamentos por meio de uma linguagem visual,

Robonova disponibiliza a plataforma Roboscript de modo a permitir a personalização de forma facilitada.

COMPORTAMENTOS-ALVO

Déficit na Comunicação Social e na Interação é o elemento central que caracteriza o autismo. Diversos pesquisadores têm empreendido ações no sentido de compreender a etiologia do transtorno e, apesar da sua origem ainda desconhecida, atualmente sabe-se que as habilidades de linguagem e comunicação, basilares para o processo de interação, aprendizado e compreensão do mundo, estão presentes em crianças neurotípicas e desde a tenra idade não se encontram desenvolvidas (não no mesmo grau de desenvolvimento) no mesmo período em crianças com autismo.

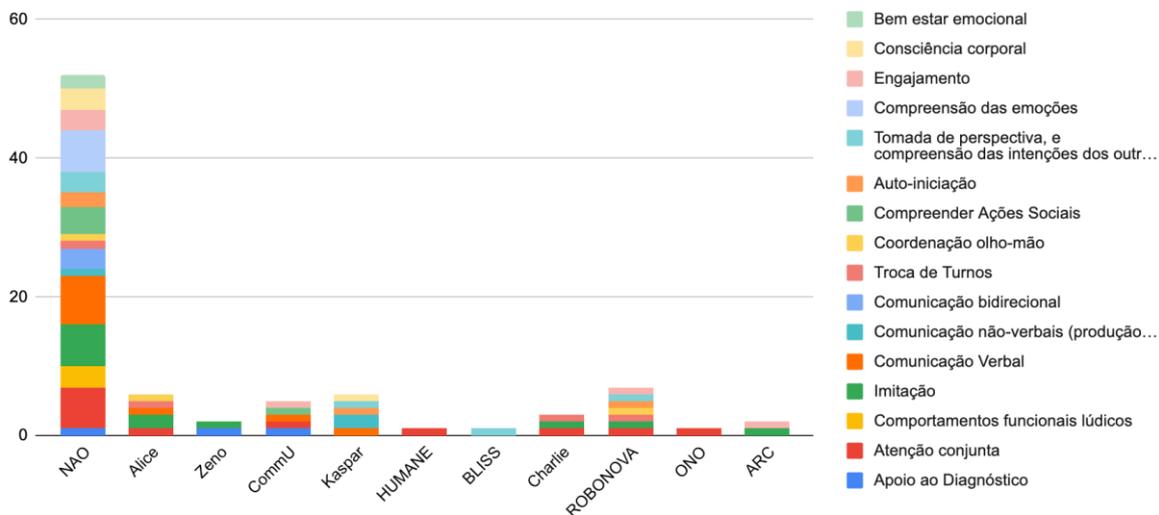
Nessa conjuntura, existe uma grande preocupação da comunidade científica em torno no desenvolvimento precoce de tais habilidades em indivíduos autistas como demonstrado na imagem 1 com aplicações da robótica desde habilidades básicas como: Atenção Conjunta, Deslocamento do Olhar, Imitação, Auto-iniciação além de intervenções direcionadas de forma específica para a comunicação verbal e não verbal.

Imagem 2 - Comportamentos-alvo abordados nos estudos.



Fonte: Dados da Pesquisa (2015 a 2023)

Imagem 3 - Robôs utilizados nas intervenções e os comportamentos-alvo.



Fonte: Dados da Pesquisa(2015 a 2023)

O robô NAO foi utilizado em David *et al.* (2018) para investigar se o desempenho da atenção conjunta em crianças com autismo depende dos sinais sociais emitidos pelo robô em uma sessão de terapia. A atenção conjunta pode ser considerada uma das bases da interação social (CAO *et al.*, 2019), ela pode ser definida como a capacidade de compartilhar a atenção com outras pessoas por meio de movimentos como apontar e direcionar o olhar (SO *et al.*, 2023). Diferentes tipos de sinais sociais foram utilizados, a saber: orientação do olhar, apontamento e instrução vocal. Nesse estudo, um operador presente na sala controla os movimentos do robô em uma técnica denominada Mágico de Oz. Além do operador, em todas as interações uma terceira pessoa media a interação entre o robô e o humano. No estudo, 5 crianças com diagnóstico de autismo confirmado e com dificuldades observáveis em relação à atenção conjunta participaram dos estudos. Os resultados indicam que o ato de apontar pode ser um elemento importante para envolver crianças com autismo em suas atividades e, quando utilizada em conjunto com mais pistas, como o direcionamento do olhar, aumenta o desempenho da criança. A instrução vocal foi apresentada de forma sobreposta às demais dicas sociais e não apresentou contribuição adicional sobre o ato de apontar.

A atenção conjunta foi um comportamento-alvo em diversos outros estudos (Kumazaki *et al.*, 2018; SO *et al.*, 2020; SO *et al.*, 2023; TAHERI *et al.*, 2017). Kumazaki *et al.* (2018) comparou o comportamento de crianças com autismo com o de crianças com Desenvolvimento Típico (DT) em uma tarefa de elicitación de atenção conjunta com agente humano e um agente

robótico. No estudo, 68 crianças entre 5 a 6 anos, 30 com autismo e 38 com DT foram distribuídas em 4 grupos, dois grupos para intervenção com robôs e dois grupos controles. Cada grupo participou de 3 sessões com 5 minutos cada, a primeira com um agente humano, a segunda com um agente humano ou robô, e a terceira com um agente humano. O agente robótico utilizado foi um robô "CommU" (Vstone Co., Ltd.), que possui olhos claros e pode movimentar os olhos para os lados. CommU fica em cima de uma mesa e possui dois quadros atrás dele, um de cada lado. A interação iniciava com algumas perguntas realizadas pelo robô à criança e, durante a segunda metade de cada interação, o robô tentava induzir a atenção conjunta chamando a atenção com falando "Hey!", olhando para criança por 1 segundo e depois olhando para a imagem da esquerda por 3 segundos. Essa ação foi realizada de forma alternada entre as imagens tentando induzir a atenção conjunta 4 vezes a cada sessão. Como resultado, a atenção conjunta nas crianças com autismo foi melhor durante a intervenção com o robô do que com os humanos, as mesmas apresentaram melhor atenção conjunta com humanos após interagir com o robô. Além da atenção conjunta, os comportamentos funcionais lúdicos em crianças pré-escolares foram investigados em So *et al.* (2020). No estudo, vinte e três crianças foram designadas aleatoriamente em dois grupos: intervenção e controle. No grupo de intervenção um robô NAO foi utilizado em uma atividade de dramatização de 45 minutos, semanalmente, por 9 semanas. O robô recepcionava as crianças com um cumprimento e apresentava as seguintes orientações: "Hoje, vamos fazer um drama. Por favor, sente-se, relaxe e assista ao nosso drama. Depois de assistir duas vezes ao nosso drama, pediremos que participe de uma dramatização conosco. Você entendeu?" Caso a criança compreendesse, dois robôs repetiam duas vezes uma dramatização. Ao final, a criança era convidada a assumir um dos papéis no drama e repetir a encenação com um dos robôs e, na sequência, com um participante humano. A encenação permitiu às crianças a trabalharem a iniciação e respostas à conversas. Descobriu-se que as crianças tinham uma probabilidade significativamente maior de iniciar atenções conjuntas considerando a Escala de Comunicação Social Primitiva (ESCS), bem como um aumento significativo no número de outros comportamentos lúdicos direcionados.

Em um recente estudo (SO, *et al.*, 2023), comparou a eficácia na aprendizagem da intervenção baseada em robôs em relação à intervenção baseada em humanos para melhorar a atenção conjunta. No estudo, 38 crianças chinesas com autismo e déficits intelectuais de idade entre 6 e 9 anos foram aleatoriamente designadas para receber 30 minutos de sessões de treinamento por 3 semanas com um humano ou um robô. A avaliação pré-teste, pós-teste

imediate e tardio também se baseou na ESCS diferenciando as 2 classes de atenção conjunta: Resposta à Atenção Conjunta (RAC) e a Iniciação à Atenção Conjunta (IAC). Podemos entender a RAC como a resposta do indivíduo ao seguir a mudança de olhar e/ou apontar de outra pessoa enquanto que a IAC é a capacidade do indivíduo de buscar a atenção de outra pessoa e direcionar para um objeto e/ou evento por meio de sinais sociais como o direcionamento do olhar e o apontar. A intervenção também foi baseada em dramas, mas, neste estudo o robô NAO foi substituído pelo HUMANE (KHOSLA *et al.*, 2015) pela possibilidade de emitir RAC e IAC pela movimentação da cabeça e direcionamento do olhar. O estudo demonstrou que as crianças que participaram da intervenção com robôs apresentaram mais RAC e IAC no pós-teste tardio do que no pré-teste, confirmando a eficácia da intervenção para crianças autistas com altas necessidades e apoio. Ainda, em Taheri *et al.* (2018) além da atenção conjunta, comportamentos como o deslocamento de olhar, imitação, estereotípias e comunicações verbais foram analisados em um estudo exploratório que investigou o comportamento dos participantes dentro e fora do programa de treinamento. Seis crianças e adolescentes do sexo masculino foram agrupados em três pares, a saber: 1) um par de gêmeos com 7 anos de idade, um com autismo e alto funcionamento e outro com baixo funcionamento; 2) dois irmãos com autismo de alto funcionamento com 15 e 10 anos; 3) dois colegas de classe de alto funcionamento com idades entre 6 e 7 anos. Os pesquisadores desenvolveram um conjunto de jogos com base na Análise Comportamental Aplicada (ABA) assistido por robôs e aplicaram um protocolo de 12 sessões de jogos em grupo. Dois robôs foram utilizados nos jogos, um robô do tipo NAO e um outro robô humanoide Alice-R50 criado pela RoboKind Company que foi denominado "Mina".

Mina foi escolhida por sua capacidade de expressar emoções faciais oportunizado por 8 graus de liberdade na face e, ao todo, 32. Graus de liberdade (DoFs) pode ser definido pelo número de variáveis de posição independentes que devem ser especificadas para se localizarem todas as peças de um mecanismo (CRAIG, 2012), elas representam a capacidade do robô de realizar movimentos e, por meio destes apresentar poses e expressões humanas. Dentro dos jogos, os papéis dos robôs poderiam variar conforme a abordagem e o comportamento-alvo pretendido, podendo representar os papéis de professor, um seguidor, companheiro ou ferramenta de reforço. Os resultados indicaram que a gravidade do autismo de todos os participantes diminuiu após o programa comparando aos comportamentos observados nas crianças com seu desempenho anterior.

Três estudos apresentaram propostas de modelos de apoio ao processo de diagnóstico em crianças com autismo. Petric e Kovacic (2020) utilizaram em seu estudo dois robôs NAO para projetar e validar protocolo de diagnóstico do autismo assistido por robôs. No estudo, um dos robôs assumia o papel principal, realizando a intervenção diretamente à criança como um terapeuta e funcionando em modo semi-autônomo (com mínimas intervenções do operador no decorrer da sessão). O segundo robô assumia um papel secundário, ficando no chão em um canto do laboratório. O mesmo era acionado pelo robô principal no momento da realização da atividade de atenção conjunta. A sequência de tarefas realizadas pelas crianças junto ao robô principal eram: 1) Solicitação de jogo; 2) Imitação funcional; 3) Atenção conjunta; e 4) Resposta a uma chamada de nome. A validação do modelo de tarefa para o diagnóstico foi realizada por meio de sessões experimentais com 14 crianças comparando a avaliação realizada pelo robô com a avaliação da interação fornecida por especialistas em autismo.

Wijayasinghe *et al.* (2016) utilizou o robô social comercial Zeno para criar um cenário de jogo imitativo para detecção precoce do transtorno do espectro do autismo com base em déficits sensoriais-motores. O robô foi fortemente modificado para permitir o controle de movimento em tempo real e a captura de dados. A amostra incluiu 13 (treze) crianças de diferentes faixas etárias que foram instruídas a imitar os 5 gestos realizados por Zeno: acenar com a mão direita, esfregar a barriga direita, bater com o punho direito, acenar com a mão esquerda e bater com o punho esquerdo. A hipótese estabelecida é a de que a qualidade da interação imitativa poderia ser transformada em uma medida significativa para auxiliar os terapeutas no diagnóstico do autismo infantil. Apesar do coorte pequeno, os resultados demonstraram que crianças com autismo tiveram um resultado ruim em comparação com indivíduos neurotípicos em tarefas de imitação.

Ainda, Kumazaki *et al.* (2019) avaliou a viabilidade de utilizar dois robôs humanoides para avaliar a capacidade de comunicação social de crianças com autismo. Os robôs utilizados são denominados "CommU" (Vstone Co., Ltd.) foram escolhidos por serem capazes de expressar uma ampla gama de expressões simplificadas como piscar e deslocar os olhos, mover lábios ao falar e deslocar o pescoço. Para o estudo foi criado um roteiro com cenários referentes à uma festa de aniversário com atividades como colocar a vela no bolo, levar o bolo a um companheiro, e limpar uma bagunça com uma toalha. O estudo apresentou uma correlação significativa na avaliação da capacidade de comunicação social entre a configuração do sistema

robótico e a configuração ADOS, com clínicos humanos. Ainda, o sistema robótico pode ser apropriado para avaliar a severidade das características autistas em indivíduos com autismo.

As habilidades de comunicação são atendidas por um grande grupo de estudos (DE KORTE *et al.*, 2020; QIDWAI, 2020; DUVILLE, ALONSO-VALE E IBARRA-ZARA, 2021; SO *et al.*, 2020; SAADATZI *et al.*, 2018; KUMAZAKI *et al.*, 2018).

No estudo de De Korte (2020) habilidades de auto-iniciação e sócio-comunicativas gerais foram investigadas por meio do Tratamento de Resposta Pivotal (PRT) assistido por robôs. Nele, cenários de jogos foram desenvolvidos para a motivação da interação humano-robô e contingenciados em três etapas: 1) o terapeuta controlou o robô para fornecer um estímulo antecedente; 2) o terapeuta controlou robô para alertar a criança em mostrar o comportamento-alvo; e 3) o terapeuta controlou o robô no reforço do comportamento alvo natural. Para tanto, um robô do tipo NAO foi utilizado em um ensaio clínico randomizado com 44 crianças com autismo entre 3 e 8 anos. Os autores concluíram que crianças que receberam o PRT assistido por robôs tiveram maiores ganhos em auto iniciações funcionais. O ganho também foi relacionado com o desenvolvimento de uma maior consciência social na avaliação dos pais.

Habilidades comunicativas também foram abordadas no estudo de Qidwai (2020) por recomendações de professores e psicólogos. Para tanto, um conjunto de comportamentos foram mapeados em movimentos robóticos em um robô do tipo NAO para que o mesmo possa ser utilizado em uma série de comportamentos pedagógicos e terapêuticos tais como exercícios, canto, explicação, brincadeiras com crianças, cumprimentar os outros, responder à saudação e responder a perguntas. O estudo ocorreu estritamente em salas de aula com 15 crianças autistas com idade entre 7 e 11 anos. As brincadeiras envolveram atividades de mímica, de seguir as instruções do robô e, portanto, necessitou que o mesmo também emitisse sons e realizasse o reconhecimento da fala dos participantes. O pesquisador concluiu que as crianças com autismo têm capacidade de interagir e aprender melhor com as plataformas tecnológicas do que com as plataformas convencionais.

Habilidades de comunicação também foram abordadas no estudo de So *et al.* (2020). O estudo utilizou um robô do tipo NAO no papel de narrador em cinco histórias de treinamento diferentes. As histórias versavam sobre situações sociais do dia-a-dia e eram acompanhadas por gestos relacionados à situações vivenciadas pelos personagens das histórias. Após quatro sessões de treinamento, as crianças com autismo produziram gestos tão precisos quanto os

participantes de desenvolvimento típico. O protocolo ainda se mostrou útil na promoção da competência social geral como atenção conjunta, tomada de perspectiva, e compreensão das intenções dos outros.

O processo de aquisição explícita e aprendizagem vicária de palavras visuais foram abordados na pesquisa de Saadatzi *et al.* (2018). Nela, três crianças, de 6 a 8 anos de idade com autismo e com necessidade de aumento de vocabulário de palavras visuais participaram da intervenção. Nela, um robô do tipo NAO foi usado para imitar um colega dentro do ambiente de aprendizagem. Os resultados indicaram que os participantes adquiriram, mantiveram e generalizaram 100% das palavras explicitamente instruídas a eles, cometeram menos erros enquanto aprendiam as palavras comuns entre eles e o colega robô, e vicariamente aprendeu 94% das palavras instruídas apenas para o robô.

No estudo de Duville, Alonso-Vale e Ibarra-Zara (2021) a intervenção baseada em um Robô NAO foi utilizada para a discriminação de prosódias afetivas com o objetivo de avaliar a plasticidade neuronal induzida por robôs sociais relacionada ao processamento de emoções em crianças autistas. A compreensão das emoções através da fala é uma habilidade central no processo de comunicação. Na proposta de intervenção estima-se que serão necessárias 2 semanas para realizar 12 sessões de 10 minutos em que duas histórias sociais serão contadas pelos robôs, programados para transmitir emoções pela voz sintetizada. Ao final, perguntas sobre as emoções transmitidas aos participantes serão realizadas e um reforço social será oferecido caso a resposta seja considerada adequada. Caso o participante não acerte, o robô repetirá a parte da história que contém as informações necessárias à resposta e por fim, caso ainda não seja suficiente, o robô oferecerá a resposta correta.

Outro estudo relacionado ao processo de compreensão das emoções foi apresentado por Marino, Carrozza e Vagni (2020). Em um ensaio de controle aleatório, 14 crianças de 4 a 8 anos de idade participaram em uma intervenção onde um robô NAO assumiu o papel de um co-terapeuta. O robô oferecia alertas emocionais e de comunicação de acordo com um modelo Antecedente-Comportamento-Consequência (ABC). Para tal ação, um novo controlador de supervisão baseado em regras foi implementado no NAO para que seus estímulos fossem observados por meio de movimentos corporais, roteiros verbais gravados, orientação da cabeça, movimentos do olhar e coordenados de braço e mão. Ainda, um algoritmo de reconhecimento facial foi desenvolvido para que o robô mantivesse o contato visual com as crianças e distribuísse a atenção igualmente entre elas. O robô foi controlado pelo terapeuta por meio de

um iPad que poderia proceder a um controle em tempo real bem como escolher, antecipadamente, a lista de comportamentos do robô a ser utilizada na sessão. No grupo de controle, o papel do robô foi exercido pelo próprio terapeuta. Os resultados demonstraram melhorias substanciais no reconhecimento, compreensão e perspectiva emocional contextualizada com o uso de robôs sociais humanamente assistivos. Podemos destacar esse aumento na aprendizagem de habilidades de compreensão sócio-emocional, maior capacidade de compreender as crenças, emoções e pensamentos dos outros além de melhorias significativas no desempenho tanto das cinco emoções básicas: raiva, repugnância, medo, felicidade e tristeza.

O aumento e/ou a avaliação do engajamento entre participantes das atividades propostas foi alvo dos estudos de Desideri *et al.*, (2018) e Barnes *et al.* (2021). Podemos compreender engajamento como o tempo em que um indivíduo se dedica intensamente na realização de uma tarefa (ZICHERMANN; CUNNINGHAM, 2011). Crianças com autismo passam menos tempo envolvidas em atividades sociais e não sociais do que indivíduos com desenvolvimento típico, resultando em menos oportunidade de aprendizagem (DESIDERI *et al.*, 2017).

Desideri investigou se um robô humanoide poderia ser utilizado como complemento às intervenções educacionais para aumentar o engajamento e os resultados de aprendizagem de crianças com autismo, deficiências intelectuais e de desenvolvimento graves e profundas em dois estudos exploratórios. Em Desideri *et al.*, (2017) três estudantes do sexo masculino com 4 anos de idade participaram no estudo. Além do engajamento, foi avaliado se a intervenção foi eficaz para atender aos objetivos de aprendizagem estabelecidos para cada um deles, a saber: Jack (Solicitação espontânea; imitação motora grossa e vocal), Andy (Solicitação espontânea, reação ao nome; vocabulário receptivo) e Jean (Solicitação espontânea, reação ao nome; vocabulário receptivo; nomeação de objetos). A condição de controle consistiu de 3 a 5 sessões consecutivas de 10 minutos realizadas uma vez na semana onde um conjunto de atividades lúdicas foram realizadas focando no desenvolvimento dos comportamentos-alvo estabelecidos para cada estudante. A condição de interação com o robô seguiu o mesmo modelo mas utilizando principalmente o robô como recurso. O robô NAO foi programado para dar feedbacks positivos acionados pelo tablete utilizado pelo educador (Mágico de Oz) como dançar, tocar músicas e acender luzes e poderiam ser configurados de acordo com os interesses das crianças. Os resultados indicam que a interação pode facilitar o engajamento e o desenvolvimento de comportamentos-alvo em atividades educacionais, mas ainda são inclusivos no que se referem a indicar quais fatores determinaram o aumento do nível de

engajamento em um estudante e não nos demais. Desideri realizou um segundo estudo exploratório (DESIDERI *et al.*, 2018) contendo os mesmos objetivos do primeiro estudo com duas crianças de nove anos com autismo severo e déficit intelectual profundos e severos. Os comportamentos-alvo de aprendizagem estabelecidos para os mesmos envolviam Imitação motora, Linguagem expressiva e receptiva, Imitação motora e vocal, Reação ao nome e Solicitações Espontâneas. O delineamento metodológico também seguiu uma condição de Linha de Base, com 4 sessões de 5 a 15 minutos consecutivos com o trabalho de múltiplos objetivos educacionais, seguido por uma condição de intervenção com 4 sessões utilizando o robô para apoiar o desenvolvimento dos comportamentos-alvo e, por fim, 4 sessões com os mesmos procedimentos da fase inicial. Neste estudo, apesar dos resultados referentes ao engajamento apresentarem inconclusivos (houve uma progressão do engajamento com apenas um dos estudantes), a frequência de metas relacionados aos comportamentos-alvo de aprendizagem foram homogêneas nos dois casos indicando um efeito positivo relacionado à intervenção com o robô. O autor sugere que fatores pessoais e ambientais possam ter influenciado nas intervenções e indica que novos estudos devem ser realizados com maior controle dos comportamentos-alvo no delineamento metodológico bem como das variáveis estranhas no decorrer das intervenções.

Barnes *et al.* (2021) realizou um estudo exploratório para identificar diferenças no engajamento e interação com robôs e humanos entre crianças neurotípicas e com autismo. O protocolo do experimento baseou-se em um jogo musical denominado “dance freeze” onde as crianças deveriam dançar enquanto uma música era tocada e parar quando a mesma era pausada em intervalos aleatórios. Participaram do estudo 3 meninos com autismo e 12 crianças com desenvolvimento típico, 3 meninos e 7 meninas. Foram selecionadas 4 músicas para a interação com o robô NAO e as mesmas foram utilizadas com um agente humano. Duas músicas eram instrumentais e duas infantis. Os movimentos da dança do robô e do humano foram planejados para serem similares. Os resultados demonstraram maior atenção no engajamento entre as crianças com autismo quando interagem com o robô, não foram identificadas diferenças significativas em relação ao estilo musical.

Por fim, o bem estar emocional foi foco do estudo dos estudos de Shimaya *et al.* (2018) e Amirova *et al.* (2022) e Holeva *et al.*, (2022). Amirova *et al.* (2022) incentivou as crianças a dançar e ouvir músicas junto ao robô de modo a facilitar o engajamento e criar um ambiente propício para a inserção de atividades mais complexas de imitação e ações sociais. Em Holeva

et al. (2022) o NAO é utilizado para ensinar às crianças diferentes técnicas de relaxamento, utilizado como último passo entre as diferentes etapas das atividades que visam ensinar habilidades de Imitação, atenção conjunta, reconhecimento de emoções e comportamentos funcionais lúdicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo problematiza como os robôs humanoides podem auxiliar nos processos de ensino e aprendizagens de crianças especiais na Educação Básica. Para tanto, efetuamos uma revisão de estudos que integram os campos da computação, engenharia, psicologia e pedagogia tendo como linha condutora intervenções baseadas em robôs para crianças com autismo. Incluímos e analisamos 35 estudos oriundos de diversas bases de dados e apresentamos uma síntese geral que pode apoiar aos profissionais que atuam dentro dessas área a ampliar a colaboração promovendo um salto na qualidade no atendimento às demandas da comunidade autista bem como nas pesquisas envolvendo o desenvolvimento, a aplicação e a validação das tecnologias.

Os resultados da pesquisa mostram uma ampla gama de comportamentos-alvo entre os trabalhos incluídos baseados em uma pequena variedade de robôs humanoides com características físicas e tecnológicas bem distintas. Onze robôs foram utilizados nas intervenções, com o destaque para o NAO da Softbank seguido pela Alice R-50 e Zeno da Hanson Robotics. A predominância desses robôs pode ser justificada pela facilidade na aquisição, pois são plataformas disponíveis comercialmente, e apresentam uma ampla gama de tecnologias embarcadas o que os habilita para diversas aplicações. Apesar desses recursos, são robôs que apresentam um custo maior e, portanto, um impeditivo para a utilização por grupos de pesquisa, clínicas e escolas.

Importa ressaltar que, apesar da robustez de tais plataformas, ainda existem muitos desafios no desenvolvimento de tecnologia para esse público como a necessidade de aperfeiçoar algoritmos que permitam uma interação mais autônoma e apoiem os profissionais na avaliação contínua das habilidades e, por conseguinte, na evolução das crianças no seu processo de desenvolvimento. Ainda em relação a interação, é preciso mais estudos que identifiquem as características físicas mais efetivas no atendimento das crianças, possibilitando o desenvolvimento de plataformas especializadas com um custo menor, viabilizando o acesso dessa tecnologia aos diversos ambientes em que esse público necessita. Em suma, é necessário se atentar ao atendimento de algumas características como a aparência e a capacidade de

personalização, considerados desafios centrais dentro do contexto da pesquisa, pois é necessário que o sistema robótico se adapte às necessidades únicas de cada criança (CLABAUGH, 2019).

Entre os comportamentos abordados, pode-se destacar uma preponderância dos relacionados à comunicação social e interação em relação ao desenvolvimento de habilidades acadêmicas como a aprendizagem de palavras. Alguns estudos que apresentaram propostas de modelos para o diagnóstico apoiados por robôs (PETRIC e KOVACIC, 2020; WIJAYASINGHE et al., 2016; KUMAZAKI et al., 2018). Tais propostas possuem potencial para auxiliar no diagnóstico precoce e rápido do autismo, facilitando assim uma intervenção precoce.

Dificuldades na comunicação é umas das principais características relacionadas ao autismo, o que justifica o grande número de estudos. Tais propostas podem apoiar tanto o processo de inclusão dos alunos autistas no ambiente escolar, bem como o desenvolvimento de habilidades acadêmicas pelos mesmos diminuindo as distorções entre série/ciclo e a idade cronológica por meio da adequação metodológica do ensino e dos conteúdos pedagógicos. Nota-se nos estudos uma necessidade de desenvolver protocolos de intervenção padronizados, embasados nas práticas baseadas em evidências para o autismo e que se apoiem em um currículo de habilidades e competências apresentados de forma hierárquica, possibilitando a personalização de acordo com as habilidades já adquiridas pelos estudantes e a construção de um planejamento educacional e terapêutico individualizado.

REFERÊNCIAS

ALBO-CANALS, J. *et al.* A Pilot Study of the KIBO Robot in Children with Severe ASD. **International Journal of Social Robotics**, v. 10, n. 3, p. 371–383, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12369-018-0479-2>. Acesso em: 22 mai. 2024.

BARNES, J. A. *et al.* Child-Robot Interaction in a Musical Dance Game: An Exploratory Comparison Study between Typically Developing Children and Children with Autism. **International journal of human-computer interaction**, v. 37, n. 3, p. 249–266, 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33767571/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Censo da Educação Básica 2020**: resumo técnico. Brasília, DF: INEP, 2021. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_censo_escolar_2020.pdf. Acesso em: 22 mai. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Manual de Orientação**: Programa de Implantação de Sala de Recursos Multifuncionais. MEC, 2010. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=9936-

manual-orientacao-programa-implantacao-salas-recursos-multifuncionais&Itemid=30192.
Acesso em: 22 mai. 2024.

BHARATHARAJ, J. *et al.* Sociopsychological and physiological effects of a robot-assisted therapy for children with autism. **International journal of advanced robotic systems**, v. 14, n. 5, 2017. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1729881417736895>. Acesso em: 22 mai. 2024.

CLABAUGH, C. *et al.* Long-Term Personalization of an In-Home Socially Assistive Robot for Children With Autism Spectrum Disorders. **Frontiers in Robotics and AI**, v. 6, p. 110, 6 nov. 2019. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2019.00110/full>. Acesso em: 22 mai. 2024.

DAVID, D. *et al.* Developing Joint Attention for Children with Autism in Robot-Enhanced Therapy. **International Journal of Social Robotics**, v. 10, n. 5, p. 595–605, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12369-017-0457-0>. Acesso em: 22 mai. 2024.

DE KORTE, M. W. *et al.* Self-initiations in young children with autism during Pivotal Response Treatment with and without robot assistance. **Autism : the international journal of research and practice**, v. 24, n. 8, p. 2117–2128, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32730096/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

DIEHL JJ, CROWELL CR, VILLANO M., WIER K., TANG K., RIEK LD (2014) Clinical Applications of Robots in Autism Spectrum Disorder Diagnosis and Treatment. Em: Patel V., Preedy V., Martin C. (eds) **Comprehensive Guide to Autism**. Springer, New York, NY. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4788-7_14. Acesso em: 22 mai. 2024.

DUVILLE, M. M.; ALONSO-VALERDI, L. M.; IBARRA-ZARATE, D. I. Electroencephalographic Correlate of Mexican Spanish Emotional Speech Processing in Autism Spectrum Disorder: To a Social Story and Robot-Based Intervention. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 15, 2021. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2021.626146/full>. Acesso em: 22 mai. 2024.

FENG, Y.; JIA, Q.; WEI, W. A Control Architecture of Robot-Assisted Intervention for Children with Autism Spectrum Disorders.(Research Article). **Journal of Robotics**, v. 2018, 2018. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jr/2018/3246708/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

PETRIC, F; KOVACIC, Z. Design and Validation of MOMDP Models for Child–Robot Interaction Within Tasks of Robot-Assisted ASD Diagnostic Protocol. **International Journal of Social Robotics**, v. 12, n. 2, p. 371–388, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12369-019-00577-0>. Acesso em: 22 mai. 2024.

GIANNOPULU, I.; MONTREYNAUD, V.; WATANABE, T. Minimalistic toy robot to analyze a scenery of speaker–listener condition in autism. **Cognitive Processing**, v. 17, n. 2, p. 195–203, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26872960/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

HUIJNEN, C. A. G. J.; LEXIS, M.; WITTE, L. P. DE. Matching Robot KASPAR to Autism Spectrum Disorder (ASD) Therapy and Educational Goals. **International Journal of Social Robotics**, v. 8, n. 4, p. 445–455, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12369-016-0369-4>. Acesso em: 22 mai. 2024.

JOUAITI, M.; HÉNAFF, P. Robot-Based Motor Rehabilitation in Autism: A Systematic Review. **International Journal of Social Robotics**, v. 11, n. 5, p. 753–764, 2019. Disponível em: <https://hal.science/hal-02295952/document>. Acesso em: 22 mai. 2024.

JUNG, C. E. et al. Atypical Asymmetry for Processing Human and Robot Faces in Autism Revealed by fNIRS. **PLOS ONE**, v. 11, n. 7, p. e0158804, 7 jul. 2016. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0158804>. Acesso em: 22 mai. 2024.

KATSANIS, I. A.; MOULIANITIS, V. C. An Architecture for Safe Child–Robot Interactions in Autism Interventions. **Robotics**, v. 10, n. 1, p. 20, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2218-6581/10/1/20>. Acesso em: 22 mai. 2024.

KOSTRUBIEC, V.; KRUCK, J. Collaborative Research Project: Developing and Testing a Robot-Assisted Intervention for Children With Autism. **Frontiers in Robotics and AI**, v. 7, 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2020.00037/full>. Acesso em: 22 mai. 2024.

KUMAZAKI, H. *et al.* A pilot study for robot appearance preferences among high-functioning individuals with autism spectrum disorder: Implications for therapeutic use.(Research Article)(Report). **PLoS ONE**, v. 12, n. 10, p. e0186581, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5640226/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

KUMAZAKI, H. *et al.* Impressions of Humanness for Android Robot may Represent an Endophenotype for Autism Spectrum Disorders.(Letter to the Editor). **Journal of Autism and Developmental Disorders**, v. 48, n. 2, p. 632, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29086211/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

MARINO, F.; CARROZZA, C.; VAGNI, D. Outcomes of a Robot-Assisted Social-Emotional Understanding Intervention for Young Children with Autism Spectrum Disorders. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, v. 50, n. 6, p. 1973–1987, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30852783/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

REILLY, Colin. Behavioural phenotypes and special educational needs: is aetiology important in the classroom?. **Journal of Intellectual Disability Research**, v. 56, n. 10, p. 929-946, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22471356/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

RUDOVIC, Ognjen *et al.* Measuring engagement in robot-assisted autism therapy: A cross-cultural study. **Frontiers in Robotics and AI**, v. 4, p. 36, 2017. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2017.00036/full>. Acesso em: 22 mai. 2024.

SHARMA, S.; SRIVASTAVA, S.; ACHARY, K.; VARKEY, B., HEIMONEN, T., HAKULINEN, JS, ... & Rajput, N. (2016, fevereiro). **Promoting joint attention with computer-supported collaboration in children with autism.** Em Proceedings of the 19th ACM conference on computer-supported cooperative work & social computing (pp. 1560-1571). Disponível em: <https://research.ibm.com/publications/promoting-joint-attention-with-computer-supported-collaboration-in-children-with-autism>. Acesso em: 22 mai. 2024.

QIDWAI, U. Humanoid Robot as a Teacher's Assistant: Helping Children with Autism to Learn Social and Academic Skills. **Journal of Intelligent & Robotic Systems**, v. 98, n. 3-4, p. 759-770, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10846-019-01075-1>. Acesso em: 22 mai. 2024.

SAADATZI, M. *et al.* Small-Group Technology-Assisted Instruction: Virtual Teacher and Robot Peer for Individuals with Autism Spectrum Disorder. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, v. 48, n. 11, p. 3816-3830, 2021. Disponível em: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-319-91280-6_102391. Acesso em: 22 mai. 2024.

SCASSELLATI, B.; ADMONI, H.; MATARI, M. Robots for Use in Autism Research. **Annual Review of Biomedical Engineering**, v. 14, p. 275-294, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22577778/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

SHIMAYA, J. *et al.* Communication Support via a Tele-Operated Robot for Easier Talking: Case/Laboratory Study of Individuals with/Without Autism Spectrum Disorder.(Report). **International Journal of Social Robotics**, v. 11, n. 1, p. 171, 2019. Disponível em: <https://tus.elsevierpure.com/en/publications/communication-support-via-a-tele-operated-robot-for-easier-talkin/fingerprints/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

SIMUT, R. *et al.* Children with Autism Spectrum Disorders Make a Fruit Salad with Probo, the Social Robot: An Interaction Study. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, v. 46, n. 1, p. 113-126, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26304031/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

SO, W.-C *et al.* Using Robot Animation to Promote Gestural Skills in Children with Autism Spectrum Disorders. **Journal of computer assisted learning**, v. 32, n. 6, p. 632, 2016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jcal.12159>. Acesso em: 22 mai. 2024.

SO, WING-CHEE *et al.* A Robot-Based Play-Drama Intervention May Improve the Joint Attention and Functional Play Behaviors of Chinese-Speaking Preschoolers with Autism Spectrum Disorder: A Pilot Study. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, v. 50, n. 2, p. 467-481, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31655965/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

SO, WING-CHEE *et al.* Robot-based intervention may reduce delay in the production of intransitive gestures in Chinese-speaking preschoolers with autism spectrum disorder.(Report). **Molecular Autism**, v. 9, n. 1, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29796238/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

STRATEN, C. L. *et al.* Effects of robots' intonation and bodily appearance on robot-mediated communicative treatment outcomes for children with autism spectrum disorder.(Report). **Personal and Ubiquitous Computing**, v. 22, n. 2, p. 379, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00779-017-1060-y>. Acesso em: 22 mai. 2024.

TAHERI, A. *et al.* Human–Robot Interaction in Autism Treatment: A Case Study on Three Pairs of Autistic Children as Twins, Siblings, and Classmates. **International Journal of Social Robotics**, v. 10, n. 1, p. 93–113, 2018. Disponível em: <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/40rXLOv9/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

VÁZQUEZ, E. P. *et al.* The use of the bee-bot robot as a learning tool for emotions in the teaching of students with autism spectrum disorder. **INFAD**, v. 3, n. 1, p. 577–584, 2019. Acesso em: 22 mai. 2024.

VANDEVELDE, Cesar *et al.* The use of social robot ono in robot assisted therapy. In: **International Conference on Social Robotics**. 2013. Disponível em: <https://www.cesarvandelde.com/static/pdf/the-use-of-social-robot-ono-in-rat.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2024.

WIJAYASINGHE, I.; POPA, D. Human–Robot Gesture Analysis for Objective Assessment of Autism Spectrum Disorder. **International Journal of Social Robotics**, v. 8, n. 5, p. 695–707, 2016. Disponível em: <https://scholarlycommons.pacific.edu/shs-all/336>. Acesso em: 22 mai. 2024.

WONG, HYA; ZHONG, ZW Assessment of robot training for social cognitive learning. In: **2016 16ª Conferência Internacional sobre Controle, Automação e Sistemas (ICCAS)** . IEEE, 2016. p. 893-898. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7832420>. Acesso em: 22 mai. 2024.

WOOD, L. J. *et al.* Developing Kaspar: A Humanoid Robot for Children with Autism. **International Journal of Social Robotics**, v. 13, n. 3, p. 491–508, jun. 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12369-019-00563-6>. Acesso em: 22 mai. 2024.

YOSHIKAWA, Y. *et al.* Relaxing Gaze Aversion of Adolescents With Autism Spectrum Disorder in Consecutive Conversations With Human and Android Robot—A Preliminary Study. **Frontiers in Psychiatry**, v. 10, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31258488/>. Acesso em: 22 mai. 2024.

APÊNDICE I

Nom e do Robô	Características Físicas	Cobertura do Corpo	Do F Total	DOF no Rosto	DOF Superior	DOF nos Membros Inferiores	Tipos de Movimentos	Tipos de Interação com Humanos	Dispositivos Embarcados	Sensores e Dispositivos Embarcados	Capacidades Adicionais
Com mU	Pequeno e leve; 30,4 cm, 740g;	Não mencionada	14	5 (2 x 3 Olhos; 2 x 1 palpebras; 1 labios)	9 (2 Cintura; 2x2 Ombros; 3 pescoço;)	Não mencionado	Movimentos básicos de tronco, cabeça e braços	Comunicação visual e auditiva	Computador de bordo, LEDs	Câmera, microfone	Não mencionado
Mina - / Alice -R50 e Zeno	Tamanho médio, mais pesado; 69 cm, 5,7 kg	Pele biomimética	32	8	9 DoF (2x2 cotovelo; 2x2 ombro; 1 cintura) (6)	Não possui (6)	Movimentos avançados, expressões faciais	Comunicação visual e auditiva, expressão facial	Computadores internos	Câmeras HD, IMU, sensores diversos	Polímero elástico, capacidade de inserir sensores adicionais
NAO (Soft bank Robotics)	Tamanho infantil, leve; 50 a 58cm, 4,3 a 5,4kg	Não mencionada	21 a 25	Não mencionado	10	15	Movimentos complexos; 15 articulações e atuadores (3)	Comunicação visual e auditiva	Computador interno, LEDs; Alto-falantes; Sintetizador de voz;	2 Câmeras, 4 Microfones, telêmetro, 2 emissores e receptores de infravermelho, 1 sensor inercial, 9 sensores táteis, 8 sensores de pressão; sonares, FSR	Reconhecimento facial, registro e rastreamento facial; Plataforma Corepgraph;
Kaspar	Tamanho infantil, mais pesado; 56 cm x 34 cm, 15 kg	Silicone e fibra de vidro	22	2	1	Não mencionado	Movimento da cabeça, braço e mão	Comunicação tátil e auditiva	Sistema de áudio, RFID	Câmeras nos olhos. Resistor de detecção de força ou sensores de toque capacitivos.	Modos autônomos, semiautônomos e controlados remotamente; Programação em JAVA;
HUMANES	Médio e pesado; 39 cm, 6,5 kg	Não mencionada	8	8	Não mencionado	Não mencionado	Movimento da cabeça;	Comunicação visual, auditiva e expressões faciais	Microfones, caixa de som	Sensor Ultrassônico; LED; Interruptor na cabeça; Microfones; 2 câmeras CCD; Sensores ultrassônicos; Sensores de impacto; Sensores de elevação; Sensores de toque;	Algoritmo de reconhecimento facial, registro e rastreamento facial, expressões faciais, gestos, sensores de movimento corporal;"
BLISS	Tamanho Infantil;	Não mencionada		Não aplicável	Não aplicável	Duas rodas	Mobilidade de básica	Comunicação auditiva e visual	Computador embutido, LED, som	RFID, sensores não especificados	Conexão Bluetooth; App móvel para controle.

Charlie	Tamanho Infantil;	Acolchado; Material verde brilhante, semelhante a um pelo;	4	Não mencionado	2 DoF Braços; 2 DoF Cabeça;	Pan-tilt nos membros	Jogos interativos	Webcam, alto-falante, LEDs	LEDs, microfone, webcam	Não mencionado	
Robo nova	Design funcional; 31 cm; 1,3 kg	Plástico e alumínio	16	-	Arm 2 x 3	Leg 2 x 5	Alta velocidade	Resposta a botões; Movimento braços e Pernas;	Microcontrolador Arduino	Botões com LEDs; Controle Remoto IR;	Resposta rápida, braços impressos em 3D; Plataforma RoboScript para programação.
Ono	Tamanho Infantil	Espuma e tecido	17	Olhos (2 DOF x 2), as pálpebras (2 DOF x 2), as sobrancelhas (1 DOF x 2) e a boca (3 DOF)	Braços (2 DOF x 2)	-	Expressões faciais	Comunicação visual, auditiva e expressões faciais	Módulo de som	Não especificado	Plataforma OPSORO
Arc	Leve e simples	Alumínio e plástico	20	2 DoF	Arm 2 x 3 DoF	Leg 2 x 6 DoF	Básico	Visual	Mini PC Intel Core i5 - Memory 8 GB DDR4 - 120 GB SSD M2 - 1x Mini DisplayPort - OpenCM9.04 ;	Gyroscope 3-Axis; Accelerometer 3-Axis; Compass magnetic field; Camera Logitech Pro Webcam - Wide-angle camera, 90°FOV	Acessibilidade e facilidade de uso