

ABORDAGEM DE ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS PARA MODELAGEM 3D DO ROBÔ OTTO PARA SESSÕES DE TERAPIA COM CRIANÇAS AUTISTAS

*REQUIREMENTS SPECIFICATION APPROACH FOR 3D MODELING OF
ROBOT OTTO FOR THERAPY SESSIONS WITH AUTISTIC CHILDREN*

Gabriel Ribeiro Bastos de Sousa

Rebouças

UFMT

gabrielrbsr@gmail.com

Luciana Correia Lima de Faria

Borges

UFMT

lucianafariaborges@gmail.com

Thais Reggina Kempner

UFMT

thaisrgk@gmail.com

Eunice Pereira dos Santos Nunes

UFMT

eunice@ufmt.br

PROJÉTICA

COMO CITAR ESTE ARTIGO:

REBOUÇAS, G. R. S.; KEMPNER, T. R.; BORGES, L, C. L. F.; NUNES, E. P. S. ABORDAGEM DE ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS PARA MODELAGEM 3D DO ROBÔ OTTO PARA SESSÕES DE TERAPIA COM CRIANÇAS AUTISTAS. **Projética**, Londrina, v. 15, n. 1 2024.

DOI: 10.5433/2236-2207.2024.v15.n1.48223

Submissão: 17-05-2023

Aceite: 02-04-2024

RESUMO: Buscando atender às necessidades de desenvolvimento de crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA), este artigo apresenta as etapas de desenvolvimento do design de um brinquedo inclusivo e facilitador para sessões terapêuticas, baseado em modelagem 3D. A metodologia aplicada inclui uma pesquisa exploratória qualitativa, baseada em revisão bibliográfica e questionário aplicado a profissionais e familiares. Para construção do robô Otto foi escolhida uma modelagem com design lúdico, evocativo e de aparência visual simplificada para manter a atenção concentrada das crianças nas sessões terapêuticas, facilitando o aprendizado, interações sociais, comunicação, além de aumentar a motivação das crianças para participarem da terapia.

Palavras-chave: design de produto; modelagem 3D; transtorno do espectro autista; robótica.

ABSTRACT: *Seeking to meet the developmental needs of children with Autism Spectrum Disorder (ASD), this article presents the design development stages of an inclusive and facilitating toy for therapeutic sessions, based on 3D modeling. The applied methodology includes qualitative exploratory research, based on literature review and a questionnaire administered to professionals and families. For the construction of the Otto robot, a playful, evocative design with simplified visual appearance was chosen to maintain children's focused attention during therapeutic sessions, facilitating learning, social interactions, communication, and increasing children's motivation to participate in therapy.*

Keywords: *product design; 3D modeling; autistic spectrum disorder; robotics.*

1 INTRODUÇÃO

Segundo a American Psychiatric Association (2018), o Transtorno do Espectro Autista (TEA) é uma condição complexa de desenvolvimento do indivíduo, caracterizada por algum grau de comprometimento na interação social, na área da comunicação e da linguagem. Dessa maneira, o acesso às brincadeiras nem sempre ocorre de

maneira facilitada para crianças com TEA, devido às limitações físicas, sensoriais ou cognitivas. Tendo em vista as características de crianças com TEA, o uso de brinquedos tradicionais pode dificultar a concentração e a interação da criança em sessões de terapia (Clark *et al.*, 2019).

O ato de brincar é de suma importância na rotina de uma criança, visto que pode promover o desenvolvimento integral da aprendizagem cognitiva, além de promover entretenimento; também tem influência no desenvolvimento social e psicológico da criança, pois os brinquedos contribuem no aprendizado das atividades cotidianas em diferentes contextos. Nas crianças com transtornos de neurodesenvolvimento, os brinquedos inclusivos auxiliam, especialmente, no desenvolvimento de habilidades motoras e cognitivas, ajudando as crianças a explorarem seu corpo e o ambiente (Nunes *et al.*, 2017).

Considerando o crescente número de diagnósticos de crianças com TEA, a literatura mostra estudos que trazem soluções que usam interações com robôs de forma lúdica, terapêutica e/ou educacional. As atividades, quando planejadas com auxílio de especialistas, podem acarretar melhorias comportamentais, de aprendizagem e interações sociais, tornando os robôs brinquedos/ferramentas úteis no tratamento de crianças diagnosticadas com TEA (Sociedade Brasileira de Pediatria, 2019).

Buscando atender as crianças com TEA, esta pesquisa utiliza o robô Otto como intermediário nessa relação, buscando fomentar uma interação dinâmica, mas que não seja hostil à criança. Em geral, crianças com TEA não conseguem participar do tratamento por falta de artefatos que sejam funcionais e agradáveis ao contexto. Portanto, um dos pontos-chave na produção de brinquedos para crianças com TEA é construir um design confortável e atraente (Romero *et al.*, 2017). Portanto, o robô Otto, além de proporcionar às crianças um design confortável e motivador, também se propõe a ser funcional para desenvolverem atividades de aprendizagem e comunicação durante o processo de tratamento.

Nesse cenário, o objetivo deste artigo é evidenciar o processo de especificação de requisitos para elaboração da modelagem 3D do robô Otto visando construir um brinquedo inclusivo, personalizado e de baixo custo, empregando um estilo de desenho animado que apresenta traços simplificados e superdimensionados. Pelo fato de possuir um design evocativo, sua aplicação poderá proporcionar um processo terapêutico mais familiar, lúdico, atrativo e simpático para crianças com TEA, tornando-se uma ferramenta importante a ser utilizada nas sessões terapêuticas, a fim de auxiliar o desenvolvimento das crianças com autismo e, conseqüentemente, aprimorar a qualidade de vida. Ademais, a proposta deste estudo pode ser estendida a contextos de aprendizagem escolar.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para coletar os dados para especificação de requisitos do robô Otto, a metodologia consistiu em uma abordagem qualitativa do tipo exploratória (Galvão; Ricarte, 2019). Iniciou-se por uma revisão bibliográfica na literatura especializada, visando contribuir para a fundamentação da pesquisa e, por conseguinte, na construção do design 3D do robô Otto. Para isso, investigou-se na literatura a seguinte questão de pesquisa: Quais aspectos de design são apropriados para produzir robôs que apoiem o processo terapêutico de crianças com TEA?

Diante da questão apresentada, a busca dos estudos foi conduzida usando a seguinte string: "3D design" AND "children with autism spectrum disorder" AND "robots" AND "therapy". A string de busca foi aplicada nas bases de dados: IEEEE, Google Scholar e Periódicos CAPES, considerando-se o período de publicação entre 2004 e 2023. Para fins de esclarecimento, esse período de publicação mais amplo se deu devido à dificuldade de encontrar estudos pontuais sobre a importância da aparência dos robôs no processo terapêutico de crianças com TEA. Ademais, por uma questão de maior abrangência, optou-se por selecionar artigos no idioma inglês.

Na fase de seleção preliminar, procedeu-se à leitura dos títulos e abstracts dos artigos identificados na busca, obtendo-se, nessa etapa, 47 artigos. Após a leitura dos artigos na íntegra, foram selecionados 12 artigos que respondiam satisfatoriamente à questão de pesquisa. Tais estudos serão apresentados na próxima seção. Os seguintes critérios de inclusão foram considerados: i) Abordar aspectos sobre design de robô; ii) Ser utilizado em processo terapêutico de crianças com TEA; iii) Apresentar experimentos com resultados consistentes; e iv) Apresentar funções atribuídas ao robô. Para exclusão, foram considerados: i) Não apresentar abordagem sobre design de robô; ii) Falta de aplicação do robô em sessões de terapia; e iii) Pouca apresentação de dados sobre a aplicação do robô no processo terapêutico.

Por fim, na última etapa da revisão, foram extraídos os parâmetros necessários para a continuidade do estudo. A partir dos resultados da revisão de literatura, algumas indagações ainda permaneceram para o desenvolvimento do design e modelagem 3D do robô Otto, sendo: Qual deveria ser a dimensão ideal do robô? Quais cores poderiam ser mais atraentes para as crianças autistas? Quais atributos seriam mais importantes para o design do robô? Quais habilidades o robô deveria possuir para auxiliar no processo terapêutico? Qual material a ser empregado para a construção do robô?

Desse modo, um questionário foi elaborado e aplicado de forma online, visando esclarecer tais indagações e obter mais informações que embasassem a produção do design do Otto. O questionário foi respondido por 22 familiares de crianças com TEA e 13 profissionais da área (professoras, psicólogas e fonoaudiólogas) que tratam crianças com TEA. Para alcançar essa amostra, usou-se o método “snowball”, uma forma de amostra não probabilística que utiliza cadeias de referência, isto é, um participante envia a pesquisa para alguém conhecido. Em seguida, solicita-se que as pessoas indicadas pelas sementes indiquem novos contatos com as características desejadas, a partir de sua própria rede pessoal, e assim sucessivamente. Dessa forma, o quadro de amostragem cresce, considerando

o interesse do pesquisador (Vinuto, 2014). Por fim, os dados coletados foram sintetizados, os parâmetros extraídos e os requisitos de design da proposta do robô foram especificados.

3 RESULTADOS

Adotar brinquedos personalizados em sessões terapêuticas é um meio de auxiliar o tratamento de crianças com TEA. Na literatura, verifica-se que há mais de uma década, estudos têm investigado o potencial da aplicação de robôs no processo terapêutico das crianças com TEA. A partir do levantamento bibliográfico, foram selecionados 12 artigos que responderam à questão de pesquisa e são apresentados a seguir.

3.1 REVISÃO DE LITERATURA

Um dos primeiros métodos de intervenção robótica correlacionando terapia e crianças com TEA foi publicado por Robins *et al.* (2005), fazendo uso da boneca robô humanoide, Robota, ilustrada na Figura 1a. A boneca interagia com a criança movimentando passivamente seus membros e cabeça, falando seu nome e descrevendo seu comportamento. O estudo identificou que a exposição repetida à Robota melhorou habilidades de interação social e de comunicação das crianças com TEA entre 5 e 10 anos. Neste mesmo trabalho, comparou-se o efeito sobre o interesse das crianças de interagir quando o robô tinha características de uma “boneca fofa” (com expressões suaves, simpáticas e aspecto gracioso), em oposição a uma boneca com uma cabeça sem expressão facial. O resultado deste estudo indicou claramente a preferência inicial das crianças pela interação com um robô simples/minimalista, com traços suaves e sem apresentar um design humanoide. Deste modo, a aparência do robô foi alterada de “fofa” para aparência “robótica”, tornando-o mais atraente para crianças com autismo.

Na mesma direção de intervenção robótica correlacionando terapia e crianças com TEA, Kozima, Michalowski e Nakagawa (2009) utilizaram o robô Keepon, um pequeno robô amarelo com design minimalista, como apresentado na Figura 1b, que apresentava linguagem natural e não verbal com crianças. No caso da linguagem não verbal, o robô transmitia informações por meio da linguagem corporal, incluindo contato visual, expressões faciais e gestos. O comportamento do robô destinava-se a transmitir de forma intuitiva e confortável as expressões de atenção e emoções do robô. O robô Keepon é composto por quatro motores que controlam sua movimentação e a dança em sincronia com a música. O estudo mostrou que crianças com TEA entre 2 e 4 anos interagiram com o robô e foi possível manter interações interpessoais triádicas. Seu design, apesar de simples e minimalista, apresentou boa repercussão entre os indivíduos com TEA.

O estudo de Romero *et al.* (2017) utilizou o robô Teo (Figura 1c) em sessões de terapia e verificou que seu uso estimulou as crianças a brincarem e, como consequência, a participarem das sessões sem apresentar resistência. O ponto chave foi o design confortável e atraente, que agradou visualmente as crianças (cor, formato e estrutura), além do atrativo funcional que se mostrou confortável devido à interação física entre a criança e o brinquedo. Após os testes a cada versão, melhorias foram feitas em seus materiais, texturas e proteção do microcontrolador. No entanto, a utilização do método empírico na solução de problemas relacionados ao design fez com que o robô apresentasse custo elevado. Contudo, o estudo colaborou para uma atenção especial na construção de um design 3D, com encaixes precisos na área dos componentes eletrônicos, evitando-se problemas de falhas eletrônicas e danos maiores no funcionamento geral do robô. Essas configurações de design foram adicionadas no robô Teo seguindo os preceitos de design de produto apresentados por Cross (2021), descritos em sua obra "Engineering Design Methods: Strategies for Product Design". Esses preceitos, que abrangem uma ampla gama de metodologias e estratégias para o design de engenharia, serviram como base para orientar o processo de desenvolvimento do robô Teo, garantindo que as decisões de design fossem fundamentadas em princípios sólidos e práticas estabelecidas na área.

Entre os tópicos específicos abordados por Cross (2021) estão o processo iterativo de design, a compreensão do problema, a geração de ideias e conceitos, a análise e avaliação de soluções, a prototipagem e teste, a colaboração interdisciplinar e a abordagem centrada no usuário. Ao aplicar os insights e diretrizes delineados por Cross, os designers puderam criar configurações de design que não apenas atendiam efetivamente às necessidades do projeto do robô Teo, mas também promoviam a inovação e a eficácia do produto final, garantindo sua funcionalidade, usabilidade e aceitação pelos usuários. Além disso, o artigo evidenciou a importância do uso de expressões faciais.

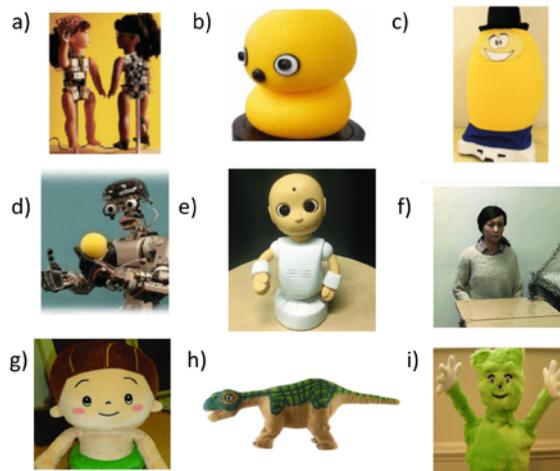
Em relação à aparência humanoide dos robôs, na intervenção perante crianças com autismo, vários estudos demonstraram avanços nas habilidades de comunicação não verbal das crianças (por meio de gestos, expressões faciais, linguagem corporal, tom de voz, emoção, atitudes e sinais físicos de aprovação). Em trabalhos como de Kozima *et al.* (2004) através do robô Infanoid (Figura 1d), Kumazaki *et al.* (2018) com o robô humanoide CommU (Figura 1e) e Yoshikawa *et al.* (2019) com o robô Actroid-F (Figura 1f), foram relatadas melhorias na autoconfiança das crianças, assim como o aumento do contato visual, e redução dos níveis de cortisol após o uso do robô. Porém, nenhum deles forneceu informações suficientes sobre a persistência das habilidades adquiridas por um longo período de tempo após a intervenção terapêutica.

Em estudos mais recentes realizados por Feng (2020) e também Wood *et al.* (2021), foram construídos robôs com características humanoides que apresentaram sucesso no processo terapêutico, pois houve retenção da atenção das crianças, uma vez que se mantiveram centradas durante as sessões seguintes. Nos dois artigos, ressalta-se ainda a importância da presença de expressões faciais, sendo fundamentais no desenvolvimento social das crianças durante o processo terapêutico.

Prosseguindo no levantamento de requisitos de design do robô Otto, de modo a atrair a atenção das crianças com TEA e uma produção de baixo custo, encontra-se o estudo realizado por Kumazaki *et al.* (2017), no qual foram analisados

três designs diferentes de robôs: um robô humanoide ACTROID-F (Kokoro Co. Ltd.), um robô mecânico M3-Synchy (Vstone Co. Ltd.) e um robô de pelúcia, conforme apresentado na Figura 1g, o Smile Supplement Robot (PIP Co. Ltd.). O estudo foi realizado com 16 crianças, que participaram de uma entrevista semiestruturada de 5 minutos relatando a preferência de design do robô. Os resultados mostraram que apenas 4 das 16 crianças com TEA preferiram interagir com o robô mecânico (M3-Synchy). Oito participantes tiveram o robô mascote Smile Supplement Robot como seu favorito, o que é coerente com trabalhos de Colton e Ricks (2010). Os dados sugerem que pode haver relação entre as preferências do design e os níveis de TEA, pois nos níveis mais elevados de autismo, foi relatada a preferência pela aparência humanoide. Embora a amostra do estudo tenha sido pequena para comparações estatísticas, os dados quantitativos indicaram tendências importantes para a tomada de decisões relativas à aparência do robô Otto proposto neste trabalho.

Figura 1 – Robôs descritos na revisão literária



Fonte: a) Robota (Robins *et al.*, 2005); b) Keepon (Kozima; Michalowski; Nakagawa, 2009); c) Teo (Romero *et al.*, 2017); d) Infanoid (Kozima *et al.*, 2004); e) CommU (Kumazaki *et al.*, 2018); f) Actroid-F (Yoshikawa *et al.*, 2019); g) Smile Supplement Robot (Kumazaki *et al.*, 2017); h) Pleo (Kim *et al.*, 2012); i) Charlie (Boccanfuso; O’Kane, 2011).

Ainda, visando atrair o interesse da criança pelo robô, nos estudos de Kim *et al.* (2012) foi utilizado o robô comercial Pleo, que apresenta uma forma de dinossauro, como ilustra a Figura 1h. Já Niderla e Maciejewski (2021) construíram um robô de aparência zoomórfica inspirada em um coelho. Ambos os projetos apresentaram design detalhado, fabricados por meio de impressão 3D e cortes a laser, tornando um produto de custo elevado. Ambos os estudos apresentaram melhoras positivas em seus pacientes no processo de desenvolvimento da comunicação e interação social. Seguindo a mesma linha de estudo de aparência zoomórfica do robô, Boccanfuso e O’Kane (2011) utilizaram um robô de baixo custo, denominado Charlie, com visual semelhante ao de um lobo, conforme a Figura 1i. Para a amostra do experimento, o uso do robô nas sessões de terapia apresentou bom desempenho no desenvolvimento da interação social das crianças com TEA. Quanto ao seu design, era composto por material texturizado, todavia apresentou-se frágil.

3.2 DADOS COLETADOS DOS QUESTIONÁRIOS PARA O ROBÔ TERAPÊUTICO

Mediante a pesquisa semiestruturada realizada por meio dos questionários, obteve-se as seguintes recomendações: Quanto à pergunta de como o robô pode auxiliar as crianças, tanto os familiares como a equipe multidisciplinar focaram na comunicação, seguida da interação social. Com relação às características que o brinquedo deveria apresentar, tanto os pais como a equipe ressaltaram que o brinquedo deveria ser interativo, possuir recursos sonoros e ter comandos externos, com contato direto entre a criança e o robô, para que não seja apenas algo visual, mas também participativo. Foi sugerido criar algo no robô para ensinar números, realizar danças e repetir falas, e que essas funções fossem controladas pela terapeuta durante as sessões. Todos da equipe multidisciplinar opinaram que o robô deveria ser atrativo e colorido, e citaram as cores azul, amarelo e laranja com tons neutros e claros como preferenciais.

Quanto às dimensões, houve divergência, pois a equipe multidisciplinar escolheu um robô médio de 20 a 50 cm, enquanto os pais optaram por ser acima de 50 cm. Com relação ao material ideal escolhido para construção, o plástico foi a grande preferência na pesquisa, uma vez que alguns familiares relataram que as crianças podem não gostar de textura mole.

Sobre o design do robô, ressaltaram que ele devia ser: sorridente, colorido, ter controle de volume, robusto, não apresentar risco às crianças, ter grandes olhos, apresentar expressões, falar frases educativas e, principalmente, estimular a fala. Resumindo, conclui-se que tanto para a equipe multidisciplinar quanto para os familiares, o robô deve focar em auxiliar as crianças a melhorar sua comunicação; acreditam que o robô pode chamar a atenção da criança; o material empregado deve ser de plástico; o robô deve ensinar vocabulário; e reproduzir frases pequenas, mas sem emitir sons altos.

4 PROPOSTA DO ROBÔ BASEADA NA ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS

A partir dos resultados do referencial teórico e da aplicação do questionário, foi possível reunir informações essenciais para a especificação de requisitos do design do robô Otto. A literatura mostrou a importância da construção de um robô com design minimalista, sem uma aparência tão complexa, uma vez que se torna mais atrativo para as crianças. Logo, a implementação na construção de um robô minimalista tornou-se de extrema importância na especificação de requisitos para modelagem 3D do robô, a fim de promover a atenção e o conforto visual das crianças.

A preferência pelo design humanoide foi descartada para o projeto, pois haveria a necessidade de detalhamento das expressões e movimentos humanos, como, por exemplo, na movimentação dos olhos, boca e corpo, o que acarretaria um valor financeiro elevado, contradizendo o foco desta pesquisa, que é o

desenvolvimento de um robô de baixo custo. Entretanto, nos artigos pesquisados, observou-se que a característica humanoide foi proposta para propiciar às crianças com autismo o reconhecimento das emoções. Nesse contexto, optou-se por adicionar no Otto uma matriz LED 8x8 para conceder atributos eletrônicos com a representação de diferentes expressões, como feliz, triste, com raiva, entre outras, de forma a propiciar a compreensão das feições e também funcionar como uma ação de reforço positivo ou negativo durante a sessão terapêutica (Blanco; Gennari, 2019).

Outro ponto crucial para a construção do robô, relatado em algumas referências bibliográficas, foi a necessidade de robustez. Por isso, optou-se pela escolha de um plástico duradouro, com nível de flexibilidade moderado e resistente, como apresentado pelo Ácido Polilático (PLA), conforme observado nos resultados de testes realizados por Gomes *et al.* (2019). Neste caso, este material pode suportar impactos caso a criança tenha alguma reação adversa durante a terapia.

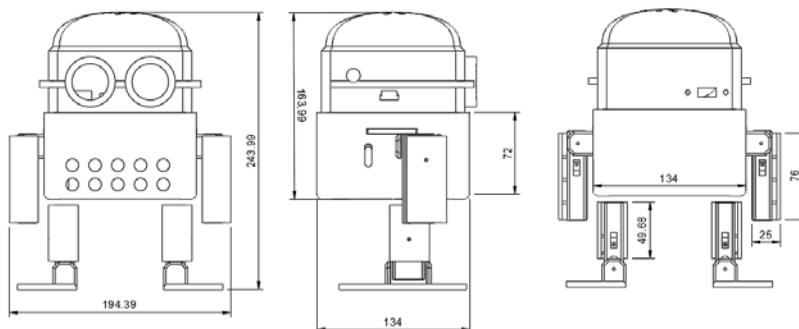
Verificou-se ainda na bibliografia consultada que a aparência zoomórfica também se mostrou atrativa para crianças com TEA. Todavia, a aceitação da utilização de animais pode ser mais demorada, levando em consideração a particularidade dos indivíduos. No entanto, os artigos foram inspiradores na percepção de que a aparência do robô é um ponto importante para atrair a atenção da criança. Por esse motivo, há evidências de que o robô deve ter uma aparência lúdica e familiar para a criança. Nessa direção, optou-se por utilizar o projeto open source robô Otto (2023) para fornecer um modelo de robô 3D para impressão, com design evocativo que possui características atrativas, lúdicas e empáticas para crianças com TEA.

Outro fator importante considerado na confecção do Otto foi compreender como as cores podem influenciar positivamente no tratamento do TEA. O livro "A Psicologia das Cores", de Heller (2013), explora como as cores afetam nossas percepções e emoções, criando ambientes acolhedores, estimulando sensorialmente e facilitando a interação. Ao aplicar os princípios da psicologia das

cores junto com o questionário de pesquisa podemos selecionar as cores ideais para o robô, alinhando o conhecimento dos pais e equipe multidisciplinar em paralelo com a literatura, gerando assim uma experiência mais inclusiva e eficaz para as crianças com TEA. A partir disso, optou-se pelas cores azul e amarelo, relatadas como preferenciais na pesquisa realizada no questionário e ressaltada na literatura.

Com relação à altura ideal do robô, o questionário aplicado mostrou indícios de que o Otto deveria ter altura entre 20 e 50 cm. Logo, a escala original do robô Otto (2023) foi ignorada pelo projeto, pois não seria possível adicionar os componentes integrados em sua composição eletrônica. Sendo assim, necessitou-se do processo de redimensionamento das escalas, conforme apresentado na Figura 2. É importante destacar que ao longo do processo de redimensionamento, os encaixes destinados aos servomotores foram mantidos inalterados. Esses encaixes desempenham um papel crucial, concedendo quatro graus de liberdade ao robô, o que viabiliza a movimentação dos pés e braços. Vale ressaltar que tais componentes foram preservados em suas dimensões padrão de fábrica, garantindo assim a capacidade do robô de realizar danças e movimentos de forma eficiente.

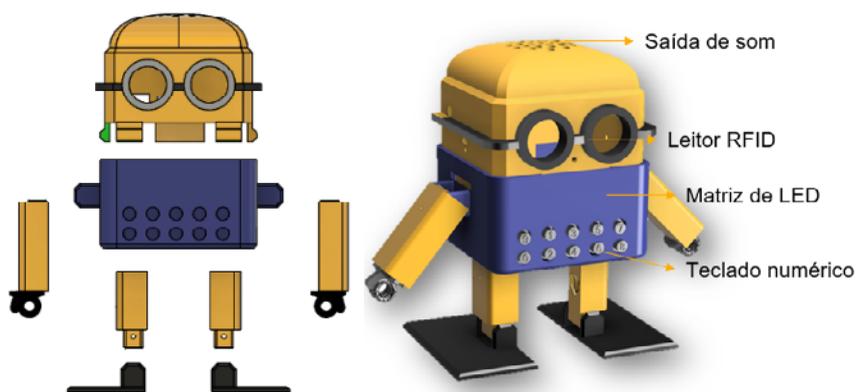
Figura 2 - Redimensionamento do robô Otto (escala em mm)



Fonte: Elaboração própria (2023).

A Figura 3 apresenta a modelagem 3D do robô Otto. Na parte superior, está localizada a saída de som, que apresenta volume ajustável para regulação da intensidade sonora e prevenção de desconforto nas crianças com sensibilidade auditiva. O design foi estrategicamente elaborado com a distribuição de pequenos orifícios redondos, de forma que o som seja reproduzido se dispersando para o ambiente de forma natural e com pouca reflexão de ondas. Isso é importante, dado que um ambiente que contenha bastante reflexão, sem um projeto acústico eficaz, apresenta uma péssima clareza da linguagem e pode causar desconforto em crianças com hipersensibilidade sonora, sendo este um caso comum nas crianças com TEA (Bettarello *et al.*, 2021; Fernandes, 2002).

Figura 3 - Modelagem 3D do robô Otto



Fonte: Elaboração própria (2023).

Nos olhos do robô está localizado um leitor de cartões de Radio Frequency Identification (RFID), havendo interação com um módulo de controle para agregar habilidades de comunicação e ensino ao robô Otto. Estudos recentes, como desenvolvido por Shimaya *et al.* (2018), têm indicado que a funcionalidade do robô em reproduzir verbalmente palavras e frases tem sido bem recebida e tem auxiliado na expansão da expressão verbal das crianças com TEA, aprimorando a

comunicação e aprendizado. Neste sentido, o Otto possui a habilidade de reproduzir vocalmente 170 frases, o que contribui para o aumento do vocabulário e favorece o progresso da interação social e habilidades comunicativas das crianças.

Na parte inferior da Figura 3, há uma matriz de LED 8x8. Houve a necessidade de realizar internamente uma extrusão de 3,5 mm com as medidas de 32x55 mm para realizar o acoplamento da matriz. Essa camada de impressão ficou com a espessura de 1 mm para que ocorra a visibilidade dos LEDs através do material. Essa matriz é responsável pelo semblante do Otto para representação de diferentes expressões, como por exemplo, a elucidação de um sorriso para irradiar o sentimento de felicidade.

Ainda, como um elemento educacional adicional e para promover um contato direto e a interação física da criança com o robô, na parte inferior também foram inseridos 10 botões interativos (push buttons) para ensinar os números de zero a nove às crianças.

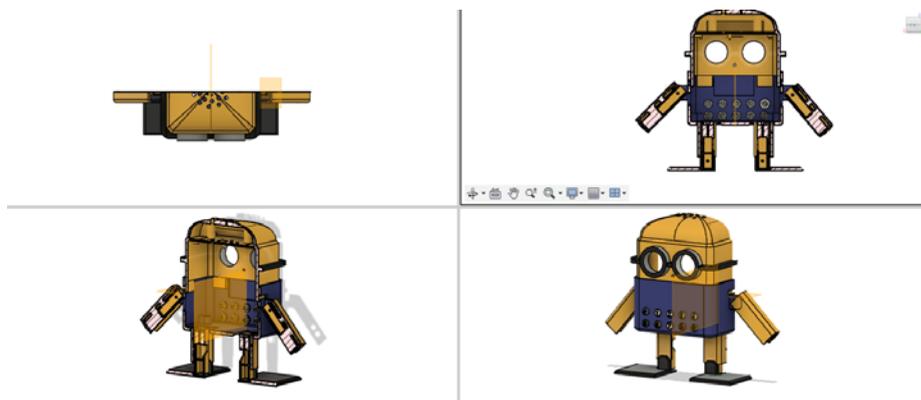
O diferencial desse trabalho, comparado às pesquisas realizadas, é com relação às diferentes funcionalidades do robô, uma vez que irá oferecer aos terapeutas novas soluções para trabalhar o hiperfoco, promover a atenção compartilhada e desenvolver habilidades de comunicação nas crianças com o transtorno autista.

4.1 PROCESSO DA MODELAGEM 3D NO SOFTWARE AUTODESK FUSION 360

O *software Autodesk Fusion 360* oferece uma plataforma abrangente e acessível para o processo de modelagem 3D, permitindo que designers e engenheiros criem protótipos virtuais detalhados de produtos antes da fabricação física. Para o desenvolvimento do brinquedo inclusivo para crianças autistas, o processo de modelagem 3D no Fusion 360 permitiu uma abordagem iterativa e personalizada.

A criação de protótipos virtuais do robô, considerando fatores como ergonomia, texturas sensoriais, cores contrastantes e interações intuitivas. Além disso, o *software Fusion 360* oferece recursos avançados de simulação e análise, o que permitiu testar a funcionalidade e a usabilidade do brinquedo em um ambiente virtual, antes de sua impressão, sendo crucial para garantir que o brinquedo atenda aos objetivos terapêuticos, proporcionando estímulos sensoriais apropriados, promovendo interações sociais e incentivando o engajamento ativo das crianças autistas.

Figura 4 - Análise Estrutural 3D do Robô Otto Utilizando o Software Autodesk Fusion



Fonte: Elaboração própria (2023).

A elaboração da estrutura tridimensional do robô Otto começou com a definição de seu projeto e a criação de um modelo inicial. Em seguida, procedeu-se à etapa de extrusão, que possibilitou a conversão das formas planas em objetos sólidos tridimensionais. Posteriormente, foram realizados refinamentos por meio de ajustes precisos, incrementando a complexidade do modelo, como ilustrado na Figura 4. A metodologia paramétrica desempenhou um papel fundamental ao estabelecer conexões e adaptabilidades entre os diversos componentes do robô. Isso permitiu a realização de uma análise estrutural detalhada para garantir a precisão e a viabilidade do projeto. Além disso, possibilitou a antecipação de

dimensões, o cálculo do centro de massa, a estimativa de peso, a determinação do consumo de material e a realização de simulações de visualização antes da fabricação física do robô, como demonstrado por Rebouças *et al.* (2021).

A próxima etapa foi a fase de renderização, como ilustrado na Figura 5. Durante este processo, foram ajustados a luminosidade, a orientação e a paleta de cores das fontes de luz. Uma câmera virtual foi posicionada para determinar o ponto de vista ideal do robô. A composição da cena também foi refinada para enquadrar o modelo de acordo com as especificações estéticas. Diferentes configurações de renderização foram selecionadas, abrangendo a resolução da imagem, sua fidelidade e os efeitos visuais desejados, tais como profundidade de campo e reflexões avançadas. A iluminação dentro do ambiente de renderização foi configurada para gerar sombras e reflexos, realçando os detalhes do modelo e verificando a integração das texturas para garantir o realismo e a qualidade dos materiais aplicados.

Figura 5 - Renderização Tridimensional do Robô Otto utilizando o *Autodesk Fusion*



Fonte: Elaboração própria (2023).

Ao concluir o ciclo de modelagem tridimensional, foi gerada a documentação técnica, fornecendo um manual abrangente para a criação eficaz de componentes detalhados. Além disso, os arquivos foram exportados individualmente no formato .stl, amplamente utilizado na transmissão de dados tridimensionais para o processo de fabricação aditiva. Esse conjunto de procedimentos, realizado no *software Autodesk Fusion*, ilustra a capacidade dessa ferramenta na transformação de conceitos de design em objetos físicos tangíveis.

4.2 PROCESSO DE IMPRESSÃO 3D

A impressão 3D é um processo que permite a criação de objetos tridimensionais camada por camada, oferecendo uma abordagem inovadora para a fabricação. A impressora utilizada neste trabalho foi a 3D Creality Ender 6, que utiliza a tecnologia *Fused Deposition Modeling* (FDM). O processo começa com a preparação do modelo digital do objeto a ser impresso. Esse modelo é então fatiado em camadas finas pelo software de fatiamento, que converte as informações em instruções compreensíveis pela impressora. Durante a impressão, um filamento de material termoplástico é alimentado através de um bico aquecido, que derrete o material conforme é depositado em camadas sucessivas sobre a plataforma de construção (Kristiawan *et al.*, 2021). À medida que cada camada é depositada, ela se funde com as camadas anteriores, solidificando-se gradualmente para formar o objeto desejado. Esse processo é repetido até que o objeto esteja completamente impresso, resultando em uma peça sólida e com dimensionamento preciso. Outro fator muito importante para a escolha dessa impressora é sua área de impressão de 250mm x 250mm x 400mm, que oferece espaço suficiente para a produção de peças do robô Otto, sendo mais ágil e menos propensa a problemas que podem ocorrer em outras impressoras.

Neste trabalho, foi utilizado o filamento de Ácido Polilático (PLA). Este material é identificado como um componente intrínseco da categoria dos poliésteres alifáticos termoplásticos (Wang *et al.*, 2017). Sua relevância é atribuída

à sua capacidade de biodegradação inerente, bem como à sua aplicabilidade em consonância com os princípios ecológicos. Em um contexto semelhante, Murariu *et al.* (2008) endossam essa perspectiva, destacando não apenas as propriedades ópticas notáveis do PLA, mas também sua resistência robusta à tração e facilidade de manipulação (Farah; Andereson; Lange, 2016). Utilizando o filamento PLA, observou-se, de acordo com Branco *et al.* (2021), uma notável durabilidade e rigidez durante o processo de impressão.

Para a execução do processo de impressão 3D, foi empregado o *software Ultimaker Cura*, um *slicer* 3D amplamente reconhecido por sua capacidade de configurar os parâmetros de impressão, como orientação, densidade de preenchimento, velocidade de impressão, temperatura do extrusor, estratégia de preenchimento, altura das camadas, e a criação de estruturas de suporte. Além disso, o software possibilita a simulação do tempo de impressão e a estimativa da quantidade de material necessária para cada peça. Após a configuração desses parâmetros, os arquivos no formato .stl, gerados pelo *Autodesk Fusion 360*, são processados pelo *Ultimaker Cura* e convertidos para o formato .gcode, que é então enviado para a impressora 3D para a produção das peças desejadas.

Este procedimento garante uma integração eficiente entre o software de modelagem tridimensional e o software de fatiamento, resultando em um fluxo de trabalho otimizado e uma produção precisa e eficaz de objetos tridimensionais. Diante disso, a configuração adotada para impressão do robô seguiu os parâmetros apresentados na Tabela 1.

Em peças maiores, é necessário aumentar o nível de preenchimento para evitar falhas de impressão e, conseqüentemente, o descarte da peça. Portanto, utilizamos um preenchimento de 10% para peças de menor dimensão e acima de 30% para peças mais extensas. As peças foram produzidas utilizando a qualidade padrão de impressão, com ajustes na velocidade para 100 mm/s,

conforme protocolo convencional. Devido à propensão do material em aderir à mesa de impressão, as temperaturas configuradas para o PLA foram inferiores em comparação com outros filamentos similares. Assim, a temperatura da mesa foi fixada em 60°C, enquanto a hot-end foi ajustada para 200°C, com o cooler ativado para manter a temperatura adequada para o referido material.

Tabela 1 - Parâmetros de Impressão para a Produção do Robô Otto

Peça	Quantidade	Preenchimento	Cor	Duração	Material Gasto
Braço	2	10%	Amarelo	6h42min	45g/15,18m
Perna	2	10%	Amarelo	4h35min	30g/9,92m
Mão	2	10%	Preto	1h37min	11g/3,55m
Pé	2	35%	Preto	5h26min	68g/22,94m
Tronco	1	35%	Azul	21h52min	176g/58,85m
Cabeça	1	40%	Amarelo	36h15min	325g /109,74m
Total	10	-	-	76h27min	655g/219,2m

Fonte: Elaboração própria (2023).

Ao contextualizar os dados fornecidos na Tabela 1, observamos que a soma total de todas as peças resulta em uma duração de impressão de 76 horas e 27 minutos. Além disso, o material total consumido para a fabricação dessas peças é de 655 gramas, distribuídos ao longo de 219,18 metros. Esses números destacam a magnitude do projeto e fornecem uma compreensão abrangente do esforço e dos recursos empregados na produção das peças. Essas informações são cruciais para uma análise completa do processo de fabricação, possibilitando uma avaliação precisa do tempo e dos materiais necessários para a conclusão bem-sucedida do projeto. Na Figura 6, é apresentada a versão final do robô Otto após impressão 3D e todas as modificações realizadas no software Autodesk Fusion e Ultimaker Cura. Por fim, após a montagem e inserção dos componentes eletrônicos, o peso do robô foi de 1 kg.

Figura 6 - Robô após impressão 3D

Fonte: Elaboração própria (2023).

5 IMPACTO DO DESIGN DO ROBÔ OTTO NO TRATAMENTO TERAPÊUTICO DE CRIANÇAS COM TEA

Para análise do desempenho do robô Otto na prática, essa pesquisa contou com aprovação do Comitê de Ética em pesquisa com seres humanos da área das Ciências Humanas e Sociais da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), que aprovou a realização de sessões terapêuticas individuais, com oito crianças, com idades entre 2 e 8 anos e grau de comprometimento do autismo nível 1 ou 2, conduzidas por cinco terapeutas (três fonoaudiólogas e duas psicólogas) no Centro de Reabilitação Dom Aquino Corrêa (CRIDAC).

Cada sessão, com duração variando entre 20 a 40 minutos, foi conduzida por uma dupla de terapeutas, composta por uma psicóloga e uma fonoaudióloga. Estas sessões foram realizadas em um ambiente neutro, contendo apenas uma mesa, cadeiras e um armário de brinquedos acessível às crianças.

Após a conclusão das sessões, as terapeutas observaram que a maioria das crianças, que teve seu primeiro contato com o robô, demonstrou uma considerável aceitação e afinidade com o design proposto para o Otto. Durante a realização de entrevistas e questionários com a equipe multidisciplinar, observou-se um

consenso quanto ao interesse manifestado pelas crianças em relação ao aspecto superdimensionado dos olhos do robô, que resultava em um estado de atenção aparente. Além disso, destacou-se o apreço das crianças pelo design visual do teclado numérico e suas funcionalidades, evidenciando uma concentração notável durante as sessões, conforme ilustra a Figura 7.

Esses resultados indicam um enfoque particular no processo terapêutico, influenciado pela capacidade do design do produto em reter a atenção das crianças, promovendo assim um engajamento mais profundo nas atividades terapêuticas. Informações mais detalhadas sobre os benefícios e melhorias na qualidade de vida observados no tratamento de duas crianças avaliadas podem ser encontradas no artigo de Marques *et al.* (2023).

Figura 7 - Crianças em sessões com o Robô



Fonte: Elaboração própria (2023).

Na análise dos resultados, é importante considerar também a familiaridade da aparência do robô com o personagem animado de um filme popular, conforme especificado em entrevistas com a equipe multidisciplinar e familiares das crianças. Uma vez que as crianças com autismo podem estar familiarizadas e confortáveis com esse tipo de estética, devido à exposição a esses personagens na mídia (Romero *et al.*, 2017), essa familiaridade pode criar uma sensação de segurança e conforto (Bridger, 2018), facilitando ainda mais sua interação com o robô Otto durante as sessões terapêuticas.

As observações sugerem que o design minimalista do robô Otto pode desempenhar um papel crucial na facilitação da aceitação das atividades e interação das crianças com TEA durante o tratamento terapêutico, permitindo uma melhor absorção dos conteúdos terapêuticos e promovendo avanços no desenvolvimento de habilidades motoras, de comunicação e sociais. A simplicidade e a estética do design podem reduzir potenciais fontes de distração e sobrecarga sensorial, proporcionando um ambiente mais acolhedor e acessível para as crianças com necessidades especiais. Além disso, a abordagem minimalista pode contribuir para uma maior compreensão e previsibilidade das interações com o robô, promovendo uma sensação de segurança e conforto para as crianças durante as sessões de terapia.

Diante do exposto, os resultados evidenciam que o design do robô Otto desempenhou um papel significativo no tratamento das crianças assistidas, influenciando positivamente suas experiências e interações durante as sessões de terapia. Essas observações destacam a importância de considerar cuidadosamente o design de tecnologias robóticas destinadas ao uso terapêutico com crianças neurodivergentes, visando criar ambientes inclusivos e acessíveis que promovam o desenvolvimento e bem-estar dessas crianças.

6 CONCLUSÕES

Considerando o objetivo do trabalho e os resultados obtidos, conclui-se que a pesquisa com familiares e equipe multidisciplinar mostrou-se importante, uma vez que expôs a visão de profissionais e familiares que convivem com as crianças com TEA sobre os procedimentos e funções essenciais para construção do brinquedo inclusivo. Por este estudo, foi possível criar um design participativo que proporcionou o engajamento das crianças, possibilitando uma interação triádica nas sessões terapêuticas, e vem estimulando a comunicação e aprendizado das crianças com TEA. Além de ter sido projetado para sessões terapêuticas, o robô e suas atividades também podem ser implementados no contexto escolar.

Além disso, o estudo mostrou que a especificação de um design e modelagem 3D personalizados para o público-alvo são fundamentais para o desenvolvimento de um protótipo, sendo o alicerce para que as etapas posteriores obtenham sucesso e não haja necessidade de alterar o projeto. Por isso, sua aplicabilidade em processos é relevante, uma vez que carrega a arquitetura e engenharia do robô para ingressar na terapia de modo não invasivo. No processo de modelagem e impressão 3D do projeto, é necessário cautela, pois busca-se a usabilidade com base nos atributos estruturais do produto, incluindo segurança, conforto e intuição do usuário; estética, porque precisa ser suave, interessante e atraente; os materiais e texturas exigem que sejam confortáveis, estimulantes e duráveis; e recursos práticos, expansíveis e funcionais (Wick *et al.*, 2020).

Após o entendimento e compreensão das dificuldades das crianças com TEA, a partir da pesquisa bibliográfica e aplicação do questionário com a equipe multidisciplinar, o robô comprovou-se ser uma ferramenta importante para o processo terapêutico no desenvolvimento de habilidades e repertório comportamental, pois, além de um brinquedo, é um instrumento facilitador para as crianças e seus cuidadores, desenvolvendo assim uma relação dialética.

A pesquisa com o robô Otto ainda está em andamento e o robô está sendo usado experimentalmente nas sessões terapêuticas com mais quatro crianças com diagnóstico de TEA confirmado. O propósito das avaliações, que estão sendo realizadas por oito estagiárias em psicologia na UFMT, é levantar questionamentos e constatações que irão embasar as melhorias estruturais a serem feitas no design, nas funcionalidades e nos movimentos do robô terapêutico, a fim de produzir uma segunda versão do brinquedo ainda mais eficiente para ser usado nas sessões de terapia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) pelo financiamento do projeto e a parceria do Centro de Reabilitação Integral Dom Aquino Corrêa (CRIDAC).

6. BRIDGER, Darren. *Neuromarketing: como a neurociência aliada ao design pode aumentar o engajamento e a influência sobre os consumidores*. Belo Horizonte: Autêntica Business, 2018.
7. CLARK, Cecilia; SLIKER, Levin; SANDSTRUM, Jim; BURNE, Brian; HAGGETT, Victoria; BODINE, Cathy. Development and preliminary investigation of a semiautonomous socially assistive Robot (SAR) designed to elicit communication, motor skills, emotion, and visual regard (engagement) from young children with complex cerebral palsy: a pilot comparative trial. *Advances in Human-Computer Interaction*, London, UK, v. 2019, p. 1–14, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/2614060>
8. COLTON, Mark; RICKS, Daniel. Trends and considerations in robot-assisted autism therapy. *In: IEEE. International Conference on Robotics and Automation, 2010, Anchorage, Alaska, 2010. Proceedings [...]*. Anchorage: ICRA, 2010. p. 4354-4359. DOI: 10.1109/ROBOT.2010.5509327.
9. CROSS, Nigel. *Engineering design methods: strategies for product design*. New York, NY: John Wiley & Sons, 2021.
10. FARAH, Shady; ANDERSON, Daniel; LANGER, Robert. Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications — a comprehensive review. *Advanced Drug Delivery Reviews*, Amsterdam, NL, v. 107, p. 367–392, Dec. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.addr.2016.06.012>
11. FENG, Huanghao. *Xylo-Bot: a therapeutic robot-based music platform for children with autism*. 2020. Dissertation (Doctorate in Philosophy) - University of Denver, Denver, CO, 2020.
12. FERNANDES, João. *Acústica e ruídos*. Bauru: Unesp, 2002.
13. GALVÃO, Maria; RICARTE, Ivan. Revisão sistemática da Literatura: conceituação, produção e publicação. *Logeion: filosofia da informação*,

- MIZUSHIMA, Sakae; WAKITA, Yujin; ISHIGURO, Hiroshi; MIMURA, Masaru; MINABE, Yoshio; KIKUCHI, Mitsuru. A pilot study for robot appearance preferences among high-functioning individuals with autism spectrum disorder: Implications for therapeutic use. *PLoS ONE*, San Francisco, CA, v. 12, n. 10, p. e0186581, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186581>
21. KUMAZAKI, Hirozaku; WARREN, Zachary; SWANSON, Amy; YOSHIKAWA, Yuichiro; MATSUMOTO, Yoshio; TAKAHASHI, Hideyuki; SARKAR, Nilajan; ISHIGURO, Hiroshi; MIMURA, Masaru; MINABE, Yoshio; KIKUCHI, Mitsuru. Can robotic systems promote self-disclosure in adolescents with autism spectrum disorder? A pilot study. *Frontiers in Psychiatry*, Switzerland, v. 9, p. 36, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2018.00036>
22. MARQUES, Fernanda; NEVES, Izamara; FAGUNDES, Emellyn; LIMA, Elton; KEMPNER, Thais; NUNES, Eunice; BORGES, Luciana. Social benefit analysis of the Otto robot in therapies for children with ASD. In: ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERACTIVE MEDIA EXPERIENCES WORKSHOPS, 2023, Nantes, France. *Proceedings [...]*. New York, NY: Association for Computing Machinery, 2023. p. 23-26. DOI: <https://doi.org/10.1145/3604321.3604343>
23. MURARIU, Marius; DA SILVA FERREIRA, Amália; ALEXANDRE, Michael; DUBOIS, Phillipe. Polylactide (PLA) designed with desired end-use properties: 1. PLA compositions with low molecular weight ester-like plasticizers and related performances. *Polymers for Advanced Technologies*, New York, NY, v. 19, n. 6, p. 636-646, Jun. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1002/pat.1131>
24. NIDERLA, Konrad; MACIEJEWSKI, Marcin. Construction of a zoomorphical robot for rehabilitation of autistic children. *Journal of Physics*. Conference Series, Bristol, 2021. DOI: [10.1088/1742-6596/1782/1/012024](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1782/1/012024)

- individuals with/without Autism Spectrum disorder. *International Journal of Social Robotics*, Berlim, v. 11, p. 171–184, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12369-018-0497-0>.
31. SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA. Sociedade Brasileira de Pediatria. Departamento Científico de Pediatria do Desenvolvimento e Comportamento. *Transtorno do espectro do autismo*. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Pediatria, 2019. Manual de orientação, n. 5, abr. 2019.
 32. VINUTO, Juliana. A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto. *Temáticas*, Campinas, SP, v. 22, n. 44, p. 203-220, 2014.
 33. WANG, Xin; JIANG, Man; ZHOU Zouwan; GOU, Jihua; HUI, David. 3D printing of polymer matrix composites: a review and prospective. *Composites Part B: Engineering*, Amsterdam, v. 110, p. 442-458, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.11.034>
 34. WICK, Carla; CAVALCANTI, Anna; MERINO, Giselle; SOBRAL, João. Requisitos para projetos de computação vestível para crianças autistas com base no Design centrado no humano. *Human Factors in Design*, Florianópolis, v. 9, n. 17, p. 122-136, 2020. DOI: 10.5965/2316796309172020122.
 35. WOOD, Luke; ZARAKI, Abolfazl; ROBINS, Ben; DAUTENHANH, Kerstin. Developing kaspar: a humanoid robot for children with autism. *International Journal of Social Robotics*, Berlim, v. 13, n. 3, p. 491-508, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12369-019-00563-6>
 36. YOSHIKAWA, Yiuchiro; KUMAZAKI, Hirokazu; MATSUMOTO, Yoshio; MIYAO, Masumoto; KIKUCHI, Mitsuru; ISHIGURO, Hiroshi. Relaxing gaze aversion of adolescents with autism spectrum disorder in consecutive conversations with human and android robot: a preliminary study. *Frontiers in Psychiatry*, Switzerland, v. 10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsy.2019.00370>.