



INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO

Campus Jaboatão dos Guararapes - PE

Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas

BERNARDO GOMES RIBEIRO

THIAGO JOSÉ AMARAL OLIVEIRA DA SILVA

THYAGO SILVA DE MELO

**COMUNICAA: Um Aplicativo de Comunicação Aumentativa e Alternativa
para Autistas Não Verbais**

Jaboatão dos Guararapes / PE

Novembro 2025

BERNARDO GOMES RIBEIRO
THIAGO JOSÉ AMARAL OLIVEIRA DA SILVA
THYAGO SILVA DE MELO

**COMUNICAA: Um Aplicativo de Comunicação Aumentativa e Alternativa
para Autistas Não Verbais**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Orientador: Prof. M.e Roberto Luiz Sena de Alencar

Coorientador: Prof. Emanuel Dantas Filho

Jaboatão dos Guararapes / PE
Novembro 2025

FICHA CATALOGRÁFICA – ELABORADA PELA BIBLIOTECA

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por nos permitir ter saúde e forças para abraçar as oportunidades que nos foram concedidas, aos nossos familiares pelo apoio e motivação e finalmente a todos os professores e professoras pela paciência, confiança e troca de conhecimentos e experiências, pois sem eles nada disso seria possível.

RESUMO

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) impõe desafios significativos à comunicação, especialmente para indivíduos não verbais, que eventualmente dependem de recursos visuais e auditivos para expressar suas necessidades e sentimentos. Apesar dos avanços tecnológicos, ainda há uma escassez de ferramentas digitais acessíveis, disponíveis em português e de uso gratuito, voltadas a esse público. Diante desse cenário, este trabalho teve como objetivo desenvolver e avaliar o ComuniCAA, um aplicativo móvel de Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA) destinado a ampliar a capacidade comunicativa de pessoas que estão no TEA. A pesquisa foi conduzida segundo a metodologia *Design Science Research* (DSR), contemplando as etapas de concepção, construção e validação do artefato. O aplicativo propõe uma prancha digital interativa que permite a formação de frases por meio de pictogramas com saída de áudio, operando em modo online ou offline e com uma interface fácil e intuitiva. A validação inicial, realizada com base no *feedback* de usuários e profissionais da área, indicou uma boa aceitação e uma considerável eficácia na expressão de necessidades básicas do usuário. Os resultados reforçam o potencial do aplicativo ComuniCAA como uma ferramenta de Tecnologia Assistiva (TA) voltada à promoção da autonomia, inclusão e qualidade de vida de pessoas com TEA, contribuindo para a democratização do acesso a recursos comunicativos acessíveis.

Palavras-chave: Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA); Transtorno do Espectro Autista (TEA); Tecnologia Assistiva (TA).

ABSTRACT

Autism Spectrum Disorder (ASD) presents significant communication challenges, especially for nonverbal individuals who may rely on visual and auditory resources to express their needs and feelings. Despite technological advancements, there is still a scarcity of accessible digital tools, available in Portuguese and free to use, aimed at this population. In this context, this work aimed to develop and evaluate ComuniCAA, a mobile Augmentative and Alternative Communication (AAC) application designed to enhance the communicative capacity of people with ASD. The research was conducted using the Design Science Research (DSR) methodology, encompassing the stages of conception, construction, and validation of the artifact. The application proposes an interactive digital board that allows the formation of sentences through pictograms with audio output, operating online or offline, and with an easy and intuitive interface. Initial validation, based on feedback from users and professionals in the field, indicated good acceptance and considerable effectiveness in expressing the user's basic needs. The results reinforce the potential of the ComuniCAA app as an Assistive Technology tool aimed at promoting the autonomy, inclusion, and quality of life of people with ASD, contributing to the democratization of access to accessible communication resources.

Keywords: Augmentative and Alternative Communication (AAC); Autism Spectrum Disorder (ASD); Assistive Technology (AT);

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Análise Comparativa de Custo e Funcionalidades de Alguns dos Aplicativos de CAA Existentes (Parte 1).....	14
Quadro 2: Análise Comparativa de Custo e Funcionalidades de Alguns dos Aplicativos de CAA Existentes (Parte 2).....	17
Quadro 3: Etapas do processo DSR.....	29
Quadro 4: Questionário.....	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Passos de toque para formar a frase “eu quero brincar” e reproduzir a frase.....	23
Figura 2 – Tela de Cartões (Selecionando o cartão tangerina).....	24
Figura 3 – Tela de Cartões (Selecionando a opção de editar cartão).....	24
Figura 4 – Tela de Edição de um Cartão (Exemplo: Cartão "Tangerina").....	25
Figura 5 – Quadro Kanban (Trello) do Projeto ComuniCAA, documentando o acompanhamento e o progresso das tarefas.....	26
Figura 6 - Gráfico de Respostas da Pergunta 1 do Questionário.....	37
Figura 7 - Gráfico de Respostas da Pergunta 4 do Questionário.....	39
Figura 8 - Gráfico de Respostas da Pergunta 6 do Questionário.....	40
Figura 9 - Gráfico de Respostas da Pergunta 7 do Questionário.....	41
Figura 10 - Gráfico de Respostas da Pergunta 8 do Questionário.....	42
Figura 11 - Gráfico de Respostas da Pergunta 9 do Questionário.....	43
Figura 12 - Gráfico de Respostas da Pergunta 11 do Questionário.....	44
Figura 13 - Gráfico de Respostas da Pergunta 17 do Questionário.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS

TEA	Transtorno do Espectro Autista
TA	Tecnologia Assistiva
DSR	Design Science Research
PECS	Picture Exchange Communication System
CDC	Disease Control and Prevention
TDAH	Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade
DIS	Disfunção de Integração Sensorial
PNTA	Plano Nacional de Tecnologia Assistiva

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	3
2.2.1 Tecnologia Assistiva (TA).....	6
2.2.2 Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA).....	8
2.2.3 Picture Exchange Communication System (PECS).....	11
3. ANÁLISE DAS SOLUÇÕES ATUAIS.....	13
4 SOLUÇÃO PROPOSTA.....	19
4.1 Arquitetura.....	20
4.1.1 Front-End.....	21
4.1.2 Back-End.....	21
4.1.3 DataBase.....	22
4.2 Recursos Visuais.....	22
4.3 Protótipos e Interface do Usuário.....	22
4.4 Desenvolvimento.....	25
5. ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	28
5.1 Contextualizando o Design Science Research (DSR).....	28
5.2 Aplicação do Design Science Research no Projeto ComuniCAA.....	31
5.3. Avaliação do Aplicativo ComuniCAA.....	34
5.4 Questionário Proposto para Avaliação do Aplicativo ComuniCAA.....	34
6 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	36
6.1. Impressões Iniciais e Usabilidade.....	37
6.1.1. Intuitividade e Facilidade de Navegação (Q.01).....	37
6.2. Design Inclusivo e Sensibilidade Sensorial.....	38
6.2.1. Adequação Sensorial do Design (Q.04).....	38
6.3. Eficácia Comunicativa e Personalização.....	40
6.3.1. Feedback Auditivo (Q.06).....	40
6.3.2. Facilidade de Personalização (Q.07).....	41
6.3.3. Expressão de Necessidades (Q.08).....	42
6.3.4. Expressão de Ideias Complexas (Q.09).....	42
6.4. Impacto Social e Considerações Éticas.....	43
6.4.1. Redução da Frustração (Q.11).....	43
6.4.2. Considerações Éticas (Q.16).....	44
6.4.3. Potencial Geral e Aceitação (Q.17).....	45
6.5. Recomendações e Trabalhos Futuros (Q.18).....	46
6.6. Conclusão da Análise dos Resultados.....	47
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
8 TRABALHOS FUTUROS.....	49

1 INTRODUÇÃO

Pessoas atípicas, também chamadas de neurodivergentes, formam um grupo que apresenta formas de pensar, sentir e agir que divergem do que é considerado típico no desenvolvimento neurológico. Os principais diagnósticos que compõem este grupo estão no Transtorno do Espectro Autista (TEA), Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH), Transtorno do Processamento Sensorial, entre outros (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2014).

O TEA possui um quadro clínico que se manifesta por meios de déficits relevantes na comunicação e na interação social dos indivíduos, além de comportamentos e interesses restritos, seletivos e repetitivos (BANDEIRA, 2020, P. 16). Portanto, dentre as principais dificuldades dos indivíduos com TEA, a comunicação e interação social representam desafios constantes na vida dessas pessoas. Tais limitações afetam diretamente a qualidade de vida dessas pessoas, dificultando suas interações sociais.

De acordo com Mendonça (2024), pessoas no TEA estão classificadas em três níveis de suporte: **nível 1**, **nível 2** e **nível 3**, refletindo diferentes intensidades de necessidade de auxílio externo para acomodar a vida cotidiana de pessoas autistas. No nível 1, o indivíduo pode apresentar dificuldades em compreender particularidades na comunicação e transitar entre atividades ou mudanças de rotina, embora tenha certa autonomia funcional. Já no nível 2, as barreiras comunicacionais e comportamentais são mais pronunciadas, com maior necessidade de apoio contínuo. No nível 3, as dificuldades são mais severas: muitos indivíduos são incapazes de mascarar traços autistas, apresentam comunicação verbal extremamente limitada ou inexistente, e requerem suporte intensivo para as tarefas diárias.

Estudos realizados demonstram que “Cerca de 30% das crianças com TEA são minimamente verbais ou não-verbais” (OLIVEIRA et al., 2024, p. 3), o que compromete a autonomia, expressão de necessidades básicas e seu desenvolvimento social e educacional. Neste contexto, a comunicação surge como uma das principais dificuldades das crianças com TEA. Por definição, a comunicação verbal e não verbal é a habilidade de iniciar, manter e entender relacionamentos sociais (Melo et al, 2021). A comunicação é uma habilidade essencial para o desenvolvimento humano e é potencializada por elementos não

verbais, como expressões faciais, que contribuem para a transmissão de estados emocionais (Moreira, Ribeiro e Alvarenga, 2024).

Diversas pesquisas têm buscado desenvolver soluções tecnológicas que favoreçam a comunicação de pessoas com TEA, especialmente por meio de softwares de Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA). Essa abordagem reúne estratégias e recursos que ampliam ou substituem a fala natural, permitindo que indivíduos com dificuldades comunicativas se expressem com maior autonomia (Nunes, Barbosa e Nunes, 2021). A CAA faz uso de gestos, símbolos, pranchas e sistemas digitais, com ou sem suporte tecnológico, e tem demonstrado resultados positivos na promoção da interação social, inclusão escolar e comunicação funcional, configurando-se como uma importante Tecnologia Assistiva.

As pranchas digitais de comunicação representam um dos principais exemplos de aplicação da CAA. Elas funcionam como interfaces visuais, de alta ou baixa tecnologia, que organizam símbolos, imagens ou pictogramas, permitindo que o usuário selecione combinações para formar palavras ou frases, que são convertidas em áudio no caso das ferramentas de CAA de alta tecnologia. Essas pranchas possibilitam uma interação mais dinâmica e personalizada, adaptando-se às necessidades cognitivas e linguísticas de cada indivíduo, e têm se mostrado especialmente eficazes no apoio à comunicação funcional de pessoas com TEA.

Apesar da existência de ferramentas de CAA no mercado, muitas apresentam limitações como custo elevado, interfaces complexas, indisponibilidade offline ou ausência de versões em português. Tais limitações dificultam o acesso, especialmente para crianças e adolescentes com TEA.

Nesse contexto, esta pesquisa tem o objetivo de **desenvolver e avaliar o uso de uma prancha de comunicação para pessoas não verbais com TEA**. A solução proposta é um aplicativo *mobile* chamado “ComuniCAA”, desenvolvido segundo práticas de CAA. Diante deste cenário, surge a seguinte questão de pesquisa: *em que medida o aplicativo ComuniCAA contribui para ampliar a comunicação e a autonomia de pessoas não verbais com TEA?*

A importância desta pesquisa está associada ao crescimento expressivo dos diagnósticos de Transtorno do Espectro Autista (TEA). Dados do Centers for Disease Control and Prevention (CDC) indicam que a incidência passou de 1 em cada 166 crianças em 2004 para 1 em cada 31 em 2025 (SHAW, 2025), o que

evidencia a urgência de soluções que favoreçam a comunicação e a inclusão. No Brasil, o Censo Escolar de 2024 registrou um aumento de 44,4% nas matrículas de estudantes com TEA (INEP, 2025), ampliando os desafios para famílias e instituições de ensino. Apesar da eficácia comprovada da Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA), o acesso a essas tecnologias ainda é restrito por fatores como alto custo, interfaces complexas, ausência de versões em português e dependência de conexão à internet. Para contribuir com as pesquisas nesta área, este trabalho propõe o desenvolvimento do ComuniCAA, um aplicativo gratuito, intuitivo, em português e com suporte offline, com o objetivo de democratizar o acesso à comunicação e promover autonomia e inclusão para pessoas com TEA, em consonância com a Lei Brasileira de Inclusão.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Transtorno do Espectro Autista

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é um transtorno do neurodesenvolvimento de curso crônico, cujas manifestações clínicas se dão por déficits persistentes na comunicação e na interação social, além de padrões restritos de comportamento. As dificuldades comunicativas do TEA, que podem variar em intensidade e ser ordenadas em três níveis de suporte, representam o desafio central que motiva esta pesquisa, especialmente para o público minimamente verbal ou não-verbal. As próximas subseções buscam contextualizar essas barreiras e o desenvolvimento humano atrelado à comunicação (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2014).

2.1.1 Contexto da Comunicação para Pessoas com TEA

A comunicação é um pilar fundamental da interação humana e do desenvolvimento individual. Para pessoas com TEA, as dificuldades inerentes à comunicação e interação social representam um dos principais desafios, impactando profundamente sua qualidade de vida e inclusão na sociedade (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2014). O presente trabalho se insere nesse contexto, buscando expandir a capacidade comunicativa de indivíduos com TEA por meio de uma solução tecnológica inovadora e acessível.

A crescente necessidade de recursos que facilitem a comunicação para essa população tem impulsionado a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias assistivas. No entanto, uma análise do cenário atual revela uma barreira significativa: uma grande parcela dos aplicativos de comunicação existentes no mercado é inacessível para pessoas de baixa renda (SCHIRMER, 2020). Esta realidade é reforçada em análises comparativas, realizadas por este trabalho, de funcionalidades e custos de diversas soluções disponíveis, como as apresentadas no Quadro 1 e Quadro 2, que detalham o panorama do mercado em 2024.

A demanda por recursos acessíveis e eficientes para a comunicação alternativa torna essencial a investigação e o desenvolvimento de soluções tecnológicas que possam atender a esse público de forma personalizada, conforme apontado por Lorah, Parnell, Whitby e Hantula (2015). O estudo em questão visa contribuir para o campo das tecnologias assistivas ao analisar o impacto da implementação de um aplicativo voltado à comunicação de pessoas com TEA, destacando sua relevância, usabilidade, acessibilidade e potencial de impacto na qualidade de vida dos usuários.

2.1.2 Autistas Não Verbais: Desafios e Potencialidades Comunicativas

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é um transtorno do neurodesenvolvimento que se manifesta precocemente e possui um curso crônico, não degenerativo. Ele é caracterizado por prejuízos persistentes na interação social e na comunicação (verbal e não verbal), além de padrões restritos e estereotipados de comportamentos, interesses e/ou atividades (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2014). Uma das características mais importantes, que afeta profundamente a vida social, educacional e profissional, é a dificuldade ou a ausência total de fala funcional.

É crucial estabelecer uma distinção conceitual entre "não verbal" e "não falante", pois embora ambos os termos se refiram a desafios na comunicação oral, suas implicações podem ser diferentes.

Pessoas não verbais são autistas que, de fato, não utilizam a fala como seu meio de comunicação primário ou funcional. No entanto, isso não implica uma

incapacidade total de se comunicar; muitos indivíduos não verbais empregam métodos alternativos de comunicação, como a CAA, dispositivos eletrônicos, linguagem de sinais e cartões de comunicação, que se mostram eficazes na melhoria de sua qualidade de vida (ASHA, 2023; BEUKELMAN; LIGHT, 2020; LORAH et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2024).

Pessoas não falantes, por sua vez, podem possuir a capacidade física de produzir sons e palavras, mas optam por não falar ou enfrentam dificuldades em situações específicas. Isso pode ocorrer devido a fatores como ansiedade, sobrecarga sensorial ou outras barreiras emocionais e psicológicas. Pesquisas sugerem que intervenções terapêuticas focadas na redução da ansiedade e no aumento da autoconfiança podem auxiliar esses indivíduos a se expressarem verbalmente quando se sentem confortáveis. A comunidade de autodefensores prefere o termo "não-falante" por ser mais preciso e respeitoso, descrevendo a condição sem negar a competência linguística existente (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2014; HART; BANDA, 2010; MILLAR; LIGHT; SCHLOSSER, 2006).

As dificuldades na comunicação entre autistas, sejam eles não verbais ou não falantes, podem levar a uma série de desafios comportamentais. A frustração decorrente da incapacidade de se expressar pode manifestar-se em comportamentos agressivos e irritáveis (HART; BANDA, 2010). A ausência de fala funcional é uma barreira significativa que impacta a participação social, o acesso a processos educacionais e a inserção no mercado de trabalho.

Para ambos os grupos, a comunicação alternativa é de vital importância. Ferramentas como aplicativos de comunicação, quadros de símbolos e tecnologia de voz assistida oferecem meios eficazes de expressão. A chave para o sucesso reside em encontrar a ferramenta que melhor se adapte às necessidades individuais de cada pessoa, enfatizando a individualização e o respeito às suas preferências comunicativas. A Tecnologia Assistiva é uma aliada inestimável, fornecendo recursos que facilitam a comunicação, o aprendizado e a organização para pessoas com TEA. Isso inclui aplicativos de comunicação, como Livox¹ e Matraquinha², e aplicativos destinados à organização de rotinas, que promovem previsibilidade e reduzem a ansiedade.

¹ <https://livox.com.br/br/>

² <https://www.matraquinha.com.br/>

A distinção entre "não verbal" e "não falante" estabelece que, embora ambos os grupos se beneficiem da CAA, as razões subjacentes para suas dificuldades de comunicação podem ser diferentes. A Tecnologia Assistiva (TA) para autismo leve, por exemplo, inclui não apenas comunicação, mas também organização de rotina, indicando uma abordagem mais ampla para a autonomia. A necessidade de individualização e respeito às preferências é constantemente enfatizada. Isso implica que um aplicativo de CAA eficaz para pessoas com TEA deve ser projetado com um alto grau de flexibilidade e personalização. Não basta apenas fornecer pictogramas; o sistema precisa permitir adaptações que considerem as nuances entre ser "não verbal" e "não falante", bem como as sensibilidades sensoriais e cognitivas específicas. A capacidade de personalizar o vocabulário, a interface visual (cores, tamanho, layout) e até mesmo integrar funcionalidades de rotina ou suporte à ansiedade pode ser crucial para maximizar a eficácia e a aceitação do aplicativo por uma gama mais ampla de usuários do espectro autista. Isso eleva o design do aplicativo de uma mera funcionalidade para uma consideração complexa de neurodiversidade e necessidades individuais.

2.2 Tecnologias de apoio às pessoas com o TEA

Diante da necessidade de superar as barreiras comunicativas impostas pelo TEA, a **Tecnologia Assistiva (TA)** surge como um campo de conhecimento essencial. A TA visa promover a funcionalidade, autonomia e inclusão social, sendo que o ramo da **Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA)** é o foco principal para indivíduos com déficits de fala. As seções a seguir detalham a TA, a metodologia CAA, e um de seus sistemas mais relevantes, o Picture Exchange Communication System (PECS).

2.2.1 Tecnologia Assistiva (TA)

A Tecnologia Assistiva é um campo interdisciplinar de conhecimento que abrange uma vasta gama de produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços. Seu propósito fundamental é promover a funcionalidade relacionada à atividade e participação de pessoas com

deficiência ou mobilidade reduzida, com o objetivo de fomentar sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social. É imperativo compreender que o termo "Tecnologia Assistiva" deve ser empregado no singular, pois se refere a um campo de conhecimento consolidado, e não a uma mera coleção de produtos. Dessa forma, o uso correto na linguagem acadêmica e técnica é referir-se a "Recursos de TA" ou "Serviços de TA" quando se alude aos elementos específicos que compõem esse campo (BERSCH, 2017).

Os recursos de TA são extremamente variados, podendo ir de itens simples como muletas a sistemas computadorizados altamente complexos. Incluem também brinquedos e roupas adaptadas, softwares e hardwares especializados, dispositivos de acessibilidade, auxílios de mobilidade, equipamentos de comunicação alternativa, chaves especiais, dispositivos de escuta assistida, auxílios visuais, materiais protéticos e até mesmo itens comerciais adaptados. Os serviços de TA, por sua vez, são as intervenções profissionais que auxiliam indivíduos com deficiência na seleção, obtenção e utilização de instrumentos de TA, frequentemente envolvendo equipes transdisciplinares compostas por fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais, fonoaudiólogos, educadores, psicólogos, enfermeiros, médicos, engenheiros, arquitetos e designers.

A Comunicação Aumentativa e Alternativa é intrinsecamente ligada à Tecnologia Assistiva, sendo considerada uma categoria ou um ramo específico da TA, especialmente focado em auxiliar indivíduos com desafios de comunicação. Para pessoas com TEA, as intervenções de TA frequentemente se enquadram na categoria de CAA devido às características predominantes de comunicação do transtorno. A TA é amplamente reconhecida como uma oportunidade concreta e um meio eficaz para a inserção social, com impactos significativos na comunicação, mobilidade, qualidade de vida e autonomia. Ela possibilita o acesso à educação, ao trabalho, ao lazer, à prática esportiva e contribui substancialmente para a saúde e o bem-estar dos usuários.

O arcabouço legal brasileiro, exemplificado pela Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (LBI, Lei nº 13.146/2015), define a deficiência não como uma característica intrínseca do indivíduo, mas como o resultado da interação entre uma limitação e as barreiras ambientais (BRASIL, 2015). A LBI também define a TA, e o Plano Nacional de Tecnologia Assistiva (PNTA) busca promover a participação

plena, propondo medidas como isenção ou redução de impostos e linhas de crédito subsidiadas para a aquisição de TA (BRASIL, 2015). Contudo, apesar dos avanços legislativos, o Brasil ainda se encontra em estágios iniciais no reconhecimento e estruturação do campo da TA, enfrentando a falta de orientação pública centralizada e a fragmentação das informações disponíveis (BRASIL, 2021; JÚNIOR; COUTINHO, 2024).

O desenvolvimento de soluções digitais de TA, como o aplicativo proposto, não é apenas uma inovação tecnológica, mas uma resposta estratégica a barreiras sistêmicas e sociais que historicamente limitaram o acesso e a aceitação da TA. A fragmentação da informação e a falta de orientação pública centralizada sobre TA no Brasil, aliadas aos desafios da TA convencional, como o alto custo, a escassez em escolas e, notavelmente, a estigmatização, criam um cenário onde a inovação digital se torna crucial (SCHIRMER, 2020). Aplicativos para smartphones e tablets superam esses desafios por serem menos estigmatizantes, economicamente viáveis (muitos são gratuitos) e por terem um design universal (LORAH et al., 2015). Ao oferecer uma alternativa gratuita e discreta, o aplicativo não só democratiza o acesso, mas também contribui para a desestigmatização do uso de auxílios para comunicação, promovendo uma inclusão mais digna e autônoma. Isso posiciona o aplicativo não apenas como uma ferramenta, mas como um agente de mudança social. Para compreender a fundo o impacto e o funcionamento de tal solução, é fundamental explorar a área específica da Tecnologia Assistiva da qual ela faz parte: a Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA).

2.2.2 Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA)

A Comunicação Aumentativa e Alternativa é definida como uma prática clínica e educacional cujo objetivo primordial é compensar, de forma temporária ou permanente, a incapacidade ou deficiência de um indivíduo em quadros de distúrbios graves de comunicação (ASHA, 2023). Sua finalidade é valorizar e organizar todas as formas de expressão do indivíduo para estabelecer uma comunicação eficaz e rápida. A abrangência da CAA vai além da fala verbal, englobando uma vasta gama de modalidades, como gestos, linguagem de sinais, expressões faciais e corporais, o uso de pranchas com símbolos pictográficos, e

sistemas computadorizados que incorporam voz sintetizada (BEUKELMAN; LIGHT, 2020).

É fundamental distinguir os termos que compõem a sigla. A comunicação "aumentativa" ocorre quando um indivíduo emprega um meio adicional de comunicação para complementar ou compensar deficiências na fala existente, sem, contudo, substituí-la integralmente. Por outro lado, a comunicação "alternativa" é utilizada quando um indivíduo recorre a outro meio para se comunicar em substituição à fala, devido à impossibilidade de articulação ou produção sonora adequada (SCHLOSSER; WENDT, 2008). O termo composto "Comunicação Aumentativa e Alternativa" (CAA) é amplamente adotado para englobar e definir essas diversas formas de comunicação.

A CAA desempenha um papel vital para indivíduos com TEA, particularmente aqueles que enfrentam dificuldades na linguagem verbal complexa ou que apresentam ausência de fala. Ela oferece um meio de expressão eficaz, permitindo que autistas comuniquem suas ideias, necessidades, pensamentos e urgências. A análise aprofundada dos benefícios da CAA revela que ela não é apenas um auxílio para a comunicação, mas um catalisador para o desenvolvimento integral do indivíduo com TEA. Ela não apenas permite a expressão de necessidades básicas, mas também fomenta a interação social, a participação em ambientes educacionais e, em alguns casos, pode até facilitar a emergência ou o aprimoramento da fala verbal (SCHLOSSER; WENDT, 2008; MILLAR; LIGHT; SCHLOSSER, 2006). A redução de comportamentos desafiadores advinda da melhoria da comunicação demonstra um impacto profundo na qualidade de vida e na autonomia, reforçando a justificativa para o desenvolvimento de ferramentas como o aplicativo proposto (HART; BANDA, 2010).

Os benefícios da CAA para indivíduos com TEA são multifacetados e vão além da mera expressão de necessidades:

Expressão Eficaz: Facilita a criação de um canal de comunicação eficaz para a manifestação de ideias e necessidades.

Melhora da Interação Social: Atuando como uma tecnologia assistiva, a CAA expande as capacidades comunicativas e, conseqüentemente, aprimora a

interação da pessoa com deficiência com seu ambiente social (BONDY; FROST, 2001).

Aplicação em Diversos Contextos: Sua aplicabilidade se estende a todos os domínios da vida do autista, desde as relações familiares e o ambiente escolar até o contexto de trabalho.

Aumento do Engajamento Acadêmico: No ambiente educacional, a CAA é uma ferramenta essencial tanto para a socialização quanto para o acesso ao conteúdo curricular, elevando as possibilidades de engajamento em atividades de sala de aula.

Desenvolvimento de Habilidades Comunicativas e Confiança: Com o tempo e o treinamento adequado, a criança autista pode compreender que o recurso de CAA a auxilia na formulação de pedidos, no compartilhamento de ideias e na elaboração de comentários mais complexos, o que, por sua vez, constrói confiança em sua capacidade de se comunicar.

Os sistemas de CAA podem ser categorizados em duas grandes modalidades: manuais e gráficos.

Os sinais manuais não exigem auxílios externos, permitindo maior independência do usuário. Incluem gestos comuns, gestos idiossincráticos (próprios do indivíduo), soletração digital e a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS), embora nem sempre com as complexas inflexões gramaticais de usuários surdos (BEUKELMAN; LIGHT, 2020).

Os sistemas gráficos caracterizam-se pelo uso de símbolos visuais que podem ser fotografias, desenhos altamente icônicos, desenhos abstratos ou a ortografia tradicional. Entre os sistemas gráficos mais conhecidos estão os Blissymbols, o PCS (Picture Communication Symbols) e o PIC (Pictogram Ideogram Communication). O PCS, em particular, destaca-se por ser predominantemente pictográfico, o que facilita o reconhecimento e o aprendizado, tornando-o amplamente utilizado. É justamente a partir da utilização de símbolos como o PCS que foi desenvolvido um dos protocolos de intervenção mais estruturados e

pesquisados para o ensino da comunicação funcional: o *Picture Exchange Communication System* (PECS).

2.2.3 Picture Exchange Communication System (PECS)

O Picture Exchange Communication System é um sistema de comunicação baseado na troca de figuras, desenvolvido por Bondy e Frost em 1994, com sua origem no Programa de Autismo de Delaware, nos Estados Unidos (BONDY; FROST, 1994). Sua finalidade é capacitar indivíduos autistas a se comunicarem de forma funcional, trocando figuras que representam objetos ou atividades de seu interesse (BONDY; FROST, 2001).

O PECS original é estruturado em um treinamento que compreende seis fases progressivas:

1. **Troca Física (Como se Comunicar):** O usuário aprende a usar cartões para solicitar ou indicar algo desejado, entregando a figura ao parceiro comunicativo.
2. **Distância e Persistência:** O usuário compreende a importância de utilizar os cartões e demonstra persistência em usá-los em diversas situações comunicativas, mesmo que o parceiro esteja distante.
3. **Discriminação de Figuras:** O usuário é capaz de escolher a figura correta entre várias opções apresentadas, demonstrando sua intenção comunicativa.
4. **Estrutura de Frases:** O usuário aprende a construir frases simples utilizando múltiplos cartões, por exemplo, combinando "Eu quero" com a figura do item desejado.
5. **Respondendo a "O que você quer?":** O usuário é incentivado a responder a essa pergunta específica utilizando as frases formadas com os cartões.
6. **Comentando:** Indivíduos que dominam as fases anteriores são capazes de responder a perguntas como "O que você está vendo?" ou "O que é isso?" e de fazer comentários espontâneos sobre eventos e objetos (BONDY; FROST, 1994).

No Brasil, uma versão adaptada do PECS, denominada PECS-Adaptado, foi desenvolvida por Walter (2000). Essa adaptação incorporou modificações significativas, como a redução para cinco fases e a inclusão de palavras e contextos culturalmente mais relevantes para a realidade brasileira (MIZAEL; AIELLO, 2013). As fases do PECS-Adaptado são:

1. Troca da figura com máxima assistência.
2. Aumento da espontaneidade, que envolve o usuário pegar a figura e se deslocar até a pessoa com o item desejado.
3. Discriminação de figuras e, em uma subfase, a redução do tamanho das figuras.
4. Estruturação de frases simples, como "Eu quero...".
5. Estruturação de frases complexas e expansão do vocabulário.

Essa versão adaptada frequentemente utiliza figuras PCS (Picture Communication Symbols), que representam sentimentos, objetos, ações, lugares e pessoas, e são organizadas em álbuns de comunicação para facilitar o uso.

A revisão de estudos, tanto internacionais quanto brasileiros, indicam consistentemente que o PECS se mostra um método eficaz para o ensino de comunicação a indivíduos com autismo e/ou dificuldades funcionais de fala (MIZAEL; AIELLO, 2013). Seus benefícios comprovados incluem o aumento do uso independente de figuras, a melhoria da fala inteligível e a diminuição de comportamentos problemáticos (GANZ et al., 2012). A versão adaptada do PECS também demonstrou resultados positivos semelhantes em estudos brasileiros (MIZAEL; AIELLO, 2013).

Apesar da eficácia observada, a pesquisa sobre PECS, especialmente no Brasil, ainda é considerada escassa e apresenta limitações metodológicas (MIZAEL; AIELLO, 2013). O pequeno número de participantes em estudos individuais, por exemplo, sugere que o PECS é primariamente uma estratégia de ensino de aplicação individual. Há uma clara necessidade de maior rigor metodológico em futuras pesquisas, incluindo estudos com maior número de participantes, designs experimentais mais robustos e investigações em ambientes naturais, como escolas, para validar e generalizar os achados (MIZAEL; AIELLO, 2013).

Embora o PECS seja um sistema de comunicação alternativa baseado em troca de figuras, evidências empíricas demonstram que sua aplicação (PECS-Adaptado) pode resultar em um aumento significativo nos atos comunicativos verbais em alguns participantes com TEA, além de um aumento geral na comunicação (MIZAEL; AIELLO, 2013). Além disso, o PECS-Adaptado pode levar à aquisição de algumas palavras e gestos. Isso contraria a percepção comum de que a CAA poderia "atrapalhar" o desenvolvimento da linguagem oral. Esta evidência sugere que o PECS, e por extensão as ferramentas de CAA baseadas em seus princípios, não são apenas substitutos para a fala ausente, mas podem atuar como uma ponte ou um facilitador para o desenvolvimento da linguagem funcional, incluindo a fala. Ao fornecer um meio de comunicação bem-sucedido e reforçado, o PECS pode reduzir a frustração e criar um ambiente propício para que o indivíduo com TEA explore e desenvolva sua capacidade verbal. Isso é um argumento poderoso para a adoção precoce de CAA e para o design de aplicativos que incorporem esses princípios.

3. ANÁLISE DAS SOLUÇÕES ATUAIS

As significativas dificuldades de comunicação e interação social enfrentadas por indivíduos com TEA são a principal motivação para o desenvolvimento de soluções digitais de Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA). Para enfrentar esses desafios, muitos aplicativos e pranchas digitais, incluindo o protótipo estudado, fundamentam-se nos princípios do *Picture Exchange Communication System* (PECS), um método de eficácia comprovada (BONDY; FROST, 1994). Ao utilizar recursos visuais e simbólicos, o PECS capacita indivíduos com TEA a expressarem suas necessidades e a compreenderem o ambiente, o que fortalece as interações sociais, as oportunidades de aprendizado e, conseqüentemente, melhora sua qualidade de vida e inclusão social.

Devido à quantidade de aplicativos analisados e visando a otimização do layout para melhor legibilidade, a análise comparativa foi segmentada em dois quadros distintos, organizados pelo critério de acessibilidade econômica. O Quadro 1 (apresentado em tons de verde) agrupa as soluções gratuitas, freemium ou de baixo custo, destacando a diversidade de recursos acessíveis. Na sequência, o Quadro 2 (em tons avermelhados) concentra-se nas soluções pagas de alto custo ou

limitadas a períodos de teste, permitindo uma visualização clara do contraste entre as ferramentas disponíveis e as barreiras financeiras existentes no mercado.

Quadro 1: Análise Comparativa de Custo e Funcionalidades de Alguns dos Aplicativos de CAA Existentes (Parte 1)

Recurso / Característica	Leelo AAC	Leo AAC	Cboard	Symbotalk	Telepatix	Avaz AAC	Matraquinha
Plataformas	iOS / Android	Android	Android / iOS / Web	Android / iOS / Web	Android/ Web	Android / iOS / iPad	Android/ iOS
Modelo de Preço	Grátis (compras no app)	Grátis / Assinatura	Gratuito	Teste / Planos	Gratuito / Planos	Teste / Planos	Teste / Planos
Preço (Aprox.)	€6.99 (completo)	R\$ 30	Gratuito	R\$ 3,29 / mês	R\$ 59 / mês	R\$ 36 - 1150	R\$ 45 / mês
Saída de Voz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Biblioteca de Símbolos	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Personalização de Vocabulário	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Predição de Palavras	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✗
Uso Offline	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Suporte a Idiomas	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗
Modificar/Usar Imagens Próprias	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Gravação de Voz Própria	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗
Linguagem em PT-BR	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓
Compartilhar/Imprimir	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✓
Backup na Nuvem	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Acessibilidade (Fontes, Cores)	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗
Abordagem de Comunicação	Ampla	Ampla	PECS / Ampla	Ampla	Ampla	Ampla	Ampla
Controle por Olhar	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗
Múltiplos Perfis de Usuário	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗

Fonte: Autoria própria (2024), com base em informações disponíveis nas lojas oficiais dos aplicativos e sites dos desenvolvedores.

Uma análise criteriosa de aplicativos similares já disponíveis no mercado revelou uma série de fraquezas e lacunas significativas: **Falta de Adesão aos Princípios do PECS:** Muitos aplicativos não implementam integralmente ou de forma correta as fases e diretrizes do PECS. **Personalização Insuficiente dos Cartões (Imagens):** A capacidade de personalizar as imagens e o vocabulário para o contexto específico e os interesses do usuário é frequentemente limitada. **Incapacidade de Escalar Elementos da Tela:** Problemas na adaptação do tamanho dos elementos da interface a diferentes dispositivos ou necessidades visuais. **Elementos de Interface Distrativos:** Interfaces com excesso de estímulos visuais ou auditivos que podem causar sobrecarga para usuários com TEA.

O desenvolvimento de novas soluções digitais não é aleatório, mas uma resposta direta a problemas e lacunas já observadas no mercado de CAA. O projeto do usuário, ao buscar oferecer uma alternativa gratuita e inovadora, está implicitamente abordando essas deficiências. A análise desses trabalhos relacionados fornece uma justificativa empírica e de mercado para a existência e o design do aplicativo do usuário. Ele não apenas preenche uma lacuna de custo, mas também busca aprimorar a qualidade e a usabilidade em comparação com soluções anteriores, posicionando-o como uma alternativa no campo da CAA digital.

A presente pesquisa concentra-se no desenvolvimento de protótipos de pranchas digitais de CAA para crianças e adolescentes com TEA, materializados no aplicativo ComuniCAA, com o objetivo de superar as lacunas identificadas nos softwares existentes. A solução proposta prioriza a personalização de elementos visuais e a criação de um fluxo de trabalho intuitivo. Dentre as funcionalidades implementadas no artefato, destacam-se a criação de perfis de usuário (para armazenar informações e preferências), a categorização de cartões, uma faixa de frases onde o usuário pode compor sentenças com os cartões e a reprodução dessas frases por meio de voz sintetizada. A expectativa é que esta prancha digital se torne uma ferramenta de uso diário, auxiliando os usuários a superar barreiras de comunicação e a se integrar plenamente em atividades sociais e educacionais, ao mesmo tempo em que reduz o estigma frequentemente associado ao uso de pranchas físicas convencionais (LORAH et al., 2015).

O desenvolvimento de interfaces de usuário que sejam verdadeiramente adequadas e eficazes para indivíduos com TEA representa um desafio complexo.

Isso se deve às particularidades de suas dificuldades de comunicação, desafios na interação social e a presença de comportamentos restritos ou repetitivos (SCHIRMER, 2020).

Em resposta a esses desafios, pesquisas têm se dedicado à criação de catálogos de diretrizes e processos de design específicos para interfaces acessíveis a usuários autistas (MAIOR, 2022). Essas diretrizes abrangem uma série de aspectos cruciais, incluindo características visuais (cores, layout), personalização (adaptação ao usuário), navegabilidade (facilidade de uso), feedback (respostas do sistema) e acessibilidade geral.

A concepção de comunicação visual inclusiva para a neurodiversidade é fortemente embasada nos princípios do Design Universal (DU), que visa a acessibilidade para a população em geral, e do Design Universal para a Aprendizagem (DUA), que busca maximizar as oportunidades de aprendizado para indivíduos neurodivergentes. O DUA, em particular, propõe a oferta de múltiplas formas de representação, ação e expressão para acomodar uma vasta gama de habilidades e estilos de aprendizagem.

O design eficaz deve levar em consideração as especificidades sensoriais e cognitivas dos indivíduos neurodivergentes. Por exemplo, pessoas com TEA podem apresentar disfunção de integração sensorial (DIS), que afeta a capacidade de organizar informações sensoriais recebidas do ambiente externo. Muitos autistas processam informações visuais de maneira distinta, aprendendo por conexões visuais e podendo ter percepção distorcida de luzes intensas, fragmentação de imagens e uma tendência a focar em pequenos detalhes em vez de aspectos globais. A sensibilidade auditiva também é um fator, com neurodivergentes podendo ser facilmente distraídos ou incomodados por ruídos ou variações sonoras abruptas (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2014; MAIOR, 2022).

Para criar interfaces verdadeiramente inclusivas, são recomendadas diretrizes específicas para elementos visuais e auditivos: **Linguagem:** Deve ser simples e clara, evitando figuras de linguagem, ambiguidades e interpretações duplas. **Produções Auditivas:** Sons e trilhas sonoras devem ser claros e harmoniosos, com bom isolamento acústico, e evitar ruídos repetitivos, mudanças abruptas e volumes excessivamente altos. **Estímulos Visuais:** É fundamental associar figuras com texto

para facilitar a compreensão, usar imagens e textos facilmente legíveis, evitar imagens e textos ambíguos, preferir cores menos saturadas e vibrantes, e ter cautela com associações de cores para manter a legibilidade e o contraste. Além disso, deve-se evitar efeitos em imagens e textos que possam causar fadiga ou confusão mental (MAIOR, 2022).

A eficácia de um aplicativo de CAA para TEA não reside apenas em sua funcionalidade básica, mas na sua capacidade de integrar design inclusivo (considerando as especificidades da neurodiversidade) com acessibilidade econômica. A solução proposta, ao ser uma "alternativa gratuita", não só preenche uma lacuna de mercado, mas também demonstra uma compreensão profunda de que a inclusão plena exige a remoção de barreiras financeiras e a aplicação de princípios de design que respeitem as diversas formas de processamento sensorial e cognitivo. Isso transforma o aplicativo em um modelo de solução que aborda múltiplas dimensões da acessibilidade.

O Quadro 2, a seguir, apresenta uma análise comparativa ilustrativa dos custos associados a diversos aplicativos de CAA existentes, reforçando a importância de soluções gratuitas para a democratização do acesso.

Quadro 2: Análise Comparativa de Custo e Funcionalidades de Alguns dos Aplicativos de CAA Existentes (Parte 2)

Recurso / Característica	TD Snap	Proloquo2Go	Proloquo4Text	TouchChat HD	Livox	GoTalk NOW	LAMP WFL
Plataformas	iOS / Windows	iOS / WatchOS	iOS / MacOS	iOS	Android	iOS	iOS / MacOS
Modelo de Preço	Pago (2 versões)	Pagamento Único	Pagamento Único	Pagamento Único	Assinatura	Pagamento Único	Pagamento Único
Preço (Aprox.)	R\$ 280 / R\$ 1.121	US\$ 125 - 250	US\$ 60 - 120	US\$ 149.99	R\$ 100 - R\$ 130 /mês	US\$ 119.99	US\$ 299.99
Saída de Voz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Biblioteca de Símbolos	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓
Personalização de Vocabulário	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Predição de Palavras	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Uso Offline	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Suporte a Idiomas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Modificar/Usar Imagens Próprias	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓
Gravação de Voz Própria	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓
Linguagem em PT-BR	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✗
Compartilhar/Imprimir	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Backup na Nuvem	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Acessibilidade (Fontes, Cores)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Abordagem de Comunicação	Ampla	Ampla	Texto	Ampla	Ampla	Baseado em cartões	LAMP
Controle por Olhar	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗
Múltiplos Perfis de Usuário	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓

Fonte: Autoria própria (2024), com base em informações disponíveis nas lojas oficiais dos aplicativos e sites dos desenvolvedores.

A análise comparativa dos aplicativos de Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA) apresentada nos Quadros 1 e 2 evidencia uma diversidade significativa de soluções disponíveis no mercado, tanto em termos de **custo** quanto de **funcionalidades oferecidas**. Observa-se que as plataformas de maior custo, geralmente pagas em modelo de **licença única** ou **assinatura mensal**, tendem a disponibilizar um conjunto mais robusto de recursos voltados à acessibilidade e personalização da comunicação. É o caso de aplicativos como TD Snap, Proloquo2Go e LAMP Words for Life, que apresentam funcionalidades avançadas, como predição de palavras, controle por olhar e suporte a múltiplos perfis de usuário, além de ampla cobertura de idiomas.

Em contrapartida, aplicativos gratuitos ou com modelos freemium, como Cboard, Leelo AAC e Matraquinha, embora ofereçam suporte básico à comunicação por símbolos, apresentam limitações perceptíveis em recursos mais sofisticados, como predição de palavras, controle por olhar e personalização avançada. Ainda assim, cumprem um papel importante ao **tornar acessível a comunicação alternativa para famílias e instituições com recursos financeiros limitados**, ampliando o alcance social dessas tecnologias.

Outro aspecto relevante identificado é a **variação nas plataformas suportadas**. Enquanto algumas soluções mais tradicionais priorizam o ecossistema iOS, como Proloquo4Text e TouchChat HD, outras se destacam por oferecer **suporte multiplataforma**, incluindo Android, iOS e Web, a exemplo do Cboard e SymboTalk. Esse fator amplia a usabilidade em diferentes dispositivos, tornando as ferramentas mais acessíveis para contextos escolares e terapêuticos que não dispõem de equipamentos da Apple.

A análise também evidencia que **a presença de biblioteca de símbolos e a possibilidade de uso offline** são características amplamente compartilhadas entre os aplicativos, refletindo a importância desses recursos para garantir uma comunicação funcional e contínua em diferentes contextos. Além disso, funcionalidades como **gravação de voz própria, modificação de imagens e suporte à língua portuguesa (PT-BR)** se mostraram relevantes para a adaptação cultural e linguística das ferramentas no Brasil.

Por fim, constata-se que as soluções com **abordagens comunicativas mais amplas** — que combinam símbolos, texto e voz — tendem a oferecer maior flexibilidade no uso terapêutico e educacional, favorecendo a adaptação às necessidades individuais dos usuários. Em contraste, aplicativos mais restritos, baseados exclusivamente em texto ou cartões, podem limitar a expressividade comunicativa de pessoas com níveis mais severos de comprometimento verbal. Essas constatações reforçam a importância de considerar **não apenas o custo**, mas sobretudo **a adequação funcional e o potencial de personalização** no momento da escolha de uma ferramenta de CAA, garantindo assim que ela atenda às demandas específicas de cada usuário.

4 SOLUÇÃO PROPOSTA

Como resposta à problemática identificada, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um aplicativo móvel chamado **ComuniCAA**, uma prancha de comunicação virtual gratuita voltada para pessoas com TEA não verbais ou minimamente verbais. A proposta visa suprir a carência de soluções acessíveis ao possibilitar que usuários se comuniquem por meio de pictogramas e reprodução de

áudio, de forma e permanente, promovendo maior autonomia, inclusão e qualidade de vida.

O aplicativo foi desenvolvido utilizando o Figma³ para prototipação, React Native⁴ com Expo⁵, TypeScript⁶ no front-end, e Spring Boot⁷ com Java⁸ no back-end. Para os recursos visuais, integra-se à API do ARASAAC⁹, um banco gratuito de pictogramas amplamente utilizado em contextos de comunicação assistiva.

Entre as funcionalidades implementadas estão: navegação para páginas de pranchas e cartões, montagem de frases por seleção de pictogramas e reprodução de áudio, interface intuitiva com *design* acessível e suporte a uso *offline*.

A seguir, a estrutura técnica do ComuniCAA será detalhada. A Seção 4.1 inicia com a Modelagem da Arquitetura, descrevendo o uso de uma arquitetura cliente-servidor modular, que garante robustez, segurança e facilidade de manutenção. Essa abordagem permite que o aplicativo móvel e a API se comuniquem de forma independente, mas integrada, por meio de serviços REST. Esta seção apresentará as principais tecnologias utilizadas. Em seguida, a Seção 4.2 abordará os Recursos Visuais (API ARASAAC). A Seção 4.3 apresentará os Protótipos e a Interface do Usuário, essenciais para o design inclusivo. O processo de construção do artefato, alinhado à DSR, será detalhado na Seção 4.4. Por fim, a Seção 4.5 apresentará as Considerações Finais do Capítulo, resumizando o projeto como uma resposta direta às limitações de custo elevado e complexidade das soluções de CAA existentes.

4.1 Arquitetura

A arquitetura do aplicativo ComuniCAA segue o modelo **cliente-servidor**, no qual a aplicação móvel desenvolvida em React Native atua como cliente e consome uma **API RESTful**¹⁰ desenvolvida em Java com o framework Spring Boot. Essa

³ <https://www.figma.com/>

⁴ <https://reactnative.dev/>

⁵ <https://expo.dev/>

⁶ <https://www.typescriptlang.org/>

⁷ <https://spring.io/projects/spring-boot>

⁸ <https://www.java.com/pt-BR/>

⁹ <https://arasaac.org/>

¹⁰ <https://restfulapi.net/>

estrutura proporciona uma separação clara entre as camadas de apresentação (frontend) e de lógica de negócio (backend), favorecendo a manutenção e a escalabilidade.

4.1.1 Front-End

O Front-End do ComuniCAA foi desenvolvido utilizando **React Native v0.79.5**, associado ao **Expo v53** e ao **TypeScript v5.4.2**. A escolha dessas tecnologias foi estratégica para o projeto. O **React Native** permite o desenvolvimento de aplicações **multiplataforma**, o que é crucial, pois garante que o aplicativo funcione tanto em dispositivos **iOS quanto Android** (embora ainda não tenhamos uma versão para IOS), democratizando o acesso e superando a limitação de muitas soluções de mercado que priorizam ecossistemas específicos. A integração com o **Expo** facilita o desenvolvimento e a implantação, aumentando a produtividade. Além disso, a adoção do **TypeScript** confere ao código **tipagem estática**, melhorando a **confiabilidade e a escalabilidade** da aplicação móvel. O objetivo central dessa escolha tecnológica é garantir uma **interface intuitiva, com design acessível e suporte a uso offline**, uma característica de alta relevância para usuários em contextos de vulnerabilidade tecnológica.

4.1.2 Back-End

O Back-End, que atua como o Serviço de Aplicação, foi implementado utilizando **Spring Boot v3.4.5 com Java v17**. Esta tecnologia foi escolhida devido à sua **robustez, maturidade** e vasta utilização no desenvolvimento de software escalável. O Spring Boot oferece uma estrutura consolidada para gerenciar a **lógica de negócios complexa**, incluindo o processamento de requisições, a autenticação de usuários e a coordenação de dados. Sua função primordial é garantir a comunicação eficiente entre o Front-End e as soluções de armazenamento, coordenando o acesso ao Banco de Dados e ao Armazenamento de Arquivos.

4.1.3 DataBase

A estratégia de dados do ComuniCAA divide o gerenciamento em duas tecnologias especializadas: **PostgreSQL**¹¹ para dados estruturados e **MinIO**¹² para o armazenamento de objetos. O **PostgreSQL v9.6** armazena dados relacionais, incluindo informações de usuários, metadados de imagens (como nome, categoria, proprietário) e as referências de localização dos arquivos no MinIO. O **MinIO (vRELEASE.2025-07-23T15-54-02Z)** foi selecionado especificamente como **Object Storage** (Armazenamento de Arquivos) por ser altamente especializado no gerenciamento de imagens de pictogramas, garantindo **alta disponibilidade e escalabilidade horizontal** independente para o crescimento dos recursos visuais.

4.2 Recursos Visuais

O ComuniCAA faz uso dos pictogramas de ARASAAC (Aragonese Portal of Augmentative and Alternative Communication), um repositório gratuito e amplamente reconhecido de pictogramas voltados à comunicação assistiva. Utilizar deste recurso permite o acesso a uma base extensa e padronizada de símbolos visuais, garantindo consistência comunicativa, flexibilidade na criação de pranchas personalizadas e alinhamento com boas práticas internacionais de CAA e permitiu o nosso time focar no desenvolvimento do aplicativo ao invés de focar em criar uma biblioteca de cartões própria. Os pictogramas estão salvos no Object Storage e no banco de dados da aplicação. Estes são os cartões iniciais e a biblioteca padrão contidos na API.

4.3 Protótipos e Interface do Usuário

Para o desenvolvimento da interface do ComuniCAA, foi utilizado o Figma na etapa de prototipagem, possibilitando validar antecipadamente aspectos de design, usabilidade e acessibilidade voltados à neurodiversidade. O layout da aplicação foi concebido com foco em um ambiente visual limpo, organizado e livre de estímulos excessivos, favorecendo o foco terapêutico e a experiência do usuário com TEA.

¹¹ <https://www.postgresql.org/>

¹² <https://www.min.io/>

A Figura 1 apresenta a prancha principal do aplicativo, onde o usuário pode selecionar pictogramas para compor frases completas, posteriormente reproduzidas em áudio. Essa funcionalidade de combinação de cartões amplia significativamente a capacidade comunicativa, permitindo expressar não apenas solicitações básicas, mas também ideias e sentimentos mais complexos.

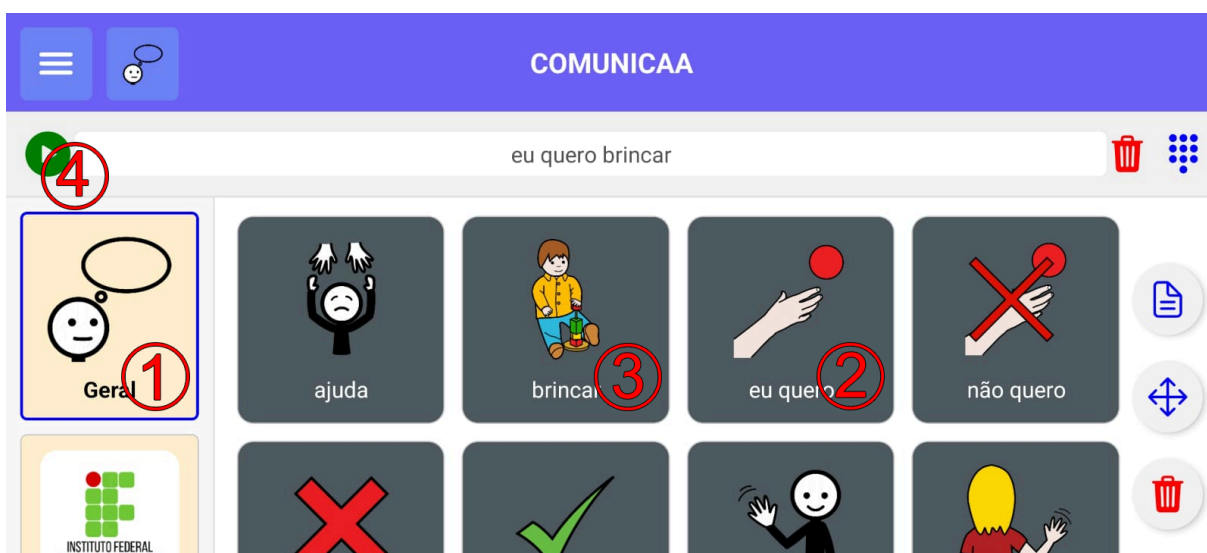


Figura 1 - Passos de toque para formar a frase “eu quero brincar” e reproduzir a frase

As Figuras de 2, 3 e 4 ilustram o grau de personalização oferecido pelo ComuniCAA, uma característica essencial para que a comunicação reflita o mundo e as experiências individuais de cada usuário. A capacidade de adicionar vocabulário e símbolos personalizados (por meio de fotos ou imagens da vida real, como ilustrado no modo de edição do cartão) foi validada na avaliação como simples ou muito fácil para cuidadores e terapeutas, fator chave para a utilidade da CAA a longo prazo.

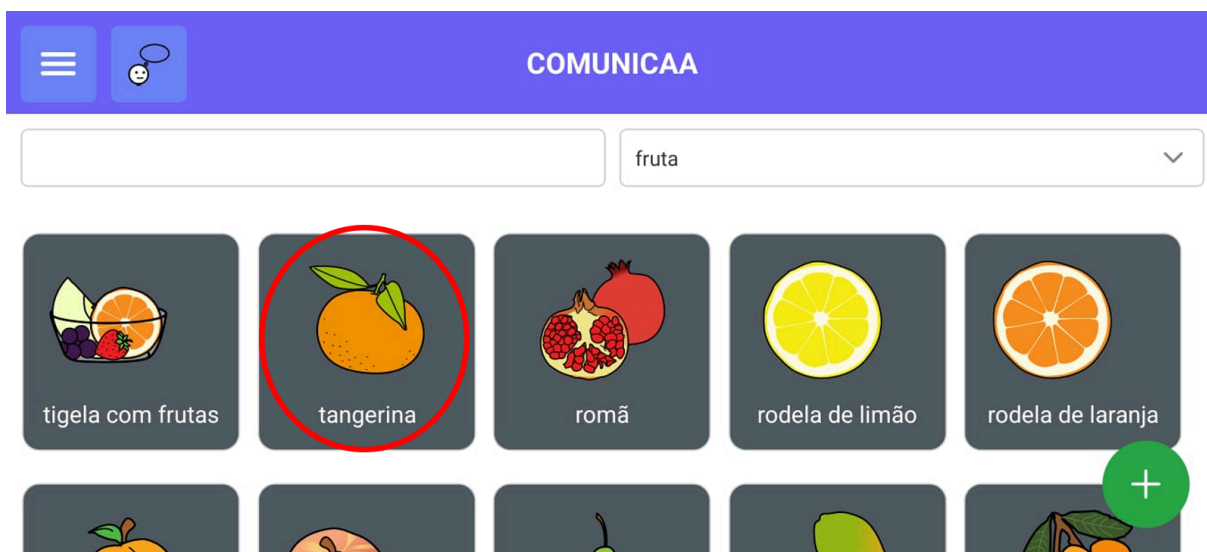


Figura 2 – Tela de Cartões (Selecionando o cartão tangerina)

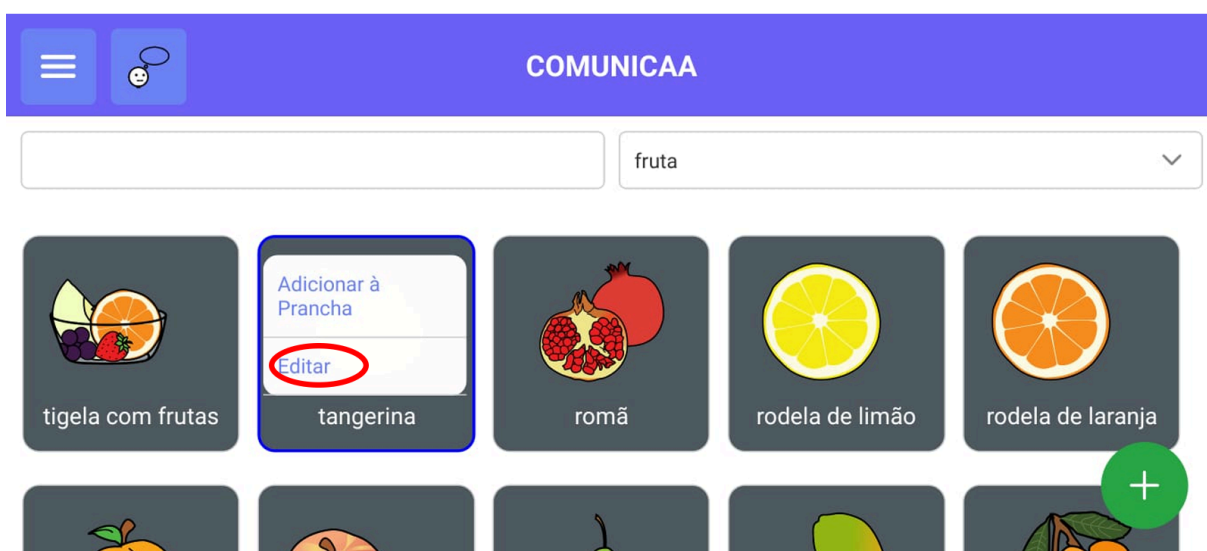


Figura 3 – Tela de Cartões (Selecionando a opção de editar cartão)

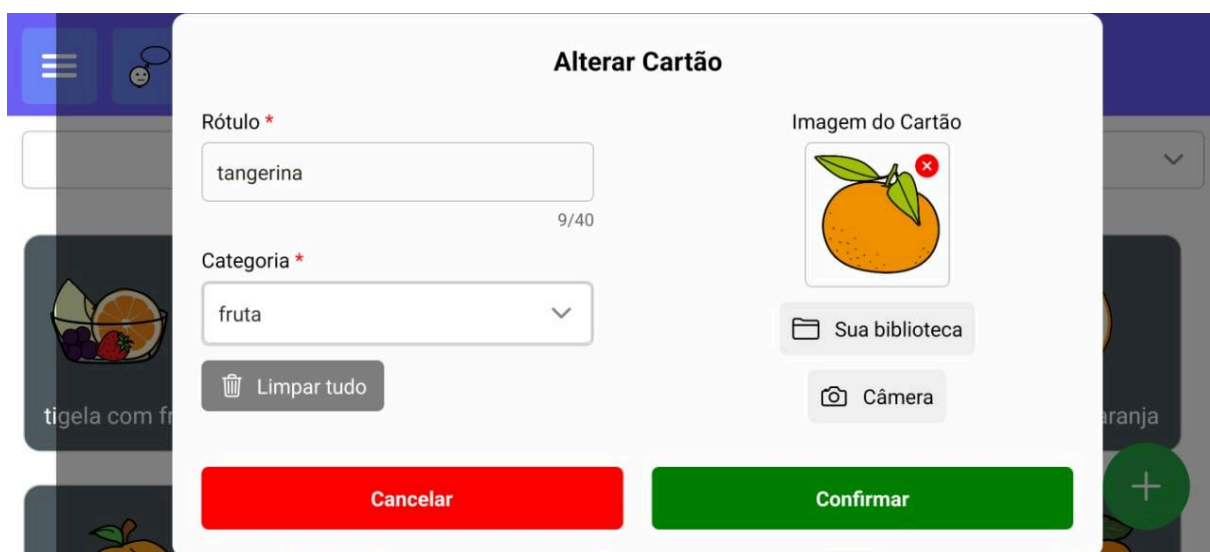


Figura 4 – Tela de Edição de um Cartão (Exemplo: Cartão "Tangerina")

4.4 Desenvolvimento

O desenvolvimento do aplicativo ComuniCAA foi conduzido na fase de Projeto e construção do Artefato, correspondente à Etapa 3 da metodologia Design Science Research (DSR). Para estruturar este processo, optou-se por um modelo de desenvolvimento ágil e iterativo que se mostrou adequado por permitir entregas incrementais, revisões frequentes e flexibilidade diante das necessidades identificadas durante o ciclo de desenvolvimento.

Essa estrutura de trabalho iterativa foi relevante diante da complexidade do problema abordado — a comunicação alternativa para indivíduos com TEA não verbais — uma vez que favoreceu a incorporação de ajustes rápidos a partir de *feedbacks* intermediários, garantindo que as funcionalidades evoluíssem de acordo com os princípios de usabilidade, acessibilidade e personalização definidos na fase de requisitos.

Definição de Requisitos: Os objetivos centrais do ComuniCAA — acessibilidade gratuita, funcionamento *offline*, interface simples e intuitiva, baixo nível de distração visual, incorporação dos princípios do sistema PECS e possibilidade de personalização do vocabulário por cuidadores ou terapeutas — foram traduzidos em requisitos funcionais e não funcionais. Esses requisitos foram

organizados em um *Product Backlog* (lista de prioridades), estruturado de forma a priorizar as funcionalidades mais críticas para o uso inicial do aplicativo.

Organização do trabalho: O desenvolvimento foi estruturado em ciclos de trabalho semanais (ou iterações), nas quais itens do *backlog* eram selecionados, implementados e validados. O processo incluiu atividades de planejamento, acompanhamento diário e revisão ao final de cada ciclo. O uso de ferramentas digitais, como o Trello em modelo Kanban, possibilitou transparência e rastreabilidade, enquanto reuniões síncronas permitiram discutir impedimentos e alinhar expectativas. Buscou-se adaptar os princípios de gestão ágil para otimizar o desenvolvimento acadêmico e atender ao escopo delimitado pelo projeto.

A Figura 5, a seguir, documenta a organização do trabalho, mostrando o Quadro Kanban (Trello) utilizado para o acompanhamento visual das tarefas ao longo das iterações, garantindo a transparência e o controle contínuo do desenvolvimento, conforme as boas práticas de gestão ágil.

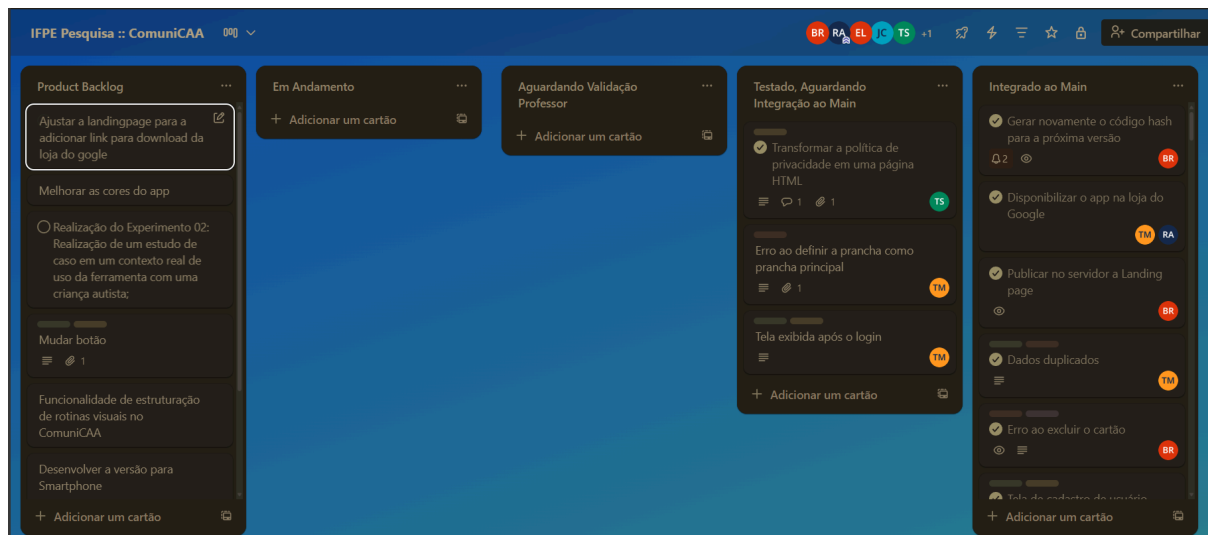


Figura 5 – Quadro Kanban (Trello) do Projeto ComuniCAA, documentando o acompanhamento e o progresso das tarefas

4.5 Considerações Finais do Capítulo

A concepção do projeto ComuniCAA foi orientada por uma análise comparativa das principais soluções de Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA) disponíveis no mercado, apresentada nos Quadros 1 e 2 (fonte: estudo sobre ComuniCAA). Essa análise evidenciou limitações recorrentes que comprometem a acessibilidade e a adoção dessas ferramentas por parte de usuários e famílias.

Entre as principais restrições identificadas, destacam-se:

- Custos elevados: ferramentas como o Communicator 5 são comercializadas por valores superiores a US\$ 699,00, inviabilizando o acesso por famílias de baixa renda;
- Complexidade de uso: muitas soluções apresentam interfaces pouco intuitivas e sobrecarregadas de elementos visuais;
- Dependência de conectividade constante: a ausência de suporte offline limita o uso em regiões com infraestrutura precária, especialmente considerando que 58% dos usuários brasileiros acessam a internet exclusivamente por dispositivos móveis (NIC.br, 2020);
- Inadequação cultural e linguística: a falta de versões em português dificulta o uso por crianças e familiares;
- Potencial estigmatizante: dispositivos de Tecnologia Assistiva (TA) dedicados podem gerar constrangimento social, enquanto aplicativos móveis oferecem alternativas mais discretas, modernas e economicamente acessíveis.

Diante dessas limitações, o ComuniCAA foi projetado para oferecer uma solução gratuita, intuitiva, em português e funcional também em modo offline, promovendo acessibilidade comunicativa em contextos de vulnerabilidade tecnológica. Além de romper com barreiras econômicas e técnicas, o aplicativo busca reduzir a “divisão digital da inclusão”, atuando como ferramenta democratizadora da CAA.

Sua concepção técnica e metodológica é fundamentada em princípios consolidados da Comunicação Aumentativa e Alternativa, Tecnologia Assistiva e no Picture Exchange Communication System (PECS), além de seguir diretrizes de

design inclusivo voltadas à neurodiversidade. Assim, o ComuniCAA não apenas supera deficiências das soluções existentes, mas também estabelece uma base científica e socialmente relevante para o desenvolvimento de tecnologias inclusivas.

5. ABORDAGEM METODOLÓGICA

A seleção de uma abordagem metodológica robusta é fundamental para garantir a validade e a contribuição científica de uma pesquisa. Para o desenvolvimento e a avaliação do aplicativo "ComuniCAA", uma solução de Comunicação Aumentativa e Alternativa para indivíduos com TEA, optou-se pelo **Design Science Research** (DSR), uma metodologia de pesquisa que combina a criação de uma solução (artefato) com a investigação de problemas do mundo real, visando a resolução prática e o avanço do conhecimento, conforme Hevner et al. (2004) e Peffers et al. (2007). Esta seção detalha os fundamentos desta metodologia, o modelo conceitual que guia a pesquisa e o processo operacional que estrutura sua execução, justificando sua adequação para responder à questão central deste trabalho: como o aplicativo ComuniCAA contribui para ampliar a comunicação e a autonomia de pessoas não verbais com TEA?

5.1 Contextualizando o Design Science Research (DSR)

A Design Science Research é um paradigma de pesquisa orientado à solução de problemas práticos por meio da criação de artefatos inovadores. Diferentemente das abordagens explicativas — que buscam descrever ou prever fenômenos —, a DSR tem como propósito gerar conhecimento prescritivo sobre como projetar soluções eficazes para desafios reais (HEVNER et al., 2004; PEFFERS et al., 2007).

Na DSR, o processo de pesquisa é estruturado em torno de dois pilares fundamentais: **relevância** e **rigor**. O primeiro assegura que a investigação responda a uma necessidade concreta do mundo real, enquanto o segundo garante que a criação e a avaliação do artefato sejam conduzidas com base científica sólida.

Além disso, o método produz uma dupla contribuição: o artefato — uma solução implementada e funcional — e o conhecimento de design, ou seja, princípios generalizáveis derivados da construção e da avaliação desse artefato.

Segundo Peffers et al. (2007), o processo da DSR é composto por seis etapas, como é exibido e contextualizado no quadro 3.

Quadro 3: Etapas do processo DSR

Etapa do Processo DSR (Peffers et al., 2007)	Atividades e Resultados no Projeto ComuniCAA
1. Identificação do Problema e Motivação	Atividades: Revisão da literatura científica sobre CAA, TEA e Tecnologia Assistiva; análise de mercado de aplicativos de CAA existentes (conforme Quadros 1 e 2). Resultados: Identificação de uma lacuna significativa no mercado brasileiro referente a soluções de CAA que sejam simultaneamente gratuitas, funcionais offline, intuitivas, personalizáveis e em português. Justificativa da relevância social e econômica do problema.
2. Definição dos Objetivos da Solução	Atividades: Definição de requisitos qualitativos e quantitativos para o artefato com base no problema identificado. Resultados: Estabelecimento de objetivos claros para o aplicativo "ComuniCAA": (a) ser gratuito e acessível; (b) possuir funcionalidade offline; (c) ter uma interface de usuário limpa, intuitiva e com baixo nível de distração visual, adequada a usuários com sensibilidades sensoriais; (d) incorporar os princípios do sistema PECS; (e) permitir a personalização do vocabulário pelo cuidador/terapeuta. Estes objetivos servem como critérios para a etapa de avaliação.
3. Design e Desenvolvimento do Artefato	Atividades: Criação do artefato (instanciação). Prototipação da interface no Figma; desenvolvimento do front-end

	em React Native com Expo e TypeScript; desenvolvimento do back-end em Spring Boot com Java; integração com a API do ARASAAC para pictogramas.
3.1 Design e Desenvolvimento do Artefato	Resultados: Geração da primeira versão funcional do protótipo do aplicativo "ComuniCAA", com funcionalidades de criação de pranchas, seleção de cartões, montagem de frases e reprodução de áudio. O design foi diretamente informado pelos princípios da CAA e pelas diretrizes de usabilidade para neurodiversidade (Ciclo de Rigor).
4. Demonstração	Atividades: Demonstração do uso do artefato para resolver o problema. Execução de casos de uso simulados, como a construção de uma sentença para expressar uma necessidade básica ("Eu quero água") ou um sentimento ("Estou feliz"). Resultados: Verificação de que o artefato é capaz de cumprir suas funções essenciais, servindo como uma ferramenta viável para a comunicação por meio de pictogramas.
5. Avaliação	Atividades: Avaliação do artefato em relação aos objetivos definidos na Etapa 2. Aplicação de questionários e coleta de feedback qualitativo com profissionais da área e usuários. Resultados: Coleta de dados sobre a percepção de usabilidade, eficácia e aceitação do aplicativo. O feedback inicial, embora positivo, apontou áreas para melhoria, como a clareza de alguns ícones e a personalização de cores. Este resultado alimenta uma nova iteração do Ciclo de Projeto, começando novamente na Etapa 3 para refinar o artefato.
6. Comunicação	Atividades: Divulgação da pesquisa e de seus resultados para audiências acadêmicas e profissionais. Resultados: A produção deste trabalho

	científico é a principal atividade desta etapa. Seu objetivo é comunicar tanto o artefato "ComuniCAA" quanto o conhecimento de design gerado, contribuindo para a base de conhecimento da área e disseminando a solução para potenciais usuários.
--	---

5.2 Aplicação do Design Science Research no Projeto ComuniCAA

No contexto desta pesquisa, a DSR foi aplicada para enfrentar um desafio específico: as barreiras de comunicação enfrentadas por indivíduos com Transtorno do Espectro Autista (TEA) não verbais e as limitações das ferramentas de Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA) disponíveis, muitas das quais apresentam custos elevados, interfaces complexas ou ausência de adaptação cultural ao contexto brasileiro.

O artefato desenvolvido — o aplicativo ComuniCAA — representa uma instanciização dentro do paradigma da DSR, ou seja, um sistema funcional que materializa princípios de design voltados à usabilidade, acessibilidade e inclusão comunicativa.

Durante o processo, buscou-se gerar não apenas o artefato tecnológico, mas também conhecimento de design generalizável, como heurísticas de interface para neurodiversidade e diretrizes para o desenvolvimento de tecnologias assistivas acessíveis.

A aplicação da DSR também garantiu os pilares de relevância e rigor:

- A relevância prática manifesta-se na proposição de um aplicativo gratuito, em português e funcional offline, suprimindo lacunas deixadas por soluções comerciais.
- O rigor científico foi assegurado por meio da fundamentação teórica sólida (Seção 2), do processo metodológico sistematizado e da avaliação criteriosa do artefato quanto à sua usabilidade e eficácia comunicativa.

A DSR se distingue por seu compromisso em conciliar dois objetivos que, em outros paradigmas, podem parecer conflitantes: **rigor metodológico** e **relevância prática**. A metodologia é concebida como uma ponte para superar a lacuna de relevância que por vezes afeta a pesquisa acadêmica, garantindo que o conhecimento produzido seja, ao mesmo tempo, cientificamente sólido e socialmente útil.

A **relevância** é o pilar que conecta a pesquisa a um problema do mundo real. Ela é assegurada ao se partir de uma necessidade prática e bem documentada. No projeto "ComuniCAA", a relevância é inquestionável e se manifesta em múltiplas dimensões identificadas na fundamentação teórica:

- **Relevância Econômica:** A proposta de um aplicativo gratuito responde diretamente ao alto custo de soluções comerciais, como o Communicator 5, vendido por \$699.00 (TOBII DYNAVOX, 2025), um valor inacessível para a maioria das famílias brasileiras.
- **Relevância Técnica e Cultural:** O desenvolvimento de uma ferramenta com funcionalidade offline, em português e com interface intuitiva ataca as lacunas de usabilidade e acessibilidade de muitos aplicativos internacionais, que não consideram a realidade de conectividade e as especificidades culturais do Brasil.
- **Relevância Social:** O projeto aborda o direito fundamental à comunicação e busca promover a autonomia e a inclusão social de uma população vulnerável, alinhando-se à Lei Brasileira de Inclusão.

O **Rigor**, por sua vez, é o pilar que garante a validade científica da pesquisa, distinguindo-a de uma mera atividade de desenvolvimento de software ou consultoria. O rigor é alcançado pela aplicação sistemática de uma base de conhecimento existente e pela condução de uma avaliação metódica do artefato. Neste projeto, o rigor é estabelecido por meio de:

- **Fundamentação Teórica Sólida:** O projeto e desenvolvimento do "ComuniCAA" não partem do zero, mas se apoiam em teorias e práticas

consolidadas, detalhadas na Seção 2, como os princípios da Comunicação Aumentativa e Alternativa, da Tecnologia Assistiva, do *Picture Exchange Communication System* (PECS) e das diretrizes de design para a neurodiversidade.

- **Processo Metodológico Sistemático:** A adoção de um processo formal, como o DSR de Peffers et al. (2007), confere estrutura e repetibilidade à pesquisa.
- **Avaliação Criteriosa:** A eficácia do artefato não é presumida, mas investigada por meio de métodos de coleta e análise de dados que permitem uma avaliação crítica de seu impacto e usabilidade.

O projeto gera uma dupla contribuição, conforme previsto pela DSR:

- **O Artefato:** o ComuniCAA é a materialização da solução proposta — um sistema prototípico e funcional, desenvolvido em português, gratuito e com suporte offline, que busca promover a comunicação de indivíduos com TEA não verbais.
- **O Conhecimento de Design:** além do aplicativo, o processo de concepção e avaliação resultou em princípios de design aplicáveis a outras tecnologias assistivas, especialmente no que se refere à interface adaptada à neurodiversidade, à personalização de pictogramas e à redução de estímulos sensoriais. Esse conhecimento amplia a base teórica da área e oferece diretrizes para futuras pesquisas e aplicações.

Em síntese, a aplicação do DSR neste projeto possibilitou a integração entre ciência e prática, assegurando que a criação do ComuniCAA fosse não apenas uma solução tecnológica funcional, mas também uma contribuição científica significativa para o campo da Comunicação Aumentativa e Alternativa e da Tecnologia Assistiva.

5.3. Avaliação do Aplicativo ComuniCAA

Para avaliar a usabilidade, a acessibilidade e o potencial do artefato ComuniCAA em ampliar a capacidade comunicativa de indivíduos autistas não verbais, foi conduzida uma avaliação como parte da aplicação do Design Science Research (DSR).

A avaliação foi realizada por meio de um questionário online, direcionado a profissionais da área de saúde e educação, cuidadores e familiares de indivíduos com Transtorno do Espectro Autista (TEA). O objetivo foi obter feedback especializado sobre como o design do aplicativo (símbolos, cores, layout) e suas funcionalidades se alinhavam aos princípios da Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA) e às diretrizes de design para a neurodiversidade. O questionário, detalhado no Quadro 4, contém perguntas que não apenas identificam a presença de funcionalidades, mas também exploram sua usabilidade prática, impacto comunicativo e adequação ao contexto do TEA não verbal.

Ao todo, 50 respostas foram coletadas, fornecendo dados quantitativos (escala Likert) e qualitativos (respostas abertas). Estes dados fundamentam a análise crítica do artefato, guiando futuras iterações de melhoria conforme a natureza iterativa da DSR.

Os resultados da avaliação serão apresentados e discutidos no Capítulo 7 – Análise dos Resultados.

5.4 Questionário Proposto para Avaliação do Aplicativo ComuniCAA

Quadro 4: Questionário

Texto da Pergunta	Justificativa e Alinhamento com os Objetivos da Pesquisa	Tipo de Pergunta
Q.01) Com base em sua interação inicial com o app, quão intuitiva e fácil de navegar é a interface da aplicação?	Avalia a experiência inicial do usuário e a potencial carga cognitiva. Uma interface altamente intuitiva reduz barreiras à adoção, impactando diretamente a probabilidade de expansão	Escala Likert (1-5, Muito Difícil - Muito Fácil)

	bem-sucedida da comunicação.	
Q.02) Quais são suas impressões positivas iniciais sobre a aparência e conjunto de funcionalidades da aplicação?	Captura pontos fortes e diferenciais sob uma perspectiva especializada. Ajuda a identificar recursos bem executados e alinhados com princípios eficazes de CAA.	Aberta
Q.03) Quais são suas preocupações iniciais ou áreas de melhoria em relação a aparência e à aplicabilidade prática da aplicação?	Identifica potenciais fraquezas ou barreiras ao uso eficaz. Crucial para o desenvolvimento iterativo e para compreender limitações na expansão da capacidade de comunicação.	Aberta
Q.04) Quão bem o design visual da aplicação (ex: símbolos, cores, cartões, layout) atende às necessidades sensoriais e cognitivas de indivíduos autistas?	Avalia se os elementos visuais são de suporte ou potencialmente sobrecarregantes/distrativos. Impacta diretamente o engajamento e o aprendizado de usuários autistas.	Escala Likert (1-5, Mal - Excelentemente)
Q.05) Descreva quaisquer elementos específicos do design visual que você considerou particularmente eficazes ou problemáticos para um usuário autista.	Coleta exemplos específicos e feedback qualitativo detalhado sobre o design visual, explicando o "porquê" das observações.	Aberta
Q.06) Quão eficaz é o feedback auditivo (ex: voz de texto-para-fala, efeitos sonoros) no suporte à comunicação e ao engajamento?	Avalia a qualidade e adequação dos elementos auditivos. Feedback auditivo claro e personalizável é vital para a compreensão e motivação.	Escala Likert (1-5, Ineficaz - Muito Eficaz)
Q.07) O processo de personalização da aplicação (ex: adicionar vocabulário, personalizar símbolos) é simples para um cuidador ou terapeuta?	Avalia a facilidade de adaptar a aplicação às necessidades individuais do usuário. Alta personalização é uma característica chave da CAA eficaz e impacta diretamente sua utilidade a longo prazo para expandir a comunicação.	Escala Likert (1-5, Muito Difícil - Muito Fácil)
Q.08) Em que medida você acredita que esta aplicação poderia facilitar a expressão de necessidades e desejos básicos para um indivíduo autista não verbal?	Aborda diretamente a questão de pesquisa central sobre "ampliar a capacidade de comunicação" em um nível fundamental.	Escala Likert (1-5, De forma alguma - Em grande medida)
Q.09) Além das necessidades básicas, quão bem você acha que a aplicação poderia apoiar a expressão de ideias mais complexas, emoções ou conceitos abstratos?	Avalia o potencial da aplicação para fomentar a comunicação de nível superior e o desenvolvimento cognitivo, indo além de simples solicitações.	Escala Likert (1-5, De forma alguma - Em grande medida)
Q.10) O design da aplicação encoraja ou facilita a interação social e a tomada de turnos na comunicação?	Avalia o potencial da aplicação para abordar déficits centrais de comunicação social no autismo. Importante para uma expansão holística da comunicação.	Sim/Não/Parcialmente, com acompanhamento aberto
Q.11) Em sua opinião, como o uso desta aplicação pode impactar os níveis de frustração de um indivíduo autista não verbal relacionados à comunicação?	Avalia diretamente o potencial da aplicação para reduzir a frustração relacionada à comunicação, um benefício significativo da CAA.	Escala Likert (1-5, Aumentar significativamente - Diminuir significativamente)

Q.12) Quais características ou escolhas de design específicas você observa que poderiam contribuir diretamente para expandir a capacidade de comunicação? Forneça exemplos.	Solicita observações específicas e acionáveis, conectando recursos da aplicação à questão de pesquisa.	Aberta
Q.13) Quais limitações ou desafios você prevê na capacidade da aplicação de expandir a capacidade de comunicação para diversos indivíduos autistas não verbais?	Identifica potenciais barreiras, limitações ou perfis de usuário específicos para os quais a aplicação pode ser menos eficaz. Crucial para uma avaliação equilibrada.	Aberta
Q.14) Quão facilmente esta aplicação poderia ser integrada em intervenções terapêuticas existentes ou rotinas diárias para indivíduos autistas não verbais?	Avalia a viabilidade prática e a utilidade clínica da aplicação sob a perspectiva de um profissional.	Escala Likert (1-5, Muito Difícil - Muito Fácil)
Q.15) Que nível de treinamento ou suporte cuidadores/familiares provavelmente precisariam para usar esta aplicação eficazmente com um indivíduo autista?	Compreende o ecossistema de suporte necessário para uma implementação bem-sucedida, impactando a adoção e eficácia a longo prazo.	Aberta
Q.16) Há alguma consideração ética (ex: privacidade, uso de dados, potencial de dependência excessiva) que surja da natureza desta ferramenta virtual de CAA?	Solicita reflexão sobre implicações éticas mais amplas da CAA digital, cruciais para um desenvolvimento e implantação responsáveis.	Aberta
Q.17) No geral, com base em suas observações, você acredita que esta prancha virtual tem o potencial de expandir a capacidade de comunicação de indivíduos autistas não verbais?	Uma pergunta direta e sumativa que aborda a questão central da pesquisa.	Sim/Não/Parcialmente, com acompanhamento aberto
Q.18) Quais recomendações específicas você tem para melhorar esta aplicação para maximizar seu potencial para indivíduos autistas não verbais?	Solicita feedback construtivo para o desenvolvimento futuro, alinhando-se com a natureza iterativa do desenvolvimento de aplicações.	Aberta

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos resultados apresentados a seguir baseia-se nas 50 respostas obtidas por meio do questionário de avaliação aplicado aos usuários do protótipo ComuniCAA. As informações coletadas foram organizadas em categorias temáticas, de modo a possibilitar uma interpretação mais consistente dos dados e uma discussão aprofundada sobre a eficácia da solução, a adequação do design inclusivo e o potencial impacto clínico e social do aplicativo no apoio à comunicação de pessoas com TEA.

6.1. Impressões Iniciais e Usabilidade

A primeira etapa da avaliação buscou medir a intuitividade da interface e as impressões iniciais dos respondentes. Analisando especificamente as respostas às perguntas Q01, Q02 e Q03 do questionário.

6.1.1. Intuitividade e Facilidade de Navegação (Q.01)

Para avaliar a facilidade, observamos os resultados quantitativos da Q.01 **“Com base em sua interação inicial com o app, quão intuitiva e fácil de navegar é a interface da aplicação?”**. Os participantes responderam em uma escala Likert e os resultados podem ser observados na Figura 6.

Q.01) Com base em sua interação inicial com o App, quão intuitiva e fácil de navegar é a interface da aplicação?
50 respostas

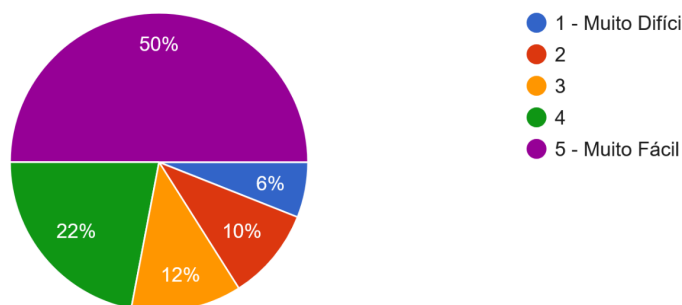


Figura 6 - Gráfico de Respostas da Pergunta 1 do Questionário

A análise do Q.01 revela que 50% dos respondentes (25 de 50) classificaram a interface como "Muito Fácil" (Nota 5). Os *feedbacks* qualitativos positivos a Q.02 (**“Quais são suas impressões positivas iniciais sobre a aparência e conjunto de funcionalidades da aplicação?”**) Destacaram que o design é "visualmente calmo e não apresenta distrações", o que é considerado "ótimo para o foco terapêutico". A simplicidade, o design "limpo" e "minimalista", e a navegação "fluida" foram pontos fortes observados. No entanto, uma parcela (16%, ou 8 respostas) classificou a interface como 1 ou 2 ("Muito Difícil" ou 2), e as preocupações críticas

levantadas em **Q.03** (“Quais são suas preocupações iniciais ou áreas de melhoria em relação a aparência e à aplicabilidade prática da aplicação?”) explicam essa dificuldade. As principais áreas de melhoria apontadas estão relacionadas à acessibilidade e à navegação:

- **Acessibilidade Motora:** Foi destacado que a aplicação parece ter sido pensada para usuários com habilidades motoras específicas, carecendo de opções de acessibilidade para aqueles que precisam de modo de varredura ou outros tipos de entrada.

- **Velocidade e Esforço de Navegação:** Muitos *feedbacks* indicaram que "a navegação exige muitos toques" e que a "quantidade de toques para chegar a um cartão específico é alta", o que pode gerar lentidão e frustração para o usuário.

- **Funcionalidades Terapêuticas:** Houve preocupação sobre a ausência de um sistema de rastreamento de uso para terapeutas (como histórico de frases ou frequência de uso de cartões), informações consideradas cruciais para a avaliação clínica e o acompanhamento do paciente.

Apesar da validação de que a interface atinge um alto nível de intuitividade e design inclusivo para a maioria dos usuários, as preocupações levantadas em Q.03 indicam a necessidade crítica de aprimoramentos técnicos. Para maximizar o potencial de expansão da comunicação, as futuras iterações devem priorizar urgentemente a **inclusão do modo de varredura** e a **otimização da navegação** para reduzir a frustração dos usuários com dificuldades motoras ou cognitivas.

6.2. Design Inclusivo e Sensibilidade Sensorial

A avaliação prosseguiu para analisar a adequação do design visual do ComuniCAA às necessidades sensoriais e cognitivas de indivíduos autistas.

6.2.1. Adequação Sensorial do Design (Q.04)

Esta análise foi baseada nos resultados quantitativos da Q.04: **"Quão bem o design visual da aplicação (ex: símbolos, cores, cartões, layout) atende às**

necessidades sensoriais e cognitivas de indivíduos autistas?". Os resultados podem ser observados na Figura 7.

Q.04) Quão bem o design visual da aplicação (ex: símbolos, cores, cartões, layout) atende às necessidades sensoriais e cognitivas de indivíduos autistas?
50 respostas

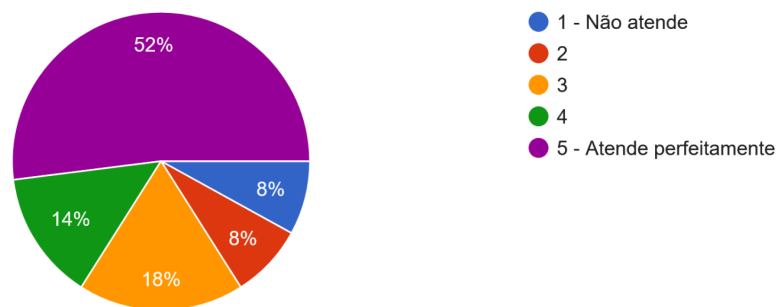


Figura 7 - Gráfico de Respostas da Pergunta 4 do Questionário

Os resultados do Q.04 mostram que cerca de 70% dos respondentes (35 de 50) avaliaram que o design atende "bem" ou "perfeitamente" às necessidades sensoriais e cognitivas (52% na nota 5 e 14% na nota 4). Os *feedbacks* qualitativos subsequentes Q.05 (**“Descreva quaisquer elementos específicos do design visual que você considerou particularmente eficazes ou problemáticos para um usuário autista.”**) detalharam que o uso de cores neutras e o layout limpo foram muito eficazes para promover o foco. A ausência de animações excessivas, a previsibilidade do layout e os símbolos autoexplicativos foram pontos elogiados como excelentes para usuários autistas.

O ponto mais problemático, contudo, foi a densidade visual da tela, com muitos respondentes notando que "a quantidade de cartões em uma única tela é muito grande", o que poderia causar sobrecarga visual e ansiedade. O design visual do aplicativo foi amplamente considerado apropriado para a neurodiversidade, mas futuras iterações devem focar na possibilidade de alterar a quantidade de cartões por tela para mitigar a potencial sobrecarga visual.

6.3. Eficácia Comunicativa e Personalização

Esta seção analisa como o ComuniCAA pode cumprir seu objetivo principal de ser uma ferramenta eficaz de CAA e a facilidade de adaptação pelos cuidadores.

6.3.1. Feedback Auditivo (Q.06)

Para medir a eficácia no suporte à comunicação e ao engajamento, a avaliação analisou a qualidade da reprodução de áudio, que é essencial para a compreensão. A questão quantitativa avaliada foi a Q.06: **“Quão eficaz é o feedback auditivo (ex: voz de texto-para-fala, efeitos sonoros) no suporte à comunicação e ao engajamento?”**. Os resultados do questionário podem ser visualizados na Figura 8.

Q.06) Quão eficaz é o feedback auditivo (ex: voz de texto-para-fala, efeitos sonoros) no suporte à comunicação e ao engajamento?

50 respostas

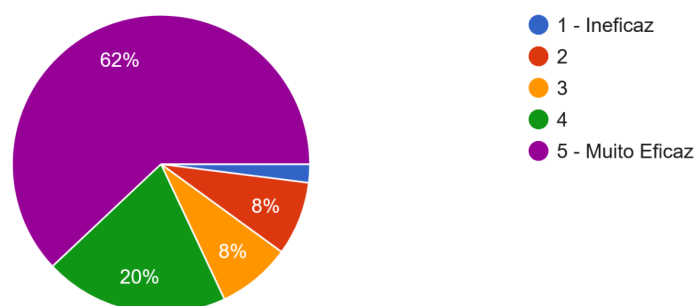


Figura 8 - Gráfico de Respostas da Pergunta 6 do Questionário

O *feedback* auditivo (voz de texto-para-fala) foi altamente validado. Um total de 82% dos respondentes (41 de 50) classificou-o como "Eficaz" ou "Muito Eficaz" (62% na nota 5 e 20% na nota 4). Este resultado representa um ponto positivo crucial que valida a funcionalidade principal da prancha de comunicação digital para o público-alvo.

6.3.2. Facilidade de Personalização (Q.07)

Esta seção analisa a facilidade de adaptação pelos cuidadores e terapeutas, visto que a personalização do vocabulário é uma característica chave da CAA eficaz para atender às necessidades individuais do usuário.

A Q.07 formulada para este propósito foi: **"O processo de personalização da aplicação (ex: adicionar vocabulário, personalizar símbolos) é simples para um cuidador ou terapeuta?"**. Os dados obtidos na escala Likert podem ser observados na Figura 9.

Q.07) O processo de personalização da aplicação (ex: adicionar vocabulário, personalizar símbolos) é simples para um cuidador ou terapeuta?
50 respostas

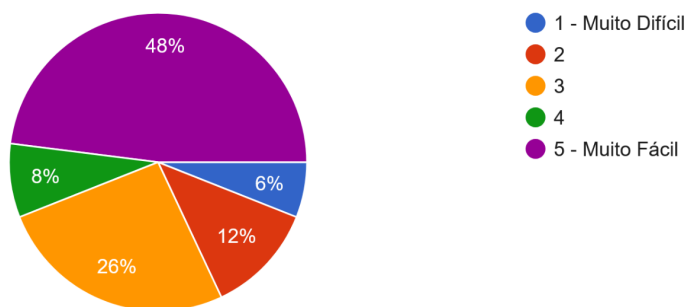


Figura 9 - Gráfico de Respostas da Pergunta 7 do Questionário

Um total de 74% dos respondentes (37 de 50) achou o processo de personalização "Simples" ou "Muito Fácil" (48% na nota 5 e 26% na nota 3). A facilidade de "criar cartões totalmente personalizados, com símbolos, fotos e vozes" foi destacada como fundamental para que a comunicação reflita o mundo e as experiências do usuário. Este resultado valida a capacidade do ComuniCAA de ser altamente adaptável, uma característica essencial para a utilidade da CAA a longo prazo.

6.3.3. Expressão de Necessidades (Q.08)

As questões Q.08 e Q.09 abordaram o potencial do aplicativo para expandir a capacidade de comunicação do indivíduo autista. A Q.08 focou especificamente no nível fundamental de comunicação. A Q.08 perguntava: **“Em que medida você acredita que esta aplicação poderia facilitar a expressão de necessidades e desejos básicos para um indivíduo autista não verbal?”**. Os resultados da Q.08 estão representados na Figura 10.

Q.08) Em que medida você acredita que esta aplicação poderia facilitar a expressão de necessidades e desejos básicos para um indivíduo autista não verbal?

50 respostas

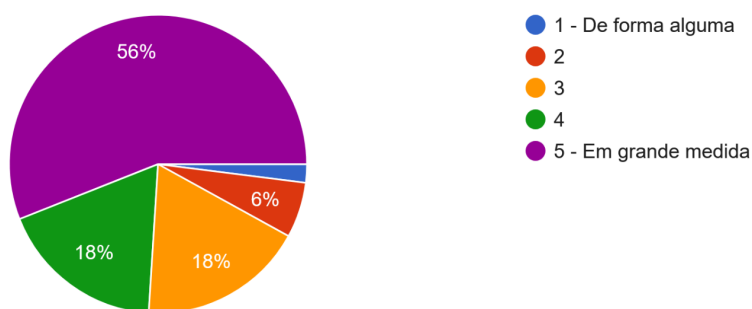


Figura 10 - Gráfico de Respostas da Pergunta 8 do Questionário

A crença no potencial do ComuniCAA para facilitar a expressão de necessidades básicas foi muito alta, com **74% dos respondentes (37 de 50) acreditando que facilitaria "em grande medida"** (Nota 5) ou 4. Este alto índice valida o potencial do ComuniCAA para atender ao objetivo central de expandir a capacidade de comunicação em um nível fundamental.

6.3.4. Expressão de Ideias Complexas (Q.09)

Após avaliar as necessidades básicas (Q.08), a Q.09 buscou medir o potencial da aplicação para ir além, fomentando a comunicação de nível superior e o desenvolvimento cognitivo. A pergunta formulada foi: **"Além das necessidades**

básicas, quão bem você acha que a aplicação poderia apoiar a expressão de ideias mais complexas, emoções ou conceitos abstratos?". Os resultados da Q.09 estão apresentados na Figura 11.

Q.09) Além das necessidades básicas, quão bem você acha que a aplicação poderia apoiar a expressão de ideias mais complexas, emoções ou conceitos abstratos?
50 respostas

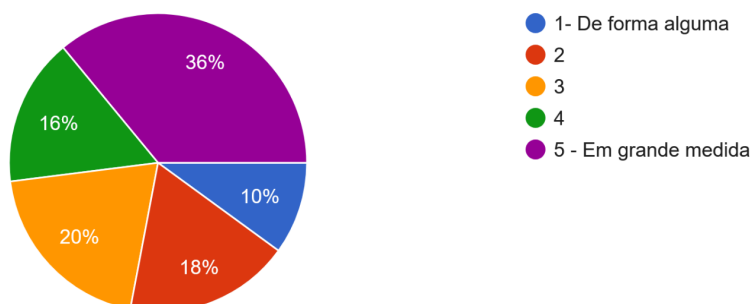


Figura 11 - Gráfico de Respostas da Pergunta 9 do Questionário

Em relação à expressão de ideias mais complexas, emoções ou conceitos abstratos (Q.09), a avaliação foi positiva (52% nas notas 4 ou 5). Os respondentes enfatizaram que a funcionalidade mais importante para a expansão da capacidade comunicativa é a "combinação de cartões para formar frases", pois isso permite uma comunicação mais estruturada. A capacidade de construção de frases é vista pelos especialistas como o diferencial que permite à aplicação apoiar a comunicação de nível superior, indo além de simples solicitações.

6.4. Impacto Social e Considerações Éticas

Esta seção avalia o impacto potencial do ComuniCAA na qualidade de vida dos usuários e as implicações éticas levantadas pelos profissionais.

6.4.1. Redução da Frustração (Q.11)

A redução da frustração decorrente da incapacidade de se expressar é um dos benefícios diretos esperados de uma ferramenta de CAA eficaz. Para avaliar este impacto, foi utilizada a Q.11: **"Em sua opinião, como o uso desta aplicação pode impactar os níveis de frustração de um indivíduo autista não verbal relacionados à comunicação?"**. Os resultados da percepção dos respondentes sobre este impacto são visualizados na Figura 12.

Q.11) Em sua opinião, como o uso desta aplicação pode impactar os níveis de frustração de um indivíduo autista não verbal relacionados à comunicação?

50 respostas

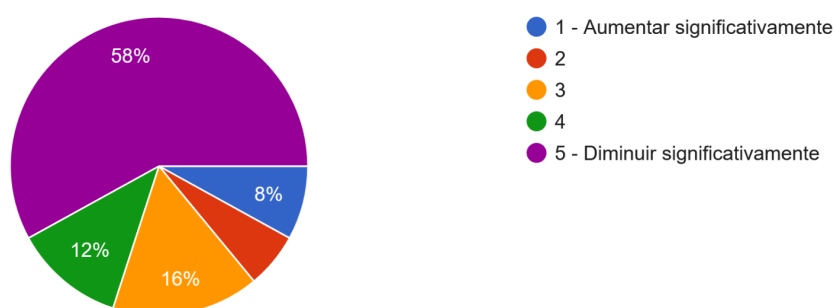


Figura 12 - Gráfico de Respostas da Pergunta 11 do Questionário

A maioria dos respondentes previu um impacto positivo, com 70% (35 de 50) acreditando que o aplicativo ajudaria a "Diminuir significativamente" (Nota 5) ou 4 a frustração relacionada à comunicação (58% na nota 5 e 12% na nota 4). O forte consenso sobre a redução da frustração reforça o potencial do ComuniCAA para melhorar a qualidade de vida e reduzir comportamentos desafiadores associados à ineficácia comunicativa.

6.4.2. Considerações Éticas (Q.16)

A natureza de uma ferramenta virtual de CAA levanta considerações éticas importantes, especialmente em relação à segurança e à dependência. A questão formulada foi a Q.16: **"Há alguma consideração ética (ex: privacidade, uso de dados, potencial de dependência excessiva) que surja da natureza desta**

ferramenta virtual de CAA?". Os respondentes identificaram duas áreas principais de preocupação ética:

- **Risco de Dependência Excessiva:** Muitos consideraram o potencial de dependência excessiva como uma preocupação. O argumento central é que se o aplicativo se tornar a única forma de comunicação, "Se o dispositivo quebra, a bateria acaba ou o app falha, a pessoa fica 'sem voz'". Isso exige a integração de estratégias alternativas.

- **Privacidade e Uso de Dados:** A privacidade dos dados é crucial, dado que o público-alvo está em situação de vulnerabilidade. O aplicativo coleta "dados de uso e imagens personalizadas", e é essencial garantir que essas informações permaneçam "confidenciais e seguras", com uma política de privacidade clara.

As implicações éticas levantadas, em particular o risco de falha do dispositivo, reforçam a necessidade de que o desenvolvimento do ComuniCAA inclua a integração de estratégias alternativas e um rigoroso protocolo de governança de dados para garantir a segurança e a autonomia comunicativa do usuário.

6.4.3. Potencial Geral e Aceitação (Q.17)

A Q.17 serviu como uma pergunta direta e sumativa, abordando a questão central da pesquisa sobre o potencial da ferramenta de CAA virtual. A questão final de potencial geral foi: **"No geral, com base em suas observações, você acredita que esta prancha virtual tem o potencial de expandir a capacidade de comunicação de indivíduos autistas não verbais?"**. O potencial geral e a aceitação estão sumarizados na Figura 13.

Q.17) No geral, com base em suas observações, você acredita que esta prancha virtual tem o potencial de expandir a capacidade de comunicação de indivíduos autistas não verbais?

50 respostas

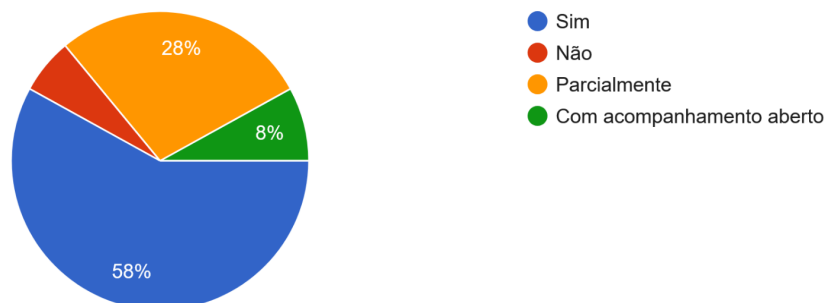


Figura 13 - Gráfico de Respostas da Pergunta 17 do Questionário

No geral, 58% dos respondentes (29 de 50) acreditam que a prancha virtual tem o potencial (Sim) de expandir a capacidade de comunicação de indivíduos autistas não verbais. Outros 28% (14 respostas) acreditam que o potencial é parcial, e 8% (4 respostas) acreditam que depende de "acompanhamento aberto". A maioria dos especialistas validou o potencial da aplicação, mas as ressalvas de 28% e 8% indicam a necessidade de se priorizar as recomendações de acessibilidade motora e funcionalidades terapêuticas para maximizar a eficácia em uma gama mais ampla de usuários.

6.5. Recomendações e Trabalhos Futuros (Q.18)

As recomendações fornecidas pelos especialistas (psicólogos e cuidadores) na Q.18 fornecem uma base sólida e acionável para a seção de Trabalhos Futuros, visando maximizar o potencial da aplicação. A questão formulada foi a Q.18: **"Quais recomendações específicas você tem para melhorar esta aplicação para maximizar seu potencial para indivíduos autistas não verbais?"**. As sugestões levantadas pelos especialistas visam aprimorar a eficácia do aplicativo para a comunidade autista. As três áreas de melhoria mais recorrentes são:

- **Acessibilidade Universal:** A necessidade mais técnica é a inclusão de "opções de acessibilidade, como o modo de varredura", crucial para usuários com dificuldades motoras.

- **Funcionalidades de Rotina:** Foi sugerida a inclusão de uma "agenda visual" onde os cuidadores possam criar sequências de atividades diárias usando os cartões.

- **Expansão da Biblioteca:** Recomenda-se a expansão da biblioteca de símbolos padrão e a criação de uma "biblioteca online para baixar novos conjuntos de símbolos criados pela comunidade", o que aliviaria a sobrecarga do cuidador na criação manual de conteúdo.

As recomendações do Q.18 são fundamentais para o desenvolvimento futuro do ComuniCAA, pois fornecem o roteiro para as próximas iterações do artefato, em total alinhamento com a natureza iterativa e baseada em *feedback* da metodologia *Design Science Research* (DSR).

6.6. Conclusão da Análise dos Resultados

O ComuniCAA demonstrou alto potencial e aceitação em sua avaliação inicial, especialmente em relação ao feedback auditivo e à simplicidade para personalização. Esses resultados positivos sustentam a perspectiva de que a solução é promissora para promover a autonomia.

No entanto, as áreas de melhoria identificadas — notadamente a necessidade de maior acessibilidade para dificuldades motoras (varredura) e a gestão da sobrecarga visual através da densidade de cartões — devem guiar as futuras iterações, alinhando o desenvolvimento do artefato ao ciclo da DSR. A relevância social do projeto é reafirmada, pois a solução propõe democratizar o acesso a um recurso de CAA essencial, superando as barreiras de custo e interface complexa das soluções de mercado.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de uma revisão detalhada da literatura sobre Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA), identificaram-se lacunas importantes em soluções voltadas para indivíduos não verbais com Transtorno do Espectro Autista (TEA), especialmente no que diz respeito à acessibilidade, custo, suporte offline e disponibilidade em português. Com base nesses achados, este trabalho apresenta o ComuniCAA, um aplicativo móvel que permite a construção de frases por meio de pictogramas com saída de áudio, oferecendo uma interface intuitiva, inclusiva e adaptada às necessidades da neurodiversidade. A ferramenta demonstra potencial para ampliar a capacidade comunicativa, promover autonomia e contribuir para a inclusão social e educacional de seus usuários.

A arquitetura robusta e flexível do ComuniCAA possibilitou não apenas a manutenção e escalabilidade do sistema, mas também a implementação de uma interface intuitiva e inclusiva, preparada para atender às necessidades de seus usuários. Com base nisso, realizou-se uma avaliação criteriosa do protótipo, envolvendo 50 profissionais e cuidadores, que forneceu um feedback consistente sobre a aplicação. Os resultados indicam que o ComuniCAA atingiu os objetivos de design inclusivo e usabilidade, destacando-se particularmente nos seguintes aspectos:

1. Usabilidade e Design Sensorial: Os usuários consideraram a interface intuitiva e o design visual (cores neutras, layout limpo) adequado para indivíduos autistas.

2. Eficácia da CAA: A função de texto-para-fala (CAA) foi considerada eficaz por 82% dos participantes.

3. Personalização e Autonomia: 74% dos participantes acharam fácil personalizar o vocabulário, o que promove autonomia.

4. Impacto na Qualidade de Vida: A maioria (70%) acredita que a ferramenta tem alto potencial para reduzir a frustração na comunicação.

No entanto, foram identificadas melhorias necessárias: incluir opções de acessibilidade motora (modo de varredura), ajustar a quantidade de cartões para evitar sobrecarga visual e adicionar um sistema de rastreamento para uso

terapêutico. Questões éticas, como o risco de dependência e a privacidade de dados, também precisam ser abordadas.

Embora os resultados iniciais sejam promissores, algumas ameaças à validade devem ser consideradas. A avaliação foi realizada com 50 participantes, o que, embora suficiente para uma análise preliminar, limita a generalização dos achados. Além disso, o feedback foi coletado principalmente de profissionais e cuidadores, sem uma participação direta mais ampla de usuários finais não verbais, o que pode influenciar a percepção de usabilidade e eficácia. Futuras pesquisas devem ampliar a amostra, incluir avaliações longitudinais e considerar diferentes contextos de uso para fortalecer a validade dos resultados.

Em conclusão, o desenvolvimento do ComuniCAA demonstrou ser uma solução eficaz para superar barreiras financeiras e de usabilidade das ferramentas de CAA disponíveis. O trabalho evidencia a importância da integração entre design inclusivo e tecnologia acessível na promoção da autonomia, inclusão social e educacional e na melhoria da qualidade de vida de pessoas com TEA. Espera-se que esta pesquisa contribua para o avanço de soluções acessíveis de comunicação e para uma sociedade mais equitativa e neurodiversa.

8 TRABALHOS FUTUROS

Com base na natureza iterativa da Design Science Research (DSR) e nas recomendações detalhadas fornecidas pelos 50 especialistas avaliadores, os trabalhos futuros para o ComuniCAA devem focar no aprimoramento da acessibilidade, na inclusão de funcionalidades clínicas robustas e na validação longitudinal do impacto da aplicação. Por exemplo:

- **Validação e Pesquisa Longitudinal:** é essencial realizar um acompanhamento de longo prazo (1-2 anos) com autistas não verbais para medir a melhoria real na comunicação. Além disso, os estudos futuros devem incluir uma amostra de usuários maior e mais diversificada para garantir que os resultados possam ser generalizados.
- **Aprimoramento da Acessibilidade e do Design Inclusivo:** A prioridade técnica é implementar opções de acessibilidade motora, como o modo de varredura.

Simultaneamente, é crucial desenvolver a personalização da grade de cartões (ex.: layouts de 2x2, 3x3, 4x4), permitindo que cuidadores ajustem a quantidade de itens exibidos por tela. Essa funcionalidade visa mitigar a sobrecarga visual identificada na avaliação e adaptar a interface ao perfil sensorial específico de cada usuário, além de otimizar a navegação para reduzir o número de toques necessários.

- **Inclusão de Funcionalidades Terapêuticas e Comunitárias:** Recomenda-se adicionar um sistema de rastreamento de uso para fornecer dados aos terapeutas e um módulo de agenda visual para organizar rotinas. Outra sugestão é criar uma biblioteca online para que a comunidade possa compartilhar conjuntos de símbolos, facilitando o trabalho dos cuidadores.
- **Rigor Técnico e Governança:** É necessário garantir a escalabilidade técnica do banco de dados para suportar um grande volume de dados à medida que o uso cresce. Paralelamente, devem ser criados materiais de suporte detalhados, como tutoriais em vídeo, para auxiliar cuidadores no uso e personalização da ferramenta.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais: DSM-5**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

AMERICAN SPEECH-LANGUAGE-HEARING ASSOCIATION (ASHA). **Augmentative and Alternative Communication**. 2023. Disponível em: <https://www.asha.org/public/speech/disorders/aac/>. Acesso em: 1 jul. 2025.

ARASAAC. **[Exemplo de pictogramas disponíveis na api do arasaac]**. Disponível em: <https://arasaac.org>. Acesso em: 21 fev. 2025.

BANDEIRA, Laura Vicuña Santos. **Transtorno do Espectro do Autismo e fatores socioeconômicos e demográficos em uma população de crianças e adolescentes brasileiros**. 2020. Disponível em: <https://repositorio.unimontes.br/handle/1/649>. Acesso em: 18 de maio de 2025.

BERSCH, Rita. **Introdução à Tecnologia Assistiva**. Porto Alegre: CEDI, 2017.

BEUKELMAN, David R.; LIGHT, Janice C. **Augmentative and Alternative Communication: Supporting Children and Adults with Complex Communication Needs**. 5. ed. Baltimore: Paul H. Brookes Publishing Co., 2020.

BONDY, Andy; FROST, Lori. The Picture Exchange Communication System. **Behavior Modification**, v. 25, n. 5, p. 725-744, 2001.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. **Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)**. Brasília, DF: Presidência da República, 2015.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Plano Nacional de Tecnologia Assistiva - PNTA**. Brasília, DF: MCTI, 2021.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Crescem matrículas de alunos com transtorno do espectro autista**. Brasília, DF: Assessoria de Comunicação Social do MEC, 2 abr. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/2025/abril/crescem-matriculas-de-alunos-com-transtorno-do-espectro-autista>. Acesso em: 1 jul. 2025.

MENDONÇA, Sophia. **Os três níveis de suporte no autismo**. Canal Autismo, São Paulo, 9 out. 2024. Disponível em: <https://www.canalautismo.com.br/artigos/os-tres-niveis-de-suporte-no-autismo/>. Acesso em: 14 out. 2025.

FROST, Lori; BONDY, Andy. The Picture Exchange Communication System. **Focus on Autism and Other Developmental Disabilities**, 1994.

GANZ, Jennifer B. et al. Meta-analysis of PECS with individuals with ASD: Investigation of targeted versus non-targeted outcomes, participant characteristics, and implementation phase. **Research in developmental disabilities**, v. 33, n. 2, p. 406-418, 2012.

HART, Stephanie L.; BANDA, Devender R. Picture Exchange Communication System with individuals with developmental disabilities: A meta-analysis of single subject studies. **Review Journal of Autism and Developmental Disorders**, v. 1, n. 3, p. 147-159, 2010.

HEVNER, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. Design Science in Information Systems Research. **MIS Quarterly**, 28(1), 75–105, 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Censo Escolar da Educação Básica 2024 : Notas Estatísticas**. Brasília, DF: Inep, 2025.

JÚNIOR, A. J. R.; COUTINHO, D. J. G. A eficácia das tecnologias assistivas na alfabetização de alunos com deficiência na educação básica. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 19, n. 1, p. 25-40, 2024.

LORAH, Ericka R. et al. A Systematic Review of Tablet Computers and Portable Media Players as Speech Generating Devices for Individuals with Autism Spectrum Disorder. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, v. 45, n. 12, p. 3792-3804, 2015.

MAIOR, Alice Fortunato Souto. **Design de interfaces para neurodivergentes: um estudo sobre diretrizes de design para o Transtorno do Espectro Autista**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Design) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2022.

MELO, Ana Paula Cardoso; ARANTES, Arthur Guimarães; CARVALHEDO, Filipe Moreira Gomides Sardinha; SANTANA, José Arthur Marques; NETO, Olimpio Martins; SILVA, Raphael Pedatella; MACEDO, Juliane. As dificuldades das crianças com transtorno do espectro autista na aprendizagem e uso da linguagem e comunicação: mini revisão de literatura. **Revista Educação em Saúde**, Suplemento 3 - ANAIS DA 21ª MOSTRA DE SAÚDE, 2021. Disponível em: <https://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/educacaoemsaude/article/view/6073>. Acesso em: 25 fev. 2025.

MILLAR, Diane C.; LIGHT, Janice C.; SCHLOSSER, Ralf W. The impact of augmentative and alternative communication intervention on the speech production of individuals with developmental disabilities: a research review. **Journal of speech, language, and hearing research**, v. 49, n. 2, p. 248-264, 2006.

MIZAEL, Táhcita Medrado; AIELLO, Ana Lúcia Rossito. Revisão de estudos sobre o Picture Exchange Communication System (PECS) para o ensino de linguagem a indivíduos com autismo e outras dificuldades de fala. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 19, n. 4, p. 623-636, 2013.

MOREIRA, A. P., Ribeiro, L. C. de S., Alvarenga, S. M. Mudanças Comportamentais e o Uso de Tecnologias Sociais na Educação. **Educação & Realidade**. 49 . e132496, 2024. doi: 10.1590/2175-6236132496vs01.

NIC.br. 58% da população brasileira acessa a internet exclusivamente pelo celular. NIC.br, 2020. Disponível em: <https://www.nic.br/noticia/na-midia/58-da-populacao-brasileira-acessa-a-internet-exclusivamente-pelo-celular/>. Acesso em: 21 fev. 2025.

NUNES, Débora Regina de Paula; BARBOSA, João Paulo da Silva; NUNES, Leila Regina de Paula. Comunicação alternativa para alunos com autismo na escola: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Educação Especial**, São Carlos, v. 27, e0212, 2021. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbee/a/mVvFCNhg5yHD5kCm8Tf8BNn/?lang=pt&utm_source=research. Acesso em: 21 fev. 2025.

OLIVEIRA, I. V. .; BEZERRA, J. T. G. .; ALVES, M. da S. .; PINHEIRO, D. L. .; MACHADO, R. O. .; LUCENA, P. L. A. de .; XAVIER, G. M. B. A. .; SOUZA, R. da C. de .; MEIRELIS, G. de N. .; MENDES FILHO, J. C. .; MELO, J. V. D. de .; DANTAS, I. C. M. .; RORIZ, M. I. R. C. .; EMRICH, C. A. M. .; SARMENTO, T. D. A. B. . Alternatives for non-verbal and minimally verbal autism communication. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. e6313345270, 2024. DOI: 10.33448/rsd-v13i3.45270. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/45270>. Acesso em: 18 de maio de 2025.

PEFFERS, K., et al. A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. **Journal of Management Information Systems**, 24(3), 45–77, 2007.

SCHIRMER, Carolina R. Pesquisas em recursos de alta tecnologia para comunicação e transtorno do espectro autista. **ETD - Educação Temática Digital**, v. 22, p. 68-85, 2020.

SCHLOSSER, R. W., & WENDT, O. (2008). Effects of augmentative and alternative communication intervention on speech production in children with autism: A systematic review. **American Journal of Speech-Language Pathology**, 17(3), 212–230.

SHAW KA, Williams S, Patrick ME, et al. **Prevalence and Early Identification of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 4 and 8 Years — Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 16 Sites, United States, 2022**. MMWR Surveill Summ 2025;74(No. SS-2):1–22. DOI: <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.ss7402a1>.]

TOBII DYNAVOK. **Communicator 5**, 2025. Disponível em: <https://us.tobiidynavox.com/products/communicator-5>. Acesso em: 25 de julho de 2025.

WALTER, Cátia Crivelenti de Figueiredo. Os efeitos da adaptação do PECS associada ao Curriculum funcional natural em pessoas com autismo. Ribeirão Preto:

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2000.
Dissertação de Mestrado.