

STORYSIGN: APLICATIVO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E REALIDADE AUMENTADA PARA LEITURA BILÍNGUE LÍNGUA PORTUGUESA E LIBRAS

DIEGO FABRICIO SCHLOSSER¹, SANI DE CARVALHO RUTZ DA SILVA¹, JOSÉ ROBERTO HERRERA CANTORANI², LUIZ ALBERTO PILATTI¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP

<diego.fabri1@gmail.com>, <sani@utfpr.edu.br>, <cantorani@yahoo.com.br>, <lapilatti@utfpr.edu.br>

DOI: 10.21439/conexoes.v18i0.3166

Resumo. O presente estudo tem como objetivo avaliar a eficácia do *StorySign* como uma ferramenta de Tecnologia Assistiva (TA) no ensino e aprendizagem de pessoas surdas. O método do estudo consistiu na avaliação do aplicativo *StorySign* em um *iPhone 13 Pro*, com foco em análise prática de usabilidade e análise técnica seguindo a norma ABNT NBR ISO/IEC 9126-1: 2003, cobrindo funcionalidade, confiabilidade, eficiência, manutenibilidade e portabilidade. Realizada por dois pesquisadores independentes ao longo de sete dias, contou com a intervenção de um terceiro pesquisador em casos de divergência para assegurar a imparcialidade da avaliação. Constatou-se que o aplicativo *StorySign* apresenta aspectos positivos, como gratuidade, facilidade de uso e eficácia do avatar interativo, mas também desafios como a necessidade de um livro físico, limitação de títulos literários e dependência de Internet. O aplicativo demonstrou potencial para inclusão educacional e social dos surdos, enfrentando limitações técnicas, principalmente na manutenibilidade, devido à indisponibilidade do código-fonte. Conclui-se que *StorySign* apresenta um potencial significativo para promover a alfabetização bilíngue e a inclusão social e educacional de surdos e ouvintes.

Palavras-chave: tecnologia assistiva; surdos; língua brasileira de sinais; *software*.

STORYSIGN: ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND AUGMENTED REALITY APPLICATION FOR BILINGUAL PORTUGUESE AND LIBRAS READING

Abstract. The present study aims to evaluate the effectiveness of *StorySign* as an Assistive Technology (AT) tool in the education and learning of deaf people. The study's method involved evaluating the *StorySign* app on an *iPhone 13 Pro*, focusing on practical usability analysis and technical analysis following the ABNT NBR ISO/IEC 9126-1: 2003 standard, covering functionality, reliability, efficiency, maintainability, and portability. Conducted by two independent researchers over seven days, a third researcher intervened in cases of divergence to ensure an impartial assessment. It was found that the *StorySign* app has positive aspects, such as free access, ease of use, and the effectiveness of the interactive avatar, but also challenges, such as the need for a physical book, limited literary titles, and internet dependency. The app demonstrated potential for educational and social inclusion of people who are deaf or hard of hearing, facing technical limitations, mainly in maintainability, due to the unavailability of the source code. It is concluded that *StorySign* has significant potential to promote bilingual literacy and social and educational inclusion of both deaf and hearing individuals.

Keywords: assistive technology; deaf; brazilian sign language; software.

1 INTRODUÇÃO

No mundo, mais de 466 milhões de pessoas apresentam deficiência auditiva, correspondendo a 5% da população total. Estimativas da Organização Mundial da Saúde (2023) apontam que até 2050, mais de 700 milhões de pessoas – uma em cada dez – terão perda auditiva incapacitante. No Brasil, dados do Censo Demográfico do (IBGE, 2010) indicam que aproximadamente 9,7 milhões de pessoas, cerca de 5,1% da população, possuem algum tipo de perda auditiva permanente.

Essa parcela da população enfrenta uma sociedade que, muitas vezes, não está adaptada às suas necessidades, evidenciando a importância de um ambiente de *design* universal e inclusivo (Cantorani; Pilatti; Gutierrez, 2015). A inclusão no Brasil, assegurada por lei (BRASIL, 2015), é essencial para a efetivação da cidadania dessas pessoas (Azevedo; Rossi; Fernandes, 2021; Cantorani *et al.*, 2019; Danker *et al.*, 2023; García *et al.*, 2013; Pereira; Albuquerque, 2017; Sousa; Siqueira, 2017).

Um ambiente inclusivo é aquele que proporciona condições naturalizadas para a interação das Pessoas com Deficiência (PcD) em diferentes situações sociais. A inclusão significa avançar em direção à igualdade de direitos, pressupõe a participação em ambientes sociais e a eliminação de barreiras, interferências, discriminação ou preconceito (Cantorani *et al.*, 2020).

A Lei Brasileira nº 13.146, de 6 de julho de 2015, conhecida como Estatuto da PcD, estabelece a definição de acessibilidade. Segundo esta legislação, acessibilidade é entendida como a capacidade e a oportunidade de PcD ou com mobilidade reduzida de acessar e utilizar de forma segura e autônoma uma variedade de espaços e serviços. Isso inclui, mas não se limita, a espaços urbanos, mobiliário, equipamentos públicos, edifícios, transportes, e meios de comunicação e informação, disponíveis tanto em áreas urbanas quanto rurais (BRASIL, 2015).

Para promover a inclusão de PcD, o uso de tecnologias digitais, visando a acessibilidade, surge como uma solução importante (Silva; David; Vasconcelos, 2022). Produtos tecnológicos focados na acessibilidade, classificados como TA, têm como objetivo superar barreiras enfrentadas pelas PcD, proporcionando-lhes maior independência e autonomia. No contexto dos surdos, há um desenvolvimento contínuo de estudos e produtos para auxiliar na interação social e no processo de ensino-aprendizagem (Carvalho; Manzini, 2017; Ribeiro; Miranda; Galvão Filho, 2019). Estes recursos baseiam-se na aplicação de conhecimentos científicos para resolver problemas práticos por meio do desenvolvimento de novas tecnologias (Carvalho; Manzini,

2017).

No ensino de surdos, o emprego de *softwares* e aplicativos de comunicação por professores e estudantes amplia as possibilidades de aprendizagem, facilitando o acesso a informações em ambientes virtuais (El Ghoul; Othman, 2022; Lersilp; Lersilp, 2019; Parvez *et al.*, 2019). Mendes *et al.* (2019) destacam que a gamificação pode contribuir significativamente para a educação de surdos, utilizando elementos lúdicos para motivar, interagir e aumentar o interesse dos estudantes nas atividades.

No âmbito acadêmico e empresarial, o desenvolvimento de produtos tecnológicos, como *softwares* e aplicativos, tem ganhado destaque em projetos de inclusão social e digital. A Huawei, por exemplo, desenvolveu o *StorySign*, um aplicativo gratuito que traduz textos de livros selecionados da Língua Portuguesa para Língua Brasileira de Sinais (Libras), utilizando inteligência artificial (IA) e realidade aumentada (RA), promovendo a inclusão de crianças surdas (Huawei, 2020).

O aplicativo *StorySign* foi desenvolvido em parceria com a comunidade surda e educadores, objetivando promover a inclusão social e digital. Seu foco principal é contribuir para a alfabetização de pessoas surdas, oferecendo suporte às dificuldades específicas enfrentadas por este grupo (Valeri, 2020). Este estudo se propõe a avaliar a eficácia do *StorySign* como uma ferramenta de TA no ensino e aprendizagem de pessoas surdas. O foco da análise está especificamente na usabilidade e funcionalidade técnica do aplicativo, explorando como ele atende às necessidades educacionais de seu público-alvo.

2 MÉTODO

Para testar e analisar o aplicativo *StorySign*, utilizou-se um iPhone 13 Pro, com o *download* do aplicativo realizado a partir da App Store. O processo de avaliação foi dividido em duas partes: análise prática e qualidade técnica. Durante um período de 7 dias, o aplicativo foi testado aleatoriamente várias vezes para conduzir essas análises subjetivas.

A avaliação do aplicativo *StorySign* foi conduzida por dois pesquisadores de forma independente, garantindo uma análise objetiva e imparcial. Em situações divergentes nas avaliações, um terceiro pesquisador tomou a decisão final. Esse processo assegurou não apenas a precisão e a confiabilidade dos resultados, mas também proporcionou uma abordagem equilibrada, considerando diferentes perspectivas e experiências dos pesquisadores, e evitando qualquer viés na avaliação do aplicativo.

A análise prática focou no atributo de usabilidade,

um aspecto chave da qualidade de sistemas digitais. Essa categoria engloba critérios como facilidade de aprendizado, eficiência de uso, facilidade de memorização, prevenção e tratamento de erros, além do nível de satisfação do usuário. A análise detalhou os atributos de usabilidade e funcionalidade do aplicativo *StorySign*, abrangendo desde as etapas de *download* até a sua utilização.

A análise de qualidade técnica do aplicativo seguiu a norma ABNT NBR ISO/IEC 9126-1 (2003), adaptada para avaliação de qualidade em uso. Qualidade em uso refere-se ao impacto das características de qualidade de um *software* para um usuário específico, seja ele um usuário final, operador ou mantenedor. Para que um *software* seja considerado de qualidade em uso, deve satisfazer as necessidades do usuário para realizar tarefas específicas em determinados ambientes de *software* e *software*.

Conforme a NBR ISO/IEC 9126-1 (ABNT, 2003), seis categorias principais definem a qualidade de *software*: funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência, manutenibilidade e portabilidade (Quadro 1).

A categoria de Manutenibilidade, que inclui subcategorias como Analisabilidade, Modificabilidade, Estabilidade e Testabilidade, não foi avaliada no aplicativo *StorySign*. Como o aplicativo é gratuito, mas não é um *software* livre no sentido de disponibilizar seu código-fonte para modificações e testes (conforme a definição da GNU de 2023), não foi possível analisar essa categoria.

Para avaliar as demais categorias, foram elaboradas perguntas específicas que se alinham com as temáticas das subcategorias. Durante o uso do *software*, estas perguntas guiaram a avaliação. Para cada subcategoria, adotaram-se três opções de diagnóstico:

- 'De acordo' (A) – quando o aplicativo atendeu aos critérios da categoria;
- 'Desacordo' (D) – quando o *StorySign* não cumpriu os requisitos; e
- 'Não se aplica' (NA) – para itens inavaliáveis, como os da categoria Manutenibilidade.

A modelagem adotada para a apresentação deste estudo foi desenvolvida com base no framework IMRaD (Pilatti L. A. anda Herrera Cantorani; Cechin, 2023).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Apresentação e construção do *StorySign*

O *StorySign* é um aplicativo de leitura em Língua de Sinais para dispositivos móveis, desenvolvido pela Hu-

awei. Este projeto é uma colaboração com várias entidades, como Aardman, FCB Inferno, Centroid, Cubic Motion, e Comtec (Pymer, 2019).

O aplicativo utiliza IA para interpretar palavras em livros impressos e RA para animar a personagem virtual Star. Disponível gratuitamente para *download* no site da Huawei, na App Store e na Google Play Store, o *StorySign* oferecia aos usuários brasileiros, no final de 2023, duas obras literárias em Libras para *download*: “Gildo”, de Silvana Rando, e “A Festa Encrencada”, de Sônia Junqueira, traduzidas por Edílson Andrade e Erik Honorato (Valeri, 2020).

A produção do *StorySign* envolveu intérpretes de linguagem de sinais como co-produtores, garantindo a precisão dos sinais (Bain, 2008). A equipe de *Computer Graphic Imagery* (CGI) da Aardman Animations utilizou RA e design 3D para criar Star. Os atores vestiram trajes de captura de movimento em um estúdio equipado com mais de 70 câmeras infravermelhas para capturar seus movimentos e expressões faciais (Pymer, 2019).

Os dados capturados foram refinados pela Cubic Motion e renderizados no departamento de CGI da Aardman. Pymer (2019) destaca a complexidade da tecnologia do *StorySign*, com a IA da Huawei adaptando-se a diferentes qualidades de câmeras em dispositivos móveis. Um banco de dados personalizado foi criado para armazenar idiomas e livros, possibilitando a expansão futura do aplicativo. Embora essa tecnologia tenha amplas aplicações em campos como cinema, jogos, educação, robótica e marketing (Ameen; Hosany; Tarhini, 2021; Gupta; Bagga; Sharma, 2020), ela é pouco explorada na educação, principalmente devido ao seu alto custo.

3.2 Análise prática do aplicativo *StorySign*

Após realizar o *download* do aplicativo *StorySign* pela App Store, foi dado início ao estudo, começando por sua tela inicial, que exibe uma série de opções de linguagens de sinais, cada uma associada a um país específico. Ao selecionar uma dessas línguas, o usuário ganha acesso às obras literárias disponíveis no banco de dados do *StorySign* para aquela linguagem específica. Na Figura 1 está apresentado uma representação visual deste processo, destacando as etapas desde a escolha da língua até o início da leitura da obra escolhida.

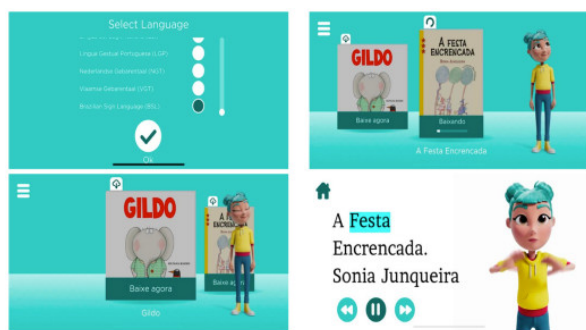
Na fase de seleção e *download* de obras no *StorySign*, a presença da personagem virtual Star já se faz notar. Durante essa etapa da análise, ficou evidente a necessidade de uma conexão com a Internet e da posse do livro físico para utilizar o aplicativo. Após essa experiência inicial, conclui-se que tanto o *download* quanto

Tabela 1: Atributos de qualidade de *software*

Funcionalidade	Capacidade do aplicativo de prover funções que atendam às necessidades explícitas e implícitas, quando o mesmo estiver sendo utilizado sob condições especificadas.
Confiabilidade	Capacidade do aplicativo em manter um nível de desempenho especificado, quando usado em condições especificadas.
Usabilidade	Capacidade do aplicativo de ser compreendido, aprendido, operado e atraente ao usuário, quando utilizado sob condições especificadas.
Eficiência	Capacidade do aplicativo apresentar desempenho apropriado, relativo à quantidade de recursos usados, sob condições específicas.
Manutenibilidade	Capacidade do produto de <i>software</i> ser modificado, incluindo tanto as melhorias ou extensões de funcionalidade quanto as correções de defeitos, falhas ou erros.
Portabilidade	Capacidade do produto de <i>software</i> de ser transferido de um ambiente para outro.

Fonte: adaptado de NBR ISO/IEC 9126-1 (2003).

Figura 1: Telas do aplicativo *StorySign*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

a utilização do *StorySign* se mostraram processos de estrutura simples. No Quadro 2 estão apresentadas as principais funcionalidades observadas no aplicativo, enfatizando os aspectos positivos do *StorySign*.

Tabela 2: Funcionalidades do *StorySign*

Funcionalidades
Gratidade
Suporte para sistemas operacionais IOS e Android
download de obras literárias
Intérprete virtual de Libras
Compartilhamento de experiência

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A presença da intérprete virtual de Libras, representada pelo avatar *Star*, destaca-se como um recurso de extrema relevância para auxiliar na leitura de livros impressos. Durante o processo de leitura, ao direcionar

a câmera do dispositivo móvel para o texto do livro, o avatar surge na tela para apresentar em Libras as palavras do texto. A *Star* utiliza gestos e expressões faciais, fatores importantes para facilitar a comunicação com os surdos (Galasso *et al.*, 2018; Lima; Mello, 2017). Após cada leitura, o aplicativo permite que os usuários compartilhem suas experiências, ao mesmo tempo em que aprendem a se expressar de forma bilíngue. Entretanto, dois desafios foram identificados nesta análise: a necessidade de possuir o livro físico para usar o recurso de reconhecimento de caracteres, que envolve a utilização da câmera do dispositivo para a leitura do texto, possibilitando que o aplicativo transforme a imagem digitalizada do texto em Libras, e a disponibilidade limitada de obras literárias nacionais, uma vez que o aplicativo, atualmente, oferece apenas duas opções.

Num contexto mais amplo, a Libras representa um elemento fundamental na cultura surda, contribuindo significativamente para a formação da identidade surda. Na condição de uma língua de modalidade viso-espacial, a Libras atende a todas as particularidades linguísticas e visuais das pessoas surdas. Diferentemente da Língua Portuguesa, que se baseia na modalidade oral auditiva, a Libras é uma língua expressa por sinais, autônoma e com uma estrutura própria. Portanto, nos ambientes educacionais é imperativo que se respeitem e valorizem as distinções linguísticas e culturais das pessoas surdas (Santiago *et al.*, 2019).

Nesse contexto, o aplicativo *StorySign* surge como um importante instrumento tecnológico de leitura bilíngue, pautado no objetivo de ampliar o processo de alfabetização bilíngue para surdos e ouvintes. Por meio deste aplicativo, torna-se possível adquirir ou expandir um arcabouço linguístico que abrange tanto a Língua

Portuguesa – como segunda língua para o público surdo –, quanto a Libras, destinada tanto a surdos quanto a ouvintes.

Adicionalmente, a utilização do *StorySign* como ferramenta facilitadora do processo de leitura para surdos e ouvintes possui o potencial de minimizar as barreiras linguísticas que frequentemente excluem socialmente os indivíduos surdos. Essa ferramenta contribui para a inclusão dos surdos na sociedade, especialmente no contexto educacional. No cenário de aplicação do *StorySign*, a limitação sensorial pode ser compensada ou neutralizada por meio do uso de TA, viabilizando a participação dos surdos em ambientes que oferecem oportunidades para o seu desenvolvimento. No entanto, o uso de aparatos tecnológicos funcionais não é autosuficiente, sendo essencial a participação dos indivíduos em ambientes e práticas específicas que propiciem o seu crescimento.

Um aspecto positivo do *StorySign* é o acesso gratuito à ferramenta. No entanto, seu uso requer um dispositivo móvel compatível, a posse do livro físico e acesso à Internet para aproveitar todas as funcionalidades do aplicativo. Embora os custos de smartphones ou tablets e o acesso à Internet sejam relevantes, dados do IBGE (2021) demonstram que, em 2021, a grande maioria dos domicílios no Brasil já possuía telefone móvel celular (96,3%) e acesso à Internet (90%). Adicionalmente, a pandemia da COVID-19 intensificou o uso dessas tecnologias, especialmente em atividades educacionais.

Quanto à necessidade de possuir o livro físico, uma parceria entre o Ministério da Educação (MEC) e a Huawei proporcionou a doação de 10.000 exemplares físicos do livro “Gildo”, aprovado pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD). A doação dos exemplares físicos beneficiou secretarias de educação e instituições de ensino infantil e básico para alunos com deficiência auditiva e surdez (BRASIL, 2023), facilitando o acesso ao *StorySign*.

No campo educacional, as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) têm possibilitado inovações na alfabetização, especialmente para alunos surdos. O uso de TA tem sido relevante ao ampliar as opções de ensino e facilitar a aprendizagem (Carvalho; Manzini, 2017). Atualmente, a educação bilíngue associada à IA e à RA destaca-se como uma abordagem promissora para melhorar o ensino e aprendizado de alunos surdos e promover sua inclusão efetiva (Joy; Balakrishnan; Sreeraj, 2019; Schindler *et al.*, 2022; Suni; Gopakumar, 2022; Kesarwani *et al.*, 2022; Mohd Rum; Boilis, 2021; Naert; Larboulette; Gibet, 2020; Ranganathan *et al.*, 2019). Essa abordagem também se alinha

com a tendência de alfabetização digital.

De forma cada vez mais evidenciada, configura-se em uma necessidade do tempo presente investir em pesquisa e desenvolvimento de ferramentas tecnológicas voltadas para a educação de alunos surdos, contribuindo para a acessibilidade, inclusão e aprimoramento do processo educacional (Hammami *et al.*, 2019; Muñoz; Pérez, 2020; Ortiz-Farfán; Camargo-Mendoza, 2020; Rutkowski; Mostowski, 2020).

Os desafios enfrentados pelos alunos surdos estão relacionados à limitação auditiva, o que impacta o processamento de informações linguísticas, bem como à falta de oportunidades para utilizar a Libras, essencial para a apropriação da Língua Portuguesa (Dorziat, 2015).

A maioria dos recursos do aplicativo *StorySign* depende de uma conexão à Internet, o que pode limitar seu uso em escolas que não possuem acesso à Internet ou têm uma conexão de baixa qualidade. De acordo com a pesquisa TIC Educação 2020, 82% das escolas tinham acesso à Internet, mas apenas 45% permitiam o acesso dos alunos. A qualidade da conexão também varia, com apenas 23% das escolas tendo uma conexão igual ou superior a 51 Mbps. Muitas escolas, especialmente as municipais, possuíam conexões de até 10 Mbps (CE-TIC, 2021), o que pode dificultar o uso de aplicativos online como o *StorySign*, especialmente quando muitos dispositivos precisam estar conectados. Isso representa uma barreira significativa para a utilização online do aplicativo, limitando sua capacidade de promover a alfabetização de surdos e ouvintes em diversos ambientes escolares e na vida cotidiana. Para utilizar o *StorySign* é necessário possuir um smartphone compatível, acesso à Internet e familiaridade com o aplicativo. Cumprindo esses requisitos, pessoas surdas e ouvintes podem interagir em contextos de literatura, promovendo uma melhor integração social e linguística (Figura 2).

Em linhas gerais, o aplicativo *StorySign* apresenta um potencial significativo na promoção da alfabetização bilíngue para surdos e ouvintes, auxiliando na superação de barreiras linguísticas e na inclusão educacional. Embora existam desafios relacionados à acessibilidade e à disponibilidade de obras literárias, esforços estão sendo feitos para mitigar essas questões, tornando o *StorySign* uma ferramenta valiosa no cenário educacional inclusivo.

3.3 Análise de qualidade técnica do *StorySign*

No processo de desenvolvimento de TAs destinadas aos surdos, é necessário considerar que a Comunidade Surda tem seu próprio modo de comunicação, uma visão de mundo única e necessidades específicas. Por-

Figura 2: Dinâmica do aplicativo *StorySign*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

tanto, ao empregar as TAs para surdos, busca-se reduzir as barreiras de interação existentes entre as TAs e a Comunidade Surda (Godoi, 2021).

Para conectar este contexto com a análise de qualidade técnica, observa-se no Quadro 3 os resultados da avaliação do aplicativo *StorySign*, seguindo os critérios da norma NBR ISO/IEC 9126-2. Esta norma internacional estabelece padrões para a qualidade de *software*.

Na categoria Funcionalidade, a análise do *StorySign* revelou que a maioria das subcategorias foi classificada como “opção A”, indicando conformidade com os critérios estabelecidos. Contudo, as subcategorias de “segurança de acesso” foram marcadas como “opção NA”, uma vez que o código-fonte do aplicativo não está disponível publicamente, restringindo a avaliação nessas áreas.

Em relação à Confiabilidade, o *StorySign* demonstrou estabilidade durante os testes, com a subcategoria maturidade recebendo a classificação “D”. Entretanto, a falta de falhas durante o período de teste impossibilitou a avaliação da capacidade do aplicativo de reagir e se recuperar de erros, levando à classificação “NA” nessas subcategorias.

Quanto às categorias de Usabilidade e Eficiência, o *StorySign* atendeu a todas as subcategorias. Sua operação intuitiva, clareza, objetividade, e tempos de resposta e execução adequados evidenciam sua eficácia como ferramenta educacional. A análise da Portabilidade destacou a facilidade de instalação, acesso e uso flexível do aplicativo em diversas plataformas e dispositivos. Essa adaptabilidade é um ponto forte, especialmente considerando a diversidade de usuários na comunidade surda.

Em relação à Manutenibilidade, uma área vital para a longevidade e evolução de qualquer TA, o *StorySign* enfrenta um desafio. A indisponibilidade do código-fonte pode limitar a capacidade de atualizar e modificar o aplicativo conforme as necessidades dos usuários e avanços tecnológicos. Esta limitação reforça a necessidade de transparência e acesso ao código-fonte para garantir que o aplicativo permaneça relevante e eficiente a longo prazo.

Este estudo acrescenta uma nova dimensão à literatura existente, sendo um dos primeiros a avaliar o *StorySign*, cuja função específica de facilitar a leitura bilíngue para surdos é única. Embora existam outros aplicativos como HandTalk, VLibras e ProDeaf, que funcionam como dicionários ou tradutores, a função exclusiva do *StorySign* é inovadora.

Os trabalhos de Godoi (2021) e Costa *et al.* (2023), que utilizaram o checklist UUXAC-DAT em avaliações de aplicativos semelhantes, destacam a importância de avaliações técnicas detalhadas no desenvolvimento de TA. Estes estudos sublinham a necessidade de assegurar que as tecnologias atendam efetivamente às necessidades dos usuários surdos.

A análise detalhada do *StorySign* enfatiza a importância de uma avaliação abrangente nas TAs, enfatizando aspectos como a Manutenibilidade. Este estudo não só aprofunda o conhecimento sobre o *StorySign* para seus usuários, mas também estabelece um referencial importante para a avaliação de futuras tecnologias desenvolvidas para a comunidade surda.

Tabela 3: Avaliação de qualidade técnica do aplicativo *StorySign*

FUNCIONALIDADE	A	D	NA
O aplicativo propõe-se a fazer o que é apropriado (Adequação)	x		
O aplicativo dispõe de todas as funções necessárias para sua execução (Adequação)	x		
O aplicativo faz o que foi proposto de forma correta (Precisão)	x		
O aplicativo é preciso na execução de suas funções (Precisão)	x		
O aplicativo é preciso nos resultados (Precisão)	x		
O aplicativo interage com os módulos especificados (Operabilidade)	x		
O aplicativo tem capacidade para processamento multi-usuário (Interoperabilidade)	x		
O aplicativo tem capacidade para operação com redes (Interoperabilidade)	x		
O aplicativo está conciso com as normas, leis etc. (Conformidade)	x		
O aplicativo dispõe de segurança de acesso por meio de senhas (Segurança de acesso)			x
O aplicativo dispõe de rotina interna de backup (Segurança de acesso)			x
O aplicativo dispõe de rotina interna de restore (Segurança de acesso)			x
CONFIABILIDADE			
O aplicativo apresenta falhas com frequência (Maturidade)		x	
O aplicativo reage adequadamente quando ocorrem falhas (Tolerância a falhas)			x
O aplicativo informa ao usuário a entrada de dados inválida (Tolerância a falhas)	x		
O aplicativo é capaz de recuperar dados em caso de falha (Recuperabilidade)			x
USABILIDADE			
É fácil entender o conceito e a aplicação (Inteligibilidade)	x		
É fácil executar suas funções (Inteligibilidade)	x		
É fácil aprender a usar (Apreensibilidade)	x		
O <i>software</i> facilita a entrada de dados pelo usuário (Apreensibilidade)	x		
O <i>software</i> facilita a saída de dados para o usuário (Apreensibilidade)	x		
É fácil de operar e controlar (Operacionalidade)	x		
O <i>software</i> fornece ajuda de forma clara (Operacionalidade)	x		
EFICIÊNCIA			
O tempo de resposta do <i>software</i> é adequado (Tempo)	x		
O tempo de execução do <i>software</i> é adequado (Tempo)	x		
Os recursos utilizados são adequados (Recursos)	x		
MANUTENIBILIDADE			
É fácil de encontrar uma falha, quando ocorre (Analisabilidade)			x
É fácil modificar e adaptar (Modificabilidade)			x
Há grande risco quando se faz alterações (Estabilidade)			x
É fácil testar quando se faz alterações (Testabilidade)			x
PORTABILIDADE			
É de fácil instalação (Capacidade para ser instalado)	x		
Está de acordo com padrões de portabilidade (Conformidade)	x		

Legenda: “De acordo” (A), “Desacordo” (D) e “Não se aplica” (NA).

Fonte: adaptado de Jensen *et al.* (2012).

3.4 Limitações do estudo

Este estudo, embora abrangente, possui limitações. A principal é a dependência de um conjunto específico de critérios de avaliação que podem não capturar completamente a experiência do usuário surdo. Além disso, a falta de acesso ao código-fonte do *StorySign* limitou a avaliação de aspectos importantes como a segurança de acesso. A ausência de falhas durante os testes também restringiu a análise da capacidade do aplicativo de lidar com erros. Futuras pesquisas poderiam se beneficiar da inclusão de uma variedade mais ampla de métodos de avaliação, incluindo *feedback* direto dos usuários surdos, para obter uma visão mais holística da eficácia das TAs.

4 Conclusão

Após analisar a dinâmica do *StorySign*, fica evidente seu potencial para contribuir com a inclusão social e digital tanto de usuários surdos quanto ouvintes. É preciso considerar, no entanto, a necessidade de acesso à Internet, compatibilidade com dispositivos móveis e habilidade no uso de tecnologias digitais. Esses elementos, fundamentais para a boa utilização da ferramenta, podem constituir barreiras para indivíduos sem os recursos necessários ou experiência tecnológica. O estudo revela o impacto inclusivo da ferramenta na alfabetização digital e na interação entre surdos e ouvintes, promovendo experiências educativas inclusivas. A ampliação do conhecimento linguístico em Língua Portuguesa e Libras por meio do *StorySign* não apenas facilita a comunicação, mas também enriquece a identidade e subjetividade dos usuários surdos, inserindo-os na cultura de sua comunidade.

A avaliação detalhada do aplicativo oferece direcionamentos para futuras inovações em TA, destacando a importância de aperfeiçoamentos que atendam melhor às necessidades de pessoas com deficiência auditiva. Este estudo também fornece uma base para a avaliação de outras tecnologias com propósitos similares.

Para pesquisas futuras, é importante envolver uma variedade maior de usuários, abrangendo diferentes habilidades linguísticas e preferências individuais, para obter uma compreensão mais completa da usabilidade e aceitação do aplicativo. Estudos longitudinais sobre o impacto do uso dessas tecnologias na aprendizagem e no desenvolvimento linguístico em Libras são recomendados, visando uma melhor compreensão de sua eficácia ao longo do tempo e contribuindo para o avanço contínuo dessas ferramentas assistivas.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR ISO/IEC 9126-1: Engenharia de software – Qualidade de Produto Parte 1: Modelo de Qualidade**. Rio de Janeiro, p. 21. 2003.

AMEEN, N.; HOSANY, S.; TARHINI, A. Consumer interaction with cutting-edge technologies: Implications for future research. **Computers in Human Behavior**, Elsevier, v. 120, n. 1, p. 106761, 2021.

AZEVEDO, M. M.; ROSSI, L.; FERNANDES, S. A. F. Trabalho e educação: instrumentos de inclusão da pessoa com deficiência na sociedade. **Revista Eletrônica Pesquiseduca**, v. 13, n. 29, p. 136–158, 2021.

BAIN, T. Behind the scenes: sign language interpreting for StorySign. **Comtec**. 2008. <https://www.comtectranslations.co.uk/language-linguistics/behind-the-scenes-sign-language-interpreting-for-storysign/>. Acesso em: 20 set. 2022.

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). Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 6 jul. 2015.

BRASIL. **Ministério da Educação**. **StorySign**. [Brasília]: MEC. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/mecplace/solucoes/parcerias/huawei/storysign>. Acesso em: 10 mar. 2023.

CANTORANI, J. R. H.; PEDROSO, B.; VARGAS, L. M.; PICININ, C. T.; PILATTI, L. A.; GUTIERREZ, G. L. International and brazilian versions of whoqol-dis:(in) adequacy to its underpinnings. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, SciELO Brasil, v. 62, n. 1, p. e19180691, 2019.

CANTORANI, J. R. H.; PILATTI, L. A.; GUTIERREZ, G. L. Análise das versões do instrumento whoqol-dis frente aos aspectos que motivaram sua criação: participação e autonomia. **Revista Brasileira de Educação Especial**, SciELO Brasil, v. 21, n. 4, p. 407–426, 2015.

CANTORANI, J. R. H.; PILATTI, L. A.; HELMANN, C. L.; SILVA, S. d. C. R. d. A acessibilidade e a inclusão em uma instituição federal de ensino superior a partir da lei n. 13.409. **Revista Brasileira de Educação**, SciELO Brasil, v. 25, n. 1, p. e250016, 2020.

- CARVALHO, D. d.; MANZINI, E. J. Aplicação de um programa de ensino de palavras em libras utilizando tecnologia de realidade aumentada. **Revista Brasileira de Educação Especial**, SciELO Brasil, v. 23, n. 2, p. 215–232, 2017.
- CETIC. Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação. **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras : TIC Educação 2020 : edição COVID-19 : metodologia adaptada**. [livro eletrônico] Survey on the use of information and communication technologies in Brazilian schools : ICT in Education 2020 : COVID-19 edition : adapted methodology / [editor] Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR. – 1. ed. – São Paulo : Comitê Gestor da Internet no Brasil. 2021. Disponível em: <https://x.gd/DTO4a>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- COSTA, B. F.; MELO, A.; NASCIMENTO, T.; FRANÇA, S.; COSTA, C. Avaliação de aplicativos de apoio a comunicação das pessoas surdas na perspectiva de um surdo. In: SBC. **Anais do VIII Workshop sobre Aspectos Sociais, Humanos e Econômicos de Software**. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Computação, 2023. p. 81–90.
- DANKER, J.; STRNADOVÁ, I.; TSO, M.; LOBLINZK, J.; CUMMING, T. M.; MARTIN, A. J. ‘it will open your world up’: The role of mobile technology in promoting social inclusion among adults with intellectual disabilities. **British Journal of Learning Disabilities**, Wiley Online Library, v. 51, n. 2, p. 135–147, 2023.
- DORZIAT, A. Educação de surdos em tempos de inclusão. **Revista Educação Especial**, Universidade Federal de Santa Maria, v. 28, n. 52, p. 351–363, 2015.
- El Ghoul, O.; OTHMAN, A. **Virtual reality for educating Sign Language using signing avatar: The future of creative learning for deaf students**. In: IEEE. 2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). Tunis: EDUCON, 2022. p. 1269–1274.
- GALASSO, B. J. B.; LOPEZ, M. R. d. S.; SEVERINO, R. d. M.; LIMA, R. G. d.; TEXEIRA, D. E. Processo de produção de materiais didáticos bilíngues do instituto nacional de educação de surdos. **Revista brasileira de educação especial**, SciELO Brasil, v. 24, n. 1, p. 59–72, 2018.
- GARCÍA, L. S.; GUIMARÃES, C.; ANTUNES, D. R.; FERNANDES, S. Architecture for Deaf Communities Cultural Inclusion and Citizenship. **ICEIS2013-15th International Conference on Enterprise Information Systems**. 2013. 126–133 p.
- GODOI, T. X. d. **UUXAC-DAT: checklist de avaliação de tecnologias assistivas sob a perspectiva da usabilidade, experiência do usuário e acessibilidade para surdos em aplicações móveis**. Dissertação (Mestrado em Informática) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2021. 134 f.
- GUPTA, S.; BAGGA, S.; SHARMA, D. K. Hand gesture recognition for human computer interaction and its applications in virtual reality. **Advanced Computational Intelligence Techniques for Virtual Reality in Healthcare**, Springer, v. 875, n. 1, p. 85–105, 2020.
- HAMMAMI, S.; SAEED, F.; MATHKOUR, H.; ARAFAH, M. A. Continuous improvement of deaf student learning outcomes based on an adaptive learning system and an academic advisor agent. **Computers in Human Behavior**, Elsevier, v. 92, n. 1, p. 536–546, 2019.
- HUAWEI. **Huawei lança aplicativo StorySign, primeira plataforma de alfabetização para crianças com deficiência auditiva e surdas**. 2020. Disponível em: <https://www.huawei.com/br/news/br/2020/huawei-lanca-storysign-primeira-plataforma-de-alfabetizacao-para-criancas-com-deficiencia-auditiva>. Acesso em: 20 set. 2022.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE. 2010.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2021 / IBGE**. Coordenação de Pesquisas por Amostra de Domicílios. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhesid=2101963>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- JENSEN, R.; LOPES, M. H. B. d. M.; SILVEIRA, P. S. P.; ORTEGA, N. R. S. Desenvolvimento e avaliação de um software que verifica a acurácia diagnóstica. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, SciELO Brasil, v. 46, n. 1, p. 184–191, 2012.
- JOY, J.; BALAKRISHNAN, K.; SREERAJ, M. Silearn: An intelligent sign vocabulary learning

- tool. **Journal of Enabling Technologies**, Emerald Publishing Limited, v. 13, n. 3, p. 173–187, 2019.
- KESARWANI, A.; MAHESHWARI, S.; SHARMA, S.; RAI, B. K. Hand talk: Intelligent gesture based communication recognition & object identification for deaf and dumb. **AIP Conference Proceedings**, v. 2424, p. 080007, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1063/5.0076796>.
- LERSILP, T.; LERSILP, S. Use of information technology for communication and learning in secondary school students with a hearing disability. **Education Sciences**, MDPI, v. 9, n. 1, p. 57, 2019.
- LIMA, E. W. G.; MELLO, R. S. Letramento e surdez no ensino médio: O que dizem os professores? **Revista Teias**, Programa de Pós-Graduação em Educação-PropEd/UERJ, v. 18, n. 49, p. 76–89, 2017.
- MENDES, L. O. R.; BUENO, A. J. A.; DESSBESEL, R. da S.; SILVA, S. d. C. R. da. Gamificação no processo de ensino e aprendizagem de estudantes surdos: uma revisão sistemática. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 17, n. 3, p. 132–141, 2019.
- Mohd Rum, S. N.; BOILIS, B. I. Sign language communication through augmented reality and speech recognition (learnsign). **International Journal of Engineering Trends and Technology**, v. 69, n. 4, p. 125–130, 2021.
- MUÑOZ, P. T.; PÉREZ, S. M. La inclusión de niños sordos en educación básica en una escuela de México mediante el diseño de recursos digitales. **RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo**, Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente AC, v. 11, n. 21, p. e136, 2020.
- NAERT, L.; LARBOULETTE, C.; GIBET, S. A survey on the animation of signing avatars: From sign representation to utterance synthesis. **Computers & Graphics**, Elsevier, v. 92, n. 1, p. 76–98, 2020.
- OMS. **Deafness and hearing loss**. 2023. Disponível em: <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>. Acesso em: 13 de mar. 2023.
- ORTIZ-FARFÁN, N.; CAMARGO-MENDOZA, J. E. Modelo computacional para reconocimiento de lenguaje de señas en un contexto colombiano. **Tecnológicas**, Instituto Tecnológico Metropolitano-ITM, v. 23, n. 48, p. 191–226, 2020.
- PARVEZ, K.; KHAN, M.; IQBAL, J.; TAHIR, M.; ALGHAMDI, A.; ALQARNI, M.; ALZAIDI, A. A.; JAVAID, N. Measuring effectiveness of mobile application in learning basic mathematical concepts using sign language. **Sustainability**, MDPI, v. 11, n. 11, p. 3064, 2019.
- PEREIRA, C. E. C.; ALBUQUERQUE, C. M. P. Inclusion of people with disabilities: Inclusive panorama in higher education in Brazil and Portugal. **Educar Em Revista**, Editora Univ Federal Parana, Centro Politecnico, v. 1, n. especial 3, p. 27–41, 2017.
- PILATTI L. A. ANDA Herrera Cantorani, J. R.; CECHIN, M. R. **Cómo desarrollar la estructura IMRaD en el artículo original** (How to develop the IMRaD structure in original paper). *Retos*, 49, 914-925. 2023.
- PYMER, N. **Creating the StorySign Avatar**. *FCB Inferno*. 2019.
- RANGANATHAN, T.; HEPHZIBAH, P.; JAGADESH, M.; JEGADEES, R.; KANIMOZHI, S. Hand talk-an assistive technology for deaf and dumb. **EXECUTIVE EDITOR**, v. 10, n. 2, p. 1076, 2019.
- RIBEIRO, S. S.; MIRANDA, T. G.; Galvão Filho, T. A. O surdo e a aprendizagem mediada por recursos tecnológicos: uma realidade no ensino superior. **Revista Educação Especial**, v. 32, n. 1, p. e1071–19, 2019.
- RUTKOWSKI, P.; MOSTOWSKI, P. The use of Polish sign language (pjm) in bilingual textbooks for deaf students in Polish schools. **The Language Learning Journal**, Taylor & Francis, v. 48, n. 3, p. 370–383, 2020.
- SANTIAGO, V. d. N.; BASNIAK, M. I.; SILVA, S. d. C. R. da; ALMEIDA, A. C. S. de. Surdos e ouvintes: por uma educação intercultural, democrática e plural. **Revista Educação Especial**, Universidade Federal de Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 1–19, 2019.
- SCHINDLER, M.; DODERER, J. H.; SIMON, A. L.; SCHAFFERNICHT, E.; LILIENTHAL, A. J.; SCHÄFER, K. Small number enumeration processes of deaf or hard-of-hearing students: A study using eye tracking and artificial intelligence. **Frontiers in Psychology**, Frontiers, v. 13, p. 909775, 2022.
- SILVA, M. A. B.; DAVID, P. B.; VASCONCELOS, F. H. L. Acessibilidade, tecnologias digitais e inclusão escolar de pessoas com deficiência: uma

revisão sistemática de literatura. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, v. 16, n. 1, p. 022021, 2022.

SOUSA, J. B.; SIQUEIRA, J. M. Redes sociais: Tecnologias assistivas para a inclusão e a cidadania. **Periferia**, v. 9, n. 1, p. 112–129, 2017.

SUNI, S. S.; GOPAKUMAR, K. Hand gesture recognizing model using optimized capsule neural network. **Traitement du Signal**, v. 39, n. 3, p. 1039–1050, 2022.

VALERI, V. Storysign - Conheça o app desenvolvido para a alfabetização de crianças com deficiência auditiva e surdas. **Oficina da Net**. 2020. Disponível em: <https://www.oficinadanet.com.br/huawei/33529-storysign-conheca-o-app-desenvolvido-para-a-alfabetizacao-de-criancas-com-deficiencia-auditiva-e-surdas>. Acesso em: 20 set. 2022.