

Sinalizaê: Uma aplicação web que reconhece datilologia através de Inteligência Artificial

Ana Laura de Oliveira Ferreira¹, Felipe Roncalli de Paula Carneiro¹

¹Centro Universitário Presidente Antônio Carlos(UNIPAC)-
Rua Dr. Antonio Sena Figueiredo,nº807 - Santa Tereza I, Barbacena - MG - Brasil

analaurooferreira1@gmail.com, felipecarneiro@unipac.br

Resumo. *Este trabalho aborda uma aplicação web que utiliza inteligência artificial para reconhecer a datilologia na Língua Brasileira de Sinais (Libras). Seu principal objetivo é promover o conhecimento abrangente da Libras para todos os interessados. A aplicação é composta pela página inicial e duas seções distintas: uma dedicada ao ensino do alfabeto manual e outra que emprega reconhecimento por IA. Apesar da existência de leis no Brasil que visam proteger os direitos das pessoas com deficiência auditiva, ainda há uma necessidade significativa de inclusão dessa população na sociedade atual. Conforme afirmado por [PERLIN 2007] "Aprender Libras é um ato de respeito e valorização da diversidade linguística, fomentando a inclusão dos surdos e superando as barreiras de comunicação". Com essa perspectiva em mente, este trabalho tem como propósito diminuir as barreiras entre a comunidade surda brasileira e a sociedade em geral.*

Palavras-chave: *inclusão, deficiência auditiva, Língua Brasileira de Sinais (Libras), alfabeto manual, datilologia.*

Abstract. *This work addresses a web application that utilizes artificial intelligence to recognize finger spelling in Brazilian Sign Language (Libras). Its main objective is to promote comprehensive knowledge of Libras for all interested individuals. The application consists of two distinct sections: one dedicated to teaching the manual alphabet and another that employs AI-based recognition. Despite the existence of laws in Brazil aimed at protecting the rights of people with hearing disabilities, there is still a significant need for inclusion of this population in today's society. As stated by [PERLIN 2007], "Learning Libras is an act of respect and appreciation for linguistic diversity, promoting the inclusion of the deaf and overcoming communication barriers." With this perspective in mind, this work aims to reduce the barriers between the Brazilian deaf community and the general population.*

Keywords: *inclusion, hearing disability, Brazilian Sign Language (Libras), manual alphabet, finger spelling.*

1. Introdução

Ao longo da história, os surdos enfrentaram inúmeras batalhas para afirmar sua identidade, construir uma comunidade unida e valorizar sua língua e cultura. Desde tempos remotos até os dias atuais, essa jornada tem sido marcada por lutas incansáveis pela igualdade de direitos e pelo reconhecimento merecido na sociedade moderna. Os surdos superaram obstáculos comunicativos e sociais, desafiaram estigmas e discriminação,

e trabalharam arduamente para garantir que sua voz fosse ouvida. A história dos surdos é um testemunho inspirador da resiliência humana e da busca pela diversidade cultural e pela igualdade de oportunidades para todos.

Abordando a história dos surdos partindo das primeiras civilizações no Egito, [CARVALHO and CONFORTO 2007] cita:

”No Egito, os surdos eram adorados como se fossem deuses, serviam de mediadores entre os deuses e os faraós, sendo temidos e respeitados pela população. Na época do povo hebreu, na Lei Hebraica, aparecem pela primeira vez referências aos surdos. Na Antiguidade os chineses lançavam-nos ao mar. Os gauleses sacrificavam-nos aos seus deuses. Em Esparta eram lançados do alto dos rochedos. Na Grécia, os surdos eram considerados seres incompetentes.”

Aristóteles, no século IV a.C já falava sobre a impossibilidade de surdos serem considerados humanos, pelo fato de não utilizarem linguagem oral [MOURA 2000]. Tal crença, resultava na falta de educação secular, na ausência de direitos e na marginalização dos surdos. Já Sócrates, filósofo grego, perguntou ao seu discípulo Hermógenes: “Suponha que nós não tenhamos voz ou língua, e queiramos indicar objetos um ao outro. Não deveríamos nós, como os surdos-mudos, fazer sinais com as mãos, a cabeça e o resto do corpo?” (Cratylus de Plato, discípulo e cronista, 368 a.C.).

Ainda para [CARVALHO and CONFORTO 2007]:

”Em Constantinopla, as regras para os surdos eram basicamente as mesmas. No entanto, lá os surdos realizavam algumas tarefas, tais como o serviço de corte, como pajens das mulheres, ou como bobos, de entretenimento do sultão. Mais tarde, Santo Agostinho defendia a ideia de que os pais de filhos surdos estavam a pagar por algum pecado que haviam cometido. Acreditava que os surdos podiam comunicar por meio de gestos, que, em equivalência à fala, fossem aceitos quanto à salvação da alma. Os cristãos, até a Idade Média, criam que os surdos, diferentemente dos ouvintes, não possuíam uma alma imortal, uma vez que eram incapazes de discernir e proferir os sacramentos inúteis dos saudáveis.”

No século XVI dá-se início a tentativa de educar deficientes auditivos, segundo [GOLDFELD 1997], “[...] o monge beneditino espanhol, Pedro Ponce de Leon (1520 – 1584), ensinou quatro surdos, filhos de nobres, a falar grego, latim e italiano, além de ensinar-lhes conceitos de física e astronomia”. O mestre De Leon desenvolveu um método de educação de surdos que envolvia o alfabeto manual a escrita e a oralização, e criou uma escola de professores para surdos. [MORI and SANDER 2015]

[SOUZA 2018] cita:

No Brasil, anos depois surge o Instituto Imperial de Surdos-Mudos (atual INES), fundado no ano de 1857, criado por D. Pedro II. Esse instituto foi referência em toda a América Latina, recebendo pessoas surdas de famílias abastadas de todo o continente. De um ex-aluno desse instituto que surgiu o primeiro livro sobre a língua de sinais brasileira, o: “Iconographia dos Signaes dos Surdos-Mudos”

Todavia, foi somente em 2002, na lei Nº 10.436 que houve o reconhecimento da Língua Brasileira de Sinais como um meio legal de comunicação assegurando por parte do poder público em geral e empresas concessionárias de serviços públicos, formas institucionalizadas de apoiar o uso e difusão da Libras. [BRASIL 1988]

Segundo a [NOTÍCIAS 2019] a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS), em 2019, identificou que 2,3 milhões de pessoas tinham deficiência auditiva. Essa estatística ressalta a importância de melhorar a acessibilidade e desenvolver soluções que atendam às necessidades dessa parte significativa da população.

Ainda que por Lei os deficientes auditivos estejam amparados, a realidade se mostra diferente, a maioria pessoas só tem acesso a aprendizagem de Libras ao iniciarem cursos superiores, pelo Decreto de Lei 5.626, de 22 de Dezembro de 2005 que inseriu Libras como disciplina curricular obrigatória nos cursos de formação de professores para o exercício do magistério, em nível médio e superior, nos cursos de Fonoaudiologia e como disciplina curricular optativa no restante dos cursos de educação superior e na educação profissional. Também por meio do decreto foi criado o Prolibras, Programa Nacional para Certificação de Proficiência no Uso e Ensino da Língua Brasileira de Sinais.

Segundo o [ESCOLA 2011] "Entre 2006 e 2009, o Ministério da Educação (MEC) certificou pouco mais de 5 mil intérpretes pelo Prolibras - o Programa Nacional para Certificação de Proficiência no Uso e Ensino da Língua Brasileira de Sinais - e, embora mais de 7,6 mil cursos superiores de Pedagogia, Fonoaudiologia e Letras ofereçam a disciplina de Libras, ter o número de intérpretes necessário para atender a demanda das escolas ainda é uma realidade distante."Atualmente, o Prolibras não existe mais, tendo sido encerrado pelo MEC em 2015, ano da aplicação da última certificação, após os 10 anos garantidos pela Lei 5.626/2005.

Este trabalho surgiu da necessidade de promover a inclusão por meio do desenvolvimento do portal Web Sinalizaê, que tem como objetivo ensinar e reconhecer, através de inteligência artificial, o alfabeto manual em Libras, também conhecido como datilologia. O portal oferece uma seção dedicada ao reconhecimento do alfabeto manual, exibindo ao usuário a letra correspondente, e outra seção que fornece instruções para o aprendizado da datilologia.

2. Estado da Arte

De início oportuno relatar que segundo [RAMOS 2004], "Os sinais são formados a partir da combinação do movimento das mãos com um determinado formato em um determinado lugar, podendo este lugar ser uma parte do corpo ou um espaço em frente ao corpo. Estas articulações das mãos, que podem ser comparadas aos fonemas e às vezes aos morfemas, são chamadas de parâmetros". O Sinalizaê, abordado no presente estudo, se baseia no parâmetro de configuração das mãos e movimento. Estes são, de acordo com [RAMOS 2004]: "Configuração das mãos: são formas das mãos, que podem ser da datilologia (alfabeto manual) ou outras formas feitas pela mão predominante (mão direita para os destros), ou pelas duas mãos do emissor ou sinalizador."e "Movimento: os sinais podem ter um movimento ou não."

Não obstante a Libras pode ser ensinada a pessoas ouvintes desde a infância, ampliando suas habilidades comunicativas e promovendo a inclusão social e cultural. [SKLIAR 2004]

Além do mais: "Aprender a Libras é um ato de respeito e valorização da diversidade linguística, promovendo a inclusão de surdos e a quebra de barreiras comunicativas."[PERLIN 2007]

No que envolve Inteligência Artificial, de acordo com [GOODFELLOW et al. 2016]:

"Os avanços recentes na área de IA, como redes neurais profundas e algoritmos de aprendizado de máquina, têm impulsionado o desenvolvimento de sistemas capazes de realizar tarefas complexas, como reconhecimento de padrões, processamento de linguagem natural e visão computacional".

Na entendimento de [MULLER and BOSTROM 2016],

"O futuro da IA promete avanços ainda mais impressionantes, como carros autônomos, diagnóstico médico mais preciso e sistemas inteligentes de assistência em diferentes áreas, impactando de forma significativa a forma como vivemos e trabalhamos."

A utilização das Redes Neurais Convolucionais (CNNs) representou uma evolução significativa no campo da Inteligência Artificial (IA). Nessa arquitetura de redes neurais, proposta por [LECUN et al. 1998]:

"As Redes Neurais Convolucionais (CNNs) revolucionaram o campo da visão computacional ao apresentarem desempenho excepcional em diversas tarefas relacionadas a imagens. Sua capacidade de aprender e extrair automaticamente características significativas a partir de dados brutos de pixels abriu caminho para avanços em áreas como reconhecimento de objetos, classificação de imagens e segmentação de imagens."

Entre as tarefas citadas por [LECUN et al. 1998], estão o reconhecimento de objetos, a classificação e segmentação de imagens, detecção de faces e reconhecimento de expressões faciais.

Isso permitiu que surgissem programas como o Teachable Machine, criado pela Google em 2018, de acordo com a empresa: O Teachable Machine é uma ferramenta poderosa que permite aos usuários treinarem seus próprios modelos de aprendizado de máquina sem a necessidade de conhecimento avançado em programação ou ciência de dados. [GOOGLE, 2019]

Combinando seu uso com a proposta de ensino, para [VASCONCELOS 2022] "O uso do Teachable Machine na educação oferece oportunidades para o desenvolvimento de habilidades de pensamento computacional, criatividade e resolução de problemas".

3. Metodologia

Durante a fase inicial, foram realizadas extensas pesquisas acerca dos trabalhos já existentes na área, com o objetivo de identificar oportunidades de otimização e inovação. Destaca-se um projeto em andamento na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), financiado pelo Google. O projeto é liderado pelo Laboratório de Machine Learning Theory and Applications Lab (Malta) do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da PUCRS. Atualmente, encontra-se em fase inicial, na qual os

pesquisadores estão coletando e realizando a curadoria de mais de 20 mil vídeos de sinais que serão utilizados como conjunto de dados [PUCRS 2023]. Essa análise minuciosa contribuiu para o embasamento teórico do projeto, além de fornecer insights valiosos para o desenvolvimento de soluções tecnológicas voltadas à inclusão da datilologia na sociedade brasileira.

Para o Sinalizaê, os seguintes casos de uso foram abordados:

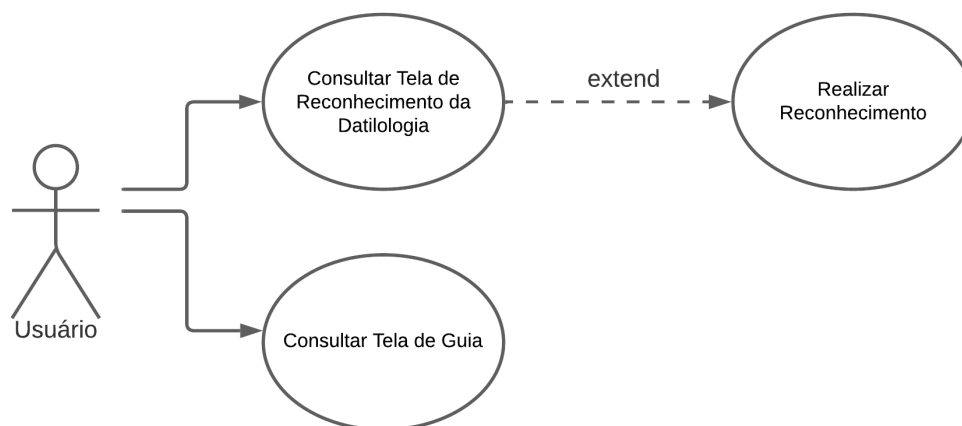


Figura 1. Diagrama de Caso de Uso do Sinalizaê. Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme é possível visualizar na Figura 2, o diagrama de caso de uso permite ao usuário o acesso a duas seções: a tela de reconhecimento da datilologia, na qual é possível realizar consultas de sinais específicos e obter o respectivo reconhecimento; e a tela de Guia, onde são ensinados os sinais referentes a cada letra do alfabeto.

Para a implementação do sistema, a linguagem JavaScript foi escolhida devido à sua ampla adoção e suporte na comunidade de desenvolvimento web, para [FLANAGAN 2004]: "JavaScript é a linguagem de programação da web. A ampla maioria dos sites modernos usa JavaScript e todos os navegadores modernos incluem interpretadores JavaScript."

O React, criado pelo Facebook (atual Meta), foi selecionado como base para o desenvolvimento das interfaces de usuário, o framework foi projetado para aprimorar o desenvolvimento de interfaces de usuário interativas, facilitando a atualização da visualização quando os dados mudam. Isso é feito dividindo a visualização em componentes menores, que podem ser compostos para criar interfaces de usuário complexas. [SAKS 2019]

No processo de treinamento do reconhecimento da datilologia, foi empregada a ferramenta Teachable Machine que é uma interface baseada na web que permite às pessoas treinarem seus próprios modelos de classificação de Machine Learning (ML), sem programação, usando a webcam, imagens ou som. Ele utiliza a transferência de aprendizado, uma técnica de ML, para encontrar padrões e tendências nas imagens ou amostras de som e criar um modelo de classificação simples e fácil em questão de segundos [CARNEY et al. 2020]. Por meio desse treinamento, tornou-se possível oferecer uma experiência mais precisa para os usuários da aplicação.

Através da webcam, o pesquisador capturou uma ampla gama de gestos e movimentos das mãos, representando as letras. Essas imagens foram então alimentadas na interface do Teachable Machine, onde a técnica de transferência de aprendizado foi aplicada para identificar padrões e tendências nessas amostras visuais. Repetindo esse processo várias vezes, o pesquisador pôde ajustar e aprimorar o modelo, resultando em um reconhecimento mais preciso da datilologia e proporcionando uma experiência mais precisa e satisfatória para os usuários da aplicação.

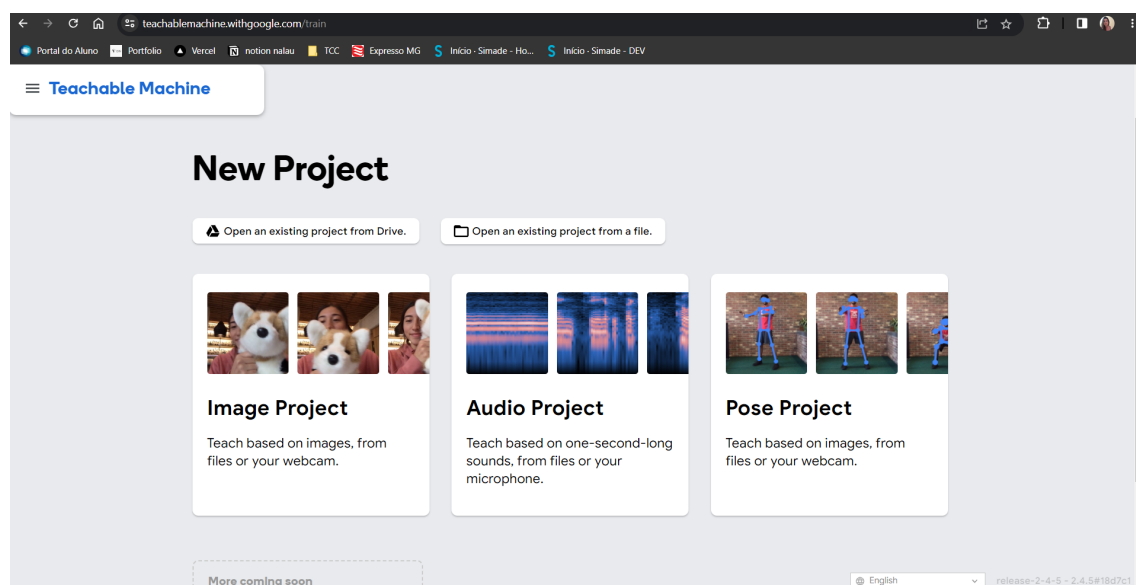


Figura 2. Ferramenta Teachable Machine, do Google. Fonte: Elaborado pelo autor.

Além disso, a sessão guia do portal foi cuidadosamente desenvolvida para fornecer um método de ensino efetivo da datilologia. Através de vídeos detalhados e instrutivos, os usuários podem aprender, passo a passo, como representar cada letra do alfabeto manual. Essa abordagem didática busca facilitar a compreensão e a prática da datilologia, promovendo um processo de aprendizagem acessível e inclusivo.

Com a combinação de tecnologias avançadas e estratégias de ensino eficazes, o presente trabalho busca superar barreiras, promover a inclusão da comunidade surda brasileira, proporcionar flexibilidade e adaptabilidade ao processo de desenvolvimento, e podendo posteriormente conter sessões adicionais, como o reconhecimento dos sinais no geral e não somente das letras do alfabeto.

4. Resultados

Após a fase de desenvolvimento, o projeto final resulta em duas seções principais: a página de reconhecimento da datilologia e uma seção guia destinada a ensinar aos usuários os sinais correspondentes.

Na página inicial, é apresentado o nome do projeto representado pelos sinais correspondentes a cada letra, acompanhado por uma breve descrição do projeto. Além disso, dois botões são disponibilizados para redirecionar os usuários às outras seções do site.

Além disso, é relevante ressaltar que todas as páginas do site contam com um menu de navegação consistente. Esse menu é estruturado de forma a garantir que os

usuários possam acessar facilmente as diferentes seções do site, independentemente da página em que se encontrem. Essa abordagem proporciona aos usuários uma experiência de navegação intuitiva e coesa, facilitando a exploração do conteúdo disponível no site.

A figura a seguir representa o resultado da tela inicial do projeto. Nessa imagem, é possível visualizar a disposição dos elementos e a identidade visual do Sinalizaê, transmitindo uma experiência convidativa aos usuários.



Figura 3. Tela Inicial Sinalizaê. Fonte: Elaborado pelo autor.

No que diz respeito à página de reconhecimento da datilologia, ela foi desenvolvida para proporcionar aos usuários a oportunidade de interagir com a plataforma e realizar o reconhecimento dos sinais. Essa funcionalidade é especialmente relevante, uma vez que permite que os usuários pratiquem e aprimorem suas habilidades na linguagem de sinais. Ao oferecer uma ferramenta interativa e acessível, o site promove a inclusão e facilita o aprendizado e a familiarização com a datilologia de forma interativa e envolvente.

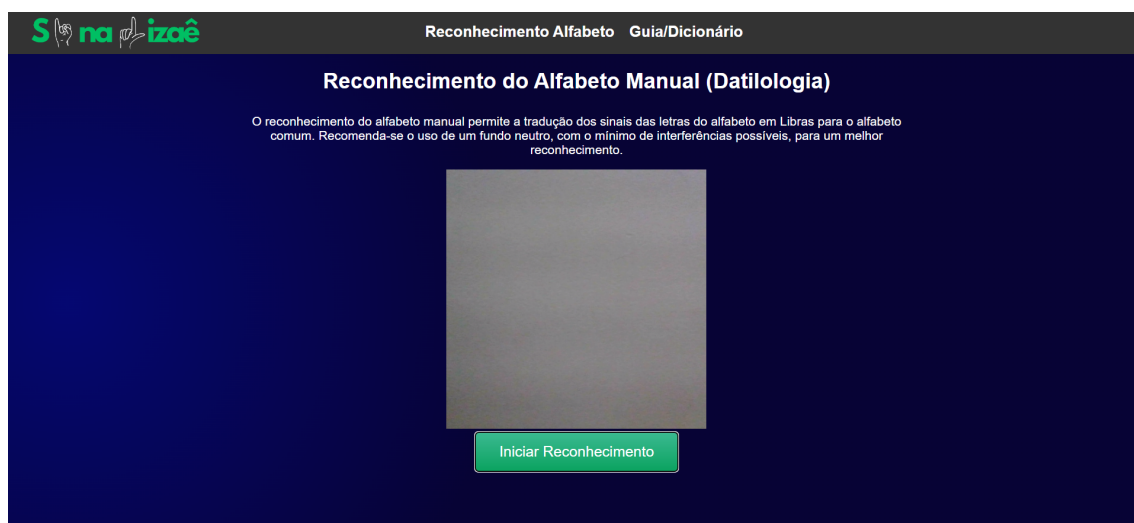


Figura 4. Tela de Reconhecimento. Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao pressionar o botão de iniciar o reconhecimento, a tela exibe a porcentagem de reconhecimento para cada letra, variando de 0% a 100%. Essa informação é crucial, pois proporciona ao usuário uma medida de confiança em relação ao desempenho do algoritmo de reconhecimento.

Para mais, esses dados são extremamente valiosos para os desenvolvedores, pois indicam quais sinais precisam ser reensinados ao Teachable Machine. Isso ocorre quando o algoritmo encontra dificuldades em reconhecer determinadas letras ou quando a taxa de reconhecimento fica abaixo de 90%. Assim, é possível aprimorar a eficácia do projeto, ampliando o conjunto de imagens utilizadas para o treinamento e, consequentemente, melhorando a acurácia do sistema.



Figura 5. Reconhecimento da letra A. Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 5 apresenta a representação da letra A na datilologia, demonstrando o gesto manual correspondente. Ao lado do gesto, é exibido um gráfico que indica o resultado do reconhecimento, mostrando uma compatibilidade de 99%. Essa visualização clara e intuitiva permite aos usuários observarem imediatamente a correspondência entre o sinal apresentado e o nível de precisão alcançado pelo algoritmo de reconhecimento. O alto índice de compatibilidade ressalta a confiabilidade do sistema em identificar corretamente a letra A. Essa representação visual reforça a transparência e a eficácia do processo de reconhecimento, fornecendo aos usuários uma compreensão clara da acurácia do algoritmo.

Por fim, a seção do guia tem como objetivo fornecer recursos educativos interativos, permitindo que os usuários aprendam os sinais por meio de materiais visuais. Esses recursos incluem imagens ilustrativas e vídeos instrutivos, proporcionando uma abordagem prática para o aprendizado da datilologia.

A seção foi projetada com o intuito de promover uma experiência educativa eficaz e enriquecedora, capacitando os usuários a adquirirem habilidades precisas na execução dos gestos da Língua Brasileira de Sinais (Libras).

Não obstante, os usuários têm a oportunidade de certificar suas habilidades utilizando o reconhecimento por meio da inteligência artificial. Dessa forma, eles podem



Figura 6. Reconhecimento da letra C. Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 7. Reconhecimento da letra E. Fonte: Elaborado pelo autor.

validar suas habilidades e receber feedback sobre a precisão do reconhecimento dos gestos realizados.

Quanto a interface de Guia:

Com as duas sessões, o projeto oferece uma experiência abrangente, desde o aprendizado dos sinais a sua prática, contribuindo para a inclusão e a comunicação efetiva com a comunidade surda.

Os resultados obtidos indicaram que a utilização de técnicas de aprendizado de máquina e processamento de sinais é viável para a realização precisa do reconhecimento da datilologia. O projeto alcançou uma taxa de acurácia significativa, atingindo uma precisão superior a 90% na identificação da maioria das letras do alfabeto, com exceção das letras que envolvem movimento, como a letra Z.

Apesar dos resultados promissores, é importante reconhecer algumas limitações



Figura 8. Tela de Guia. Fonte: Elaborado pelo autor.

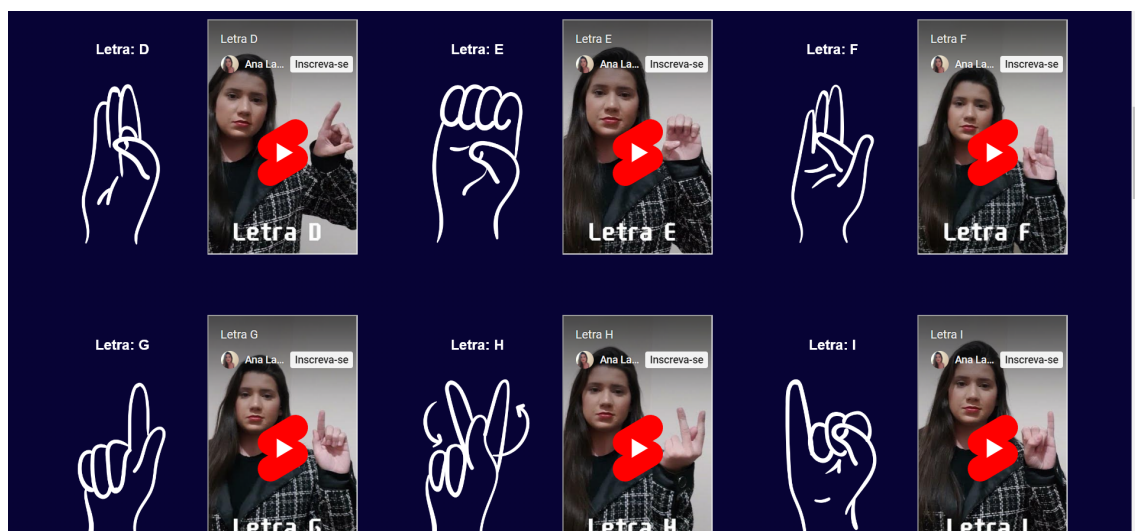


Figura 9. Tela de Guia. Fonte: Elaborado pelo autor.

deste estudo. Dentre elas, destaca-se a necessidade contínua de aprimoramento do modelo de inteligência artificial, para também lidar com variações regionais da datilologia, frisando a importância da dependência de um conjunto de dados diversificado para obter resultados mais robustos.

Além do mais, até o momento não foram realizados testes por terceiros do projeto de reconhecimento da datilologia. Apesar dos esforços em treinar o modelo utilizando a ferramenta Teachable Machine e aprimorar sua precisão por meio da captura de gestos e movimentos das mãos, ainda não houve a oportunidade de submeter o sistema a avaliações externas. A validação por terceiros é uma etapa fundamental para avaliar a eficácia e a confiabilidade do modelo de reconhecimento da datilologia, bem como identificar possíveis melhorias e refinamentos necessários. Esses testes por terceiros desempenham um papel importante na validação e no aperfeiçoamento contínuo do sistema, visando fornecer aos usuários uma experiência ainda mais precisa e satisfatória.

Com a combinação de tecnologias avançadas e estratégias de ensino eficazes, o presente trabalho busca superar barreiras, promover a inclusão da comunidade surda brasileira, proporcionar flexibilidade e adaptabilidade ao processo de desenvolvimento, e podendo posteriormente conter sessões adicionais, como o reconhecimento dos sinais no geral e não somente das letras do alfabeto.

5. Conclusão

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema web de reconhecimento da datilologia utilizando inteligência artificial. Buscou-se criar um modelo preciso e confiável capaz de interpretar os gestos da língua de sinais e convertê-los na letra correspondente.

O referido projeto oferece uma contribuição valiosa para a inclusão da comunidade com deficiência auditiva, fornecendo um recurso tecnológico que facilita o aprendizado da Língua de Sinais Brasileira pela população em geral. O reconhecimento da datilologia por meio de inteligência artificial tem o potencial de permitir uma comunicação mais efetiva e promover a igualdade de oportunidades.

Com base nos resultados obtidos e nas limitações identificadas, sugere-se que trabalhos futuros se concentrem na expansão e aprimoramento do modelo de inteligência artificial, incorporando mais variações regionais e gestos complexos da datilologia. Além disso, pesquisas adicionais podem incluir um amplo conjunto de vídeos no modelo de inteligência artificial, a fim de aprimorar a identificação da datilologia, levando em consideração as características do ambiente em que o reconhecimento é realizado.

Em suma, este estudo demonstrou que o reconhecimento da datilologia por meio de inteligência artificial é uma abordagem promissora para auxiliar na comunicação efetiva com pessoas surdas. Ao desenvolver e aprimorar essas tecnologias, para avançar na direção de uma sociedade mais inclusiva e proporcionar oportunidades equitativas para todos.

Referências

- BRASIL (1988). Constituição da república federativa do brasil.
- CARNEY, M. et al. (2020). Teachable Machine: Approachable Web-Based Tool for Exploring Machine Learning Classification. In *Proc. of Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, USA. ACM.
- CARVALHO, P. V. and CONFORTO, S. F. (2007). Breve história dos surdos no mundo e em portugal.
- ESCOLA, N. (2011). As escolas são obrigadas a manter um tradutor de libras nas salas de aula para os alunos com deficiência auditiva? o que fazer se a escola não tiver esse profissional? <https://novaescola.org.br/conteudo/1588/as-escolas-sao-obrigadas-a-manter-um-tradutor-de-libras-nas-salas-de-aula-para-os-alunos-com-deficiencia-auditiva-o-que-fazer-se-a-escola-nao-tiver-esse-profissional>. Acesso em: 23 maio 2023.
- FLANAGAN, D. (2004). *JavaScript: o guia definitivo*. Bookman Editora.
- GOLDFELD, M. (1997). *A Criança Surda: Linguagem e Cognição numa Perspectiva Socio-interativa*. Plexus, São Paulo.

- GOODFELLOW, I., BENGIO, Y., and COURVILLE, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press, Cambridge.
- LECUN, Y., BENGIO, Y., and HINTON, G. E. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*.
- MORI, N. N. R. and SANDER, R. E. (2015). História da educação dos surdos no brasil. *Seminário de Pesquisa do PPE. Universidade Estadual de Maringá, 2*.
- MOURA, M. C. (2000). O surdo: caminhos para uma nova identidade.
- MULLER, V. C. and BOSTROM, N. (2016). Future progress in artificial intelligence: A survey of expert opinion. In *Fundamental Issues of Artificial Intelligence*, pages 555–572.
- NOTÍCIAS, A. D. (2019). Pns 2019: país tem 17,3 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência. <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/31445-pns-2019-pais-tem-17-3-milhoes-de-pessoas-com-algum-tipo-de-deficiencia>. Acesso em: 23 maio 2023.
- PERLIN, G. (2007). *Surdez e bilinguismo*. Artmed, Porto Alegre.
- PUCRS (2023). Projeto da PUCRS financiado pelo Google utiliza Inteligência Artificial para inclusão da população surda. <https://www.pucrs.br/blog/inclusao-da-populacao-surda-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 19 jun. 2023.
- RAMOS, C. R. (2004). *LIBRAS: A língua de sinais dos surdos brasileiros*. Editora Arara Azul. Acesso em: 19 jun. 2023.
- SAKS, E. (2019). JavaScript frameworks: Angular vs React vs Vue. Diplomová práce.
- SKLIAR, C. (2004). *A surdez: Um olhar sobre as diferenças*. Mediação, Porto Alegre.
- SOUZA, P. P. U. (2018). Educação de surdos no brasil: uma narrativa histórica.
- VASCONCELOS, A. (2022). O uso do Teachable Machine na educação: oportunidades para o desenvolvimento de habilidades de pensamento computacional, criatividade e resolução de problemas. *Revista Brasileira de Informática na Educação*.