

# Alfa Libras 3D: uma ferramenta inclusiva para auxiliar na aprendizagem da língua brasileira de sinais

Emanuelli S. Viana<sup>1</sup>, Deborah M. Santos<sup>2</sup>

1. IISCA - Universidade Federal do Cariri. Orcid: 0009-0004-4869-6171

2. IISCA - Universidade Federal do Cariri. Orcid: 0000-0001-5143-2434

## RESUMO

As políticas públicas de inclusão permitiram um notório crescimento da quantidade de pessoas com deficiência nas universidades brasileiras, mas ao chegarem lá estas pessoas têm encontrado dificuldades no aprendizado, em parte por causa da carência de materiais pedagógicos adaptados que as auxiliem na aprendizagem das mais diversas áreas do conhecimento. Esta investigação apresenta o desenvolvimento do projeto Alfa Libras 3D: Uma ferramenta inclusiva para auxiliar na aprendizagem da Língua Brasileira de Sinais, que teve como motivação inicial a identificação da problemática da falta de materiais pedagógicos que auxiliassem no ensino e aprendizagem da Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS), para um aluno com deficiência visual que teria se matriculado na turma desta disciplina (LIBRAS) na universidade em que estuda, ainda no período de aulas remotas emergenciais por conta do cenário pandêmico. A metodologia utilizada no desenvolvimento desta investigação tem cunho experimental com elaboração de protótipos, que foram desenvolvidos por meio da fabricação digital com auxílio de impressoras 3D como alternativa para criação de elementos táteis. Diversos testes de modelagem e digitalização foram realizados até que se chegasse no melhor meio de modelo virtual, para seguir com a prototipagem física dos objetos. Como resultado do projeto apresentam-se 26 peças no formato de cards referentes as letras do alfabeto, onde cada peça contém a representação 3D do alfabeto em LIBRAS, braille em alto relevo e o alfabeto romano em baixo relevo. Os produtos Alfa Libras impressos foram validados com um aluno com deficiência visual que conseguiu identificar e reproduzir o sinal sem auxílio da audiodescrição. As peças passaram pela validação de uma professora de LIBRAS do ensino superior, que confirmou a acuidade dos sinais, como também o validou como material a ser utilizadas nas aulas de LIBRAS. O resultado foi exposto ainda para a comunidade científica surda em evento específico, com grande aceitação.

## PALAVRAS-CHAVE

Libras;  
Educação Inclusiva;  
Impressão 3D;  
Design e produto;  
Acessibilidade

# Alfa Libras 3D: an inclusive tool to assist in learning brazilian sign language

## ABSTRACT

Public inclusion policies have allowed a notable growth in the number of people with disabilities in Brazilian universities, but when they arrive there, these people have found learning difficulties, partly because of the lack of adapted pedagogical materials that help them in learning in the most diverse areas of knowledge. This investigation presents the development of the Alfa Libras 3D project: An inclusive tool to assist in the learning of the Brazilian Sign Language, which had as its initial motivation the identification of the problem of the lack of pedagogical materials that would help in the teaching and learning of the Brazilian Sign Language (known as LIBRAS), for a visually impaired student who would have enrolled in the class of this subject (LIBRAS) at the university where he studies, still in the period of emergency remote classes due to the pandemic scenario. The methodology used in the development of this investigation has an experimental nature with the elaboration of prototypes, which were developed through digital fabrication with the aid of 3D printers as an alternative for creating tactile elements. Several modeling and digitalization tests were carried out until the best virtual model was reached, to proceed with the physical prototyping of the objects. As a result of the project, 26 pieces are presented in the format of cards referring to the letters of the alphabet, where each piece contains the 3D representation of the alphabet in LIBRAS, Braille in high relief and the Roman alphabet in low relief. The printed Alfa Libras products were validated with a visually impaired student who was able to identify and reproduce the sign without the aid of audio description. The pieces were validated by a higher education LIBRAS teacher, who confirmed the accuracy of the signs, as well as validated them as material to be used in LIBRAS classes. The result was also exposed to the deaf scientific community in a specific event, with great acceptance.

## KEYWORDS

Libras;  
Inclusive Education;  
3D Printing;  
Design and Product;  
Accessibility

## 1. INTRODUÇÃO

Os desafios enfrentados pelas pessoas com deficiência são inúmeros, desde a vivência social, a problemas arquitetônicos e de infraestrutura não acessíveis, como também o acesso à educação, desde o ensino básico ao ensino superior. Tendo em vista as dificuldades enfrentadas pelas pessoas com deficiência quanto à educação, nota-se uma carência em materiais que auxiliem a aprendizagem de pessoas com deficiência nas mais diversas áreas do conhecimento. Com isso, se faz necessário pensar alternativas que possibilitem a todos o direito a uma educação inclusiva de qualidade e equitativa.

Muitas adaptações de artefatos para as pessoas com deficiência ainda são feitas de modo artesanal, por vezes com pouca padronização. Contudo, alguns designers, arquitetos e pesquisadores da atualidade tem utilizado a modelagem e impressão 3D como alternativa para criação de projetos pensados para pessoas com deficiência (ARAÚJO & SANTOS, 2015; SANCHES, MACEDO & BUENO, 2017; RENER, 2017; HOLLOWAY, MARRIOTT & BUTLER, 2018). Trata-se de uma forma de tecnologia de fabricação aditiva, que por sua versatilidade têm se mostrado uma grande aliada no desenvolvimento de materiais acessíveis, possibilitando por exemplo a criação de elementos táteis como mapas e fotografias.

Esta investigação apresenta o desenvolvimento de um produto, que teve como motivação inicial a identificação de um problema prático: um aluno com deficiência visual teria se matriculado na turma da disciplina de Libras da universidade em que estuda, no período de aulas remotas emergenciais por conta do cenário pandêmico. O aluno com deficiência visual foi amparado exclusivamente pelo recurso da audiodescrição realizado pela professora da disciplina, que procurava formas (de certo modo improvisadas) de descrever para ele da melhor forma o posicionamento das mãos para representar os sinais. Foi identificada assim a problemática da falta da existência de materiais pedagógicos que auxiliem no ensino e aprendizagem da Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) para pessoas com deficiência visual. A carência destes materiais se faz presente tanto dentro como fora da universidade aqui estudada, dificultando assim a identificação de alternativas que possam solucionar tais necessidades.

Tendo em vista que a Universidade em que se realizou a pesquisa é uma universidade que possui um considerável número de alunos com deficiência, tem cursos destinados ao público, como é o caso do curso de Letras-Libras, se faz necessário o desenvolvimento de materiais que reforcem e auxiliem a aprendizagem para todos, podendo se tornar ferramentas pedagógicas importantes para desenvolvimento de um ensino mais acessível.

No decorrer deste trabalho será abordado o processo de desenvolvimento do projeto Alfa Libras 3D: Uma ferramenta inclusiva para auxiliar na aprendizagem da Língua Brasileira de Sinais - LIBRAS, projeto feito utilizando modelagem e impressão 3D, junto ao grupo de pesquisa da universidade, onde será apresentado desde a identificação do problema, as etapas do processo de criação e o resultado alcançado.

Esta investigação possui, portanto, o objetivo geral de desenvolver uma ferramenta inclusiva para auxiliar na aprendizagem do alfabeto em LIBRAS (Língua Brasileira de Sinais) para pessoas com deficiência visual, utilizando fabricação digital e impressão 3D.

## 2. INCLUSÃO NA EDUCAÇÃO PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA

A inclusão na educação se faz necessária tendo em vista a população diversa predominante na sociedade. E dentro desse contexto, nota-se uma mudança significativa conquistada

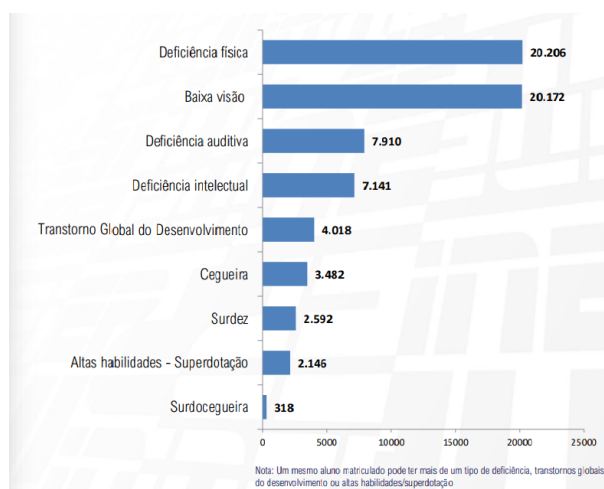
através da luta dos movimentos das pessoas com deficiência, alterando assim a visão em torno deste grupo, dando-se mais atenção e buscando-se formas de garantir aos mesmos maior inclusão dentro da sociedade.

Assegurando os direitos da pessoa com deficiência à educação, a Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015), em seu artigo 27 diz que “a educação constitui direito da pessoa com deficiência, assegurados sistema educacional inclusivo em todos os níveis e aprendizado ao longo de toda a vida, de forma a alcançar o máximo desenvolvimento possível de seus talentos e habilidades físicas, sensoriais, intelectuais e sociais, segundo suas características, interesses e necessidades de aprendizagem” (BRASIL, 2015).

A mesma lei atribui ao poder público o dever de assegurar o aprimoramento dos sistemas educacionais, visando garantir condições de acesso, permanência, participação e aprendizagem, por meio da oferta de serviços e de recursos de acessibilidade que eliminem as barreiras e promovam a inclusão plena (BRASIL, 2015).

A política pública de inclusão permitiu um notório crescimento da quantidade de pessoas com deficiência nas universidades brasileiras. Entre os anos de 2011 e 2021, o percentual de pessoas com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento ou altas habilidades em relação ao total de matrículas em cursos de graduação subiu de 0,33% para 0,71% (INEP, 2023). Em valores absolutos, em 2011 tinham 22.367 discentes que faziam parte deste grupo específico, já em 2021 o número de matrículas subiu para 63.404.

Do grupo de discentes das universidades brasileiras declarados com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento ou altas habilidades, a maioria é declarada com deficiência física e baixa visão. Ainda são poucos os cegos e surdos (Figura 1). Mas seu ingresso nas instituições de ensino superior já pressupõem uma revisão nos métodos e ferramentas de ensino, das diversas componentes acadêmicas.



**Figura 1.** Número de matrículas em cursos de graduação de alunos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento ou altas habilidades/superdotação, por tipo de deficiência – Brasil 2021 (Fonte: INEP, 2023).

Portanto, se faz necessário promover um ambiente favorável à igualdade de oportunidades e participação social, e buscar formas de garantir o direito à educação para todas as pessoas, independentemente da sua condição física, mental, intelectual ou sensorial.

### 2.1 Desafios na aprendizagem de pessoas com deficiência e a falta de materiais acessíveis

Além do acesso à educação, diversos são os desafios que podem ser enfrentados pelas pessoas com deficiência para

permanência no âmbito educacional, desde as barreiras arquitetônicas até a falta de materiais didáticos acessíveis. Mesmo com grandes avanços de alternativas voltadas para pessoas com deficiência, ainda se nota uma falta de ferramentas acessíveis para auxiliar na aprendizagem.

Como forma de potencializar os processos de desenvolvimento e de aprendizagem, os recursos lúdicos acessíveis se mostram como importante ferramenta pedagógica de inclusão. No caso das pessoas com deficiência visual, BRENDLER et al (2014 apud MONTEIRO; GARCIA, 2022) dizem que o desenvolvimento de recursos educacionais táteis, a partir dos princípios do Design Centrado no Usuário, aliado à fabricação digital, impactam positivamente as pessoas com deficiência visual (PDV), possibilitando a inclusão e a facilitação do seu processo de aprendizagem. Além disso, BRENDLER et al.(2014 apud MONTEIRO; GARCIA, 2022) exprimem que tais recursos auxiliam tanto as PDV como também os alunos que não possuem deficiência, pois os objetos elaborados servem como apoio visual tridimensional, podendo ser utilizados em diversas circunstâncias de ensino. Assim, além do suporte ao aluno, esses recursos contribuem também para o professor, como uma forma de apoio ao suporte didático e de material formativo, além de outros aspectos.

No entanto, nota-se uma escassez desses materiais didáticos principalmente na rede pública de ensino brasileira, onde aqueles que são encontrados não possuem as adaptações necessárias para a realização do trabalho pedagógico em conjunto entre alunos diversos (SANTOS, 2018).

Muitos desses materiais tendem a surgir somente quando se é deparado com uma situação em que não se tem recursos disponíveis no ambiente escolar que possibilitem a aprendizagem pela pessoa com deficiência. Como exemplo, podemos imaginar a situação da chegada de um aluno novo com algum tipo de deficiência e o ambiente escolar não tem preparo para fornecer um ensino acessível seja pela formação do professor ou por falta de materiais didáticos com tal finalidade.

Assim vão sendo criadas alternativas, por vezes improvisadas, onde muitos professores confeccionam seus próprios recursos, com os mais diversos materiais e finalidades, para satisfazer tais necessidades. Resultando por vezes em protótipos artesanais, sem padronização e, por conta da urgência da necessidade, não validado.

## 2.2 A Língua Brasileira de Sinais na educação de pessoas surdas e a utilização da Libras Tátil pela comunidade surdocega brasileira

Sendo a Língua Brasileira de Sinais um dos pontos centrais para o desenvolvimento desta investigação, se faz necessário explanar sobre o uso da língua não somente pelas pessoas da comunidade surda, mas também pela sociedade como um todo, bem como entender melhor o cenário de inclusão de pessoas surdas no âmbito escolar.

A Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) é entendida como a forma de comunicação e expressão, em que o sistema linguístico de natureza visual-motora, com estrutura gramatical própria, constitui um sistema linguístico de transmissão de ideias e fatos, oriundos de comunidades de pessoas surdas do Brasil, segundo a Lei nº 10.436/2002 (BRASIL, 2002).

Sendo assim, a LIBRAS é definida como a língua oficial da comunidade surda, onde assume o lugar de primeira língua para as pessoas surdas que tenham aprendido a Língua Brasileira de Sinais. O Português assume então o papel de segunda língua, similar às línguas estrangeiras como o Inglês e o Espanhol para os ouvintes brasileiros (GRILO, RODRIGUES e SILVA, 2019).

De acordo com o Decreto nº 5.626/2005, a LIBRAS deve

ser inserida como disciplina curricular obrigatória nos cursos de formação de professores para o exercício do magistério, em nível médio e superior, e nos cursos de Fonoaudiologia, de instituições de ensino, públicas e privadas, do sistema federal de ensino e dos sistemas de ensino dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Além disso o decreto determina que as instituições federais de ensino devem garantir, obrigatoriamente, às pessoas surdas acesso à comunicação, à informação e à educação nos processos seletivos, nas atividades e nos conteúdos curriculares desenvolvidos em todos os níveis, etapas e modalidades de educação, desde a educação infantil até à superior.

Apesar dos avanços, principalmente quanto a legislação, a educação para pessoas surdas no Brasil ainda enfrenta diversas dificuldades. Dentre as principais barreiras enfrentadas pelas pessoas surdas para ingressarem em uma instituição de ensino (seja de ensino básico ou superior), estão a falta de professores e profissionais qualificados na instituição, como também a falta de recursos pedagógicos para auxílio de professores e alunos. Além disso, o fato de a maior parte do ensino e comunicação nas instituições de ensino ocorrer em língua portuguesa, permite o surgimento de barreiras não só no ingresso de pessoas surdas nas mesmas, mas também barreiras comunicacionais e experienciais das pessoas surdas nesses meios (GRILO; RODRIGUES; SILVA, 2019).

Grilo, Rodrigues e Silva (2019) afirmam que o desconhecimento de uma informação (ou a desinformação) em decorrência do idioma não constitui apenas uma barreira, mas uma força em movimento que atua em sentido contrário ao desenvolvimento sociocultural do surdo na universidade, seja em sua vivência acadêmica como estudante, seja no exercício funcional como servidor técnico administrativo ou docente.

Quando se há a falta de capacitação do professor no ensino em LIBRAS, é necessário haver então a atuação do intérprete de LIBRAS (que podem ser pessoas ouvintes especializadas para trabalhar com pessoas surdas), assumindo um papel essencial na educação para surdos, sendo um importante meio para que alunos surdos possam adquirir conhecimentos e absorverem conteúdos ministrados em salas de aula.

Sobre a educação inclusiva, Aguiar, Oliveira e Silva (2018 apud GRILO; RODRIGUES; SILVA, 2019) argumentam que o processo de inclusão dos surdos na realidade universitária vai além da inserção de um tradutor e intérprete de LIBRAS em sala de aula, sendo necessária a adaptação dos materiais didáticos e pedagógicos e a interpretação em LIBRAS também durante atividades extraclasse (palestras, seminários etc.).

Seguindo o estudo sobre a Língua Brasileira de Sinais e a educação de pessoas surdas, foi identificado o grupo específico da comunidade surdocega – pessoas com deficiência que compromete, em diferentes graus, os sentidos da visão e audição. Este grupo é considerado como possível beneficiado pelos resultados desta pesquisa.

Cambruzzi e Costa (2016 apud OLIVEIRA; LESSA-DE-OLIVEIRA, 2020) afirmam que “a surdocegueira se constitui uma deficiência única e não a somatória de duas deficiências – auditiva e visual. A surdocegueira tem sua classificação feita de acordo com o período, tipo e grau das perdas sensoriais.

Segundo Maia (2011 apud OLIVEIRA; LESSA-DE-OLIVEIRA, 2020) “as definições de surdocegueira tanto internacionais quanto nacionais enfatizam a complexidade que envolve a comunicação dessas pessoas para interagirem no mundo.” A comunicação tão natural no cotidiano social, torna-se uma barreira a ser ultrapassada, e para isso é imprescindível a ação colaborativa das pessoas que os cercam, apresentando-lhes outras possibilidades comunicativas que exigirá uma interação

mais próxima, uma vez que o toque nas mãos, na face e em outras partes do corpo será necessário para a comunicação interativa.

Quanto a comunicação das pessoas surdocegas, Dorado (2004 apud OLIVEIRA; LESSA-DE-OLIVEIRA, 2020) descreve os sistemas comunicativos das pessoas surdocegas, classificando-os em: alfabéticos e não alfabéticos. Dentre os alfabéticos estão: o braile, o alfabeto manual tátil, a escrita na palma da mão, o Sistema Malossi, Lorm entre outros. Os não alfabéticos são a língua de sinais adaptada ao campo visual do surdocego e a língua de sinais tátil, além de outros mecanismos de comunicação que complementam a comunicação, como a comunicação háptica e o Sistema Pró-tátil.

A Língua Brasileira de Sinais também é comumente utilizada pela comunidade surdocega brasileira. No entanto, para os indivíduos surdocegos, é feita uma adaptação onde a modalidade comunicativa da LIBRAS altera-se do canal gesto-visual para o canal gesto-tátil. No caso da LIBRAS, essa passa então a se chamar Libras tátil. O que pode determinar as diferenças entre modalidades da LIBRAS está na condição de percepção das pessoas surdocegas e não na sua condição de produção, tendo em vista que o surdocego pode produzir a libras tal como as pessoas surdas (gestualmente), mas atribuem ao tato, ao invés da visão, a função de captar as informações linguísticas (OLIVEIRA; LESSA-DE-OLIVEIRA, 2022).

No Brasil, portanto, onde a língua de sinais falada pelos surdos é a LIBRAS, empregam-se as terminologias LIBRAS em campo reduzido para surdocegos que têm resíduos visuais, e a Libras tátil, para surdocegos que não conseguem identificar os sinais visualmente.

Nota-se então a necessidade de desenvolver formas de trazer maior visibilidade para a Língua Brasileira de Sinais, para que mais pessoas possam conhecer a língua e assim consequentemente se interessar pela mesma, afim de aprendê-la, não somente a comunidade surda, mas a sociedade como um todo, proporcionando assim maior inclusão de pessoas com deficiência nos mais diversos âmbitos sociais.

Vemos o projeto do presente estudo como potencial ferramenta transformadora que pode ser utilizada pelos grupos aqui apresentados (comunidade surda e surdocega) por apresentar informações visuais e táteis, como também pode ser usada por pessoas ouvintes de modo geral.

### 2.3 A Impressão 3D como alternativa para produção de materiais inclusivos

O processo de fabricação por Manufatura Aditiva ou, como é comumente conhecido, Impressão 3D, tem se tornado um meio cada vez mais explorado, contribuindo assim no desenvolvimento de projetos nas mais diversas áreas do conhecimento, por proporcionar uma grande versatilidade no seu uso.

O método de Impressão 3D se caracteriza pela forma de produção em que se é adicionada camada por camada do material utilizado para impressão, até se formar o modelo físico do projeto idealizado em software de prototipagem 3D. São diversas as tecnologias de Manufatura Aditiva, mas todas se baseiam no meio de produção em camadas, onde o que as difere são a forma como estas camadas são criadas e unidas. Além disso, outro aspecto que as diferenciam são os materiais que podem ser utilizados, onde os mesmos podem ser encontrados na forma de filamentos sólidos, resina líquida e pó (GIBSON et al., 2021, apud MONTEIRO et al., 2022).

No Design, a Manufatura Aditiva se tornou uma ferramenta fundamental para produção de produtos de forma rápida, eficiente e independente, onde o designer pode projetar, visualizar e testar através da prototipagem virtual 3D, onde poderá prever assim erros e tomar as melhores decisões,

e por fim produzir e também testar esses produtos físicos por meio da impressão 3D. Pode-se dizer ainda que, através do aumento da percepção do potencial oferecido pela Manufatura Aditiva, o campo de aplicação foi se ampliando cada vez mais, passando a exigir mais dos processos de design em termos de melhoria geral da qualidade dos componentes, novos materiais e funcionalidades a serem incorporadas às impressoras 3D (VOLPATO; CARVALHO, 2017, apud BARROS et al., 2021). Alguns exemplos de melhorias e adequações da manufatura aditiva para fins específicos são as impressoras 3D criadas para entregar produtos acabados (não somente para protótipos). Como consultórios odontológicos que utilizam impressão em resina para confecção de próteses dentárias, setores da construção civil que utilizam impressão em concreto para levantar casas, impressões de joias em metais e até já se encontram protótipos de novas impressoras que utilizam chocolate como insumo de impressão, para futuras docerias especializadas.

Com isso, pela versatilidade oferecida e por permitir a criação de formas tridimensionais, a modelagem e impressão 3D permitem a criação de elementos táteis, podendo assim criar materiais que atendam ao público com deficiência visual, onde se é possível criar projetos personalizados de acordo com diferentes necessidades, com formas precisas e com riquezas de detalhes.

Alguns pesquisadores fizeram experimentos para criação de elementos táteis com modelagem por computador e/ou impressoras 3D especificamente para que cegos pudessem processar uma informação que antes eram exclusivamente visuais. Araujo & Santos (2015) adaptaram fotografias para modelos tridimensionais e imprimiram. Sanches, Macedo & Bueno, 2017 desenvolveram padrões em alto relevo para desenhar mapas 3D. Renner (2017) desenvolveu um meio de automatizar a modelagem de mapas 3D para deficientes visuais. Holloway, Marriott & Butler (2018) desenvolveram um mapa de um campus universitário interativo, impresso em 3D, com inserção de alguns sensores ligados a placas eletrônicas.

SANCHES, BUENO & OKIMOTO (2018) pressupõem que, com adaptações de material, como convertê-los em 3D ou já projetá-los de forma acessível, a informação pode ser repassada em sua essência, pois durante o processo cognitivo os cegos conseguem formar modelos mentais.

Esses artefatos desenvolvidos que promovem a independência e a inclusão da pessoa com deficiência, objetivando diminuir os problemas e dificuldades encontrados podem ser chamadas de tecnologias assistivas (ADAM & MACEDO, 2013).

Dessa forma, diante dos benefícios apresentados aqui anteriormente, o meio de fabricação através da Impressão 3D se mostrou uma excelente alternativa para a produção do projeto desenvolvido e apresentado nessa pesquisa.

## 3. METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

A metodologia utilizada no desenvolvimento desta investigação tem cunho experimental com elaboração de protótipos, contendo seus procedimentos metodológicos organizados estrategicamente em seis etapas: Identificação do problema, Ideação de alternativas, Definição de alternativa, criação de protótipo, teste de protótipo e Resultado final (Figura 3).

### 3.1 Identificação do Problema

Inicialmente foi feita uma entrevista semiestruturada preliminar com o discente com deficiência visual matriculado na disciplina de LIBRAS (Língua Brasileira de Sinais). Também foram entrevistados a professora da disciplina e o coordenador do curso. Por meio desta etapa houve uma maior compreensão das necessidades do ensino de libras para este discente em

especial (Figura 2).



**Figura 2** Reunião para entendimento da problemática com principais envolvidos (Fonte: Elaborado pelos autores).

Ao entender melhor as centralidades dos utilizadores, foi possível estruturar um briefing do que poderia ser feito a partir das informações passadas e assim prosseguir para os primeiros esboços do projeto. O desafio imposto seria de criar um material de auxílio para o ensino de uma linguagem essencialmente visual a uma pessoa cega, onde teria que se pensar em formas de transformar essas informações visuais em táteis. Não obstante o tamanho do desafio, as aulas ocorreriam de modo especial remoto devido ao cenário pandêmico ainda ocorrendo na época.

Seria necessário criar um material tátil que o discente pudesse ter consigo durante a aula e, também em momentos

de estudo individual, que pudesse perceber os sinais em LIBRAS de maneira autônoma. Ou seja, identificou-se também a importância de se incluir indicações em braille para facilitar o entendimento de um discente cego iniciante na literacia da LIBRAS.

A partir da identificação do problema, para maior contextualização e levantamento de referências a respeito do assunto pesquisado, foi feita uma pesquisa bibliográfica, tendo como principais temas de estudo a Língua Brasileira de Sinais, o Braille e materiais pedagógicos acessíveis. Além disso, foi feito também uma pesquisa de projetos que pudessem satisfazer as mesmas necessidades ou semelhantes ao problema identificado e assim poderem vir a servir como possíveis referências.

Diante da pesquisa bibliográfica feita em plataformas para revisão de literatura e repositórios de patentes como o Google Patentes, foi possível identificar a carência de materiais pedagógicos voltados para pessoas com deficiência o que dificultou também o levantamento de referências para desenvolvimento do projeto, reforçando-se então a problemática da falta de materiais que atendam a necessidade do projeto proposto, aonde dentre os resultados encontrados, poucos possuíam características semelhantes ao idealizado neste projeto, atendendo assim a outras finalidades.

Concluindo-se a fase de identificação do problema e pesquisa, passou-se então para o início do desenvolvimento do projeto seguindo a metodologia com as etapas descritas na Figura 3.



**Figura 3** Etapas da metodologia seguida para o desenvolvimento do projeto. (Fonte: Elaborado pelos autores).

### 3.2 Ideação de Alternativas

Passando para o processo de desenvolvimento do projeto, foi inicialmente idealizado um esboço para criação de um modelo que possuísse características que atendessem as necessidades apontadas na problemática apresentada, afim de criar uma peça com elementos táteis que pudessem ser identificados por uma pessoa com deficiência visual.

Assim, como se tratava de um projeto novo, sem a existência identificada de um material disponível para tal fim, foi idealizado então um design único e personalizado destinado para solução do problema. Tendo em vista o caráter experimental inicial do projeto, foi pensado em desenvolver o material inicialmente para estudo do alfabeto em LIBRAS para

avaliar assim como o formato do projeto seria utilizado como ferramenta inclusiva de aprendizagem e assim, a partir dos resultados obtidos, poder avançar com o projeto para outro nível.

A partir de então, foi feito uma investigação de alternativas e ferramentas que pudessem ser usadas para alcançar o esboço pretendido do projeto, que consistisse na representação das letras do alfabeto no formato de “cards” contendo em cada um elementos táteis com representações correspondentes a cada letra do alfabeto sendo elas: o sinal em LIBRAS em formato tridimensional e em alto relevo, a letra correspondente em braille (para facilitar a identificação pela pessoa com deficiência visual) e em alfabeto romano em baixo

relevância para ser feita a identificação também por pessoas videntes. No caso das letras do alfabeto em LIBRAS em que se devem realizar algum movimento na representação do sinal, iria conter no card também a identificação da direção sendo representada através de uma seta em alto relevo, indicando como se fazer o movimento.

Com essas características táteis e visuais, o projeto poderia então também alcançar um maior número de usuários possíveis, se tornando uma ferramenta versátil por possuir as informações em diferentes linguagens, proporcionando através do seu uso maior integração entre pessoas com deficiência e pessoas sem deficiência.

Apresentando tais características, a ferramenta desenvolvida ainda pode ser apresentada como exemplo de projeto que segue o conceito de Design Universal que tem como objetivo, desenvolver soluções de design que atendam o maior número de pessoas possíveis, tendo relação assim também com os conceitos de design inclusivo e acessível.

Por fim, com a ideação e o esboço do projeto definido, passou-se então para a realização de análises com diferentes técnicas e softwares de modelagem 3D a fim de encontrar a melhor alternativa para desenvolver o protótipo do projeto.

### 3.3 Definição de alternativas

Na fase de definição da alternativa, foi feito inicialmente um levantamento de possibilidades que poderiam ser usadas para o desenvolvimento do protótipo, para assim escolher as melhores opções de ferramentas para a criação do projeto pretendido.

Com o levantamento feito das alternativas, foram analisadas quais ferramentas poderiam entregar um melhor resultado quanto a proporcionar uma modelagem 3D mais efetiva de todas as peças, trazer um resultado mais próximo do real quanto a representação dos sinais de LIBRAS, bem como ter melhor nitidez e acabamento das formas.

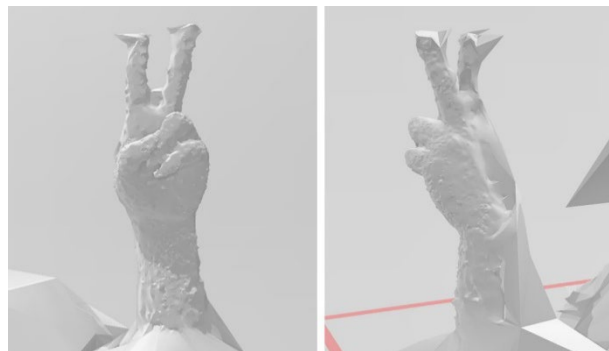
Dentre as alternativas testadas, podemos citar o processo de digitalização com o objetivo de alcançar um modelo em 3D do sinal em LIBRAS o mais próximo possível da representação da mão humana, onde foi testada a técnica de fotogrametria (um dos métodos mais usados como alternativa de escaneamento 3D, em que é feito fotos em volta de um objeto de diferentes ângulos, a fim de ter o maior número de detalhes possíveis e depois unindo-as através de um software dando a fim de criar um modelo tridimensional (3D) a partir das imagens feitas).

Para esse teste foi utilizada uma câmera fotográfica DSRL, onde uma pessoa voluntária posava realizando o sinal de uma letra do alfabeto em LIBRAS, para assim ser feita fotografias de diferentes ângulos da mão representando o sinal. Com as imagens feitas, utilizou-se o software *Reality Capture* (software de fotogrametria que permite criar modelos 3D realistas a partir de um conjunto de imagens) para compilar as fotos feitas, de forma a uni-las e transformá-las em um modelo 3D.

Apesar do fácil uso do software, o processo utilizando tal alternativa não alcançou os objetivos pretendidos, tendo como resultado um modelo 3D digitalizado sem formas muito bem definidas, com falhas, além de mostrar-se um processo lento para realizar a quantidade de peças que deveriam ser feitas (Figura 4). Seguindo esse procedimento, cada única peça teria que passar por todo o processo de escaneamento, criação de nuvem de pontos, criação de mesh, e modelagem dos outros elementos.

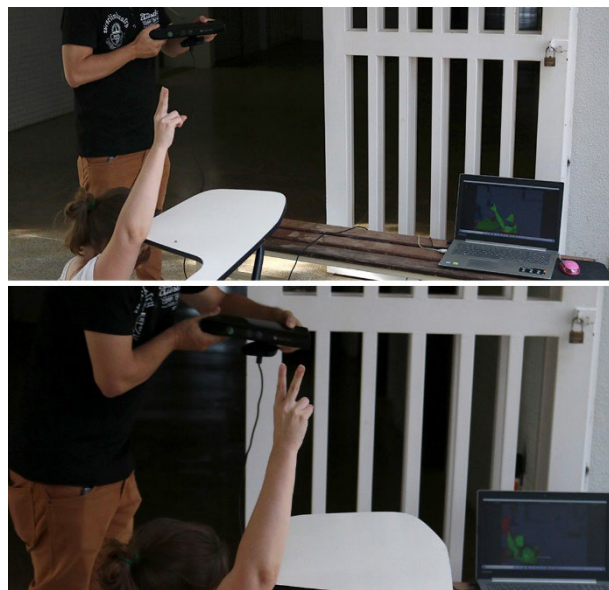
Outra desvantagem da técnica de fotogrametria testada foi o de não ser possível se prever ou ter um controle sobre o resultado que o software geraria. Com o resultado obtido e as desvantagens identificadas durante o processo de criação utilizando tais técnicas e ferramenta, foi descartada, portanto,

essa alternativa.



**Figura 4** Resultado obtido através da técnica de fotogrametria utilizando o software Reality Capture. Fonte: Elaborado pelos autores).

Outra alternativa explorada para tentar uma solução de digitalização que substituisse o uso de um scanner 3D (equipamento que não dispomos), foi utilizar um sensor Kinect de Xbox (Figura 5). Com o sensor Kinect conectado a um software no notebook, em tempo real, era possível acompanhar a visualização do que estava sendo escaneado. Apesar de ser um método de digitalização mais célere, outras dificuldades surgiram, como não serem reconhecidas todas as formas do que estava sendo escaneado. Foram feitas tentativas em diferentes ambientes, a fim de encontrar uma melhor iluminação, para se ter uma melhor visibilidade dos detalhes da mão representando o sinal de LIBRAS.



**Figura 5** Teste realizado utilizando um Kinect de Xbox como alternativa para substituir o uso de um scanner 3D, foi feita usando o sensor Kinect para Xbox. Fonte: Elaborado pelos autores).

Além disso o processo se demonstrou lento, onde para se obter as imagens, tinha que se mover lentamente contornando a pessoa que posava representando o sinal de LIBRAS onde a mesma deveria ficar parada da forma mais estática possível para não sair fora da área de captura de imagem. Com as saídas da área de captura, o processo teve que ser reiniciado diversas vezes, sendo analisado o que estava dando certo ou não no processo de escaneamento. Ao final dessas tentativas não foi possível se concluir ao certo quais fatores estavam prejudicando o processo de escaneamento: se seria algum problema quanto ao ambiente, à figura humana que não conseguia se manter completamente estática, ao software ou quanto ao aparelho Kinect utilizado.

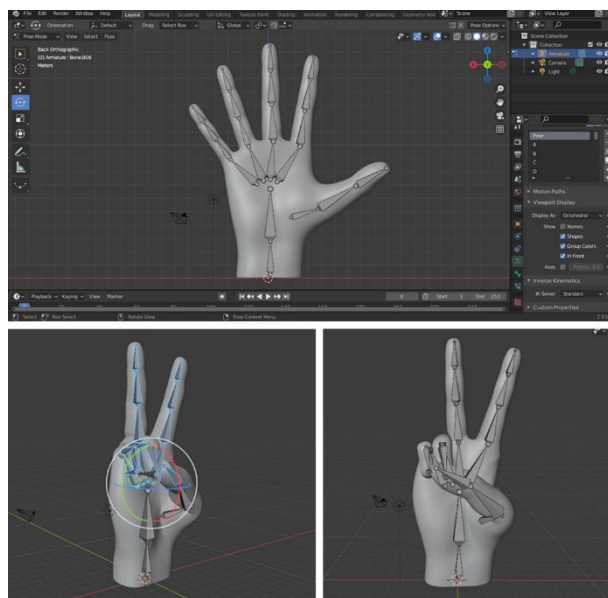
Diante dos pontos negativos identificados, o processo de digitalização da figura humana utilizando o Kinect de Xbox não se mostrou tão satisfatório, não sendo possível obter um resultado com formas tão definidas no escaneamento. Por fim essa alternativa acabou também sendo descartada.

Deu-se então prosseguimento a investigação de alternativas e realização de testes com softwares de modelagem 3D, onde, após análise dos testes feitos e dos resultados obtidos, foi identificado como melhor solução, que o processo de criação do projeto seguiria duas etapas usando diferentes softwares testados, sendo eles: o *Blender* - suite de criação 3D gratuita e de código aberto) e o *Rhinoceros* (software de modelagem 3D), para a criação das partes que iriam compor cada card, aonde um software seria utilizado para modelagem dos sinais em LIBRAS e em seguida outro software para criação dos cards com todos os elementos que o compõe.

### 3.4 Criação de protótipo

Encontrado e definido os meios dentre as alternativas para realizar o desenvolvimento do projeto, seguiu-se então para a fase de Criação de Protótipo, onde foi feito primeiramente a modelagem 3D das peças, para em seguida ser feita a impressão das mesmas.

Para modelagem dos sinais das letras do alfabeto em LIBRAS, foi utilizado o software *Blender*, onde foi usado os princípios e ferramentas de modelagem e animação 3D, através do uso da técnica de “rigging” (técnica comumente utilizada no processo de animação de personagens). Com a modelagem pronta da mão estática em 3D, foi feito o posicionamento de uma série de “ossos” (ou “bones”, nome descrito no próprio software), o que permitiu a construção de um “esqueleto” com articulações e assim foi possível criar um modelo articulado da representação de uma mão em 3D e a partir do mesmo serem criadas as diferentes posições que representam os sinais das letras do alfabeto em LIBRAS (Figura 6).



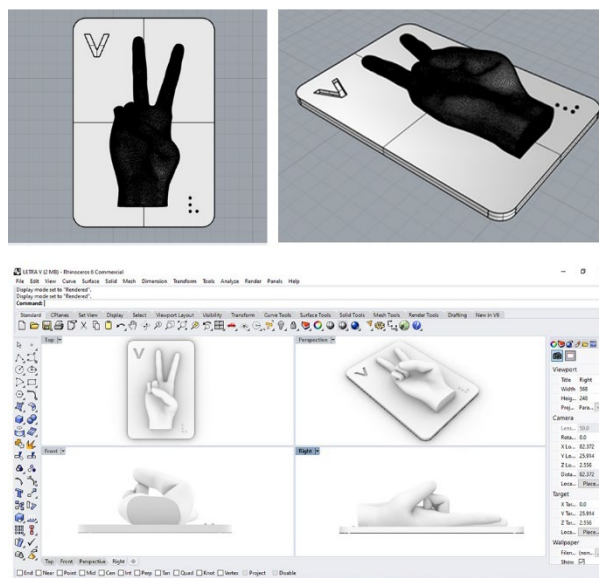
**Figura 6** Processo de modelagem utilizado o software *Blender* e suas ferramentas de ringging e animação 3D para criação de modelo articulado para criação dos sinais em LIBRAS. (Fonte: Elaborado pelos autores).

Após a criação do modelo 3D articulado foi possível, a partir de uma única peça, desenvolver todas as posições dos sinais do alfabeto em LIBRAS, onde se foi modificando o modelo, criando as poses correspondentes a cada letra do alfabeto, sendo construída por fim uma “biblioteca de poses” contendo todas as representações das letras do alfabeto em

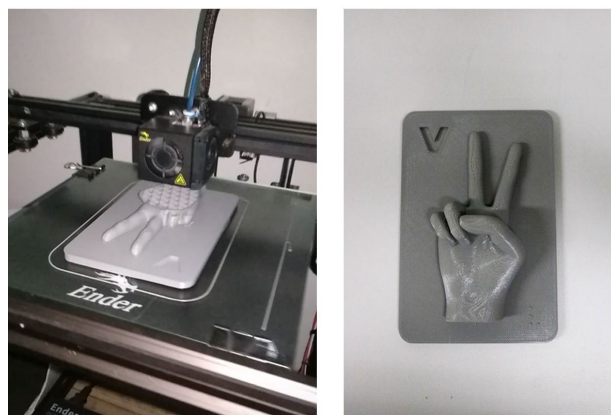
LIBRAS. A partir de tal ferramenta, foi possível realizar essa etapa do processo de criação do protótipo forma rápida e eficiente, facilitando o seguimento das próximas etapas do desenvolvimento do protótipo.

Já com todas as representações em 3D prontas das letras do alfabeto em LIBRAS, foi feita a exportação dessas peças desenvolvidas no *Blender* no formato de arquivo STL (permitindo a sua leitura em outro software de modelagem 3D), para que se pudessem ser usadas em um segundo software, o *Rhinoceros*, onde foi feita a criação dos cards com todos os elementos idealizados no projeto.

Com o software *Rhinoceros* foi criado o formato retangular seguindo a ideia de um modelo de card, que seria a base para conter as representações do alfabeto. Com a base do card criada, adicionou-se então as informações com a criação do relevo do braile e alfabeto romano em baixo relevo, e por fim foi feita a importação da representação do sinal de LIBRAS, fazendo-se assim os ajustes necessários para reunir todos os elementos e uniformizar a peça (Figura 7).



**Figura 7** Telas com prototipagem 3D feito no software *Rhinoceros* do modelo do card com a letra V e modelo renderizado em diferentes vistas. (Fonte: Elaborado pelos autores).



**Figura 8** Processo de impressão feito em impressora 3D e resultado final da peça. Fonte: Elaborado pelos autores).

Com a modelagem 3D concluída do projeto, passou para a fase de impressão da primeira peça através das impressoras 3D disponíveis no laboratório do grupo de pesquisa da universidade (Figura 8). Para isso o modelo 3D passou pelo software de fatiamento Ultimaker Cura. Durante o processo de impressão, que levou cerca de sete horas, a peça não

apresentou nenhuma falha, tendo um bom resultado quanto a acabamento e definição das formas.

Com um resultado satisfatório obtido da impressão, foi possível passar então para a fase de teste do protótipo.

### 3.5 Teste de protótipo

Após o primeiro protótipo impresso, foram realizados os testes do protótipo para fins de validação. Estes testes foram feitos em duas etapas: Primeiramente foi feito um teste com o aluno com deficiência visual (o qual participou no início do projeto com a explanação da problemática a ser solucionada) e em seguida uma validação juntamente com a professora de LIBRAS. Durante os testes foram aplicados questionários semiestruturados para guiar a experimentação dos participantes e coletar suas reações a respeito da peça produzida.

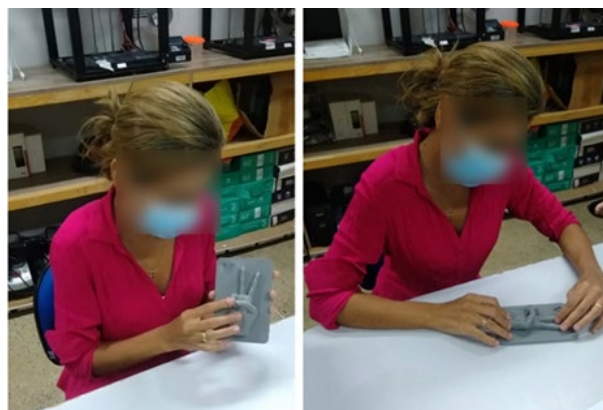
A primeira etapa do teste foi feita com o aluno com deficiência visual, que tem como nível de visão cegueira total (o mesmo informou que enxergou até os 9 anos e foi alfabetizado até a 2ª série antes de perder a visão). Foi-lhe explicada a proposta do projeto desenvolvido, sendo disponibilizado o protótipo impresso para o mesmo tatear e avaliar se conseguia identificar todos os elementos do protótipo. Inicialmente foi descrito para ele que o mesmo possuía formato retangular que formava uma espécie de card contendo uma representação de uma letra do alfabeto em LIBRAS, mas sem indicar qual era a letra e quais as outras informações contidas. Havia intenção de aferir o quão fácil estaria a leitura das informações do card sem necessidade de ajuda de outra pessoa, bem como validar se as características do protótipo quanto ao design e usabilidade, satisfaziam o objetivo do projeto. Depois de entregar o protótipo, foi perguntado também para o aluno quais suas primeiras impressões sobre o protótipo quanto ao material, textura e formatos dos elementos com relação ao conforto para tatear (Figura 9).

Como resultado do teste, o aluno conseguiu rapidamente identificar todos os elementos, reconhecendo através do tato as representações da letra em braille, em baixo relevo e a representação do sinal em LIBRAS sem necessidade de audiodescrição, como fazia em sala de aula. Além de conseguir identificar os elementos do card, o aluno também conseguiu reproduzir o sinal em LIBRAS. Ainda sobre sua avaliação sobre o protótipo, o aluno apontou que o mesmo ajudaria bastante no processo de aprendizagem e satisfazia as necessidades apresentadas na descrição da problemática. Outro feedback informado pelo aluno, foi o fato de o mesmo não ter ouvido falar em nada parecido no país e de não ter utilizado nenhum material com finalidade parecida. Assim foi concluída a primeira etapa do teste com resultados positivos.

Na segunda etapa de validação, foi apresentado o protótipo para a professora de LIBRAS da universidade (Figura 10), para assim avaliar o formato do protótipo, se a representação do sinal em LIBRAS estava correta, bem como dar seu parecer se o mesmo atenderia os objetivos e poderia ser utilizado como ferramenta pedagógica em suas aulas. Como resultado, a professora aprovou o formato do projeto, apresentado como suas primeiras impressões que o mesmo atendeu além das suas expectativas, mostrando ser de fácil uso e entendimento, podendo ser usado como material pedagógico, bem como forma de despertar o interesse de mais pessoas pela Língua Brasileira de Sinais. Além disso, apontou o como ponto positivo a leveza das peças, bem como mostrou bastante entusiasmo em utilizar o projeto em suas aulas quando concluído.



**Figura 9** Teste do Protótipo feito com aluno com deficiência visual. (Fonte: Elaborado pelos autores).



**Figura 10** Teste do Protótipo feito com professora de LIBRAS. (Fonte: Elaborado pelos autores).

### 3.6 Resultado Final

Com os resultados positivos obtidos na fase de testes, o projeto foi aprovado para a fase final de conclusão, onde se prosseguiu a modelagem dos cards de todas as letras do alfabeto, mantendo as características validadas no teste (Figura 11).



**Figura 11** Resultado de todas as peças modeladas em 3D (Fonte: Elaborado pelos autores).

Todos os cards desenvolvidos apresentam a letra do alfabeto em três formas: o sinal em LIBRAS ao centro, a letra em alfabeto romano no canto superior direito em baixo relevo, e, no canto inferior esquerdo, a letra em braile em alto relevo. Nos cards em que são necessários movimentos para gesticular as letras em LIBRAS - especificamente para as letras “H”, “J”, “K” e “Z” - foram inseridas setas, no canto inferior direito, direcionando o movimento necessário para gesticular cada letra. As peças modeladas passaram ainda por mais uma validação com a professora especialista para confirmar se os sinais de LIBRAS estavam todos corretos.

Com todos os cards modelados e validados, realizou-se a fase de impressão dos mesmos. As impressões das peças foram feitas utilizando como material o filamento ABS (acrilonitrila butadieno estireno) que proporciona a impressão de peças com grande durabilidade (**Figura 12**).



**Figura 12** Resultado final das impressões 3D feitas das peças da ferramenta Alfa Libras 3D. (Fonte: Elaborado pelos autores)

Com o projeto pronto, foi possível ter um feedback do resultado junto a diferentes públicos através da apresentação do mesmo em eventos científicos da região. Em um primeiro momento foi possível apresentar o Alfa Libras 3D na Feira do Conhecimento, uma feira científica regional onde reúne-se trabalhos interdisciplinares relacionados a Ciência, Tecnologia, Inovação e Negócios.

Contendo um público diverso, a feira proporcionou avaliar o projeto quanto ao caráter inovador, sendo possível acompanhar a reação de surpresa e interesse das pessoas que conheciam o projeto, muitas afirmando que não conheciam algo com tal finalidade, reconhecendo a importância do mesmo para uma educação inclusiva, como também demonstrando interesse em aprender a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS).

Outro evento importante para se ter uma avaliação sobre o resultado final do projeto, foi o evento da Semana de Letras-Libras ocorrido em uma universidade pública federal. Tendo como principais envolvidos discentes e docentes do curso de Letras-Libras e a comunidade surda de dentro e fora da universidade, o evento se mostrou uma excelente oportunidade de avaliar a percepção desse público em relação ao projeto. Através da apresentação das peças físicas prontas e explicação do desenvolvimento do projeto, foi possível ter um retorno satisfatório, quanto a validação do mesmo como ferramenta pedagógica inclusiva. Tanto discentes como docentes informaram o desconhecimento de ferramentas como a apresentada, muitos demonstrando ar de surpresa e empolgação ao conhecer o projeto. Validaram também o projeto como inovador e reforçaram a importância da ferramenta para a aprendizagem de LIBRAS, demonstrando também grande interesse em utilizar a ferramenta no curso.

### 3.7 Discussão dos Resultados

Os resultados e testes apresentados nesta investigação corroboram para confirmar o que outras pesquisas de referência também concluíram.

Um primeiro exemplo é a relação com a investigação de SANCHES, BUENO & OKIMOTO (2018) que afirmaram que, com adaptações de material, como convertê-los em 3D ou já projetá-los de forma acessível, a informação pode ser repassada em sua essência para a pessoa com deficiência visual. Em testes feitos com a ferramenta Alfa Libras 3D, tivemos a oportunidade de perceber a agilidade que a pessoa com deficiência visual teve em conseguir formar mentalmente e reproduzir com as mãos o modelo do card que estava segurando.

Através dos elementos visuais e táteis que a compõe, a ferramenta desenvolvida nesta pesquisa proporciona a inclusão e a facilitação do processo de aprendizagem para pessoas com deficiência, bem como pode ser utilizada também por alunos que não possuem deficiência, podendo promover assim maior integração entre pessoas com deficiência e pessoas sem deficiência em um mesmo âmbito de ensino. Além disso, a ferramenta também pode contribuir como uma forma de apoio ao suporte didático e de material formativo para professores, como afirmam BRENDLER et al.(2014 apud MONTEIRO; GARCIA, 2022). Foi possível constatar um pouco dessa integração de diferentes grupos com a ferramenta através das exposições em eventos em que o projeto Alfa Libras 3D foi apresentado.

Outro ponto que podemos citar quanto aos impactos positivos que a ferramenta pode proporcionar quanto a conter informações em diferentes linguagens e elementos táteis, é o de a mesma também poder auxiliar na aprendizagem de pessoas surdocegas, que, como afirmado por OLIVEIRA & LESSA-DE-OLIVEIRA (2022) podem produzir a LIBRAS tal como

as pessoas surdas (gestualmente), mas atribuem ao tato, ao invés da visão, a função de captar as informações linguísticas.

Pode-se entender que o projeto Alfa Libras 3D se trata de uma tecnologia assistiva, pois é um material que tem a capacidade de promover autonomia de estudos da pessoa com deficiência, objetivando diminuir os problemas e dificuldades encontrados como definiram ADAM & MACEDO (2013).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo buscou explicar o desenvolvimento de uma ferramenta inclusiva como solução para a problemática da falta de materiais didáticos que auxiliassem na aprendizagem da Língua Brasileira de Sinais por um aluno com deficiência visual, sendo apresentado os resultados obtidos com o desenvolvimento do projeto para atender tal necessidade utilizando como recurso a impressão 3D.

Logo no início da pesquisa, foi possível constatar a escassez de materiais didáticos inclusivos, principalmente com a finalidade do desenvolvido no presente artigo. Assim o projeto desenvolvido mostrasse como uma ferramenta considerada inovadora e promissora para auxiliar na aprendizagem de LIBRAS, como contribuir no acesso a Língua Brasileira de Sinais por um público diverso.

Com os resultados satisfatórios obtidos na fase de teste e conseguindo assim realizar a conclusão do projeto como idealizado, onde se tinha como objetivo que a ferramenta funcionasse como um recurso inicial para a aprendizagem de LIBRAS através alfabeto, torna-se promissor progredir com o desenvolvimento de novos recursos que possibilitem um avanço no ensino e aprendizagem de LIBRAS com a criação e, por fim, o uso de novas ferramentas inclusivas seguindo como base o formato do projeto aqui apresentado. Através da pesquisa desenvolvida foi possível também se ter um novo olhar para novas possibilidades que podem abranger o desenvolvimento de outras ferramentas didáticas para contribuir para a educação de modo a atender diferentes públicos, a fim de proporcionar maior inclusão.

A ferramenta teve como principal objetivo atender a necessidade da criação de um material voltado para a aprendizagem de LIBRAS por uma pessoa com deficiência visual, mas, através do formato com a apresentação do alfabeto em diferentes linguagens (LIBRAS, Braille e Alfabeto Romano), a ferramenta se mostra uma excelente alternativa para promover o acesso a aprendizagem de LIBRAS pelo maior número de pessoas possível, desde o ensino na educação infantil como no ensino superior, auxiliando assim professores e alunos, além de poder promover a interação de um público diverso em uma mesma sala de aula utilizando a ferramenta.

Para alcançar os resultados idealizados para o protótipo da ferramenta, foram enfrentadas algumas dificuldades diante da falta de referências de materiais similares, bem como dos meios necessários para realizar a digitalização das peças (como por exemplo um scanner 3D), tendo em vista a criação de modelos táteis que seguissem o mais próximo do real as representações dos sinais de LIBRAS.

Assim, foi preciso realizar testes de alternativas para ser escolhida a que melhor alcançaria os resultados pretendidos. Com isso, levou-se um tempo maior da pesquisa na fase de definição de alternativas, realizando-se testes com diferentes métodos e softwares de digitalização 3D, onde foi testada a técnica de fotogrametria e também a digitalização por meio de um sensor Kinect de Xbox. Ambas as alternativas foram descartadas por não conseguirem criar modelos bem definidos das peças em 3D, apresentando-se ainda como processos demorados, em que se precisou ser feito diversas vezes o processo de escaneamento e digitalização na tentativa de criar uma única peça, o que se tornou inviável diante da quantidade

de peças que deveriam ser feitas. Outra dificuldade que pode ser citada, é a falta de controle do resultado final da digitalização da peça, em que, no caso da fotogrametria, mesmo sendo feito uma grande quantidade de imagens de diferentes ângulos do objeto, não se conseguiu criar um modelo digitalizado bem definido.

Na pesquisa desenvolvida, foi possível, portanto, experimentar diferentes softwares dentro do campo de modelagem e impressão 3D, sendo possível explorar como essas ferramentas poderiam contribuir para criação de soluções para tais necessidades, além de contribuírem com o crescimento do repertório e conhecimentos na área, não somente para os desenvolvedores do projeto como para aqueles que tiverem acesso a investigação aqui apresentada. Além disso foi possível constatar a versatilidade da aplicação da impressão 3D e como ela pode contribuir cada vez mais para o desenvolvimento de projetos de Design, bem como se tornar um meio importante para proporcionar mudanças significativas nos âmbitos educacionais e sociais.

Muito ainda há a ser explorado com esta temática quanto a trabalhos futuros. Após a disseminação da ferramenta em repositórios virtuais, pretende-se realizar testes com o Alfa Libras 3D em salas de aula com públicos variados e com diferentes idades, desde o ensino básico ao superior, para averiguar a eficácia pedagógica no uso da ferramenta, tanto do ponto de vista do aluno quanto do professor.

Já no campo do desenvolvimento tecnológico, essa pesquisa pode ser significativamente ampliada devido a profunda carência de material pedagógico padrão para o ensino de LIBRAS, em especial para pessoas com deficiência visual. Pretende-se ampliar a fabricação digital de cards que ensinem as 111 configurações de mãos, que são a base de todo o ensino das LIBRAS, ou mesmo palavras iniciais para auxiliar o início da comunicação básica.

Quanto a relação ergonomia versus economia de recursos, também pode-se investigar qual o tamanho mínimo de impressão da peça para que esta seja compreensível ao tato, a fim de economizar material de impressão e espaço de armazenagem.

Com relação às dificuldades encontradas para digitalização 3D, como a tecnologia das câmaras e dos aplicativos de uso pessoal está em constante desenvolvimento, é sugerido que novos testes de digitalização 3D sejam feitos de tempos em tempos. Hipoteticamente, há de chegar o dia que será mais rápido e eficiente digitalizar e manipular nuvens de pontos do que modelar e editar partes do corpo do zero – como foi feito com as mãos nesta investigação.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao grupo de pesquisa CoDe pelo auxílio com a prototipagem das peças, a professora de LIBRAS Ana Kelly da Silva Fernandes por colaboração com a investigação, ao professor Carlos Renato de Lima Brito e a Jefferson Araújo, que nos apontaram a necessidade de investigação desta temática.

#### REFERÊNCIAS

1. ADAM, D. L. & Macedo; C. M. S. A imagem como veículo de acesso à informação em objetos de aprendizagem para deficientes visuais. Revista Brasileira de Design da Informação - InfoDesign, São Paulo, v.10, n.2, p.176-192, 2013.
2. ARAUJO, M. D. X.; & Santos, D. M. Fotografia Tátil: Desenvolvimento de modelos táteis a partir de fotografias com a utilização de impressora 3D. InfoDesign - Revista Brasileira de Design da Informação, 12(1), p.62-76, 2015.

3. BRASIL. Decreto Nº 5.626, de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - Libras. Brasília, 2005. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2005/decreto-5626-22-dezembro-2005-539842-publicacaooriginal-39399-pe.html>. Acesso em: 06 mai. 2023.
4. BRASIL. Lei Nº 10.436, de 24 de abril de 2002. Dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - Libras e dá outras providências. Brasília, 2002. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/l10436.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10436.htm). Acesso em: 06 mai. 2023.
5. 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). 2015. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm). Acesso em: 09 dez. 2022.
6. BARROS, Rubenio dos S.; DINIZ, Raimundo L.; SANTOS, Denilson M.; BONTEMPO, Karina P. A importância da manufatura aditiva no processo de design de embalagens: o caso das Memórias de Resultado (MRs), Revista Design & Tecnologia, v. 11, n. 22, p.15, 2021.
7. GRILO, André; RODRIGUES, Luiza de Albuquerque; SILVA, Bruno Santana da. Design Inclusivo e Acessibilidade Digital para Surdos em Páginas Web: Um Estudo Qualitativo em Universidade Pública Brasileira, Revista Design & Tecnologia, v. 09, n. 18, p.73, 2019.
8. HOLLOWAY, L.; MARRIOTT, K.; & Butler, M. Accessible maps for the blind: comparing 3D printed models with tactile graphics. Anais do CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Montreal, Canada, 2018.
9. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira Censo da Educação Superior [INEP] (2021). Apresentação da Coletiva de imprensa - Censo da Educação Superior. Brasília: INEP, Ministério da Educação. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-da-educacao-superior/resultados>. Acesso em: 24 abr. 2023.
10. MONTEIRO, Hércules M. S.; GARCIA, Lucas J. Utilização do displacement map na criação de recursos auxiliares à educação inclusiva para Pessoas com Deficiência Visual, Revista Design & Tecnologia, v. 12, n. 25, p. 2-6, 2022.
11. OLIVEIRA, E. A. M.; LESSA-DE-OLIVEIRA, A. S. C. Libras Tátil: um estudo bibliográfico. In: XIX SPLIN, 2020, São Carlos. Anais eletrônicos do XIX SPLIN. São Carlos: UFSCar. Disponível em: <https://ufscarsplin.wordpress.com/anais/>. Acesso em: 05 mai. 2023.
12. OLIVEIRA, Émile Assis Miranda Oliveira; LESSA-DE-OLIVEIRA, Adriana Stella Cardoso. O espaço de sinalização na libras tátil, Revista Estudos Linguísticos, v.51, n.1, p. 266-267, 2022.
13. RENER, Roman. The 3D printing of tactile maps for persons with visual impairment. In: Universal Access in Human-Computer Interaction. Designing Novel Interactions: 11th International Conference, UAHCI 2017, Held as Part of HCI International 2017, Vancouver, BC, Canada, July 9-14, 2017, Proceedings, Part II 11. Springer International Publishing, p. 335-350, 2017.
14. SANCHES, E. C. P.; MACEDO, C. M. S., & Bueno, J. Imagens táteis tridimensionais: um modelo para a tradução tátil a partir de imagens estáticas bidimensionais | Three-dimensional tactile images: a model for tactile translation from two-dimensional static images. InfoDesign - Revista Brasileira de Design da Informação, 14(2), p. 234-252, 2017.
15. SANTOS, G. M. dos. Desenvolvimento do jogo alfa-braille e a importância da ludicidade no processo de alfabetização inclusiva. 2018. Dissertação (Mestrado em Diversidade e Inclusão) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018.
16. TODOS PELA EDUCAÇÃO (org.). EDUCAÇÃO INCLUSIVA: RECOMENDAÇÕES DE POLÍTICAS DE EDUCAÇÃO INCLUSIVA PARA GOVERNOS ESTADUAIS E FEDERAL. [S. l.: s. n.], 2022.