

## Sistema modular para a criação de maquetes táteis

*Modular system for creating tactile models*

SIERRA, Isabella de Souza; Doutora; Universidade Federal do Paraná

isabella.sierra@ufpr.br

RIBAS, Camila de Moura; Baixarela; Universidade Federal do Paraná

camila.ribas@ufpr.br

AGUIAR, Bárbara de Cássia X. Cassins; Doutora; Universidade Federal do Paraná

babi.eg@ufpr.br

ANDRADE, Andrea Faria; Doutora; Universidade Federal do Paraná

andreaafaria@ufpr.br

Esta pesquisa visou a elaboração de peças modulares para a criação de bases para maquetes táteis. O objetivo foi desenvolver um sistema padronizado e simplificado para a criação de maquetes táteis utilizando módulos que possam ser fabricados por meio de impressão 3D, tornando mais acessível a atividade de criá-las mesmo para aqueles com pouco conhecimento na área, democratizando o desenvolvimento dessas ferramentas de acessibilidade. Delineou-se o processo de identificação dos padrões para a criação dos módulos e da sua tradução para um sistema modular funcional e que permita a criação de diferentes configurações formais da base das maquetes táteis. O resultado do estudo foram nove tipos de módulos pré-fabricados e fabricáveis via impressão 3D parametrizáveis para diferentes escalas que permitem a criação de maquetes táteis via a montagem dos módulos por encaixe. O método de desenvolvimento pode ser aplicado para a criação dos demais módulos associados com outros ambientes.

**Palavras-chave:** Maquete tátil; Deficiência visual; Modularidade.

*This research aimed at the elaboration of modular pieces for the creation of bases for tactile models. The objective was to develop a standardized and simplified system for the creation of tactile models using modules that can be manufactured through 3D printing, making the activity of creating them more accessible even by those with little knowledge in the area, democratizing the development of these accessibility tools. The process of identifying patterns for the creation of modules and their translation into a functional modular system was outlined, allowing the creation of different formal configurations of the base of the tactile models. The result of the study are nine types of prefabricated modules that can be manufactured via 3D printing, that are parameterizable for different scales, and that allow the creation of tactile models by assembling the modules by joint fitting. The development method*

*can be applied to the creation of other modules associated with other environments.*

**Keywords:** First keyword; Second keyword; Third keyword.

## 1 Introdução

Cada vez mais as pessoas com deficiência estão lutando pelos seus direitos ao exercício da cidadania, pela conquista da autonomia individual e pelo aumento da participação e inclusão na sociedade. Hoje entende-se que a deficiência não é limitante para essas pessoas se desenvolverem e participarem ativamente da vida social, mas sim que há falta de infraestrutura, materiais e objetos que facilitem a sua inclusão e deem autonomia (SIERRA; OKIMOTO; BECCARI, 2019; ULBRICHT; FADEL; BATISTA, 2017).

Um desses problemas que enfrentam é a locomoção nos espaços comunitários. Especialmente para pessoas com deficiência visual, o público desta pesquisa, essa dificuldade está associada à compreensão do espaço em que irão transitar. Essa compreensão pode ser auxiliada por mapas e maquetes táteis, visto que eles facilitam o entendimento contextual dos elementos contidos através da formação de imagens mentais e na criação da percepção total dos espaços (MILAN, 2008). Ainda, Oliveira (2021, p. 18) escrevem que:

Apesar de a maior parte das pessoas com deficiência no Brasil apresentarem deficiência visual, [...] quando se cogita acessibilidade em turismo, comumente, ponderam-se somente as barreiras arquitetônicas, poucos são os atrativos que possuem comunicação tátil ou maquetes táteis e/ou sonoras para a utilização dessa vasta parcela da população.

Vê-se que ainda há uma dificuldade ou desconhecimento da necessidade da criação de maquetes táteis e outros equipamentos de acessibilidade para pessoas com deficiência visual no contexto comercial. Já no âmbito educacional encontram-se projetos pedagógicos e universitários que desenvolvem mapas e maquetes táteis para uso educacional, porém não se percebe um padrão entre eles, sendo que cada um desenvolve seu produto do zero (AGUIAR; ANDRADE, 2017a; 2017b; MONTEIRO, 2018).

O conhecimento necessário para a fabricação das maquetes táteis é multidisciplinar e envolve áreas como a cartografia, que mapeia e representa os espaços, o design que traduz essas informações mapeadas para formas tridimensionais e as áreas de fabricação que tangibilizam a produção desses produtos. A natureza complexa dessas criações pode gerar uma barreira de entrada para aqueles profissionais, comércios, entes públicos entre outros que visam o desenvolvimento dessas ferramentas de acessibilidade.

Para o desenvolvimento dessas maquetes e mapas táteis são utilizados diversos tipos de materiais como MDF, isopor, acetato, diferentes tipos de papel, como cartolina e papelão, barbantes, miçangas, gesso, dentre outros por serem os mais acessíveis aos desenvolvedores (FREITAS JUNIOR, 2018). Com a crescente acessibilidade das tecnologias de fabricação, se consegue produzir materiais táteis com mais facilidade e rapidez, usando, além dos materiais já listados, objetos impressos em 3D, cortados a laser e/ou usando processos de prototipagem rápida em geral (PASQUAL, 2018).

O método de Manufatura Aditiva é um dos principais métodos produtivos associado à prototipagem rápida. Também conhecido como impressão 3D, esse método de produção está sendo um aliado no desenvolvimento de novos materiais para pessoas com deficiências visuais, pois, o sistema de fabricação proporciona a criação de modelos tridimensionais dos mais variados tipos e de acordo com a necessidade, delimitação e design do projeto.

Permitindo, inclusive, a produção de elementos padronizados e a customização rápida desses elementos, como a aplicação de diferentes escalas, texturas e formas.

Considerando esses fatores, esta pesquisa visou a elaboração de peças modulares para a criação de bases para maquetes táteis. O objetivo foi desenvolver um sistema padronizado e simplificado para a criação de maquetes táteis utilizando módulos que possam ser fabricados por meio de impressão 3D, tornando mais acessível a atividade de criá-las mesmo para aqueles com pouco conhecimento na área, democratizando o desenvolvimento dessas ferramentas de acessibilidade. Para exemplificação e criação dos módulos, estes são desenvolvidos associados a elementos de parques e praças por entender que estes podem ser reproduzidos em mais modelos de maquetes. O método de desenvolvimento pode ser aplicado para a criação dos demais módulos aplicados em outros ambientes.

## 2 Fundamentação teórica

A deficiência visual, em geral, é separada entre pessoas com capacidade visual reduzida, baixa visão, e pessoas que não enxergam por completo. Cerca de 36 milhões de pessoas no mundo são cegas e outras 217 milhões têm baixa visão (WHO, 2019). Sabendo que qualquer alteração neste órgão compromete um sentido fundamental do nosso dia a dia, a visão é considerada um meio privilegiado de acesso ao mundo, constituindo a base de uma parte significativa da aprendizagem (MENDONÇA et al., 2008). No geral, pessoas com deficiências visuais possuem dificuldade de observação sobre seu entorno. Elas são capazes de reconhecer a sua inserção em um espaço geográfico, mas não conseguem ter noção da estrutura total. Para desenvolver essa noção, se faz necessário uso de ferramentas como maquetes e mapas táteis (COSTA et al., 2017).

Os mapas táteis são utilizados na orientação da mobilidade e da circulação, auxiliando nos fluxos de um ambiente, através de símbolos em relevo. Já as maquetes táteis representam os elementos contidos num espaço com suas formas e proporções, facilitando a identificação dos objetos ali apresentados, com texturas diferenciadas. Os dois tipos de representação podem ser usados de maneira complementar (COOK et al., 2020).

A criação de produtos e materiais para pessoas com deficiência visual, precisam ser feitos para que a maioria consiga utilizá-los, incluindo cegos e com baixa visão. É interessante que as informações estejam expostas de forma clara e objetiva, sem muitas irregularidades. Há preferência por tamanhos menores de modo que o usuário possa alcançar de uma só vez toda sua extensão, mesmo que a forma seja generalizada, com poucas curvas e elevações, facilitando a leitura tátil. Além disso, os materiais devem ter o manuseio agradável ao tato e com diferentes texturas para diferenciação. Também é importante destacar que os modelos em cores saturadas e contrastantes ajudam no uso do material por pessoas de baixa visão ou videntes. Nesse mesmo conceito inclusivo a descrição também se faz tanto em braile (sistema de escrita tátil) como em escrita romana. (NASCIMENTO, 2009; VENTORINI, 2007)

Uma das técnicas mais recentes para a fabricação desses mapas e maquetes é a manufatura aditiva que é definida como um conjunto de técnicas que usam uma abordagem camada por camada para criar objetos de forma livre. As etapas da manufatura aditiva incluem a modelagem 3D de um objeto, a sua divisão em camadas, chamada de fatiamento, a definição dos parâmetros de deposição de material e a impressão. (ALBERTI; SILVA; OLIVEIRA, 2014) O método mais acessível de manufatura aditiva hoje é o de FDM, que imprime a partir da deposição de filamentos fundidos, camada por camada.

Florio, Araújo e Segall (2008) alertam que esse processo requer cuidados para evitar fragilidade dos componentes, deformação dimensional e encolhimento dos materiais de construção. Eles recomendam a produção de componentes finos em partes para melhorar a precisão, acabamento e reduzir o tempo de fabricação além do consumo de material. Ressaltam ainda que em relação ao método, o FDM é mais preciso, tem melhor acabamento e permite a fabricação de peças mais finas, de até 1 mm de espessura.

O elemento principal da impressão 3D é o modelo digital que vai ser processado e impresso. Sendo assim, os modelos digitais 3D atuam como um excelente recurso de visualização por proporcionar análises de qualquer vista ou detalhe do objeto representado, de maneira ágil e eficaz. Com isso, modificações conseguem ser realizadas de modo rápido e preciso, sem necessariamente precisar fabricar o modelo. (FORTI, 2005)

Para a impressão 3D, deve-se seguir alguns cuidados na modelagem digital para que a fabricação seja mais fácil e eficaz. Conferir as medidas em mm para melhor precisão e deixar folgas de 0,02 mm caso existam partes de encaixe. A espessura da parede da peça influencia na resistência dela, por isso deve ser espessa e com bom preenchimento. Na fabricação, é possível imprimir sem suporte partes com angulação de até 45º, para economia e facilidade é recomendado que a peça não tenha ângulos maiores que esse ou partes flutuantes. (RAZGRIZ, 2020)

Além disso, Danese e Romano (2004) argumentam que é útil usar a abordagem de modularidade para aumentar a padronização entre os produtos. Sonego e Echeveste (2016) apontam que a abordagem de produto modular traz benefícios como economia de escalas, a rapidez no desenvolvimento do produto e menores custos de desenvolvimento para futuros produtos, podendo também utilizar o mesmo sistema de padrão modular em múltiplos produtos, permitindo variedade e economia de componentes, como também em tempo de produção.

O compartilhamento do modelo ou sistema aumenta a possibilidade de criação de novos produtos similares e/ou melhoria do mesmo, visto que tendo como base, os testes básicos também terão tempo e custo reduzidos (FISHER; RAMDAS; ULRICH, 1999) tanto no desenvolvimento quanto na realização de testes de novos produtos. Já para Krause e Eilmus (2011), a contribuição para a redução dos custos é a quantidade de módulos padronizados.

O maior obstáculo do projeto modular é conciliar os componentes em módulos e definir as interfaces para atendimento dos conceitos modulares, que deve ser intercambiável, assumir várias funções e acoplar a vários módulos. (GIMENEZ, 2008). Além disso, de acordo com Gimenez (2008, p. 52). “A especificação das interfaces deve ser bem definida com tolerâncias que estejam suficientemente largas para permitir a um componente interfacear com outro, sem compromisso da funcionalidade do novo componente”.

### 3 Método

Esta é uma pesquisa qualitativa de natureza aplicada com objetivo exploratório realizada através de procedimentos experimentais. O método de realização da pesquisa consiste em desenvolver e prototipar um sistema modular para criação da base de maquetes táteis através de impressão em 3D. Para isso são realizadas quatro etapas: 1. Identificação dos requisitos; 2. Desenvolvimento dos módulos, 3. Desenvolvimento das interfaces; e 4. Desenvolvimento das texturas. Essas etapas são realizadas usando como base a praça de exemplo selecionada.

Em primeiro lugar identificaram-se os requisitos teóricos relacionados com os usuários das maquetes táteis, pessoas cegas e com baixa visão e com o processo de fabricação selecionado, a impressão 3D, brevemente apresentados na seção de fundamentação teórica. Nessa etapa também foi selecionada a praça com a qual pudessem ser determinados os módulos.

Para o desenvolvimento dos módulos, trabalhou-se com a criação de um grid sobreposto à vista superior da praça para a identificação de características que poderiam ser modularizadas. Para tanto, inicialmente foi definida a escala do grid com a qual padrões formais poderiam ser identificados. Esses padrões foram então generalizados de modo a criar os módulos.

Na sequência trabalhou-se com as interfaces dos módulos. Essas interfaces são o sistema de encaixe entre os módulos de modo que possa ser montada a maquete tátil. Para tanto, foram criadas as alternativas a partir das quais foram definidas as configurações dos encaixes e os parâmetros para que estivessem de acordo com a técnica de fabricação que é a impressão 3D.

A última etapa foi a aplicação dos padrões táteis para as superfícies determinadas de modo que pudessem ser reconhecidas pelas pessoas com deficiência visual. Esses modelos foram prototipados com impressão 3D para analisar a funcionalidade e a viabilidade do projeto. A fabricação foi baseada na montagem da maquete tátil da praça selecionada.

Os módulos desenvolvidos consistem na base da maquete tátil, sobre a qual são adicionados os elementos tridimensionais, mobiliários urbanos e edifícios, que compõem a maquete. No caso da praça precisam ser adicionadas as luminárias, bancos, lixeiras, fontes e estátuas. Ao final é exibida uma representação visual desses elementos colocados que podem ser impressos em 3D ou utilizadas outras técnicas com as técnicas manuais usando materiais diversos.

### 3.1 Materiais

Os modelos digitais foram criados por meio do software 3D de modelagem CAD, SolidWorks (DASSAULT SYSTEMS, 2022), e software de fatiamento 3D, Ultimaker Cura (2022). A impressora FDM escolhida para o desenvolvimento do protótipo desta pesquisa é a impressora Ender 3 da fabricante Creality (2022), por ser um modelo acessível e de fácil operação.

O material escolhido para impressão é o PLA pois atende as necessidades de funcionamento e acabamento esperado para o projeto além de ser um material com a característica de degradação biológica alinhado às expectativas ambientais atuais.

Os módulos foram configurados com parâmetros de fatiamento considerando a altura da camada divisível pela altura da peça, com 0,24 mm de altura, diminuindo a expansão e desvio de medida das peças, o que ocasionaria desencaixe da maquete. Por considerar o uso estático do modelo, considerou-se que as espessuras e preenchimento não necessitam de grande rigidez, visto que não precisam suportar peso ou tração, apenas o toque dos usuários, adotando um preenchimento de 16%. Utilizou-se a temperatura de 205 °C de bico e de 60 °C da mesa.

## 4 Resultados e discussão

Na sequência é apresentada a aplicação do método que resulta nos módulos para a fabricação das bases das maquetes táteis.

### 4.1 Desenvolvimento dos módulos

O desenvolvimento do trabalho iniciou pela escolha de uma praça a partir da qual foram criados e fabricados os módulos. Selecionou a praça Santos Andrade pois ela contém diversos componentes interessantes de serem produzidos, como padrões gráficos complexos no piso.

A praça Santos Andrade (Figura 1) está localizada no centro da cidade de Curitiba entre as ruas XV de Novembro, Conselheiro Laurindo e Alfredo Bufren. De um lado está situado o prédio histórico da Universidade Federal do Paraná (lado direito da figura) e do outro o Teatro Guaíra (lado esquerdo da figura), um dos mais importantes do Brasil. A Praça Santos Andrade é uma das mais movimentadas de Curitiba, visto que a região é palco de diversos eventos e manifestações ao longo do ano, como Feiras Especiais de Páscoa, Inverno, Primavera e Natal, com produtos típicos de cada época e espaço gastronômico. Possui área de 12.700m<sup>2</sup> e pavimentação no estilo *petit pavê*. Contempla árvores antigas, bustos de personalidades históricas, além de uma fonte ao centro e um terminal de ônibus da cidade (BAHLS, 2006).

Figura 1 – Praça Santos Andrade.



Fonte: UFPR (2016).

O mapeamento e a medição da praça foram obtidos através das informações contidas na plataforma Google Maps, onde foi possível verificar que seu comprimento é de 165 metros na sua maior dimensão por 85 metros na largura. Para mapear os espaços da praça, através da imagem colhida na plataforma, foram traçadas delimitações entre as superfícies de pavimentos e de grama presentes no local (Figura 2).

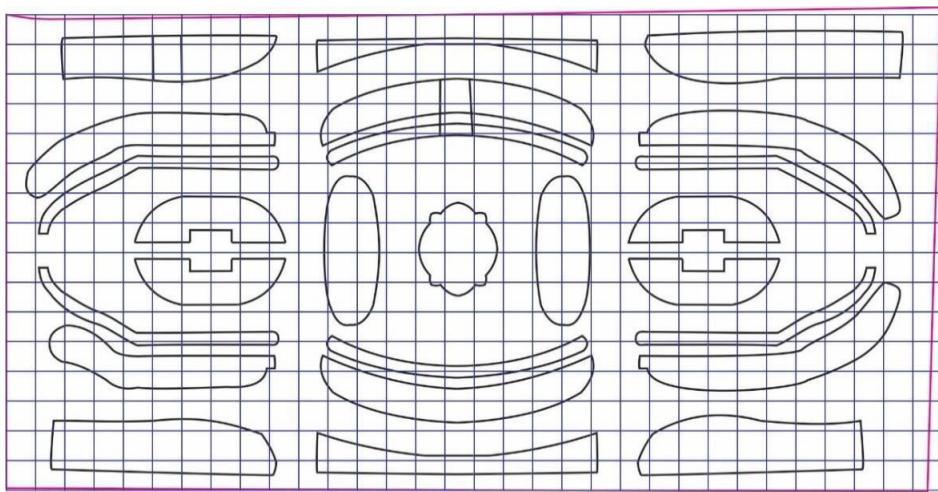
Figura 2 – Transcrição das formas sobre imagem do Google maps.



Fonte: Google (2021).

Com o intuito de melhor definir as dimensões e formas para padronização universal do projeto, a criação dos módulos, criou-se um grid sobre a representação bidimensional obtida através da imagem. Definiu-se como padrão de divisão da grade, quadros equiláteros com a medida proporcional de 10 metros da dimensão real. Após análise verificou-se que as seções da grade criada, em muitos casos abrangiam diversas áreas, divisões de superfície e elementos o que dificultaria a criação de módulos padronizados, descaracterizando a o desenho original do piso. Dessa forma, diminuiu-se a área das seções, para 5 metros da dimensão real (Figura 3).

Figura 3 – Divisão da praça em 25m<sup>2</sup> - 5x5m.

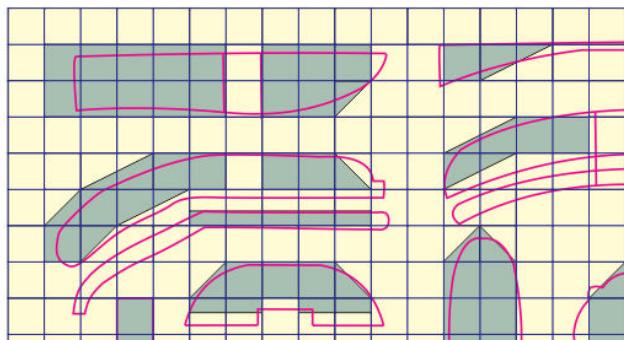


Fonte: Os autores (2022).

Após análise das duas grades, obtiveram-se os prós e contras de cada tamanho, a grade de 5x5m na praça escolhida necessitaria uma quantidade expressiva de bases, na qual utilizando a grade 10x10 facilitaria em algumas partes. Em contrapartida, seguindo o objetivo de representar as delimitações da praça, optou-se por seguir a grade 5x5m a qual demonstra com mais precisão, principalmente as vias de calçadas e caminhos pequenos do lugar.

Ainda assim, observou-se uma incompatibilidade entre a geometria da praça com as delimitações previamente propostas na grade. Portanto foram realizados ajustes para a melhor adequação da modularidade proposta. Essas adequações foram feitas nos elementos geográficos da praça, visto que pequenos deslocamentos na delimitação entre superfícies não descharacterizariam a forma básica do local (Figura 4).

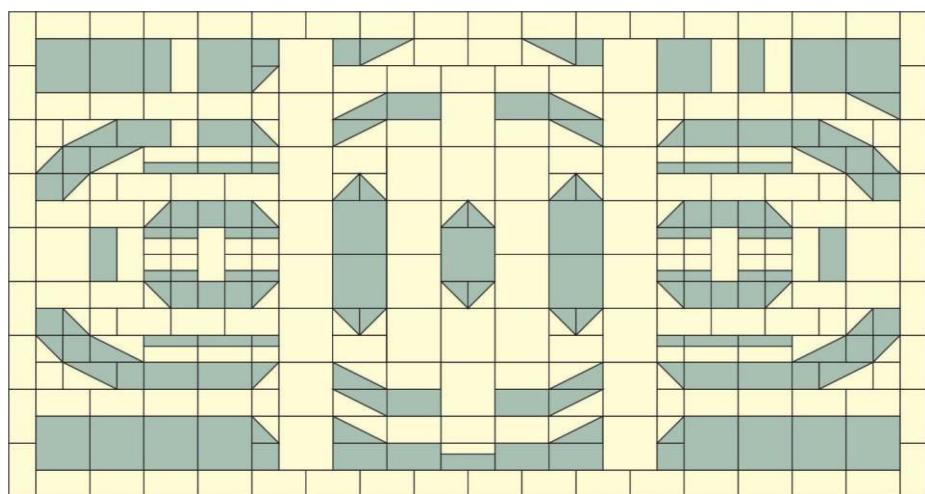
Figura 4 – Adaptação das bases para o grid.



Fonte: Os autores (2022).

A adaptação criou um resultado satisfatório, contudo observou-se a possibilidade de simplificar a fabricação e montagem da maquete final, mesclando as divisões de 5x5m com as de 10x10m quando possível. Observou-se também durante o processo a necessidade de criação de módulos com modelo misto de texturas de acordo com a proposta do mapa definido. Assim, um novo modelo foi criado (Figura 5), utilizando um sistema de grade mista, contendo nove padrões distintos de modularidade para facilitar a impressão do material sem descharacterizar as propriedades geográficas principais do local.

Figura 5 – Mapa modularizado final.



Fonte: Os autores (2022).

O resultado deste estudo foi a geração de 9 módulos padrão com três tamanhos: um módulo equivalente a 5x5 metros, outro equivalente ao tamanho de 10x10 metros e um com o tamanho de 5x10 metros. Entre os tamanhos foram aplicadas três variações superficiais, blocos lisos, em que há apenas uma textura e dois blocos mistos, um bloco contendo duas texturas de piso, podendo ser de forma diagonal ou horizontal (criando espaço equivalente a

2,5m do tamanho real). As variações dos módulos são apresentadas na Figura 6. Desta maneira foi possível concluir o estudo de modularidade resultando os modelos de bases para confecção dos módulos em 3D.

Figura 6 – Módulos padronizados.

	Liso	Formato	Divisão diagonal
	Liso	Divisão horizontal	Divisão diagonal
Tamanho	5x5m		
	10x10m		
	5x10m		

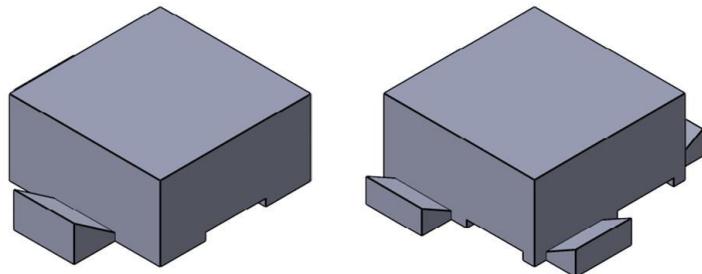
Fonte: Os autores (2022).

Com base no estudo anterior e modelagem paramétrica, torna-se possível originar os modelos digitais 3D utilizando o Software Solidworks. Após a parametrização da unidade de medida do projeto utilizando a grade anteriormente descrita, elegeu-se inicialmente a escala de 1/25, a qual resultaria em um tamanho final do modelo de 660 cm de comprimento, inviabilizando a confecção dele pois a prototipagem seria grande e demorada. Por fim, após estudo detalhado, escolheu-se a escala de 1/75 resultando no comprimento final do modelo de 220 cm. Com a escala definida, obtiveram-se as medidas finais dos módulos base para criação da maquete. Assim, os blocos de 5 x 5 m ficaram com medida de 66,66 x 66,66 mm, o de 10 x 10 m com 13,30 x 13,30 mm e o misto de 5 x 10 m com 66,66 x 13,30 mm. Cabe ressaltar que para maquetes de localidades menores poder-se-ia aplicar outra escala para os mesmos módulos desenvolvidos, usando a propriedade paramétrica do software de modelagem.

#### 4.2 Desenvolvimento das interfaces

Para o processo de encaixe dos módulos confeccionados foi necessário adotar um sistema de união que atendesse às expectativas de união e estruturação das bases. Foram geradas alternativas para criação do sistema almejando uma união funcional, firme e de fácil impressão. Os primeiros modelos de sistemas de encaixes estudados (Figura 7) não atenderam a necessidade do projeto, pois durante os testes impressos a junção entre as peças não atendeu a um padrão universal de união, dificultando a montagem.

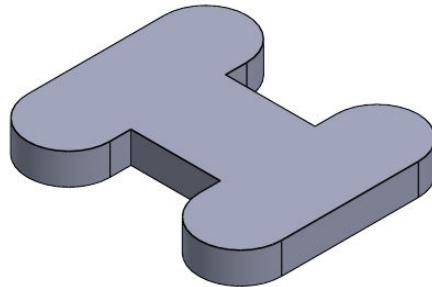
Figura 7 – Alternativa para as interfaces.



Fonte: Os autores (2022).

A fim de atender a necessidade proposta de universalidade, foi adotada uma solução onde os módulos de encaixe são independentes dos módulos base (Figura 8). Dessa maneira solucionou-se a necessidade de encaixe universal preservando as características básicas de cada modelo de superfície dos módulos. Esses módulos são escalonáveis juntamente com os módulos usando os mesmos princípios paramétricos citados anteriormente. Por ser uma peça pequena e lisa, pode ser fácil e rapidamente impressa em 3D.

Figura 8 – Módulos de encaixe universal.

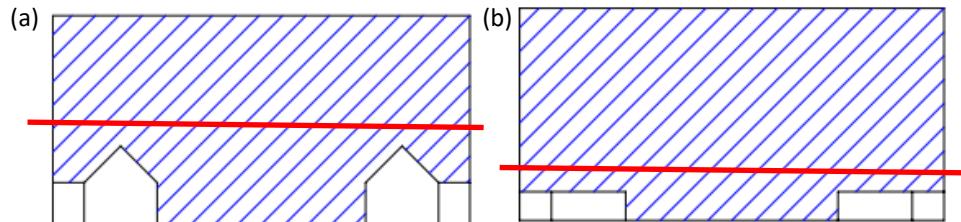


Fonte: Os autores (2022).

O encaixe proposto leva em consideração uma cavidade padrão (Figura 9) em todos os módulos que serve como berço de encaixe para um suporte de união de desenho único, possibilitando assim uma maior facilidade no momento da montagem final. Inicialmente esta cavidade tinha um formato com a face interna angular de 45º (Figura 9-a) pensando no método de fabricação. Porém no teste feito notou-se que pelo pequeno tamanho horizontal da cavidade a impressora consegue fazer a ponte entre as bordas sem escorrer. Quando se consideram peças com cavidades maiores, há duas possibilidades de fabricação: a fabricação da cavidade reta, com a ajuda de suportes que são destacados e descartados, e sem os suportes, com a criação da angulação de 45 graus para que o material forme a cavidade a cada camada. Para peças menores, é possível utilizar uma propriedade da impressão chamada “ponte” que consiste na extrusão de material sem apoio de um lado a outro da cavidade. Quanto menor a distância entre as paredes, maior é a probabilidade de a ponte conseguir formar o recorte sem precisar de suportes ou angulações.

Com isso, a cavidade foi redesenhada com face plana sem detimento para a fabricação e possibilitando a fabricação de módulos mais baixos e que gastam menos material de impressão (Figura 9-b), como demonstrado comparativamente com a linha vermelha na figura.

Figura 9 – Vista de corte da cavidade de encaixe dos módulos de encaixe universal.

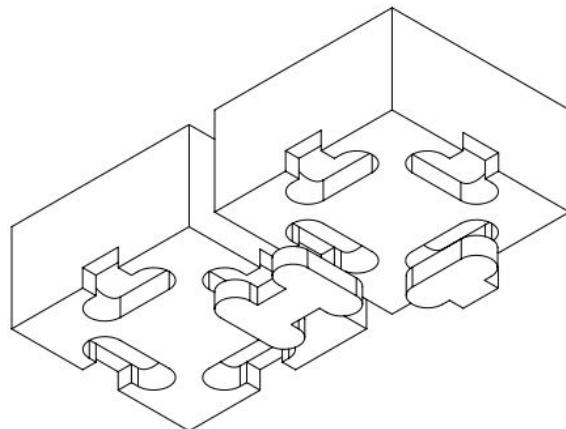


Legenda: Linha vermelha - altura mínima de impressão considerando a cavidade interna.

Fonte: Os autores (2022).

Analizando as possibilidades de montagem dos módulos a cavidade foi feita em todos os lados com distância padronizada para o encaixe entre as peças (Figura 10). Para as laterais externas da maquete, foi criada uma variação do encaixe, sendo apenas metade para fechar a cavidade a fim melhorar o acabamento externo da maquete.

Figura 10 – Sistema de encaixes.



Fonte: Os autores (2022).

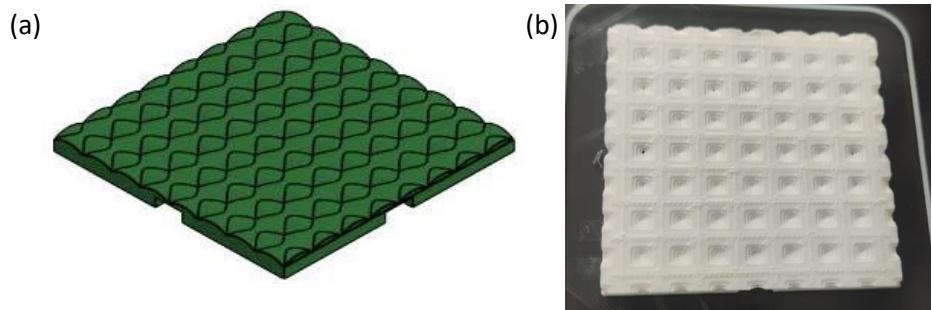
Através da montagem virtual simulando o funcionamento do sistema observou-se que este era universal, podendo ser montado de diversas formas, o que foi comprovado com a sua fabricação usando a impressão 3D. Em posse dos módulos e encaixes iniciou-se a terceira etapa de desenvolvimento que foi a de aplicação de superfícies táteis para os módulos.

#### 4.3 Desenvolvimento das superfícies tátteis

Com a finalidade de distinguir cada superfície do projeto, adotaram-se diferentes texturas para cada elemento presente nos modelos de módulos, gramado e *petit-pavê*. Ademais são propostas texturas para água, escadas e cimento.

Considerou-se para a superfície com gramado, uma textura orgânica a fim de trazer uma sensação tática natural facilitando o entendimento do modelo de grama às pessoas com deficiência visual (Figura 11a). Tal sensação foi constatada após a impressão (Figura 11b).

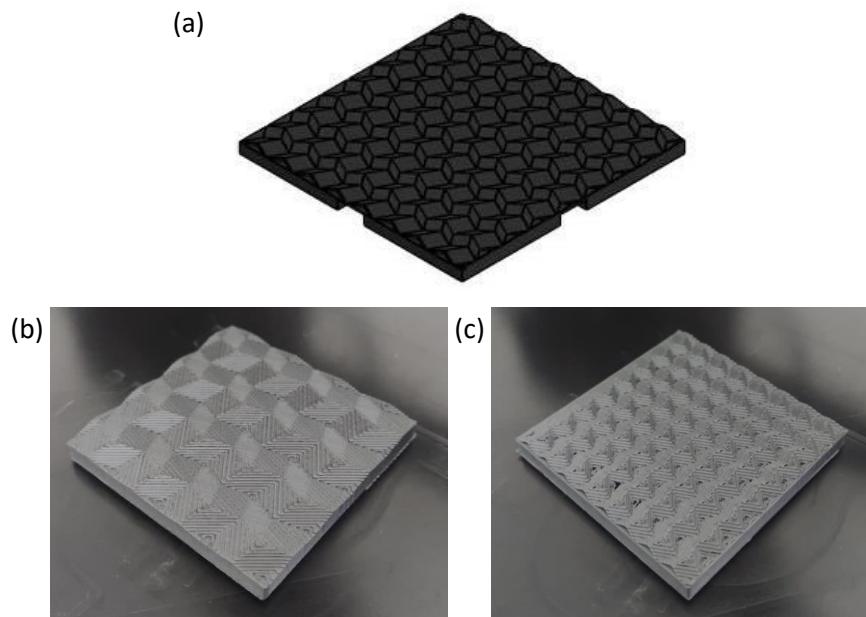
Figura 11 – Textura gramado.



Fonte: Os autores (2022).

Nos locais com revestimento existente em *petit pavê* escolheu-se um padrão geométrico losangular tridimensional (Figura 12a) que após modelado e impresso, geraria uma sensação tática semelhante à superfície original. Constatou-se no primeiro teste de impressão (Figura 12b) que o padrão estava desproporcional ao modelo como um todo, necessitando assim a correção de escala do padrão (Figura 12c).

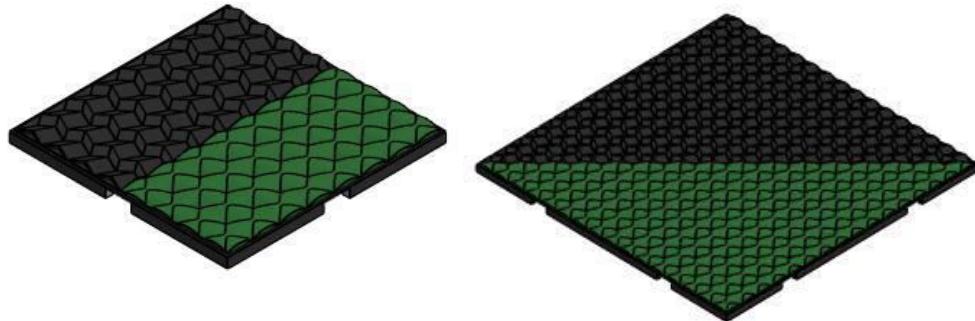
Figura 12 – Textura petit pavê.



Fonte: Os autores (2022).

Os módulos com modelo misto de texturas foram desenvolvidos utilizando a textura orgânica de grama e a textura geométrica do *petit pavê* já definidas (Figura 13).

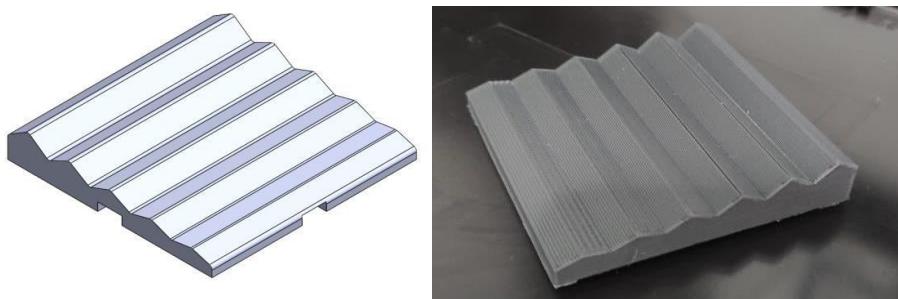
Figura 13 – Módulos com padrões mistos.



Fonte: Os autores (2022).

Além dos módulos de superfícies, constatou-se a necessidade da criação de escadarias também contidas na praça escolhida. O módulo escadaria não contém textura e foi criado com uma elevação crescente para indicar o sentido da escada no local (Figura 14). A ausência de textura é sugerida para as superfícies lisas e duras como cimento, concreto e asfalto.

Figura 14 – Módulo Escadaria.



Fonte: Os autores (2022).

Sendo assim, foram definidos todos os modelos de base necessários para a proposta da maquete deste trabalho. Ainda, a praça escolhida também contém o elemento chafariz, o qual é característico do lugar. Visto que o chafariz contém água, observou-se a necessidade da criação de uma nova textura de representação. Para esta textura foram desenvolvidas linhas ondulares simulando o movimento das águas (Figura 15).

Figura 15 – Textura de água.

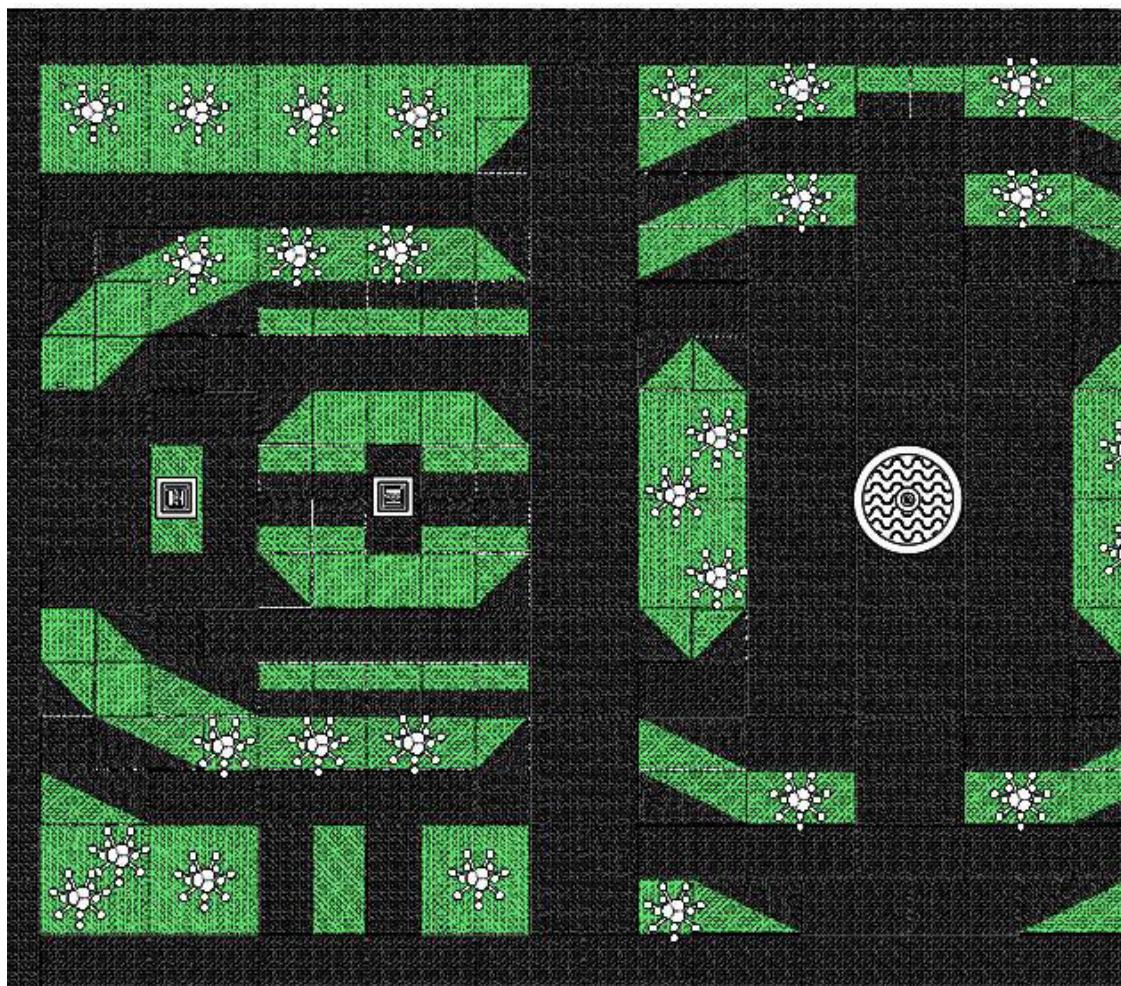


Fonte: Os autores (2022).

Com esses elementos é possível fazer uma representação virtual dos modelos da maquete montados de acordo com a praça escolhida (figura 16). Nessa figura também são colocados como exemplo alguns elementos tridimensionais que compõem a praça como árvores,

esculturas e o chafariz mencionado. Esses elementos tridimensionais também podem ser modelados e impressos em 3D ou fabricados usando ferramentas manuais disponíveis.

Figura 16 – Maquete virtual com os módulos.



Fonte: Os autores (2022).

Os modelos base padronizados desenvolvidos neste trabalho são uma demonstração do processo de modularização da construção de maquetes táteis que facilita o acesso àquelas pessoas que objetivam a construção de espaços mais inclusivos e acessíveis para pessoas com deficiência. Usando esse mesmo modelo é possível adicionar mais texturas e gerar bases para superfícies variadas.

## 5 Considerações finais

Dentro do contexto da criação de ferramentas táteis para pessoas com deficiência visual, identificou-se a dificuldade e/ou desinteresse na criação dessas ferramentas de acessibilidade para uso em diferentes contextos. Evidenciou-se, inclusive, que a maior parte dessa construção está atrelada a instituições de ensino que fabricam essas ferramentas em pesquisas e as disponibilizam para essas localidades e instituições.

Assim, sugeriu-se que uma das dificuldades para a criação desse tipo de ferramenta está na habilidade e conhecimentos na área de modelagem e fabricação digital. Por esse motivo se

propôs a criação de módulos padronizados que facilitariam no processo de construção dessas maquetes táteis. Consequentemente aumentando a acessibilidade de mais espaços para pessoas com deficiência visual.

Sendo assim, utilizando uma praça da cidade de Curitiba como base, delineou-se o processo de identificação dos padrões e da sua tradução para um sistema modular funcional e que permite a criação de diferentes configurações formais da base das maquetes táteis. Usando para isso conhecimentos baseados na literatura e testes de impressão 3D práticas para a avaliação dos modelos construídos.

O resultado do estudo são módulos pré-fabricados e fabricáveis via impressão 3D parametrizáveis para diferentes escalas que permitem a criação de maquetes táteis via a montagem dos módulos a partir de encaixes. Além disso, os módulos podem funcionar como uma ferramenta educativa, permitindo a montagem de maquetes e mapas táteis de diferentes localizações complementando o processo de aprendizagem de pessoas cegas e com baixa visão.

Finalmente, sugere-se a continuidade do trabalho criando mais padrões de textura para as diferentes superfícies encontradas nos ambientes, a criação de uma base de dados ou biblioteca virtual com conjuntos de módulos em diferentes escalas e a criação dos elementos tridimensionais táteis que compõem a maquete de modo a viabilizar a construção dessas maquetes usando apenas a impressão 3D e peças pré-projetadas.

## 6 Referências

AGUIAR, B.; ANDRADE, A. **Produção de material didático de ciências para deficientes visuais.** Projeto de Pesquisa e Extensão. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2017a.

AGUIAR, B.; ANDRADE, A. **Produção de material didático para deficientes visuais no ensino de Matemática.** Projeto de Pesquisa e Extensão. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2017b.

ALBERTI, E. A.; SILVA, L. J. da; D'OLIVEIRA, A. S. C. M. Manufatura Aditiva: o papel da soldagem nesta janela de oportunidade. **Soldagem & Inspeção**, v. 19, v. 2, p. 190-198, 2014.

BAHLS, A. V. da S. **Boletim Casa Romário Martins.** Praças de Curitiba: espaços verdes na paisagem urbana. Curitiba: Fundação Cultural de Curitiba, v. 30, n. 131, set., 2006. 200p.

COSTA, R. et al. Geografia tátil: as novas percepções do espaço através do desafio de ensino a partir de maquetes. In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento.** Campinas: OJS, p. 3615-3620, 2017.

COOK, Jamylle Pires et al. Cartografia tátil no ensino de Geografia física na Educação Básica. **PESQUISAR–Revista de Estudos e Pesquisas em Ensino de Geografia**, v. 7, n. 14, p. 15-28, 2020.

CREALITY. **Ender 3.** Creality, 2021. Disponível em: <<https://www.crealitystore.com.br/impressora-3d-ender-fdm>>. Acesso em: 28/05/2021.

DANESE, P.; ROMANO, P. Improving inter-functional coordination to face high product variety and frequent modifications. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 24, n. 9, p. 863-885, 2004.

DASSAULT SYSTEMS. **Solidworks.** Dassault Systems, 2021. Disponível em: <<https://www.solidworks.com/pt-br/product/what's-new?gclid=CjwKCAjwxOCRbhA8EiwA0X8hi2ocR7rk0pqvExqbyNJbYaKB9->>

TZburEvR4kJats09HYwjt2aRgmhoCihMQAvD\_BwE>. Acesso em: 28 mai. 2021.

FISHER, M.; RAMDAS, K.; ULRICH, K. Component sharing in the management of product variety: a study of automotive braking systems. **Management Science**, v. 45, n. 3, p. 297-315, 1999.

FLORIO, W.; ARAÚJO, N. S.; SEGALL, M. L. **Protótipos rápidos de coberturas complexas em arquitetura: comparação entre os processos FDM e 3D Printer**. In: Convención Científica de Ingeniería Y Arquitectura, 14., Cuba, 5 a 2 dez. 2008. Anais da Convención Científica de Ingeniería Y Arquitectura, Cuba, 2008. p. 1-8.

FORTI, F. S. D. **Uma avaliação do ensino da prototipagem virtual nas graduações de design de produto do estado do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

FREITAS JUNIOR, R.L. de. Cartografia tátil como subsídio ao processo de ensino e aprendizagem em geografia para pessoas com deficiência visual. **Giramundo**, v. 5, n. 9, p. 29–39, 2018.

GIMENEZ, M.C. **Proposta de reestruturação de uma família de chassis de ônibus através da análise modular**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). - Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2008.

KRAUSE, D.; EILMUS, S. Methodical support for the development of modular product families. In: BIRKHOFER, H. (Ed.). **The future of design methodology**. London: Springer, 2011. p. 35-45.

MENDONÇA, A. et al. **Alunos cegos e com baixa visão - Orientações curriculares**. Direção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular & Direção de Serviços da Educação Especial e do Apoio Sócio-Educativo, Eds. 2008.

MILAN, L. F. Maquetes táteis: infográficos tridimensionais para a orientação espacial de deficientes visuais. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 1, n. 2, p. 99–124, 2008.

MONTEIRO, C. **Cartografia tátil utilizando a prototipagem rápida**: um estudo sobre a padronização de símbolos para o mapeamento temático no ensino da geografia. Monografia (Graduação em Expressão Gráfica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba: 2018.

NASCIMENTO, R. **Maquetes geográficas táteis e o ensino de geografia para deficientes visuais - DVs metodologia "Do meu passo para o espaço"**. In: Encontro Nacional de Prática de Ensino em Geografia, 10., Porto Alegre, 2009. Anais do 10º Encontro Nacional de Prática de Ensino em Geografia. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

OLIVEIRA, T. C. G. de. A percepção do usuário na disponibilização de maquetes táteis para pessoas com deficiência visual em atrativos turísticos - Um estudo no Museu Oscar Niemeyer - Curitiba - PR. **Turismo: Visão e Ação**, v. 23, n. 1, pp. 169-190, 2021.

PASQUAL, F. Dal. **Material didático adaptável no ensino de ciências para pessoas com deficiência visual**. Monografia (Graduação em Expressão Gráfica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

RAZGRIZ, G. **O XYZ das Impressão 3D**: Tudo o que você gostaria de saber sobre Impressão 3D e não tinha a quem perguntar. Editora INCB, 2020.

SIERRA, I.S.; OKIMOTO, M.L.L.R.; BECCARI, M.N. Disability studies e design: a dialética dos modelos de deficiência e de design. **Estudos em Design**, v. 27, n. 1, p. 134-148, 2019.

SONEGO, M.; ECHEVESTE, M. S. Seleção de métodos para modularização no desenvolvimento de produtos: revisão sistemática. **Production**, v. 26, n. 2, 2016.

UFPR. **Praça Santos Andrade de um jeito que você nunca viu**. Facebook, 2016. Disponível em: <<https://www.facebook.com/UFPRoficial/photos/pr%C3%A7a-santos-andrade-de-um-jeito-que-voc%C3%AA-nunca-viu-vistaa%C3%A9rea-curitibasendolind/1123096617763852/>>. Acesso em: 18/03/2022.

ULBRICHT, V. R.; FADEL, L. M.; BATISTA, C. R. **Design para acessibilidade e inclusão**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2017.

ULTIMAKER. **Cura**. Ultimaker, 2021. Disponível em: <<https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>>. Acesso em: 28/03/2021.

VENTORINI, S. E. **A experiência como fator determinante na representação espacial do deficiente visual**. 2007. Dissertação (Mestrado em Administração) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

WHO (World Health Organization). **OMS**. World Health Organization, 2021. Disponível em: <<https://www.who.int/>>. Acesso em: 28/03/2021.