

## **IMPRESSORA 3D:**

Moldando a Matemática para Acessibilidade

DOUGLAS GARCIA RANGEL

RIO DE JANEIRO - RJ  
SETEMBRO DE 2024

## **IMPRESSORA 3D:**

Moldando a Matemática para Acessibilidade

DOUGLAS GARCIA RANGEL

Trabalho apresentado como requisito  
parcial para obtenção de grau na  
disciplina TCC da Faculdade de Educação  
Tecnológica do Estado do Rio de Janeiro.  
Orientado pelo professor Miguel Carvalho.

RIO DE JANEIRO - RJ  
2024

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus parentes, que investiram muito mais do que seu tempo e dinheiro para que eu me tornasse um grande profissional e nunca desistisse dos meus estudos, e sempre fizesse o bem pelas pessoas. Que este trabalho seja o primeiro de muitos, e seja também uma demonstração do resultado do investimento feito por vocês. Fernanda Araujo Garcia, Jorge Luiz Rangel da Silva e Alexandre Luiz Ferreira da Silva, se hoje eu sou alguém, é graças a vocês.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus pela oportunidade de realizar esta pesquisa e se tudo der certo, com ela poder ajudar muitas pessoas. Devo agradecer também ao meu orientador, Miguel Carvalho, por sugerir a ideia inicial deste projeto. Agradeço ao meu pai, Jorge Rangel, que contribuiu neste projeto cedendo a impressora utilizada e seu conhecimento como professor e educador em matemática. Outras pessoas que foram cruciais para o desenvolvimento deste projeto foram Washington Corrêa Júnior, que me auxiliou no aprendizado sobre impressão 3D, Claudio Bispo, professor da Faeterj-Rio que indicou, testou, e validou as operações matemáticas e disciplinas aqui abordadas e também Hugo de Souza Mota, aluno da instituição, portador de cegueira que contribuiu ativamente nos testes e validações dos materiais. Sem vocês, este projeto não teria existido, muito obrigado a todos.

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo explorar o uso da impressora 3D como ferramenta facilitadora no ensino e na compreensão de conceitos matemáticos para pessoas com deficiência visual, por meio de representações táteis. O foco principal está na criação de modelos que conferem relevo e volume a cálculos algébricos, diferenciando-se das tradicionais representações de sólidos geométricos, mais comumente associadas ao ensino tátil de matemática.

Devido à escassez de materiais voltados para essa área, os modelos matemáticos apresentados foram especialmente desenvolvidos para esse propósito, utilizando a ferramenta Tinkercad, que também oferece suporte à escrita em braille em alto relevo. Além disso, o trabalho enfoca a modelagem 3D como uma abordagem essencial para o desenvolvimento dos recursos didáticos.

Os modelos propostos fazem parte das disciplinas da grade curricular da Faeterj-Rio, instituição que dispõe de impressoras 3D para a impressão dos materiais apresentados. Estes foram otimizados para fácil impressão em pequena e média escala, visando seu uso em aulas presenciais.

Palavras-chave: Matemática; Representações grafo-táteis; Impressora 3D; Educação para cegos; Inclusão.

## ABSTRACT

This study aims to explore the use of 3D printers as a tool to facilitate the teaching and understanding of mathematical concepts for visually impaired individuals through tactile representations. The main focus is on creating models that bring relief and volume to algebraic calculations, differentiating from traditional representations of geometric solids, which are more commonly associated with tactile mathematics teaching.

Due to the scarcity of materials related to this field, the mathematical models presented were specifically developed for this purpose, using the TinkerCAD tool, which also includes support for raised braille writing. Furthermore, the project highlights 3D modeling as a key approach in the development of these teaching resources.

The proposed models are part of the curriculum of Faeterj-Rio, an institution that has 3D printers available for the printing of the presented materials. These models have been optimized for easy printing on a small and medium scale, with the goal of being used in face-to-face classes.

**Keywords:** Mathematics; Tactile graph representations; 3D printing; Education for the blind; Inclusion.

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>3</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>5</b>
<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
1.1. Problema de Pesquisa.....	8
1.2. Justificativa.....	8
1.3. Objetivo geral.....	9
1.4. Objetivos específicos.....	9
1.5. Metodologia.....	9
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>10</b>
2.1. Sobre o uso da impressora 3D como ferramenta pedagógica.....	10
2.2. Sobre tecnologias assistivas (TAs) para alunos cegos.....	10
2.3. A impressora 3D comparada a impressora Braille.....	11
2.4. Sobre o ensino tátil da matemática.....	12
<b>3. TECNOLOGIAS.....</b>	<b>13</b>
3.1. Introdução.....	13
3.2. TinkerCAD.....	13
3.3. TouchSee.....	13
3.4. Orca Slicer.....	14
3.5. Ender 3 S1.....	14
<b>4. ETAPAS SEGUIDAS.....</b>	<b>15</b>
4.1. Matéria Abordada.....	15
Figura 1: Matrizes A e B.....	15
Figura 2: Multiplicação das matrizes utilizadas no projeto.....	16
4.2. Modelagem.....	17
Figura 3: Modelos finais do TinkerCAD para multiplicação de matrizes.....	17
Figura 4: exemplo de digitação de texto no TouchSee.....	18
4.3. Fatiamento.....	19
Tabela 1 - Fatiamento e junção.....	19
4.4. Impressão.....	21
Figura 5: Washington Junior e Douglas Rangel fatiando um modelo.....	21
Figura 6: Alguns dos materiais produzidos.....	22
Figura 7: Processo de impressão.....	22
<b>5. TESTES E APlicações.....</b>	<b>23</b>
Figura 8: Multiplicação de Matrizes em braille.....	23
Figura 9: Testes dos materiais.....	23
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>24</b>
<b>7. CONCLUSÃO.....</b>	<b>24</b>
Figura 10: Douglas Rangel, Hugo Mota e Professor Claudio Bispo.....	25

Figura 11: Professor Miguel Carvalho, Douglas Rangel e Washington Junior.....	25
<b>8. OUTROS MATERIAIS MODELADOS.....</b>	<b>26</b>
8.1. Modelagem tridimensional de grafos.....	26
Tabela 2 - Passos seguidos para criação do modelo 3D de grafos.....	26
8.2. Modelagem de diagramas de Venn.....	29
Tabela 3 - Passos seguidos para criação do modelo 3D de diagramas de Venn.....	29
8.3. Matrizes e Determinantes.....	31
Tabela 4 - Matrizes de ordem 2 e 3.....	31
<b>9. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>33</b>
<b>10. ANEXOS.....</b>	<b>36</b>

## **1.INTRODUÇÃO**

O presente trabalho trata da utilização de impressoras 3D como ferramenta pedagógica no ensino de matemática, com foco na acessibilidade para pessoas com deficiência visual. Somado a isso, as discussões e métodos acerca da modelagem de materiais próprios para tais impressões também são levadas em conta. A tecnologia de impressão tridimensional vem se destacando como um recurso inovador, permitindo a criação de materiais táteis que podem facilitar a compreensão de conceitos matemáticos abstratos.

### **1.1.Problema de Pesquisa**

Os alunos na condição de cegueira ou baixa visão podem sentir dificuldades durante o processo de aprendizagem de disciplinas que exijam longos cálculos e principalmente análises de cenários dos quais serão necessárias várias consultas, prejudicando a linha de aprendizado em relação à outros colegas.

### **1.2.Justificativa**

A constituição brasileira conta atualmente com diversas leis, decretos, políticas e planos que tem como objetivo tornar acessível e igualitário o ensino e acessibilidade para pessoas com deficiência, como consta na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), mais especificamente no Artigo 59: “Art. 59. Os sistemas de ensino assegurarão aos educandos com deficiência: I - currículos, métodos, técnicas, recursos educativos e organização específicos, para atender às suas necessidades.”

Outro ponto importante é a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (LBI), que afirma ser dever do poder público garantir acessibilidade aos estudantes com deficiência, incluindo o uso de tecnologias assistivas no processo de ensino.

Também é válido citar a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (2008) que aborda o tema e define a educação inclusiva como uma diretriz nacional, e o decreto nº 6.949/2009, este afirma que os Estados Partes (da Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo) reconhecem o direito das pessoas com

deficiência à educação e efetivam esse direito sem discriminação e com base na igualdade de oportunidades. Este decreto promulga a Convenção que havia sido aprovada pelo decreto do Legislativo nº 186/2008.

Perante aos dados apresentados e a disponibilidade tanto de ferramentas de modelagem quanto a de impressão de materiais, se viabiliza a produção dos mesmos com o propósito de atingir a equidade no ensino da matemática.

### **1.3.Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo apresentar soluções aplicáveis para a modelagem e impressão de materiais grafo-táteis para auxiliar o ensino da matemática para alunos em condição de deficiência visual.

### **1.4.Objetivos específicos**

- Explorar a impressão de objetos em relevo (grafos, matrizes, cálculos e fórmulas em braille).
- Introduzir métodos de modelagem assistiva de objetos tridimensionais.
- Discutir técnicas e métodos de ensino inclusivo pautados no uso de tecnologias acessíveis.

### **1.5.Metodologia**

A abordagem é feita seguindo uma linha lógica que parte de um ponto: Uma aula que está em planejamento conta com um exercício ou material que será fornecido à determinada turma, então, a partir das técnicas aqui ensinadas e modelos utilizados, será modelado o material necessário dentro da ferramenta (Neste caso o Tinkercad) e assim que finalizado será impresso, e este material poderá também ser utilizado em outras aulas futuramente. Esta linha de produção de materiais impressos pode ser repetida e conforme ocorre o crescimento da demanda por materiais assistivos, é formado um repositório.

## **2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1.Sobre o uso da impressora 3D como ferramenta pedagógica**

Além do campo da matemática, como será abordado neste trabalho, a impressora 3D pode ser encaixada em diferentes disciplinas e nichos, como já tem sido visto desde sua introdução no mercado. Sua abordagem e análise de casos pode ser encontrada em diferentes trabalhos, revistas e artigos científicos, com o exemplo de Neto, Loubet e Albuquerque (2021), que analisaram a facilidade ou dificuldade de compreendimento por parte de alunos acerca de matérias que se utilizaram da impressora 3D como ferramenta de ensino, demonstrando uma maior taxa de aprendizado com o uso dos modelos.

### **2.2.Sobre tecnologias assistivas (TAs) para alunos cegos**

Diferentes técnicas e tecnologias já são utilizadas no processo de ensino inclusivo. Se tratando da educação para alunos cegos, as tecnologias assistivas mais comumente utilizadas são o uso de audiodescrição e da impressão em braille, esta que será melhor desenvolvida no próximo tópico.

Atualmente, o Brasil conta com o Instituto Benjamim Constant (IBC), que de acordo com o próprio site “o Instituto é referência nacional na educação e capacitação profissional de pessoas cegas[...].” (INSTITUTO BENJAMIM CONSTANT, 2024). O mesmo é responsável por desenvolver e aplicar métodos de ensino somados com as tecnologias assistivas.

Em seu estudo, Vieira, Lopes e Monteiro (2020) relataram o impacto das TAs na educação de alunos cegos e enfatizaram a escassez de outros estudos sobre essa área de conhecimento, com isso se torna visível a necessidade não apenas de mais pesquisas sobre usos dessas tecnologias mas também meios de tornar a aplicação desses estudos viável. Esta afirmação se baseia também nos esforços do governo e do ministério da educação citados anteriormente, na introdução deste trabalho.

### 2.3.A impressora 3D comparada a impressora Braille

Dentro das tecnologias assistivas para alunos com cegueira, são buscadas maneiras de transmitir os ensinamentos de maneiras alternativas às visuais, dadas as condições desses alunos. Uma das maneiras é a representação tátil que pode ser transmitida por diferentes materiais, e estes materiais podem ser construídos de diferentes formas. Dito isso, tanto a impressora 3d quanto a impressora Braille podem fabricar materiais para o aluno cego, porém as duas divergem no modo de operação, no tipo de material resultante e especialmente no custo de compra e manutenção.

De acordo com pesquisas recentes realizadas na internet, o preço de impressoras Braille costuma ser, em média, a partir de 30.000 reais (MUNDO DA LUPA, 2024), enquanto impressoras 3D costumam ser mais acessíveis, com alguns modelos partindo de 1.000 reais (MERCADO LIVRE, 2024). Outro ponto a ser considerado financeiramente é que impressoras Braille são geralmente abastecidas com folhas diferentes das convencionais, sendo mais grossas para suportar a pressão da máquina e manter o relevo na escrita por mais tempo, enquanto a impressora 3D é abastecida com filamentos que podem ter diferentes composições, com qualidade, durabilidade e valor variando entre os mesmos.

Uma impressora Braille é capaz de imprimir longos textos rapidamente, fazendo várias páginas por hora, e não precisa de um controle de temperatura tão rigoroso quanto uma impressora 3D, que pode demorar mais para escrever frases curtas. Porém, as Impressoras 3D proporcionam a criação de qualquer objeto tridimensional desde que este caiba em sua área de impressão ou seja fracionado, proporcionando a criação de objetos com escritas em braille em sua superfície, como esferas, cubos e cones, o que não se encaixa nas condições da impressora Braille.

Conforme os fatos supracitados, é notável que o uso de uma impressora 3D como uma impressora Braille é ineficiente, tanto pelo tempo de impressão quanto pelo gasto de filamento, porém se utilizado da maneira alternativa, complementando áreas que uma impressora Braille não alcançaria, o seu uso se torna um divisor de águas dentro da educação inclusiva, fazendo incontáveis materiais táteis.

## 2.4.Sobre o ensino tátil da matemática

Diferentes métodos foram e são utilizados no ensino tátil da matemática, incluindo a impressão de gráficos para cegos. Colpes e Laranja (2013) estudaram essa técnica e destacaram as vantagens de impressoras em braille de gráficos tátteis. Outro trabalho relacionado especialmente com o uso da impressora 3D para produção de materiais para pessoas cegas foi desenvolvido por Souza (2022), que conta com placas e símbolos matemáticos em alto relevo com descrições em braille. Este estudo é particularmente relevante para a proposta do trabalho atual, que busca imprimir funções e fórmulas matemáticas em relevo com o objetivo de construir um repositório físico de materiais grafo-táteis impressos em 3D.

### **3.TECNOLOGIAS**

#### **3.1.Introdução**

Para este projeto se concretizar, várias tecnologias com diferentes propósitos foram necessárias e uma série de etapas foi seguida. Vale ressaltar que para os fins alcançados, outras tecnologias similares também poderiam ter sido utilizadas, logo, cada uma das selecionadas teve um propósito específico.

#### **3.2.TinkerCAD**

TinkerCAD é um dentre muitos sites especializados em modelagem de objetos tridimensionais gratuitos, e foi escolhido pois permite que o modelador crie uma biblioteca com todos os modelos envolvidos em um projeto, o que foi realizado neste caso. A ferramenta também conta com escrita em relevo tanto em letras visuais quanto em braile, o que não foi tão utilizado aqui pois o texto em braille apesar de estar em alto relevo, não segue nenhum padrão internacional.

A plataforma, desenvolvida pela empresa Autodesk, permite que usuários criem modelos tridimensionais de forma intuitiva e acessível, utilizando formas geométricas básicas e combinações simples. Originalmente voltado para iniciantes no design 3D, o Tinkercad é amplamente utilizado em ambientes educacionais para ensinar conceitos de modelagem, design, engenharia e eletrônica.

#### **3.3.TouchSee**

O Touchsee é a melhor ferramenta disponível gratuitamente na web para criar modelos tridimensionais em braille, já contando com uma estrutura para exportar arquivos direto para o fatiador, e além disso, permite o usuário a escolha dentre os diferentes padrões aceitos na comunidade internacional de leitores em braille. Para este projeto, foi selecionado o idioma portugues brasileiro e o padrão da califórnia para o braille.

### **3.4.Orca Slicer**

Este fatiador de modelos foi escolhido pela facilidade de uso, pela possibilidade de configurações de impressão, por ser gratuito e permitir edições do modelo antes da impressão.

### **3.5.Ender 3 S1**

A Faeterj-Rio conta com uma impressora 3d Creality Ender, porém a que foi utilizada foi a Creality Ender 3 s1 pessoal, pois esta, por estar em domicílio permitia a filmagem em time-lapse e impressão de diferentes modelos prolongadamente, visto que muito das impressões necessitava de supervisão.

## 4.ETAPAS SEGUIDAS

### 4.1.Matéria Abordada

Para que um material 3D para cegos seja criado, é necessário antes de tudo escolher uma matéria dentro de uma disciplina, para este trabalho, a matéria abordada foi a foi a multiplicação de matrizes, que se encontra dentro da disciplina de 3 ALG (álgebra linear) da instituição Faeterj-Rio.

A multiplicação de matrizes ocorre quando duas matrizes, A e B têm os valores de seus elementos multiplicados resultando numa nova matriz C. Para que isso ocorra, o número de linhas de uma das matrizes deve ser igual ao número de colunas da outra matriz “A  $m \times n \cdot B n \times p = C m \times p$ ”.

Para este trabalho, foi feito um cálculo simples envolvendo duas matrizes A e B cujos valores podem ser vistos na figura abaixo:

**Matriz A<sub>2×3</sub>:**

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{bmatrix}$$

**Matriz B<sub>3×2</sub>:**

$$B = \begin{bmatrix} 7 & 8 \\ 9 & 10 \\ 11 & 12 \end{bmatrix}$$

Figura 1: Matrizes A e B

E o cálculo que leva ao resultado da matriz C pode ser visto abaixo:

$$C[i][j] = \sum_{k=1}^n A[i][k] \cdot B[k][j]$$

**Passo a passo:**

- **Elemento  $C[1][1]$ :**

$$C[1][1] = (1 \cdot 7) + (2 \cdot 9) + (3 \cdot 11) = 7 + 18 + 33 = 58$$

- **Elemento  $C[1][2]$ :**

$$C[1][2] = (1 \cdot 8) + (2 \cdot 10) + (3 \cdot 12) = 8 + 20 + 36 = 64$$

- **Elemento  $C[2][1]$ :**

$$C[2][1] = (4 \cdot 7) + (5 \cdot 9) + (6 \cdot 11) = 28 + 45 + 66 = 139$$

- **Elemento  $C[2][2]$ :**

$$C[2][2] = (4 \cdot 8) + (5 \cdot 10) + (6 \cdot 12) = 32 + 50 + 72 = 154$$

**Resultado final:**

$$C = \begin{bmatrix} 58 & 64 \\ 139 & 154 \end{bmatrix}$$

Figura 2: Multiplicação das matrizes utilizadas no projeto.

#### 4.2. Modelagem

Após o material em foco ter sido selecionado, a próxima etapa é a modelagem das matrizes no TinkerCAD, é preciso notar que neste modelo, não foi utilizado o teclado em braille do aplicativo, mas será adotado o texto em braille do aplicativo feito para tal propósito, que será abordado no próximo tópico.

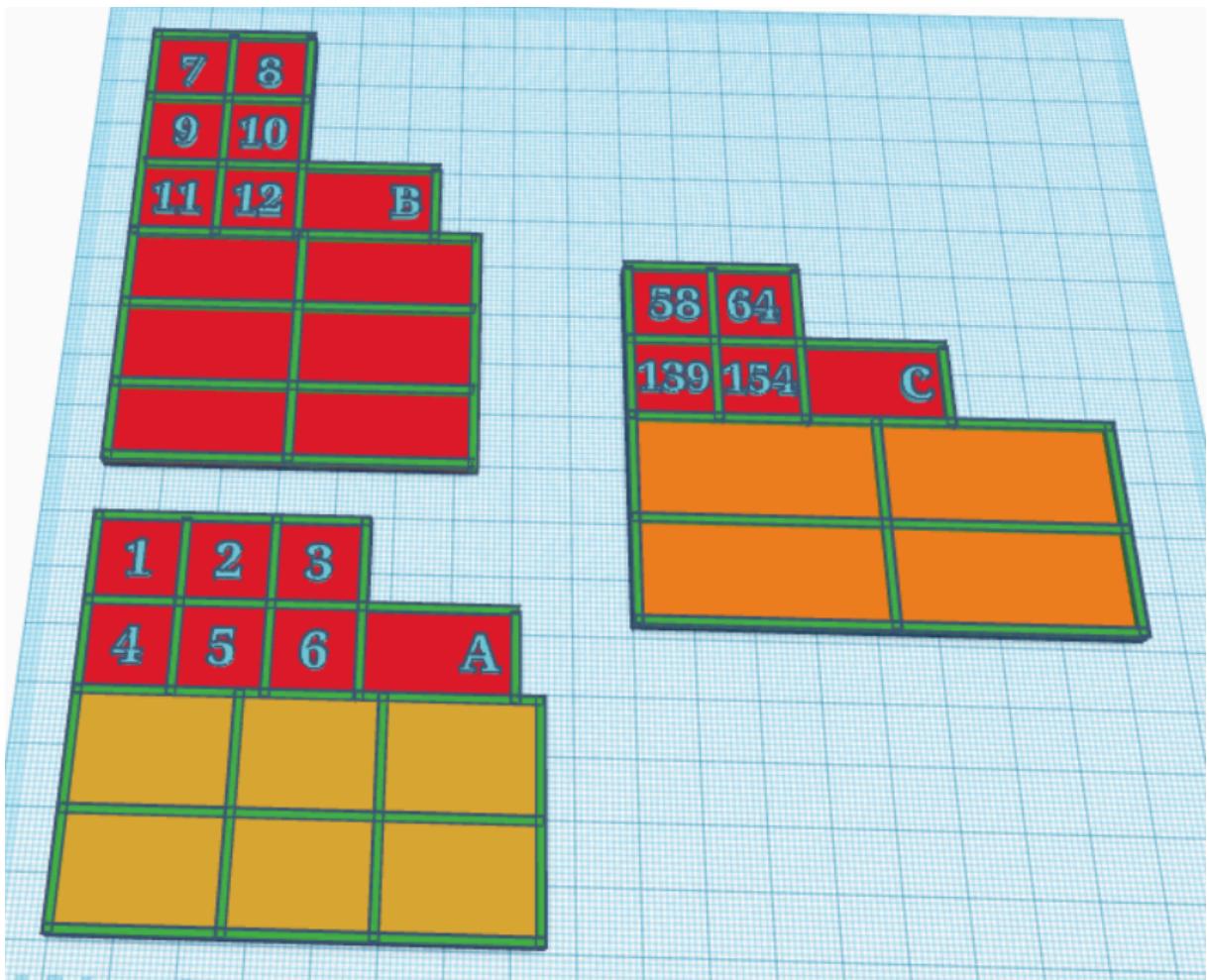


Figura 3: Modelos finais do TinkerCAD para multiplicação de matrizes.

Como visto anteriormente, o TouchSee é a plataforma online mais recomendada e utilizada para modelar pequenas frases e textos em braille para serem impressos em 3D. Os números e letras que serão impressos serão escritos aqui.

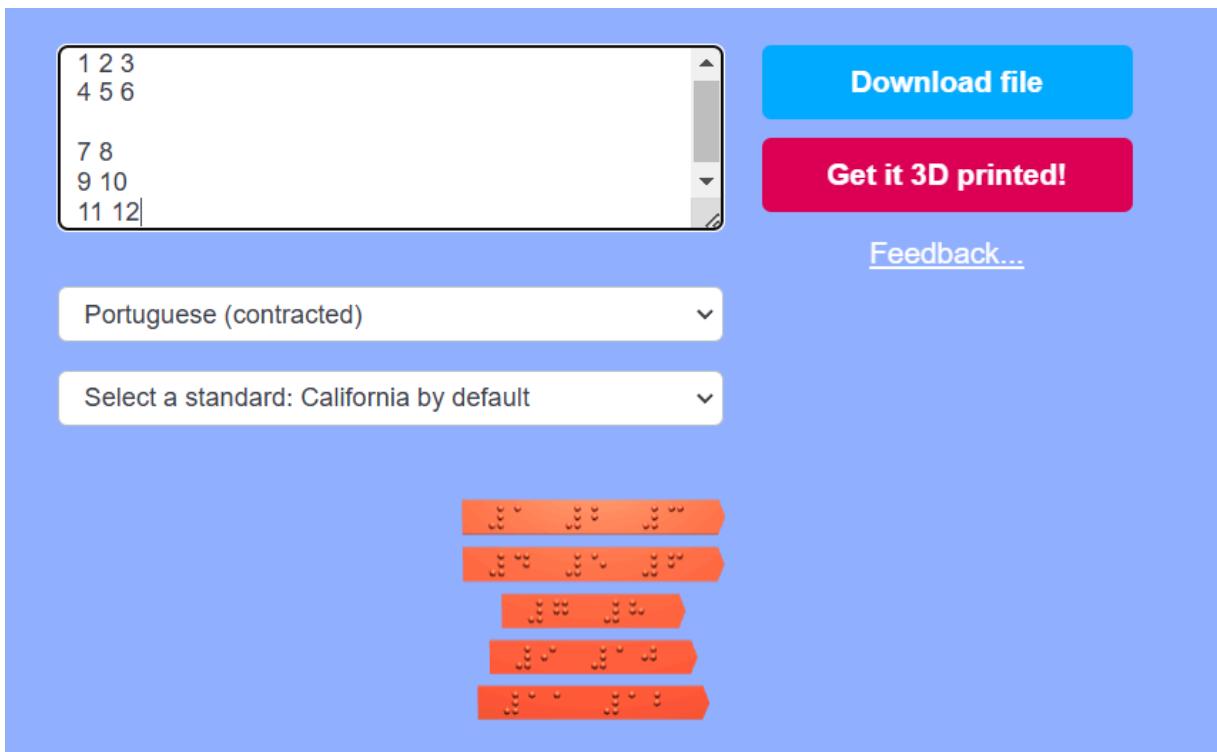
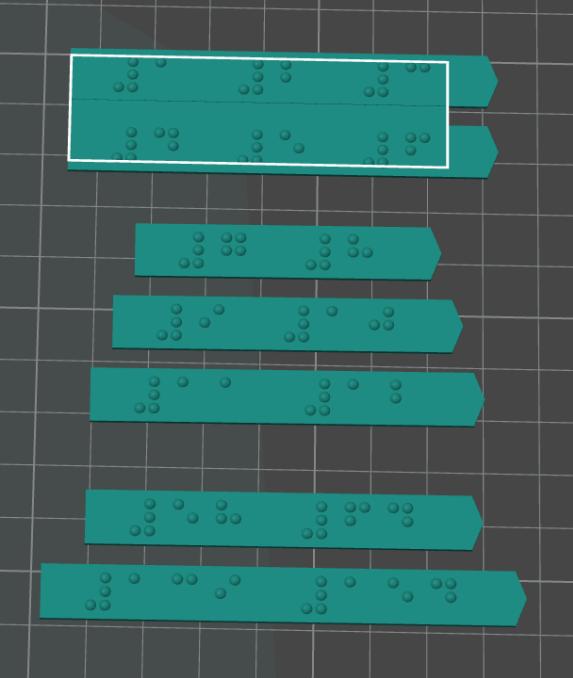
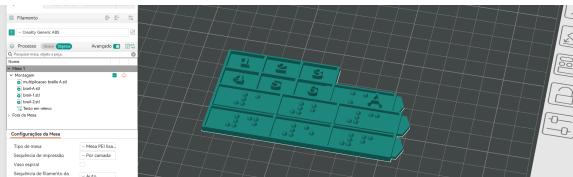
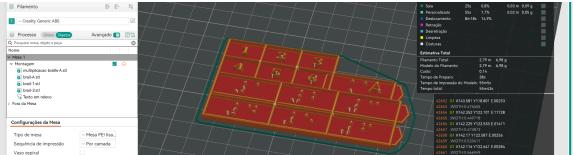
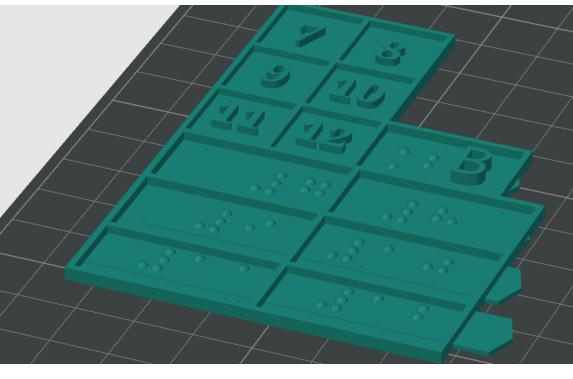


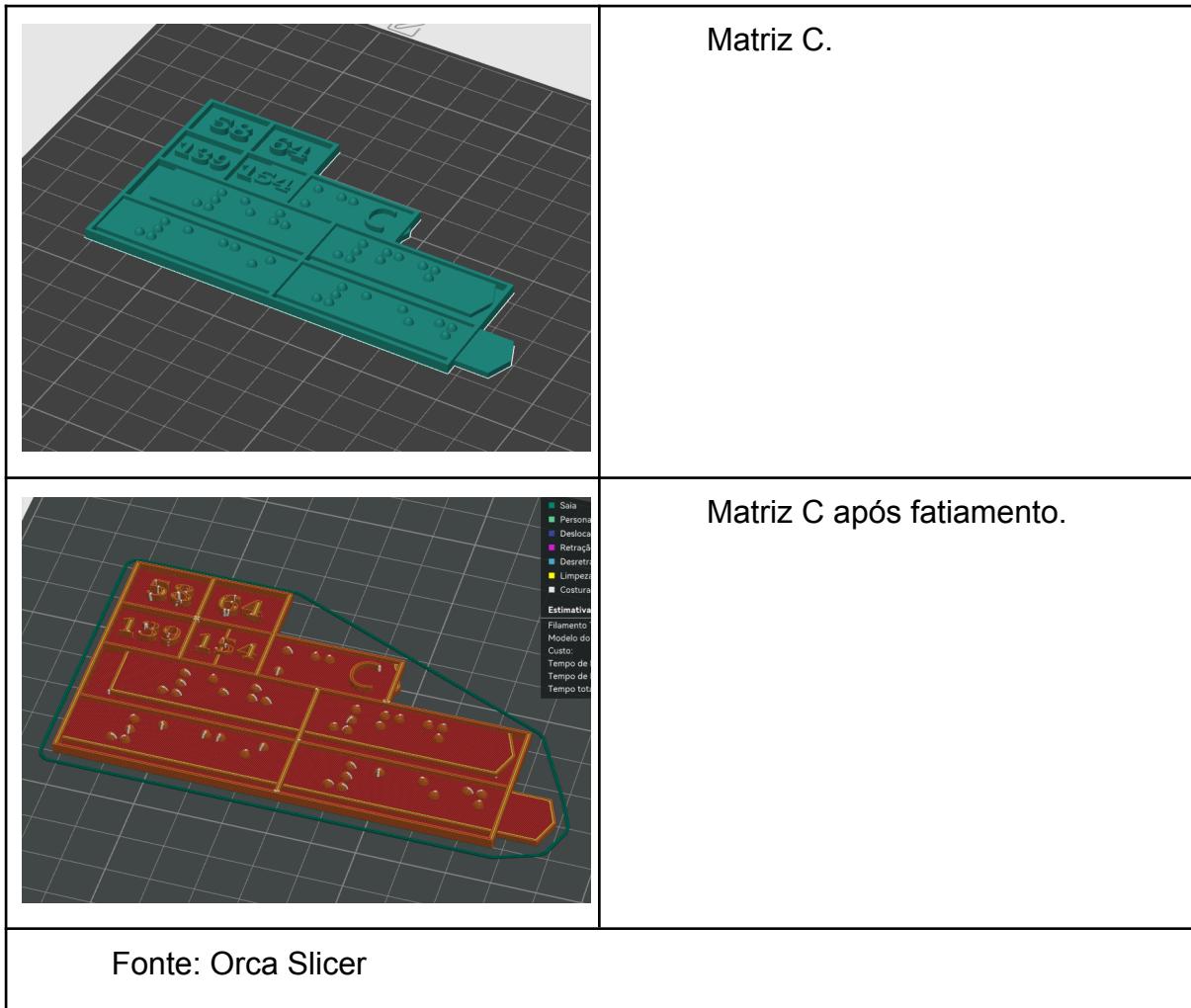
Figura 4: exemplo de digitação de texto no TouchSee

### 4.3.Fatiamento

Após a modelagem das matrizes e do texto em braile, todo o material 3D deve ser reunido no software de fatiamento para então ser enviado para a impressora.

Tabela 1 - Fatiamento e junção

	<p>Os modelos que vieram do TinkerCAD e do Touchsee são dispostos e unidos para formar as matrizes que serão impressas.</p>
	<p>A matriz A já completa em 3D.</p>
	<p>A matriz A vista pelo fatiamento entre camadas da impressora.</p>
	<p>A matriz B representada também de forma tridimensional.</p>



#### 4.4.Impressão

Como citado anteriormente, a impressora utilizada foi uma ender 3 s1 da empresa Creality, na qual os códigos foram trazidos do fatiador por um cartão SD. Para chegar a este ponto, uma contribuição crucial para o projeto foi a de Washington Júnior, que defendeu o primeiro projeto relacionado à impressão 3D na instituição e trabalha na área.



Figura 5: Washington Junior e Douglas Rangel fatiando um modelo.



Figura 6: Alguns dos materiais produzidos.

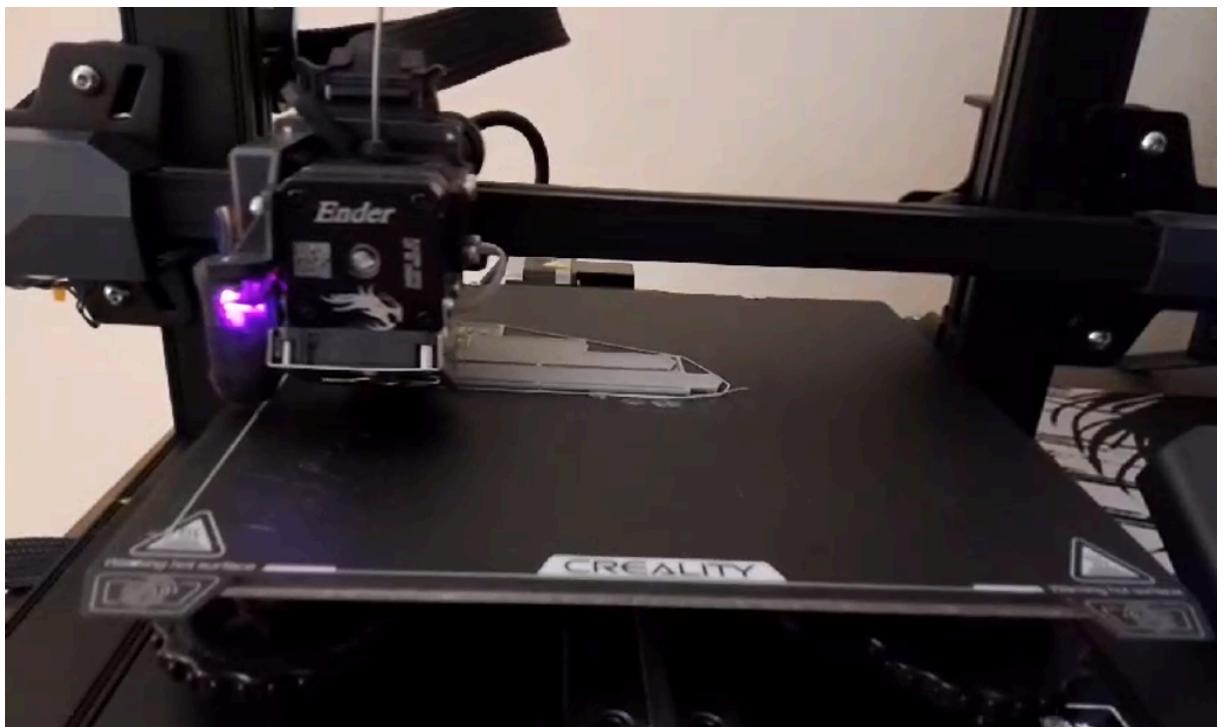


Figura 7: Processo de impressão.

## 5. TESTES E APLICAÇÕES

Com o auxílio, supervisão e instrução do professor Claudio Bispo, na instituição Faeterj-Rio, os materiais foram testados pelo aluno da instituição, Hugo de Souza Mota, que é portador de cegueira e se voluntariou para testar a legibilidade da escrita em braille e do posicionamento e lógica dos materiais de ensino.



Figura 8: Multiplicação de Matrizes em braille.



Figura 9: Testes dos materiais.

## 6.RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema desenvolvido foi bem recebido tanto pelo professor responsável pelas disciplinas de matemática quanto pelo Hugo (aluno cego participante dos testes), especialmente em termos de ensino e leitura. Algumas sugestões de melhoria foram levantadas, como a aproximação dos dígitos em braille e ajustes sutis no relevo das divisórias entre as células de matrizes.

Hugo Mota afirmou que gostaria de ter tido materiais didáticos como os que foram apresentados neste projeto nos períodos anteriores, com as palavras: “Se os professores tivessem usado esses materiais, teria sido muito mais fácil para aprender.”

O professor Cláudio Bispo também reafirmou sobre como materiais assim poderiam facilitar a maneira como ele ensina suas disciplinas para alunos com limitações visuais.

Além disso, foram discutidos planos para o desenvolvimento de novos modelos que possam atender a outras disciplinas da grade curricular da instituição, ampliando as possibilidades de aplicação do sistema.

## 7.CONCLUSÃO

Com base nos testes realizados com os sistemas e materiais desenvolvidos neste projeto, e considerando o refinamento das ideias ao longo do trabalho, foi possível chegar às seguintes conclusões:

- O uso da impressora 3D como ferramenta de aplicação de tecnologias assistivas mostrou-se efetivo e versátil.
- Os materiais táteis impressos em braille facilitaram significativamente a compreensão de conteúdos matemáticos em nível superior para alunos cegos.
- Ainda há muito a ser explorado, visto que essa é uma área com poucas iniciativas no contexto das disciplinas de ensino superior.
- Em comparação com as impressoras de papel em relevo usuais, a impressora 3D demonstrou ser não apenas mais eficiente, mas também significativamente mais acessível em termos de custos.



Figura 10: Douglas Rangel, Hugo Mota e Professor Claudio Bispo.



Figura 11: Professor Miguel Carvalho, Douglas Rangel e Washington Junior.

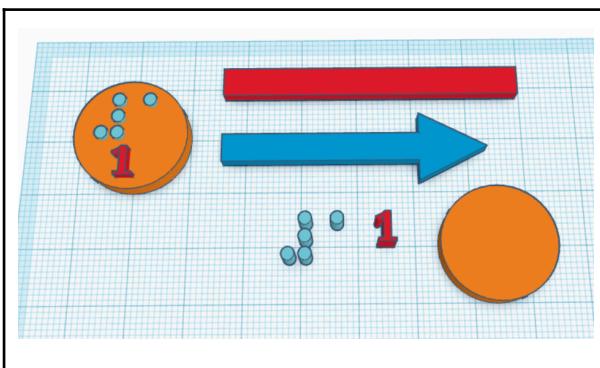
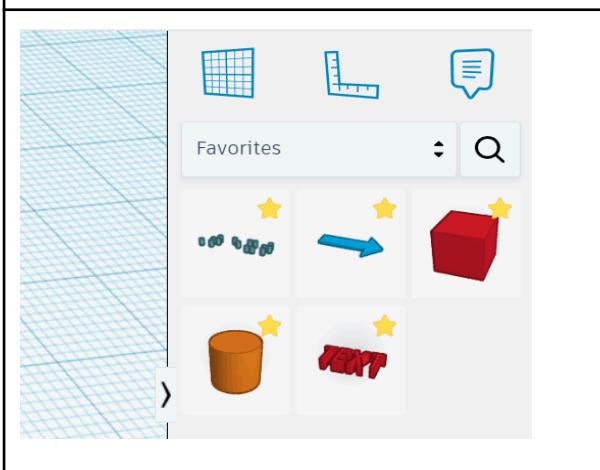
## 8.OUTROS MATERIAIS MODELADOS

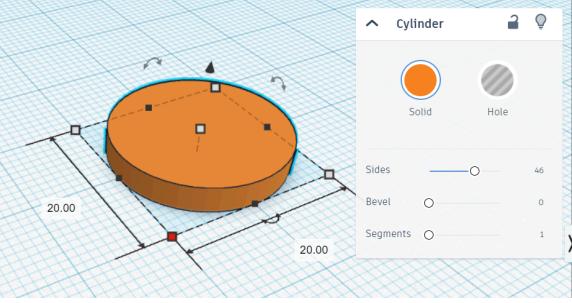
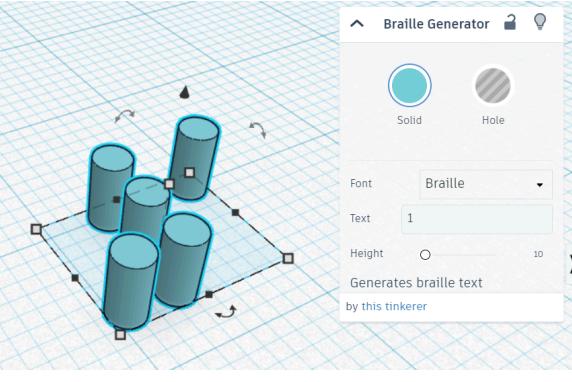
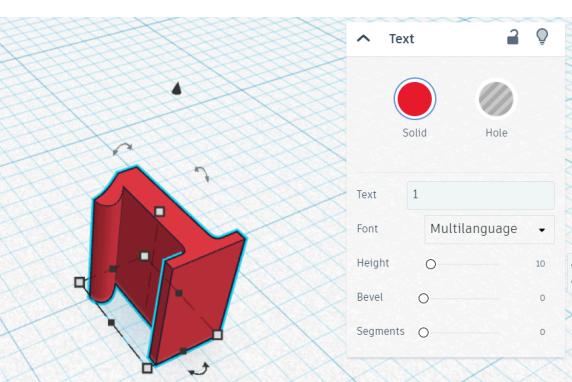
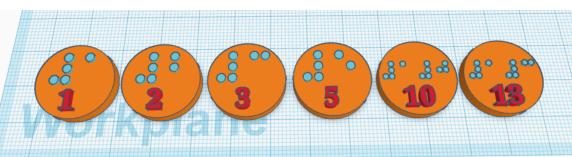
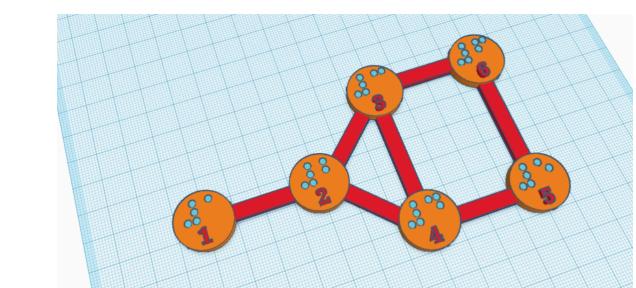
### 8.1.Modelagem tridimensional de grafos

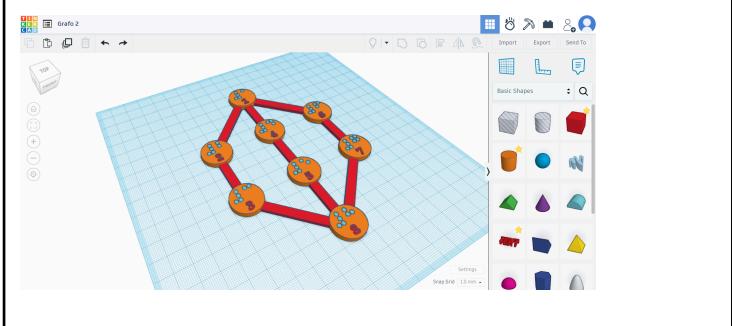
Um grafo é composto por dois conjuntos: um de vértices e outro de arcos. Cada arco conecta dois vértices, sendo que o primeiro é a ponta inicial e o segundo é a ponta final (IME-USP, 2024, online).

Os grafos em 3 dimensões que futuramente serão impressos têm um padrão, vistos de cima eles são muito parecidos com grafos em duas dimensões, porém, alterando o ângulo de visão, é possível notar que estes têm superfícies em diferentes níveis.

Tabela 2 - Passos seguidos para criação do modelo 3D de grafos

	<p>Os formatos citados foram utilizados inicialmente para criação do projeto, mas os modelos prontos e designs podem ser encontrados dentro da biblioteca criada para este projeto e no drive compartilhado com todos os modelos aqui utilizados.</p>
	<p>Todos os formatos podem ser encontrados na biblioteca de formatos do próprio tinkerCAD, e então salvos nos favoritos.</p>

	<p>A altura, largura e comprimento, a opção de serem espaços preenchidos ou vazios, a posição em relação ao plano, além de outros detalhes são opções para que o usuário possa ajustar aquele formato da maneira que lhe for conveniente.</p>
	<p>As letras e números em braille são escritos dentro do próprio Tinkercad e além do texto, seu formato também pode ser ajustado como os outros formatos.</p>
	<p>A mesma regra seguida para letras e números em braille se aplica também a letras e números da escrita visual.</p>
	<p>Com os elementos citados anteriormente foram formados os vértices personalizados.</p>
	<p>Com o número de vértices e arcos definidos, resta apenas fazer as conexões para o modelo ficar completo.</p>



A screenshot of the Tinkercad interface showing a 3D model of a dodecahedron graph. The graph consists of 20 orange circular nodes connected by red edges in a dodecahedron-like structure. The model is displayed on a blue grid plane. The Tinkercad toolbar and library are visible on the left and right sides of the workspace.

Todos os modelos criados ou utilizados dentro deste projeto podem ser encontrados no Anexo A.

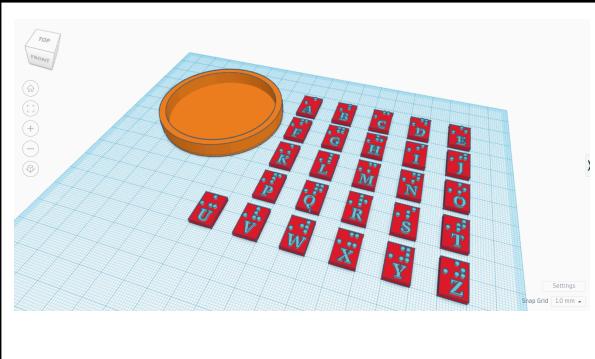
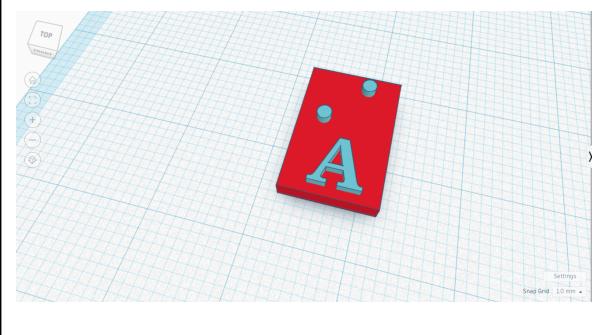
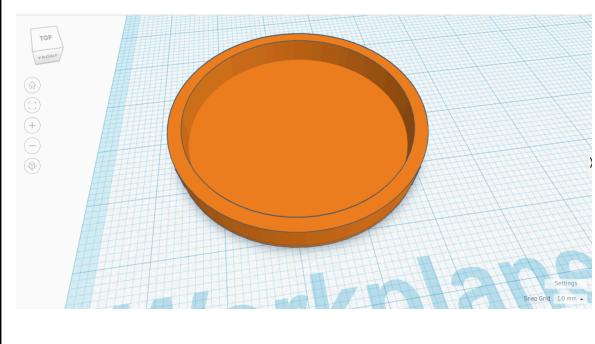
Fonte: Tinkercad

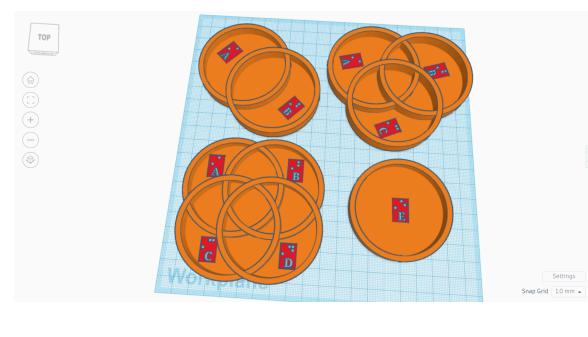
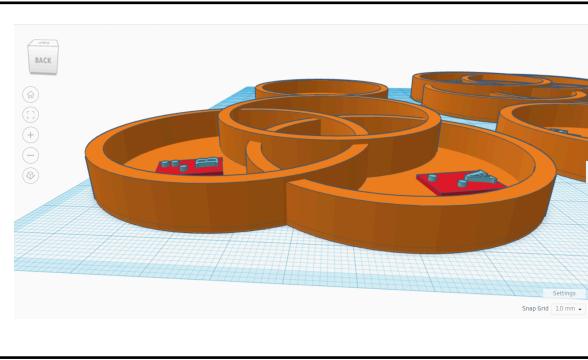
## 8.2. Modelagem de diagramas de Venn

Diagramas de Venn são maneiras de representar conjuntos numéricos, geralmente quando há mais de um conjunto, podendo haver ou não interseções entre tais conjuntos.

A maneira que foi escolhida para representar tridimensionalmente estes diagramas foi tornando a área das circunferências planas, e trazendo relevo apenas às bordas, com o intuito de inserir objetos entre conjuntos e interseções.

Tabela 3 - Passos seguidos para criação do modelo 3D de diagramas de Venn

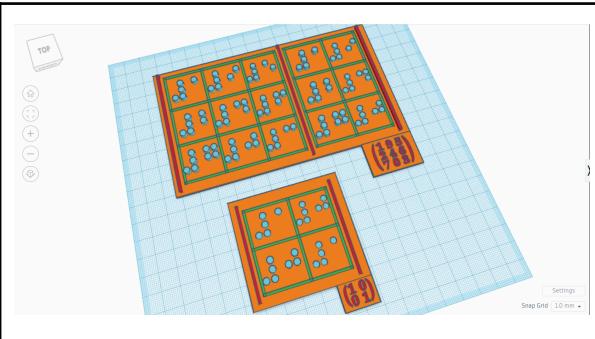
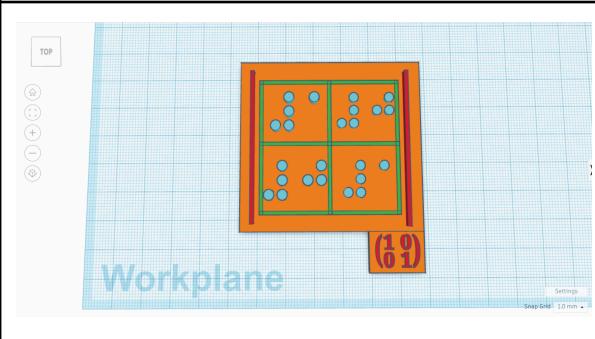
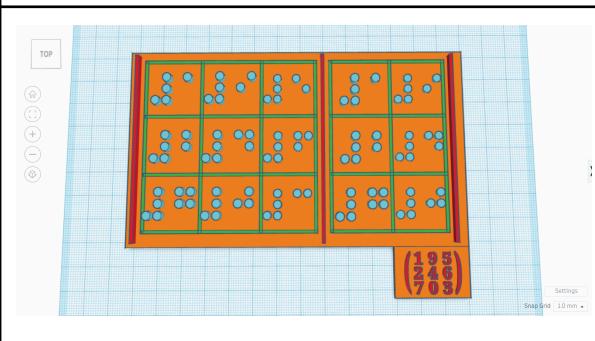
	<p>Os diagramas são compostos por cilindros e marcadores, no modelo criado foram feitos marcadores para todas as letras do alfabeto, para que haja liberdade de nomenclatura para os conjuntos.</p>
	<p>Os marcadores são compostos por uma letra em braille e a mesma letra de forma visual, as duas em alto relevo.</p>
	<p>Os cilindros foram feitos para poder abrigar objetos ou números que forem representantes dos conjuntos.</p>

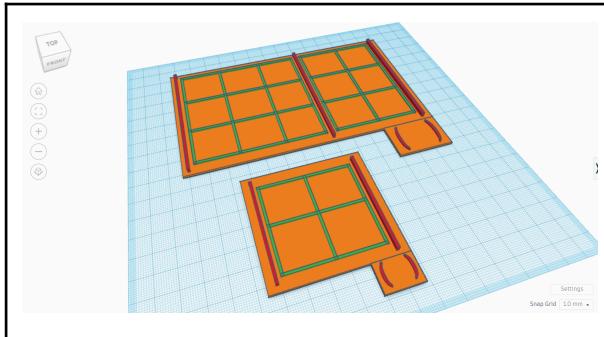
 A screenshot of a 3D CAD software interface showing five orange circular components arranged on a grid. The components are labeled A, B, C, D, and E, each featuring a small red and blue square icon. The interface includes a vertical toolbar on the left with icons for top, back, and other views, and a settings panel on the right.	<p>Para este projeto, foram feitos conjuntos e interseções de diferentes maneiras para que seja possível representar variados cálculos.</p>
 A screenshot of a 3D CAD software interface showing five orange circular components arranged on a grid. The components are labeled A, B, C, D, and E, each featuring a small red and blue square icon. The interface includes a vertical toolbar on the left with icons for top, back, and other views, and a settings panel on the right.	<p>Vale ressaltar que quando há conjuntos ligados a borda superior de cada conjunto tem uma altura diferente, para um melhor reconhecimento tátil.</p>
Fonte: Tinkercad	

### 8.3. Matrizes e Determinantes

Matrizes são representações de dados dispostas entre linhas e colunas, porém a maneira em que estas serão abordadas aqui é uma dentre as várias possíveis, o cálculo de determinantes. O determinante da matriz é o número que está associado a mesma, e a complexidade do cálculo desse número vai depender da ordem da matriz, que necessariamente deve ser quadrada, ou seja, o número de linhas é igual ao número de colunas.

Tabela 4 - Matrizes de ordem 2 e 3

	<p>Dois exemplos foram criados, um de uma matriz de ordem 2, outro de cálculo de determinante de matriz de ordem 3.</p>
	<p>Matriz de ordem 2 (2x2).</p>
	<p>Determinante da matriz de ordem 3 (3x3).</p>



Os modelos vazios também estão dentro da biblioteca criada para este projeto.

Fonte: Tinkercad

É necessário citar que os modelos preparados anteriormente podem ter sido ajustados para uma otimização de recursos e de tempo de impressão, o que afetou positivamente o rendimento do projeto, e nem todos os modelos foram impressos. Logo, alguns dos modelos que não foram impressos seguirão como planos e metas deste projeto a longo prazo.

## 9.REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9394.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm)> Acesso em: 14 out. 2024.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 jul. 2015. Disponível em:  
<[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm)> Acesso em: 14 out. 2024.

BRASIL. Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva. Brasília: MEC, 2008. Disponível em:  
<<http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/politicaeducespecial.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2024.

BRASIL. Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009. Promulga a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo, assinados em Nova York, em 30 de março de 2007. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 ago. 2009. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/decreto/d6949.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6949.htm)> Acesso em: 15 out. 2024.

BRASIL. Decreto Legislativo nº 186, de 9 de julho de 2008. Aprova a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, assinada em Nova York, em 30 de março de 2007. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 jul. 2008. Disponível em:  
<[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/congresso/dlg/dlg-186-2008.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/congresso/dlg/dlg-186-2008.htm)> Acesso em: 15 out. 2024.

NETO, Antonio Freitas; LOUBET, Sara; ALBUQUERQUE, Leonardo Martinez. O Uso da impressora 3D no processo de ensino e aprendizagem. Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco, v. 10, n. 2, p. 14-14, 2021. Disponível em:  
<https://ojs.ifes.edu.br/index.php/saladeaula/article/view/1377> Acesso em: 16 out. 2024.

INSTITUTO BENJAMIM CONSTANT. Sobre o IBC. Disponível em:  
<http://antigo.ibc.gov.br/o-ibc> Acesso em: 16 out. 2024.

VIEIRA, Karla Cremonez Gambarotto; LOPES, Endrius Robert; MONTEIRO, Maria Inês Bacellar. Tecnologias assistivas na educação de alunos cegos brasileiros: definições e usos no cotidiano escolar. Sensos-e, v. 7, n. 2, p. 127-133, 2020. Disponível em: <https://parc.ipp.pt/index.php/sensos/article/view/3537> Acesso em: 16 out. 2024.

MUNDO DA LUPA, Impressora braille. Disponível em:  
<https://mundodalupa.com.br/categoria-produto/braille/impressora-braille/> Acesso em: 16 out. 2024.

MERCADO LIVRE, Impressora 3d. Disponível em:  
[https://lista.mercadolivre.com.br/impressora-3d?matt\\_tool=26284046&matt\\_word=impressora-3d&matt\\_source=google&matt\\_campaign\\_id=13166433119&matt\\_ad\\_group\\_id=124991788480&matt\\_match\\_type=e&matt\\_network=g&matt\\_device=c&matt\\_creative=522651586793&matt\\_keyword=impressora%203d&matt\\_ad\\_position=&matt\\_ad\\_type=&matt\\_merchant\\_id=&matt\\_product\\_id=&matt\\_product\\_partition\\_id=&matt\\_target\\_id=kwd-1892133733&cq\\_src=google\\_ads&cq\\_cmp=13166433119&cq\\_net=g&cq\\_plt=gp&cq\\_med=&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwpbi4BhByEiwAMC8JnXV\\_856PNca2wq2qEq9KsgojzZPp5VgHZrfKQZdIKNVoSEkcjc9k\\_BoCxmAQAvD\\_BwE](https://lista.mercadolivre.com.br/impressora-3d?matt_tool=26284046&matt_word=impressora-3d&matt_source=google&matt_campaign_id=13166433119&matt_ad_group_id=124991788480&matt_match_type=e&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=522651586793&matt_keyword=impressora%203d&matt_ad_position=&matt_ad_type=&matt_merchant_id=&matt_product_id=&matt_product_partition_id=&matt_target_id=kwd-1892133733&cq_src=google_ads&cq_cmp=13166433119&cq_net=g&cq_plt=gp&cq_med=&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwpbi4BhByEiwAMC8JnXV_856PNca2wq2qEq9KsgojzZPp5VgHZrfKQZdIKNVoSEkcjc9k_BoCxmAQAvD_BwE) Acesso em: 16 out. 2024.

COLPES, Karen Mello; LARANJA-RAFAEL, Rafael Antônio Comparsi. Impressora de gráfico para cegos: um facilitador no ensino de conteúdos de matemática e física em engenharia. XLI COBENGE. Gramado, 2013. Disponível em:  
<[https://www.researchgate.net/profile/Karen-Colpes/publication/282506212\\_IMPRES\\_SORA\\_DE\\_GRAFICO\\_PARA\\_CEGOS\\_UM\\_FACILITADOR\\_NO\\_ENSINO\\_DE\\_CONTEUDOS\\_DE\\_MATEMATICA\\_E\\_FISICA\\_EM\\_ENGENHARIA/links/5611827d08ae0fc513f2e095/IMPRESSORA-DE-GRAFICO-PARA-CEGOS-UM-FACILITADOR-NO-ENSINO-DE-CONTEUDOS-DE-MATEMATICA-E-FISICA-EM-ENGENHARIA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Karen-Colpes/publication/282506212_IMPRES_SORA_DE_GRAFICO_PARA_CEGOS_UM_FACILITADOR_NO_ENSINO_DE_CONTEUDOS_DE_MATEMATICA_E_FISICA_EM_ENGENHARIA/links/5611827d08ae0fc513f2e095/IMPRESSORA-DE-GRAFICO-PARA-CEGOS-UM-FACILITADOR-NO-ENSINO-DE-CONTEUDOS-DE-MATEMATICA-E-FISICA-EM-ENGENHARIA.pdf)>  
Acesso em: 16 out. 2024.

SOUZA, José Vinícius. Recursos Didáticos Táteis para Auxiliar Deficientes Visuais no Aprendizado de Matemática: Artefatos no Âmbito da Manufatura Aditiva. 2022. Disponível em: <<https://releia.ifsertaope.edu.br/jspui/handle/123456789/738>> Acesso em: 16 out. 2024.

IME-USP. O que é um grafo? Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo. Disponível em:  
<[https://www.ime.usp.br/~pf/algoritmos\\_em\\_grafos/aulas/grafos.html#:~:text=Um%20grafo%20\(%3D%20graph\)%20%C3%A9,segundo%20%C3%A9%20a%20ponta%20final%20.](https://www.ime.usp.br/~pf/algoritmos_em_grafos/aulas/grafos.html#:~:text=Um%20grafo%20(%3D%20graph)%20%C3%A9,segundo%20%C3%A9%20a%20ponta%20final%20.)> Acesso em: 8 out. 2024.

Brasil escola: Determinantes. Disponível em:  
<<https://brasilescola.uol.com.br/matematica/determinantes-1.htm>> Acesso em: 8 out. 2024.

## **10. ANEXOS**

Anexo A: Modelos em 3D utilizados no Tinkercad. Disponível em:  
[<https://www.tinkercad.com/dashboard/collections/cHGusn58rW0/3d>](https://www.tinkercad.com/dashboard/collections/cHGusn58rW0/3d)