

PRODUÇÃO DE MATERIAIS DE APOIO PEDAGÓGICO DE BAIXO CUSTO A PARTIR DE TECNOLOGIAS DE FABRICAÇÃO DIGITAL

Sara Miriã Carvalho Baeta de Mello ¹
Rafael Corrêa ²

RESUMO

O IdeaLab é o laboratório de fabricação digital do IFRS *Campus* Farroupilha que atende o município de Farroupilha e região, na Serra Gaúcha. O objetivo do espaço é disponibilizar as máquinas e o conhecimento necessários para que a comunidade materialize seus projetos utilizando impressoras 3D, máquinas de corte a laser, entre outros. Este trabalho trata da produção de materiais de apoio pedagógico de baixo custo voltados para a educação básica por meio da impressão 3D e do corte a laser. A partir de conversas com a comunidade do curso de licenciatura em Pedagogia, identificou-se uma demanda por materiais concretos de apoio pedagógico para a educação básica que sejam baratos, esteticamente agradáveis e que despertem o interesse dos estudantes. Assim, da internet foram selecionados materiais que poderiam ser reproduzidos facilmente utilizando placas de acrílico, MDF e EVA, com acabamento em papel *contact*, tinta *spray* e EVA. Dos selecionados, até o momento foram prototipados três materiais: uma tábua das formas geométricas, que auxilia na identificação das formas geométricas; uma tábua de cores, que trabalha a lógica por meio da movimentação de círculos coloridos a fim de estabelecer padrões de cores; e um mapa do Brasil, que trabalha os estados, as capitais e as regiões. A criação dos materiais passa por: definição dos insumos, modelagem das peças, fabricação e acabamento. Com relação aos materiais, utilizou-se até o momento o MDF cortado na máquina de corte a laser e o papel *contact* para colorir. Já a modelagem é feita em programas do tipo CAD. Ao final da prototipação o material é testado e, se aprovado, é catalogado para que o projeto seja documentado e disponibilizado gratuitamente em repositórios de projetos. Assim, de forma democrática, qualquer pessoa com acesso às tecnologias de fabricação digital pode fabricá-los a preços inferiores aos praticados comercialmente.

Palavras-chave: Material pedagógico, Educação básica, Fabricação digital, Corte a laser, Impressão 3D.

INTRODUÇÃO

O IdeaLab é o Laboratório de Fabricação Digital (Fablab) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) *Campus* Farroupilha. Segundo Alvarado *et al.* (2009), a fabricação digital, também chamada de manufatura digital ou prototipagem rápida, contempla uma série de recursos tecnológicos que envolvem a fabricação de objetos físicos a partir de modelos computacionais. Para ser um Fablab é

¹ Graduanda do curso de Licenciatura em Pedagogia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul *Campus* Farroupilha, asarademello@gmail.com;

² Professor orientador: Doutor, área de Eletrotécnica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul *Campus* Farroupilha, rafael.correa@farroupilha.ifrs.edu.br.

preciso ter, no mínimo, os seguintes equipamentos: impressoras 3D, cortadora a laser, cortadora de vinil e CNC de precisão. O IdeaLab possui todos estes equipamentos, ferramentas para trabalhos manuais e também uma bancada completa para trabalhos com eletrônica analógica e digital, incluindo componentes eletroeletrônicos, kits de robótica e placas eletrônicas para desenvolvimento. Assim, um FabLab é um lugar para brincar, criar, ensinar e inventar, que pode ser usado para aprender e para inovar (FABLABS.IO, 2024).

O IdeaLab trabalha difundindo a cultura *maker* no *Campus* e na região da Serra Gaúcha. Esta cultura é um conjunto de ferramentas e comportamentos que possibilitam que qualquer indivíduo possa desenvolver seus próprios produtos e soluções utilizando o faça-você-mesmo, no estilo mão-na-massa, e as ferramentas adequadas. O laboratório é um espaço de criação que parte da educação e que utiliza como base os conceitos de aprender, fazer e compartilhar (HATCH, 2013).

A partir de conversas com docentes do *Campus* e com a comunidade do curso de Licenciatura em Pedagogia, observou-se a oportunidade de criar ou adaptar materiais pedagógicos concretos utilizando as máquinas e ferramentas disponíveis no laboratório, principalmente a cortadora a laser, que tem a capacidade de cortar chapas plásticas e de madeira com alta velocidade, bom acabamento, e que pela natureza desses materiais torna o produto final de baixo custo se comparado a materiais pedagógicos que são comercializados em lojas físicas ou virtuais. Um

A fabricação digital permite, também, um alto nível de personalização nos produtos finais. Isso é possível através das ferramentas de desenho no computador (CAD) e de alguns processos de acabamento pré e pós-operação das máquinas. Por exemplo, é possível inserir textos e fazer gravações superficiais nos materiais, ou colori-los utilizando papel *contact* ou tinta *spray*. Assim, a criatividade, o capricho e o domínio nos processos de fabricação são muito importantes para a obtenção de materiais de qualidade.

A produção de materiais pedagógicos adaptados, ou não, para pessoas com deficiência não é uma novidade. O próprio IFRS é uma das instituições de referência no Brasil na produção de materiais acessíveis a pessoas com deficiência, trabalho este conduzido pelo Centro de Tecnologia Assistiva (CTA) do IFRS. Em CTA (2024) é possível encontrar uma série desses produtos, que são distribuídos à Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica – o site possui uma descrição do material, um tutorial de fabricação e montagem e o arquivo digital em formato próprio para permitir que qualquer pessoa o reproduza, basta ter acesso às máquinas e ferramentas de fabricação digital, quando for o caso. Em Souza *et al.*

(2020) foi compilado uma série de materiais pedagógicos acessíveis produzidos no IFRS nas áreas de Biologia, Química, Matemática, História, Geografia, Programação, entre outros, voltados para o ensino médio.

Outras publicações nacionais de relevância neste tema no contexto da fabricação digital seguem abaixo:

- Onisaki e Vieira (2019) desenvolveram em impressão 3D produtos educacionais voltados para os conteúdos de ciências, artes, além de um avião, um robô e um drone;
- Pires *et al.* (2023) produziram materiais didáticos manipuláveis para escolas de ensino fundamental a partir de sobras de MDF;
- Logsdon *et al.* (2022) desenvolveram modelos físicos e digitais em impressão 3D de edificações e sistemas construtivos para utilização como recurso didático em disciplinas de um curso superior de tecnologia em Controle de Obras.

Neste artigo é mostrado o processo de desenvolvimento e de produção de três materiais de apoio pedagógico concretos utilizando tecnologias de fabricação digital. As premissas são as seguintes:

- O custo inferior a materiais semelhantes disponíveis no mercado;
- O bom acabamento, para garantir sua durabilidade e o interesse das crianças e jovens que o utilizarão do ponto de vista estético;
- A disponibilização de todo projeto (arquivos para corte a laser e/ou impressão 3D, tutorial de montagem e fabricação *etc.*) de forma gratuita em repositório da internet.

METODOLOGIA

As etapas de criação de cada material consistem em: ideação, definição dos insumos, modelagem do produto, fabricação, acabamento e documentação. A seguir essas etapas serão abordadas com detalhes.

O processo de ideação é a etapa onde os materiais são pensados, pesquisados e definidos. Neste artigo, tratamos especificamente de três materiais concretos que foram inspirados em materiais já existentes e que foram encontrados na internet em pesquisa de imagens ou à venda em lojas virtuais. A partir dessa pesquisa, decidiu-se quais alterações e melhorias seriam feitas em relação aos modelos já existentes e um esboço final dos produtos foi elaborado na forma de rascunho, contendo informações como público-alvo, cores necessárias, dimensões esperadas, processos de fabricação envolvidos, entre outros. Fatores

como ergonomia, público-alvo, usabilidade, repetibilidade e outros são fortemente considerados neste processo.

A etapa de definição dos insumos consiste na listagem dos materiais mais adequados para a confecção dos materiais pedagógicos. A partir do esboço feito na etapa anterior e da experiência da equipe do IdeaLab, pode-se tomar decisões como:

- A confecção dos materiais em MDF, EVA, acrílico, papelão, tipo de filamento para impressora 3D, entre outros materiais, considerando as formas e texturas esperadas.
- A coloração dos materiais com tinta (aplicação em *spray* ou pincel), com papel *contact* colado sobre a superfície ou com verniz para madeira, no caso de MDF, e a cor de filamento para impressora 3D, considerando o acabamento esperado.

Para a modelagem digital dos materiais o programa Solidworks foi utilizado. Este permite o modelamento paramétrico em 3D de objetos e a exportação dos arquivos em formato próprio para corte a laser (extensão dxf) ou impressão 3D (extensão stl). A figura 1 ilustra uma tela do Solidworks tomada durante a modelagem da tábua de sequência de cores.

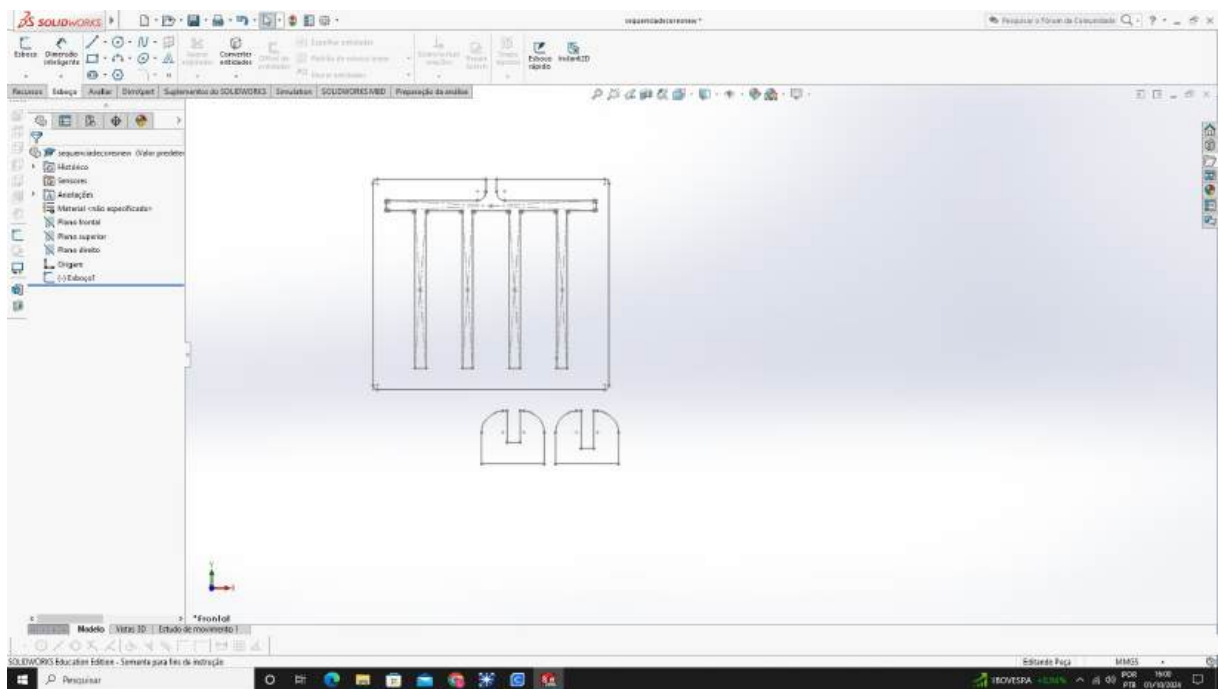


Figura 1 – Tela do programa Solidworks tomada durante a modelagem de um material.

Na fabricação dos três materiais apresentados neste artigo foi utilizada somente a cortadora a laser, embora muitos materiais já tenham sido criado em impressão 3D no laboratório. Neste caso, os arquivos de extensão dxf exportados do Solidworks foram

carregados no software Lasercut que por sua vez permite a programação do corte: definição de área a ser cortada, área a ser gravada, potência e velocidade. Estes dois últimos parâmetros definem a espessura de insumo que poderá ser utilizado (MDF de 3 mm ou 6 mm de espessura, por exemplo) e a velocidade com que as peças serão fabricadas. A figura 2 ilustra uma tela tomada do Lasercut durante a programação do corte da tábua de sequência de cores. Na parte direita da figura 2 é possível visualizar a cor preta definida para todo o contorno, mas é possível alterar contornos para outras cores, conforme a paleta de cores disponível na parte inferior da tela. Assim, é possível definir potências e velocidades diferentes para cada cor, o que implica em separar áreas de corte e áreas de gravação, por exemplo.

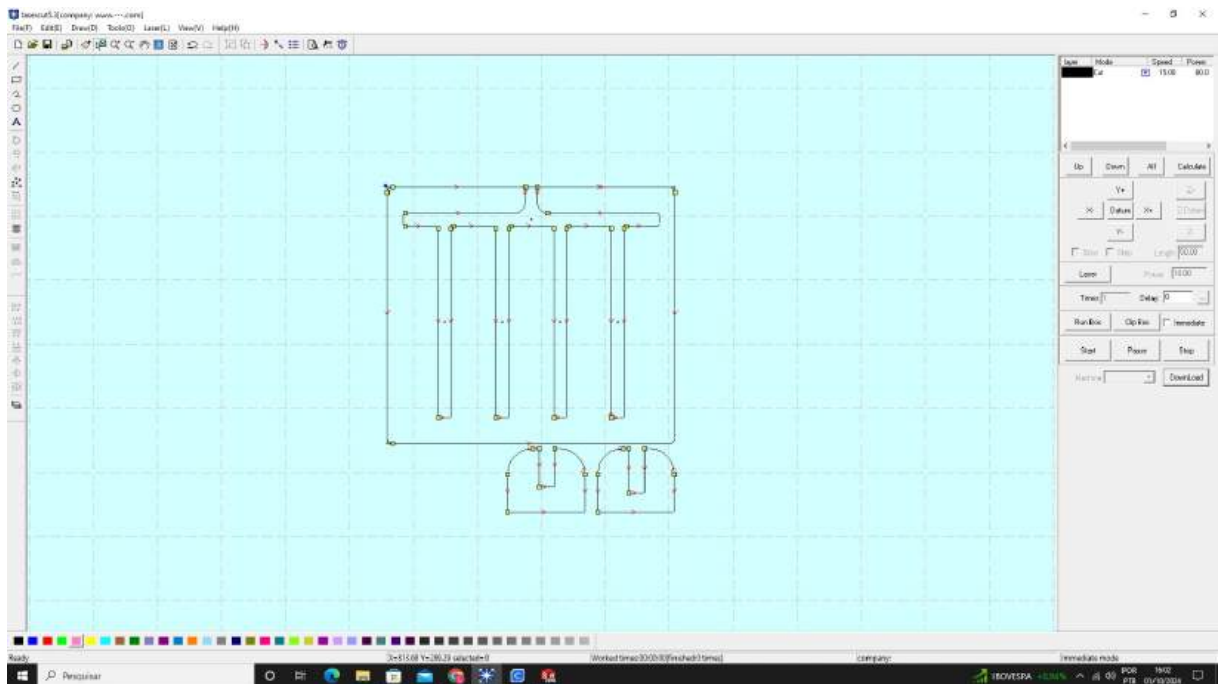


Figura 2 – Tela do programa Lasercut tomada durante a programação do corte de um material.

Após o corte e gravação das partes é necessário remover os retalhos que sobraram das chapas de MDF e montar o material. Essa montagem depende de como o material foi modelado e vários fatores podem influenciar no processo. Por exemplo, a tábua de sequência de cores contém uma placa base, ou tábua, que permite o deslizamento de peças ao longo de um trilho. Para essa tábua ficar mais resistente, mais estável e assim não atrapalhar a brincadeira, duas peças idênticas feitas em MDF com espessura de 6 mm foram coladas uma na outra com cola instantânea, gerando uma tábua de 12 mm de espessura. Uma montagem é necessária também para as peças deslizantes, cada uma sendo composta por 5 partes.

A etapa de acabamento dos materiais consistiu na coloração dos materiais, no caso em que se optou por atribuir cores às peças. Quando a coloração natural do MDF foi a escolhida, apenas aplicou-se verniz para madeira com pincel a fim de evitar a penetração de umidade nas peças e prolongar a vida útil do material. No caso em que outras cores foram escolhidas, procura-se trabalhar com duas opções, a tinta spray de uso geral e o papel *contact*. Quando opta-se pela tinta *spray*, a pintura é realizada depois que as peças estão cortadas, às vezes antes, às vezes depois do material já estar montado, o que depende das características do projeto. Já no caso em que o papel *contact* é utilizado, a melhor prática para garantir o bom aspecto junto às bordas das peças é aplicar o adesivo antes de cortar e gravar o MDF. Aplicando antes, o MDF e o adesivo são cortados juntos e dificilmente se consegue remover o adesivo, mesmo após o uso recorrente das peças. Aplicando o adesivo depois do corte das peças é necessário cortar o excesso, o que produz rebarbas que facilitam a sua descolagem com o passar do tempo e do uso.

Finalmente, na etapa de documentação é feito o que segue:

- Elaboração de ficha catalográfica, afixada na caixa que guarda o material, que mostra o seu nome, a área do conhecimento abordada, a etapa escolar alvo, sugestões de uso, referências de inspiração, nome de quem fabricou e outras informações pertinentes, conforme o caso;
- Disponibilização de todo o projeto em repositórios virtuais gratuitos. A plataforma escolhida para disponibilizar o tutorial completo de fabricação dos materiais é o Instructables, que conforme o nome já indica, é um site próprio para que as pessoas prestem instruções para que outras reproduzam coisas. Cada material tem um tutorial detalhado dos insumos, programas e processos envolvidos, com linguagem acessível, possibilitando a reprodução e aperfeiçoamento dos materiais por qualquer pessoa. Licença do tipo Creative Commons é a utilizada. A plataforma só permite o uso de texto e imagens e o link de vídeos, então os arquivos digitais do projeto (modelos 3D, arquivos dxf e stl, conforme o caso) são disponibilizados na plataforma Github e referenciados no tutorial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados os três materiais produzidos até o momento.

A figura 3 mostra a tábua das formas geométricas. O material consiste em uma tábua-base com dimensões de 30 cm x 30 cm e espessura de 12 mm, enquanto as peças são formas geométricas inteiras ou fracionadas com espessura de 6 mm que se encaixam na tábua. Todo o material foi feito com chapas de MDF de 6 mm de espessura e a coloração se deu com papel *contact*. Note que o espaço para a inserção de um dedo foi pensado para facilitar a remoção das peças da tábua.

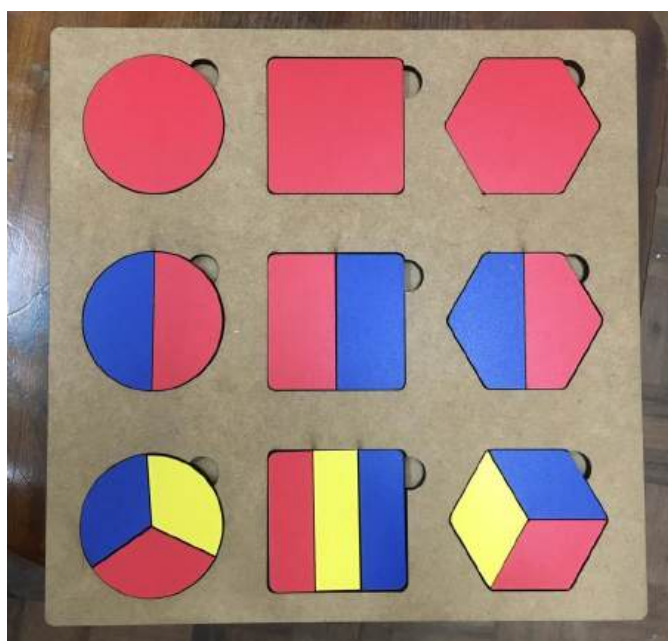


Figura 3 – Tábua das formas geométricas.

Este material pode ser destinado para a Educação Infantil para trabalhar as formas geométricas, como quebra-cabeça e para aprender as cores primárias. Embaixo das peças, na superfície da tábua, linhas foram gravadas indicando o gabarito para o encaixe das peças. Isso ajuda as crianças a reconhecerem padrões e a procederem com a montagem. Já no Ensino Fundamental os estudantes podem aprender sobre frações ou operações básicas (soma, subtração) em Matemática.

A figura 4 mostra o mapa do Brasil, material que foi produzido de forma semelhante ao anterior com o sistema de encaixe. A diferença é que aqui tanto a tábua quanto as peças possuem 12 mm de espessura, então cada peça fica 6 mm ressaltada da tábua, facilitando sua remoção e dando um efeito volumétrico. O material possui tamanho 50 cm x 50 cm. Optou-se por produzir um material com grande dimensão para não minimizar os textos, o que impediria o seu uso por pessoas com baixa visão, por exemplo.



Figura 4 – Mapa do Brasil.

Neste material as peças representam os 26 estados e o Distrito Federal. Conforme a legenda indica, cores diferentes foram atribuídas a cada região. Embaixo de cada peça, na superfície da tábua, gravou-se o nome da capital de cada estado.

A destinação principal deste material é a disciplina de Geografia. Já existe a demanda interna do *Campus* para a adaptação deste material para possibilitar o trabalho com estudantes com necessidades específicas, em especial cegos ou com baixa visão profunda. Estratégias como o uso de Braille e diferentes texturas estão sendo estudados.

Finalmente, na figura 5 é mostrada a tábua de sequência de cores. O material foi todo produzido em MDF em dimensões 25 cm x 25 cm e consiste basicamente em três partes: uma tábua para a movimentação das peças com 12 mm de espessura, dois pés que servem como sustentação da tábua e as peças móveis com formato circular. As partes móveis são construídas como um sanduíche, na sequência, com um círculo de MDF com espessura de 3 mm que serve como acabamento, um círculo de MDF com espessura de 6 mm com furo central passante e uma cavilha de madeira com aplicação moveleira que é encaixada no furo central do círculo de 6 mm. Do outro lado de cada parte móvel, para que estas não caiam fora da tábua, é repetida a configuração explicada anteriormente: um círculo de MDF 6 mm encaixado na extremidade da cavilha e um círculo de MDF 3 mm para acabamento. Neste material foi escolhida a pintura com tinta *spray*.

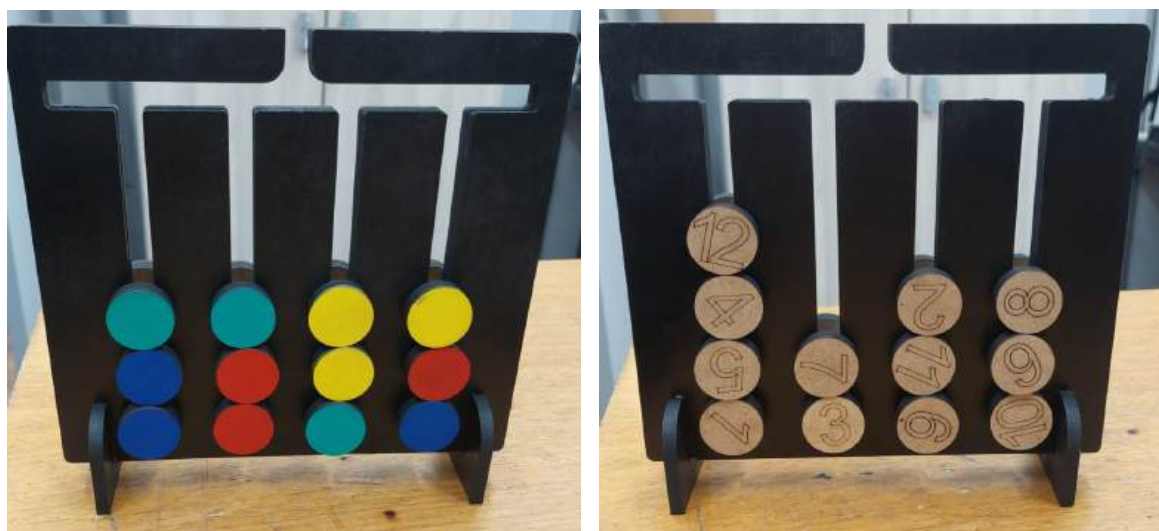


Figura 5 – Tábua de sequência de cores. a) Visão frontal; e b) Visão traseira.

Este material não tem nível de ensino próprio e é recomendado para uso a partir dos 3 anos de idade. É um jogo para trabalhar o raciocínio lógico, a compreensão de padrões e a velocidade motriz. Na figura 5a as peças móveis são agrupadas por cores, então o objetivo é colocar todas as peças de mesma cor na mesma coluna. Desafios ou metas podem ser lançados pelo professor, como a utilização da menor quantidade possível de movimentos para atingir o objetivo, ou como a impossibilidade de utilizar o prolongamento do trilho na parte superior esquerda e direita da tábua, que serve como facilitador do jogo.

Esse jogo foi inspirado em outros semelhantes, mas aqui propôs-se algo diferente. Aproveitando a simetria do material, na sua parte traseira utilizou-se um outro padrão para as peças móveis. Neste padrão o objetivo pode ser, como sugestão, o sequenciamento numérico crescente, com orientação de baixo para cima, com no máximo três peças por coluna. Assim, a primeira coluna teria os números, na sequência de baixo para cima, 1, 2 e 3, e assim por diante. Além disso, na parte superior central da tábua é possível observar um caminho no trilho onde é possível remover as peças móveis. Como é fácil montar um novo conjunto de peças móveis, o professor pode criar outros padrões (para isto basta utilizar adesivos, por exemplo) e encaixá-los na tábua. Como sugestão, pode-se utilizar diferentes classes de animais, criando o grupo de mamíferos, répteis, aves e anfíbios. Note que não há a limitação de apenas doze peças, pois há espaço suficiente para o uso de até quatro peças por coluna, ficando a quinta casa livre para movimentos provindos de peças de outras colunas.

Para estimar o custo envolvido na produção desses materiais, considerou-se somente o material necessário. Como o objetivo é disponibilizar todo o projeto para que outras pessoas

possam fabricar os materiais em um Fablab de sua região, o único custo envolvido é o dos materiais, pois no dia aberto (requisito para ser um Fablab) qualquer pessoa pode utilizar as máquinas gratuitamente. Assim, custos de maquinário e mão-de-obra não são computados. Dessa forma, estima-se que o custo dos materiais varie entre 25% e 40% em relação a materiais semelhantes disponíveis no mercado, com base em pesquisas feitas em lojas virtuais, dependendo da qualidade do acabamento e dos insumos utilizados.

É importante destacar que os materiais ainda não foram testados por crianças e jovens do público-alvo, apenas pela equipe do laboratório. O resultado foi considerado muito satisfatório em termos de qualidade de acabamento, usabilidade e de facilidade de montagem. Fora o processo de aplicação de tinta *spray*, que exige certa experiência para não comprometer na qualidade do acabamento, a montagem geral das partes pode ser feita com cola instantânea, que é fácil de aplicar e pode ser encontrada em qualquer supermercado ou loja de material de escritório.

Os materiais, ao final do projeto, serão encaminhados para a brinquedoteca do Campus para serem utilizados por outros estudantes de Pedagogia com alunos de nível fundamental do município de Farroupilha. Atualmente o projeto está na fase de refinamento dos materiais produzidos até então e na respectiva documentação, conforme explicado na metodologia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou o resultado de três materiais pedagógicos concretos produzidos utilizando tecnologias de fabricação digital, em especial a cortadora a laser, para processar materiais como o MDF. Primou-se pelo baixo custo, pela estética e pela facilidade na fabricação e na reprodução.

Com relação ao custo, estimou-se uma redução de até 75% em relação a materiais semelhantes disponíveis no mercado.

Pinturas em tinta *spray* e papel *contact* foram utilizados e o acabamento foi considerado satisfatório, não perdendo qualidade mesmo após o uso.

Com relação à facilidade na fabricação, procurou-se minimizar os processos, principalmente os de montagem das partes. Apenas o encaixe das cavilhas nas peças de MDF com furo central passante, conforme relatado na tábua de sequência de cores, pode exigir um martelo de borracha ou ferramenta específica. O resto envolve apenas o encaixe de peças e colagem com cola instantânea.

Finalmente, com relação à reprodução desses materiais, atualmente está sendo trabalhado na disponibilização gratuita em repositórios da internet de toda a documentação do projeto – tutorial de confecção detalhado e arquivos digitais dos modelos 2D e 3D. Dessa forma, democratiza-se o acesso a esses materiais, que poderão ser baixados, fabricados e adaptados livremente por educadores que tenham acesso a um Fablab ou um prestador de serviços equivalente em sua região.

Como trabalhos futuros, sugere-se a adaptação dos materiais para atender a necessidades pontuais, como o ensino de pessoas com deficiência ou com necessidades específicas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro ao projeto prestado por meio dos Editais PROEX/IFRS nº 30/2023 e CFAR/IFRS nº 04/2024 e aos demais membros da equipe do IdeaLab pelo auxílio nas atividades cotidianas e referentes a este trabalho.

REFERÊNCIAS

ALVARADO, R. G.; *et al.* **Emociones precisas: fabricación digital en la enseñanza de la arquitectura.** *Arquiteturarevista*, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 122-136, 2009. Disponível em: <http://revistas.unisinos.br/index.php/arquitetura/article/view/4810/2071>. Acesso em: 27 out. 2024.

CTA. Centro Tecnológico de Acessibilidade do IFRS. **Nossos recursos de TA.** 2024. Disponível em: <https://cta.ifrs.edu.br/category/tecnologia-assistiva/nossos-recursos-de-ta/>. Acesso em: 27 out. 2024.

FABLABS.IO. Disponível em: <https://www.fablabs.io/>. Acesso em: 27 out 2024.

LOGSDON, L. *et al.* **Modelagem e fabricação digital de recursos didáticos: uma proposta para qualificar o ensino de representação gráfica do curso de tecnologia em controle de obras do IFMT.** 2022. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/230512989.pdf>. Acesso em: 27 out. 2024.

HATCH, M.. *The Maker Movement Manifest: Rules for Innovation in the New World of Crafters, Hackers, and Tinkerers.* **McGraw-Hill**, 2013.

ONISAKI, H. H. C.; VIEIRA, R. M. de B.. **Impressão 3D e o desenvolvimento de produtos educacionais.** *Educitec*, v. 5, n. 10, p. 128-137, mar. 2019. Disponível em:



<https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/download/638/262/2330>.

Acesso em: 27 out. 2024.

SONZA, A. P. *et al.* (org). Conexões Assistivas: tecnologias assistivas e materiais didáticos acessíveis. 1 ed. Erechim, RS: **Graffoluz Editora**, 2020.

PIRES, J. C. P. *et al.*. **Produção de materiais didáticos manipuláveis a partir de sobras de matéria-prima de fabricação digital**. SDS 2023 – IX Simpósio de Design Sustentável, UFSC, Florianópolis, p. 803-814, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/253610/803-814.pdf>. Acesso em: 27 out. 2024.