

Impressão 3D na produção de recursos didáticos inclusivos para o ensino de geografia

3D printing in the production of inclusive didactic resources for teaching geography

Diego Alves Ribeiro¹

Eloiza Cristiane Torres²

Resumo

O seguinte trabalho apresenta os resultados da dissertação de mestrado em Geografia defendida no Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGEO/UEL. Por meio de uma abordagem qualitativa, teve como objetivo aprofundar a discussão sobre o uso da impressão 3D e do *QR Code* na produção de recursos didáticos para aulas de Geografia, pensados para estudantes com ou sem deficiência visual, utilizando os conceitos da Cartografia Tátil e Desenho Universal para a Aprendizagem para elaborar uma coleção de maquetes topográficas, além de avaliar a competência das maquetes desenvolvidas na transmissão das informações propostas. Seguindo a metodologia de Design-Based-Research, que visa a construção de um protótipo e sua constante reformulação baseada em avaliações, o trabalho teve contato com estudantes e professores, por meio de questionários semiestruturados, avaliando os materiais e metodologias desenvolvidas. Com o avanço da tecnologia de impressão 3D e *QR Code*, novas possibilidades se abrem e é possível inferir que esses novos materiais podem contribuir de maneira significativa para o ensino de Geografia e já têm revolucionado diversos segmentos da sociedade e as escolas não se encontram distante desta realidade, já que agora possuem a capacidade de se tornarem “pequenas fábricas” de recursos didáticos adaptados para seus diferentes contextos.

Palavras-Chave: Inclusão; Maquetes de Relevo; Cartografia Tátil; Manufatura Aditiva; Design-Based Research.

Abstract

The following work presents the results of a master's dissertation in Geography defended in the Graduate Program in Geography (PPGEO/UEL). Through a qualitative approach, the aim was to deepen the discussion about the use of 3D printing and QR codes in the production of didactic resources for Geography classes, designed for students with or without visual impairments. The study utilized concepts from Tactile Cartography and Universal Design for Learning to create a

1 Mestre em Geografia, Universidade Estadual de Londrina. diego.alves.ribeiro@uel.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8061-6408>

2 Professora Doutora Associada, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Londrina. elotorres@uel.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-470X>

collection of topographic models (maquettes) and evaluate their effectiveness in conveying proposed information. Following the Design-Based Research methodology, which focuses on prototyping and continuous refinement based on evaluations, the work involved interactions with students and teachers through semi-structured questionnaires to assess the developed materials and methodologies. With advancements in 3D printing technology and QR codes, new possibilities emerge, and it can be inferred that these innovative materials can significantly contribute to Geography education. Schools are not far from this reality, as they now have the capacity to become 'small factories' of adapted educational resources for various contexts.

Keywords: Inclusion; Relief models; Tactile Cartography; Additive Manufacturing; Design-Based Research.

Introdução

Ao longo da história, a humanidade vem reconhecendo a necessidade da discussão e implementação de propostas de acessibilidade, dando condição para a promoção da inclusão. Para López (2012) o conceito de inclusão, em âmbito escolar, sugere o desenvolvimento de processos e práticas que procuram proporcionar a alunos com deficiências uma educação tão comum quanto possível, evitando a sua segregação. Para Fonseca e Torres (2012), quando tratamos de educação inclusiva, temos que as diferenças humanas são vistas como normais e em harmonia com a aprendizagem, sendo preciso que o processo de ensino-aprendizagem se adeque às dificuldades da criança e não o contrário.

Baseando na premissa de inclusão, esse trabalho desenvolveu, confeccionou e testou uma coleção de maquetes topográficas interativas, táteis e sonoras, por meio da impressão 3D e do *QR Code*, com o objetivo de serem utilizadas como recursos didáticos inclusivos em aulas de Geografia, avaliando sua competência com alunos videntes³ ou com deficiência visual. Os recursos didáticos produzidos no trabalho foram pensados para serem levados prontos para a sala de aula, sem a participação direta dos estudantes em sua produção.

Segundo os dados do Censo Escolar, realizado pelo INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira) em 2023, cerca de 2 milhões de alunos com deficiência, altas habilidades e transtornos globais do desenvolvimento estão matriculados em escolas da rede

³ Para este trabalho foi considerado o termo "vidente" para as pessoas que não possuem deficiência visual.

pública e privada de ensino, desses 95% estão incluídos em salas comuns (Brasil, 2024), tais dados trazem à tona a necessidade de se repensar o ensino de forma que a educação destes alunos aconteça, bem como sua interação com o espaço escolar.

Silva e Lazzarin (2017) afirmam que o desenvolvimento de novas estratégias que incluam a pessoa com deficiência de maneira diferenciada é necessário, assim, trabalhando com alunos com deficiência visual e videntes. Para Carmo e Sena (2009), um dos grandes desafios com relação à deficiência é a busca das melhores estratégias para que crianças, jovens e adultos aprendam as diferentes matérias dentro de sua formação educacional para facilitar e apoiar sua posterior inserção na sociedade.

De acordo com Masini (1993), o problema está no processo de ensino-aprendizagem, em que se utiliza sobremaneira a visão em relação aos outros sentidos. Segundo Jordão (2015), os recursos disponíveis para o ensino de alunos com deficiência visual não são tão facilmente encontrados nas escolas, ou não são utilizados de forma regular, o que contribui para um baixo rendimento escolar desses alunos.

A inserção de alunos com necessidades especiais na escola precisa ser vista não apenas como um processo de inclusão, mas de uma mudança de comportamento, proporcionando a sua participação nas atividades escolares, criando um ambiente que amenize as discriminações e as diferenças impostas pela sociedade, para isso é necessária uma adaptação física e pedagógica para garantir as condições de aprendizagem e autonomia desses alunos, por meio de recursos didáticos adaptados e metodologias inclusivas.

Ainda segundo os dados do Censo Escolar de 2023, do total de matrículas de estudantes com necessidades especiais, 86.867 são alunos com baixa visão e 7.321 são alunos com cegueira (Brasil, 2024).

No ensino de Geografia, são necessárias adaptações no método de ensino da área para que o conhecimento seja apresentado e assimilado pelo aluno com deficiência visual, já que é uma ciência que tem a análise visual como principal método para identificação, relação e percepção dos fenômenos estudados.

Estima-se que recebemos grande parte das informações que nos cercam, segundo Carmo (2009), por meio da visão e para pessoas com deficiência visual os demais sentidos são de extrema importância para sua interação com o mundo. Nesse contexto, surge a Cartografia Tátil, que segundo Sena e Carmo (2022), é uma área específica da Cartografia que se dedica à produção de representações cartográficas adaptadas às necessidades específicas de pessoas com deficiência visual. De acordo com Nascimento (2009) tanto o uso dos mapas quanto o uso das maquetes táteis possibilitam apresentar um mundo novo para o deficiente visual, já que a representação tridimensional pode auxiliar as representações bidimensionais dos mapas, onde as maquetes aproximam a tridimensionalidade da realidade.

Com a crescente evolução das TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação) e TDIC (Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação) associadas à educação vêm causando uma série de transformações nas concepções e práticas de ensino, o que implica em novos desafios e possibilidades para a prática docente. Nesse contexto, encontra-se a oportunidade de uma expansão da produção e possibilidades de recursos didáticos para o ensino inclusivo, pois para Santos e Reis (2015), com o planejamento de ações que envolvam o uso pedagógico das TIC e TDIC, as limitações dos alunos com necessidades especiais podem ser reduzidas e/ou superadas.

As tecnologias utilizadas na elaboração dos recursos didáticos deste trabalho foram a impressão 3D e o *QR Code*, ambas sendo tecnologias que ganham cada vez mais espaço e destaque, no meio doméstico, comercial e escolar.

A impressão 3D, segundo Morandini e Del Vechio (2020), é uma tecnologia capaz de conceber objetos físicos, tendo por base as dimensões de altura, largura e profundidade de um modelo digital fornecido por um aplicativo de computador. Na educação, a impressão 3D vem sendo empregada como uma ferramenta capaz de potencializar o processo de ensino. As impressoras 3D, que tem se tornado rapidamente uma opção acessível para produção de objetos físicos.

O *QR Code*, para Ramsden (2008), é um tipo de código que armazena diferentes informações, sendo uma forma de se ligar o mundo físico ao virtual, podendo ser aplicados na

confeção e no uso do recurso didático, como forma de dinamizar o recurso construído, deixá-lo mais atraente para os alunos e aumentar a quantidade de informações armazenadas.

Esse trabalho classifica-se como uma pesquisa qualitativa aplicada e teve como base teórica-metodológica os fundamentos da Cartografia Tátil e o Desenho Universal para a Aprendizagem, alinhados com a metodologia de Design-Based Research (DBR) ou Pesquisa de Desenvolvimento, que segundo Matta, Silva e Boaventura (2014), possui intuito a construção de um protótipo, por meio de um processo reflexivo e avaliativo, assim como a constante reformulação do mesmo, na tentativa de melhorar sua eficácia.

A metodologia DBR não se apoia em uma única teoria. Muito pelo contrário, ela pode adotar vários elementos de várias teorias de modo a eleger os princípios de design que irão nortear toda produção, implementação e avaliação. Por outro lado, o processo de design deve também ser subsidiado por informações de natureza mais concreta e real, ou seja, de natureza prática, pois se espera que o produto final seja o mais adequado possível a uma dada realidade. Isso significa que usando a DBR para se desenvolver algum produto, aprende-se sobre o processo e produz-se, assim, conhecimento. A análise sobre o processo e sobre a implementação deve gerar conhecimentos que serão usados num design posterior (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017, p.4).

Pela necessidade de se apresentar e testar os recursos didáticos com professores, estudantes com deficiência visual e videntes, foi escolhido trabalhar com amostra não probabilística de bola de neve⁴, utilizando cadeias de referências para se construir a amostra. O ciclo de avaliação e reavaliação se deu por meio da aplicação de entrevistas semiestruturadas com voluntários após a utilização dos recursos produzidos. O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina.

Ensino de Geografia e Inclusão

⁴ Para Vinuto (2014), a amostragem em bola de neve não probabilística é uma técnica onde os indivíduos selecionados para participarem da pesquisa convidam novos participantes da sua rede de amigos e conhecidos, utilizando cadeias de referências.

O ensino da Geografia deve prever a construção da cidadania. Deve conter em si a reflexão constante de uma consciência construída sobre o ambiente vivido. Segundo Percílio e Afonso (2007), faz-se necessário estudar instrumentos teórico-metodológicos que facilitem a compreensão deste espaço, considerando os elementos da Geografia Física e as paisagens a ela vinculadas.

Na educação existem inúmeros recursos didáticos que contribuem com o processo de ensino-aprendizagem. As maquetes são um tipo destes recursos que proporcionam atividades teórico-práticas e estimulam a aprendizagem. Segundo Simielli et. al. (1991), a maquete se apresenta como uma ótima forma de representação geográfica, pois aproxima conceitos abstratos ao concreto, tornando mais fácil o entendimento correlações entre espaço físico, as ações antrópicas e a própria dinâmica da paisagem, além dos conceitos cartográficos aplicados a um plano tridimensional.

Segundo Kunast (2014), o ensino fundamental, onde as crianças têm contato com os conteúdos da Geografia Física de forma mais intensa, as aulas expositivas ficam somente em explicações abstratas, aumentando a dificuldade de compreensão dos conteúdos. Logo, a introdução de maquetes permite diminuir a distância entre os elementos e estabelecer um melhor entendimento dos pontos, linhas, áreas, símbolos e signos, dando a eles tridimensionalidade e as diferentes perspectivas. A visualização e compreensão do espaço em três dimensões permite a introdução de diferentes informações, criando um meio termo entre o mundo real e o mapa abstrato, o que facilita o processo de interpretação de mapas e cartas topográficas.

Para Pissinati e Archela (2007), independente da proporção aplicada nas maquetes, é possível trabalhar conceitos como a lateralidade, pois a localização não tem alterações, uma vez que o elemento vizinho, no plano real, será o mesmo vizinho na representação. Os conceitos de projeções e proporcionalidade ficam mais claros a partir do momento que o aluno consegue entender que os objetos não se transformam quando observados por diferentes ângulos. Há ainda, segundo as autoras, a posição e a distância (perspectiva) entre alguns elementos do espaço com relação a outros, o que nos remete aos pontos de referência, além da escola e proporção.

A maquete como recurso didático, passa a ser um elemento na estruturação dos vários caminhos a serem percorridos no processo educativo, orientando o educando a assimilar criticamente o saber proporcionado pelo processo de escolarização em suas relações com o mundo (RIBEIRO, 2019, p. 14).

Segundo Carmo (2009), as maquetes que já são utilizadas nas aulas de Geografia são particularmente importantes quando se trata do processo de aprendizagem de alunos com deficiência visual, já que facilitam a compreensão de espaços que nem sempre são próximos ou acessíveis, além de que na maior parte das vezes, não podem ser tocados em sua totalidade na natureza.

Oliveira e Malanski (2008) destacam a maquete em sala de aula como prática inclusiva, pois além de proporcionar aos alunos videntes outras formas de percepção do espaço, o professor cria um ambiente que fornece aos alunos com deficiência visual ferramentas para que explorem e participem ativamente das atividades escolares.

Um dos aspectos importantes pensados ao longo da execução deste trabalho foi a inclusão de diversas ferramentas e estratégias que possibilitem a utilização do recurso pelo maior número de pessoas possível, como o braille⁵, letras ampliadas, contraste de cores e utilização de áudios para as legendas, baseando-se no conceito de Desenho Universal.

O conceito de Desenho Universal baseia-se no processo de criar os produtos que são acessíveis para todas as pessoas, independente de suas características individuais, tendo como objetivo evitar ambientes e produtos especiais apenas para as pessoas com deficiência, mas assegurar que todos possam utilizar com segurança e autonomia os diversos espaços e objetos. Segundo Carletto e Cambiaghi (2009), produtos e espaços pensados por meio do Desenho Universal apresentam sete princípios: igualitário, adaptável, óbvio, conhecido, seguro, sem esforço e abrangente.

A Tecnologia e a Educação

⁵ Para este trabalho, a palavra "braille" será grafada com dois "l", segundo recomendação da Comissão Brasileira do Braille (BRASIL, 2018)

Com as diversas mudanças ocorridas em nossa sociedade, principalmente o advento de novas tecnologias e o aprimoramento de um pensamento menos autoritário, os educadores e a escola de uma maneira geral estão sempre vivenciando um processo de transformação em todo o contexto escolar.

Como Soares e Santos (2013) afirmam, a integração ao mundo tecnológico, midiático e informacional impõe-se como uma exigência e ao mesmo tempo um direito daqueles que praticam a educação. Não é mais possível conceber uma educação que seja restrita a sala de aula e que ignore as possibilidades trazidas pela tecnologia que já se tornaram parte fundamental de nosso dia a dia, impondo, de acordo com Kenski (2015), novas formas e ritmos para se ensinar e aprender.

Não se trata sobre a implementação ou não, mas de como se implementar as TIC e TDIC, e de como se pensar o conteúdo com base nelas, já que segundo Côrtes (2009, p.18):

Atualmente, não podemos mais adiar o encontro com as tecnologias; passíveis de aproveitamento didático, uma vez que os alunos voluntários e entusiasticamente imersos nestes recursos – já falam outra língua, pois desenvolveram competências explicitadas para conviver com elas. (CÔRTEZ, 2009, p. 18).

Segundo Santos e Reis (2015) se utilizadas adequadamente como recursos pedagógicos, as TIC e TDIC podem auxiliar na superação das dificuldades encontradas pelos alunos e, conseqüentemente, promover a inclusão escolar.

Impressão 3D e o Ensino

A impressão 3D pode ser descrita como um sistema de impressão por manufatura aditiva. Esse processo, de acordo com Ford (2014), consiste em um conjunto de tecnologias emergentes que fabrica objetos tridimensionais a partir de um modelo digital, através da adição sucessiva (camada por camada) de materiais poliméricos (plásticos), cerâmicos ou metálicos.

O método Fused Deposition Modeling (FDM), ou modelagem por deposição de material fundido, utilizado neste trabalho, consiste na deposição de camadas ultrafinas de material termoplástico, em uma plataforma própria para sua construção. Ao entrar em contato com a plataforma, que se encontra em temperatura inferior ao material, o termoplástico é rapidamente endurecido, formando uma camada da peça a ser produzida.

A tecnologia de impressão tridimensional possibilitou ao ser humano desenvolver objetos sob medida, de alta ou baixa complexidade, sendo introduzida a diferentes níveis no meio industrial e doméstico, tornando possível que pessoas imprimam peças, maquetes e moldes em suas próprias casas e com um baixo custo de produção (SANTOS, SILVA, SZESZ JUNIOR, 2020, p. 2).

Para Slawkovsky (2012) a representação de objetos 3D não é privilégio dos tempos atuais, os educadores têm usado modelos tridimensionais elaborados com diferentes materiais por séculos, destacando que o objeto físico propicia o entendimento diferenciado do objeto virtual que dependendo da sua complexidade é quase impossível de ser abstraído.

Em articulação ao momento de popularização das impressoras 3D, nos deparamos com um cenário mundial marcado por vasta disponibilidade de conhecimentos nos meios digitais, principalmente pelas redes sociais (ONISAKI; VIEIRA, 2019, p. 129), facilitando o acesso ao conhecimento necessário para utilização de tal tecnologia por todos.

Devido à natureza personalizável da impressão 3D, é possível que sejam produzidos recursos que atendem as necessidades específicas de diferentes usuários. Para Pinzetta e Frosch (2019), o desenvolvimento de recurso adaptado em impressora 3D propicia experiências sensório-motoras importantes para o desenvolvimento dos sentidos remanescentes dos alunos com deficiência visual, sendo esta, uma ferramenta relevante para a construção do sistema de significação.

Metodologia

O material escolhido para a produção dos recursos didáticos foi o ácido polilático (PLA), tipicamente produzido a partir do milho ou de outros materiais renováveis semelhantes. O PLA é um material que por ser bastante flexível e elástico, vem substituindo alguns polímeros que tem em sua composição petróleo, o que fortalece a sua utilização nos dias atuais.

A seleção de quais formas de relevo e acidentes geográficos que foram produzidas para avaliação foi feita com base nos conteúdos de Geografia encontrados na Base Nacional Comum Curricular, com os escolhidos sendo: Arquipélago (Hawaii), Baía (São Martinho do Porto/Portugal), Cordilheira (Himalaia), Depressão (Mar Morto), Escarpa (Monte Roraima), Ilha (Sérfios/Grécia),

Istmo (Panamá), Montanha (Monte Fuji/Japão), Morro (Torrinha/SP), Península (Atos/Grécia), Planalto (Planalto das Guianas) e Planície (Paposos/Chile).

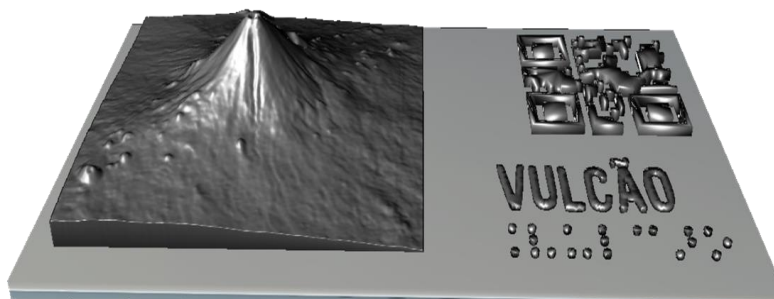
Os modelos tridimensionais de relevo foram elaborados utilizando o site Terrain2STL, que gera, de forma gratuita, online e automática, modelos 3D para a impressão com base em dados de elevação digital SRTM (Shuttle Radar Topography Mission).

Como o objetivo da coleção de maquetes não é a comparação direta entre as formas de relevo, cada modelo foi desenvolvido com parâmetros e escalas diferentes, buscando assim, uma visualização mais didática de cada um individualmente, mas novos modelos podem ser produzidos para comparações, utilizando a mesma metodologia.

A primeira versão do recurso didático (figura 1)⁶, desenhada no site TinkerCad, foi formada por uma placa de 17 centímetros de largura, 25 centímetros de comprimento e 1,5 milímetros de altura, com uma abertura para o encaixe do modelo de relevo no canto direito e, ao lado esquerdo, o *QR Code*, que leva a página da internet com a legenda expandida junto do nome em escrita gráfica e em braille.

Figura 1 - Primeira versão da placa e organização do recurso didático.

Descrição da figura: A figura apresenta o modelo tridimensional da primeira versão do recurso didático, sendo composta por uma placa retangular onde estão fixados os diferentes elementos do recurso, com a maquete de relevo está na esquerda e o *QR Code*, nome do relevo em escrita gráfica e em braille estão na direita.



Fonte: Elaborado pelos autores

A escrita em braille foi produzida a partir do site Text2Braille3d que gera modelos STL prontos de placas braille a partir de textos informados pelo usuário, sendo necessário apenas

⁶ A descrição de figuras em texto impresso, visando à acessibilidade, encontrada nessa pesquisa baseou-se nas recomendações de Fiorini e Manzini (2010).

estipular o tamanho da placa desejada em uma interface gráfica, seguindo os parâmetros encontrados na NBR 9050:2020.

Para as legendas expandidas, optou-se pela utilização do site *Multimedia QR Code*, com um fundo preto e letras brancas para criar um contraste forte, além da utilização de uma fonte grande, para facilitar a leitura por alunos com baixa visão. Também conta com uma imagem do elemento representado, exemplificando melhor para alunos videntes e uma legenda em forma de áudio, tornando o conteúdo acessível para alunos com deficiência visual.

Antes da impressão das placas, foram realizadas avaliações em diferentes tamanhos de modelos de relevo, para que as placas fossem impressas com a devida proporção do tamanho escolhido, poupando material e tempo de impressão.

Avaliações, Correções e (Re)avaliações

A avaliação inicial dos recursos didáticos foi realizada em dois momentos com voluntários, sendo a primeira com dois estudantes videntes do Ensino Médio e a segunda com um adulto com deficiência visual cursando em Ensino Superior. O objetivo das avaliações foi analisar se os modelos impressos conseguiam transmitir as informações pretendidas, neste caso, a forma do relevo. Além de descobrir se as texturas resultantes do processo de impressão são agradáveis ao toque. Foram entregues modelos de diferentes tamanhos (10cm², 12,5cm² e 15cm²) para verificar qual seria o tamanho ideal para o material.

Após uma breve explicação sobre os recursos, os dois alunos videntes conseguiram identificar quais eram as formas representadas sem dificuldade, além de apresentarem um aumento no interesse pela explicação enquanto manuseavam os modelos.

A aplicação com o voluntário com deficiência visual ocorreu com o apoio do CAP de Londrina/PR (Centro de Apoio Pedagógico para atendimento às pessoas com deficiência visual). Após uma breve explicação sobre os recursos didáticos e quais os objetivos esperados. Com o auxílio de uma descrição, foi possível para o voluntário identificar e distinguir cada um dos modelos impressos.

Em ambas avaliações, a textura dos materiais foi considerada agradável ao toque, em relação ao tamanho, os modelos com 10cm² foram considerados muito pequenos para a quantidade de detalhes presentes e os modelos com 15cm² apresentaram problemas para o manuseio, também foi levantado pelo voluntário com deficiência visual que as maquetes com 15cm² foram mais difíceis de se entender por ele não conseguir criar uma imagem mental de toda a peça com a facilidade que teve com as peças de 12,5cm², que se mostrou ideal para o manuseio.

Com o tamanho dos modelos escolhido, foi possível identificar que o primeiro modelo da placa não seria viável, por conta do tamanho da mesa de impressão e uma má distribuição dos elementos na própria placa. Sendo assim, um segundo modelo de placa foi desenhado (figura 2).

Figura 2 – Protótipo da segunda versão da placa tátil.

Descrição da figura: A figura apresenta a segunda versão da placa branca onde serão fixados os diferentes elementos do recurso, com um espaço para encaixar maquete de relevo está na parte superior e o QR, nome do relevo em escrita gráfica e em braille estão na parte inferior em preto.



Fonte: Acervo dos autores

A segunda versão da placa foi modelada com 15 centímetros de largura, 18 centímetros de comprimento e 2,8 milímetros de altura, com os cantos arredondados para evitar acidentes, pensado para ser impresso em duas cores, criando um contraste que facilitasse a leitura, além de dispensar a pintura posterior da placa buscando destacar o *QR Code*.

A segunda versão da placa foi avaliada pelas funcionárias do CAP de Londrina/PR, com o foco na legibilidade da escrita em braille criada pela impressora 3D e o contraste da escrita gráfica. A textura, tamanho e rigidez da placa foram consideradas adequadas, porém, apesar de ser legível, a escrita em braille possuía uma textura grosseira, devido a forma com que as camadas de plástico foram depositadas durante a impressão, também foi sugerido que bordas pretas fossem adicionadas ao redor da placa e no limite dos modelos, para facilitar a compreensão por parte de alunos com baixa visão.

Para solucionar o problema da resolução e qualidade de impressão dos pontos braille e do *QR Code*, além de adicionar as bordas para melhor contraste, foi desenhada uma terceira versão da placa (figura 3), agora com a parte branca tendo encaixes também para o braille e o *QR Code*, com 15 centímetros de largura, 20 centímetros de comprimento e 2,8 milímetros de altura.

Figura 3 - Protótipo da terceira versão da placa com as partes desencaixadas (esquerda) e encaixadas (direita).

Descrição da figura: A figura apresenta a terceira versão da placa e maquete tátil, a placa com as partes (*QR Code*, maquete e braille) desencaixadas a esquerda e a placa com as partes encaixadas. O recurso é formado por uma placa branca com bordas arredondadas e margens pretas, com um *QR Code* e nome da forma de relevo gráfico em preto, o braille e maquete foram feitos em branco.



Fonte: Elaborado pelos autores

Com o *QR Code* e o braille podendo ser impressos separados, foi possível reduzir a chance de erro ao longo da impressão pela quantidade de pequenos detalhes e possibilitar que a escrita

em braille seja impressa de forma vertical, aumentando a quantidade de camadas que formam os pontos e, por consequência, aumentando a resolução da peça.

Por fim, as maquetes foram pintadas utilizando pinceis e tintas acrílicas, afim de reproduzir com fidelidade os elementos representados, buscando tornar o material mais atrativo e didático, tanto para alunos videntes quanto para os com baixa visão (figura 4).

Figura 4 - Recursos didáticos com a placa em sua terceira versão e os modelos pintados.

Descrição da figura: A figura apresenta as doze placas com maquetes táteis produzidas na pesquisa por meio da impressão 3D. Na primeira linha, da esquerda para direita: Escarpa, Planície, Península e Montanha. Na segunda linha, da esquerda para direita: Istmo, Baía, Depressão e Arquipélago. Na terceira linha, da esquerda para direita, Ilha, Morro, Cordilheira.



Fonte: Elaborado pelos autores

A avaliação da terceira versão da placa, agora com os modelos pintados, ocorreu com um grupo de oito adultos com deficiência visual que estavam no processo de alfabetização em braille, com o apoio da Secretaria de Direitos da Pessoa com Deficiência de Avaré/SP e o projeto “Redescobrimo um novo olhar”. O grupo possui uma faixa etária que varia de trinta até setenta e

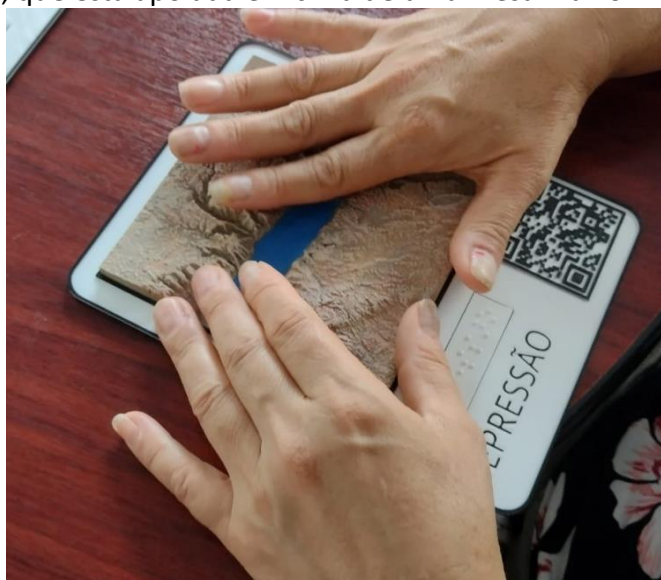
três anos, com diferentes tipos de deficiência visual, com variados graus de visão residual e diferentes níveis de escolaridade.

Por se tratar de um grupo heterogêneo, as respostas em relação ao contato anterior com *QR Code* foi variada, com a maioria não tendo utilizado a tecnologia. Todos já haviam tido contato com recursos didáticos adaptados depois de adultos, no projeto da Secretaria, mas não quando em idade escolar. O uso do celular diariamente foi unânime, pois os aparelhos são utilizados com aplicativos de acessibilidade em situações do cotidiano e pedagógicas. Apenas dois dos avaliadores já haviam tido contato com a impressão 3D, mas nenhum em âmbito pedagógico.

A avaliação se iniciou com uma explicação sobre os materiais e os objetivos pretendidos, em seguida, os avaliadores puderam manusear todos os modelos. Após o primeiro contato, foi feita uma explicação sobre cada uma das formas de relevo, onde os modelos foram passados individualmente, ilustrando o conteúdo explicado (figura 5).

Figura 5 - Avaliação do modelo de uma depressão por uma avaliadora adulta com deficiência visual.

Descrição da figura: A figura apresenta as duas mãos de uma mulher tocando a maquete da Depressão, que está apoiada em cima de uma mesa marrom de madeira.



Fonte: Elaborado pelos autores

Os avaliadores com baixa visão possuíam aparelhos celulares e foram capazes de escanear e acessar as legendas expandidas nos *QR Codes* de forma autônoma, compartilhando as informações com os colegas que não conseguiam. A descrição em áudio obteve uma resposta

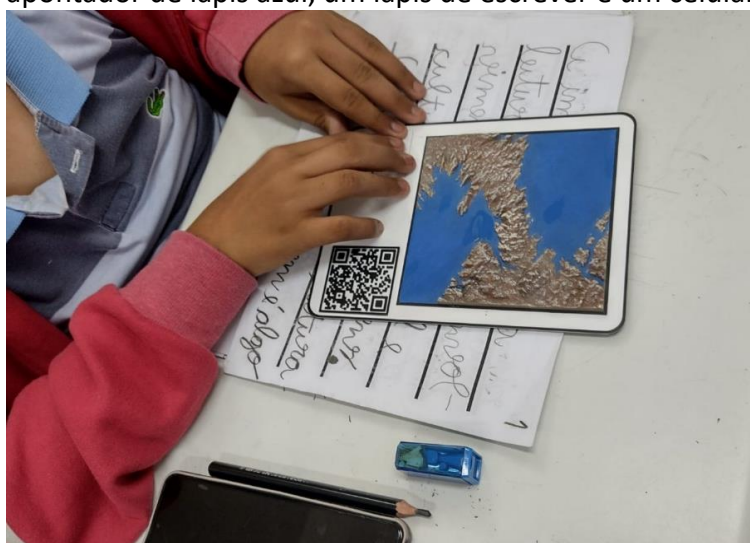
positiva por todos os avaliadores e as letras brancas apresentaram um contraste que facilitou a leitura.

Em seguida, os recursos didáticos foram avaliados por um professor de Geografia e um aluno do Ensino Médio com baixa visão de uma escola pública.

O aluno com baixa visão se encontrava em fase de alfabetização em braille, já havia tido contato com recursos didáticos adaptados na escola, como mapas, globos e livros táteis, porém não havia tido contato com maquetes e apesar de já ter utilizado o celular em sala de aula para fins pedagógicos e achado a experiência útil, ainda não havia o usado com *QR Codes*. Ele já conhecia a tecnologia da impressão 3D, mas nunca tinha tido contato com nenhum objeto impresso (figura 6).

Figura 6 - Avaliação do recurso didático pelo aluno com baixa visão.

Descrição da figura: A figura apresenta uma criança vestindo uma camiseta polo listrada e um blusa de moletom no canto esquerdo da imagem, tocando a maquete com placa tátil do Istmo, que está em cima de um caderno ampliado para pessoas com baixa visão, ao lado de um apontador de lápis azul, um lápis de escrever e um celular.



Fonte: Elaborado pelos autores

Os recursos didáticos foram considerados agradáveis ao toque pelos dois avaliadores, com o relevo sendo bem perceptível e o contraste das cores destacado, não houveram dificuldades em relação ao uso. O aluno com baixa visão considerou os recursos com tamanho apropriado, mas o

professor apontou que o tamanho das maquetes era pequeno para se trabalhar com a sala toda de uma vez, acreditando que um tamanho maior seria o ideal para o uso coletivo.

A última avaliação foi realizada por um professor de Geografia e dois estudantes videntes de escola pública. Tanto o professor quanto os alunos já haviam tido contato com impressoras 3D em suas escolas, porém encontraram dificuldades em utilizá-las. Em relação aos recursos didáticos, o tamanho das placas e modelos, o relevo, o contraste, as cores e a legenda expendida se mostraram satisfatórios. Nesta última avaliação, os voluntários não encontraram problemas durante a utilização dos recursos.

Considerações finais

A busca por novas metodologias, materiais e recursos didáticos para promover abordagens inclusivas em sala de aula é um esforço contínuo, considerando que os desafios e as realidades dos alunos estão sempre evoluindo na nossa sociedade. É preciso que o trabalho de investigação, apoiando-se naqueles que vieram antes de nós, continue também em constante mudança.

Os recursos didáticos desenvolvidos neste estudo mostraram-se satisfatórios ao final de todo o ciclo de testes e ajustes, alcançando resultados positivos tanto com alunos com deficiência visual quanto com aqueles sem, facilitando uma maior interação em sala de aula durante sua utilização, cumprindo com o objetivos proposto pelo trabalho. Entretanto, com base nos testes e no feedback dos professores, observou-se que esses recursos funcionam melhor para aplicações individuais ou em pequenos grupos, devido ao seu tamanho reduzido. Seria benéfico desenvolver modelos em relevo maiores para permitir que os conceitos sejam apresentados para toda a turma simultaneamente. A produção de modelos ampliados complementaria os recursos gerados por esta pesquisa, representando uma possibilidade para futuros trabalhos e promovendo o desenvolvimento contínuo do tema. Em média, os recursos produzidos neste estudo custaram entre R\$ 10,00 e R\$ 15,00, um valor significativamente inferior ao que seria gasto na compra dos mesmos materiais prontos.

Escolas e educadores podem aproveitar essa tecnologia para fabricar materiais conforme suas demandas e necessidades, dentro de prazos reduzidos. No entanto, é essencial reconhecer que as impressoras 3D não são soluções universais para todos os desafios relacionados à produção de recursos didáticos, nem substituirão as técnicas tradicionais, que já estão bem estabelecidas e validadas.

Durante o estudo sobre o uso do *QR Code* para enriquecer a entrega de informações em recursos didáticos, observou-se que esta tecnologia está se tornando cada vez mais abrangente. Ela possibilita a inclusão de diversos tipos de informações, como vídeos e áudio, que não seriam viáveis de maneira convencional.

Espera-se que os resultados apresentados nessa pesquisa apontem para oportunidades mais democráticas de acesso e produção de recursos universais, abertos e replicáveis. Todos os modelos tridimensionais digitais produzidos ao longo dessa pesquisa foram disponibilizados (figura 7) sob a licença CC BY-NC-SA 4.0.

Figura 7 – *QR Code* para o acesso ao repositório com os modelos desenvolvidos no trabalho.
Descrição da figura: A figura representa um *QR Code*, formado por formas retangulares pretas em um fundo branco.



Fonte: Elaborado pelos autores

Referências

BRASIL. **Grafia Braille para a Língua Portuguesa**. Brasília-DF, 2018, 3ª edição. 95p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/docman/dezembro-2018-pdf/104041-anexo-grafia-braille-para-lingua-portuguesa/file>>. Acesso em 17 de abril de 2024.

_____. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Censo da Educação Básica 2023**: notas estatísticas. Brasília, DF: Inep, 2024.

CARLETTO, A. C.; CAMBIAGHI, S. S. **Desenho Universal**: um conceito para todos. 2009.

CARMO, W. R. **Cartografia tátil escolar: experiências com a construção de materiais didáticos e com a formação continuada de professores**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

_____; SENA, C. C. R. G. A Cartografia e a Inclusão de Pessoas com Deficiência Visual na Sala de Aula: construção e uso de mapas táteis no LEMADI DG - USP. In: **Anales del 12° Encuentro de Geógrafos de América Latina**. Montevideo: EasyPlanners, 2009. v. 1;

CORTÊS, H. A importância da tecnologia na formação de professores. **Revista Mundo Jovem**, Porto Alegre, n. 394, março de 2009, p.18;

FIORINI, M. L. S.; MANZINI, E. J. Procedimentos para descrição de figuras em texto impresso visando à acessibilidade para pessoas cegas: um estudo a partir de um livro de educação física adaptada. **Revista Educação em Questão** (UFRN. Impresso), v. 38, p. 164-183, 2010.

FORD, S. Additive manufacturing technology: Potential Implications for U.S. Manufacturing Competitiveness. **Journal of International Commerce & Economics**, p. 1-35, 2014;

FONSECA, R. L.; TORRES, E. C. Evidenciando o sistema de inclusão escolar por aqueles que vivem esse sistema. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 2, p. 27-43, 2012.

JORDÃO, B. G. F. **Cartografia tátil na educação básica: os cadernos de geografia e a inclusão de estudantes com deficiência visual na rede estadual de São Paulo**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015;

KENSKI, V. Educação e Internet no Brasil. **Cadernos Adenauer**. XVI. 133, 2015;

KNEUBIL, F. B.; PIETROCOLA, M. A pesquisa baseada em design: visão geral e contribuições para o ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 2, p. 1-16, 2017.

KUNAST, C. E. O uso de maquetes como metodologia de ensino em geografia: Relato de experiência no Colégio Estadual Adonis Morski. **XV Jornada do trabalho/UNICENTRO**. 2014.

LOPÉZ, J. L. Facilitadores de la inclusión. **Revista Educación Inclusiva**, 5(1), 175-187. 2012.

MASINI, E. A. F. S. A educação do portador de deficiência visual: as perspectivas do vidente e do não vidente. **Em Aberto**, Brasília, v.13, n.60, p.61-76, out-dez, 1993.

MATTA, A. E. R.; SILVA, F. P. S.; BOAVENTURA, E. Machado. Design-based research ou pesquisa de desenvolvimento: metodologia para pesquisa aplicada de inovação em educação do século XXI. **Revista da FAAEBA: Educação e Contemporaneidade** [online]. 2014, vol.23, n.42, pp.23-36. ISSN 0104-7043. <https://doi.org/10.2014/jul.dezv23n42003>.

MORANDINI, M. M; DEL VECHIO, G. H. Impressão 3d, tipos e possibilidades: Uma revisão De Suas características, Processos, Usos E Tendências. **Revista Interface Tecnológica**, vol. 17, nº 2, dezembro de 2020, p. 67-77;

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

OLIVEIRA, B. R. de; MALANSKI, L. M. O uso da maquete no ensino de geografia. **Extensão em foco**, Curitiba, n.2, p.181-189, jul./dez. 2008.

ONISAKI, H. H. C.; VIEIRA, R. M. B. Impressão 3D e o desenvolvimento de produtos educacionais. **REVISTA DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE ENSINO TECNOLÓGICO**, v. 5, p. 128-137, 2019.

PERCÍLIO, R. R.; AFONSO, A. E. Materiais e métodos de abordagem à Geografia Física no Ensino Médio. In: **Anais do IX Encontro Nacional de Prática de Ensino de Geografia**. Universidade Federal Fluminense, 2007.

PINZETTA, P.; FROSCHE, R. Produção maker de material pedagógico com impressora 3D para pessoas com deficiência visual. In: PEROVANO, L. P; MELO, D. C. F. (Org.). **Práticas Inclusivas: saberes, estratégias e recursos didáticos**. 1. ed. Campos dos Goytacazes - Rj: Brasil Multicultural, 2019.

PISSINATI, M. C.; ARCHELA, R. S. Fundamentos da alfabetização cartográfica no ensino de geografia. In: **Geografia**, v. 16, n. 1, 2007.

RAMSDEN, A. **The use of QR codes in Education: a getting started guide for academics**. Bath, U. K.: University of Bath. 2008;

RIBEIRO, D. A. **Uso de tecnologia em maquetes interativas como recurso inclusivo**. Trabalho de conclusão de curso. Curso de Geografia. UNESP/Campus de Ourinhos. Ourinhos/SP. Dezembro de 2019;

SANTOS, T. P.; REIS, M. B. F. Educando na diversidade: o uso das tecnologias e a inclusão escolar. In: XII Congresso Nacional de Educação (EDUCERE), 2015, Curitiba. **Anais do XII Congresso Nacional de Educação - EDUCERE**, 2015. v. 1. p. 5312-5326;

SANTOS, T. R.; SILVA, S. C. R.; SZESZ JUNIOR, A. O Uso De Impressora 3D Na Inclusão De Deficientes Visuais Na Educação Matemática. In: XXV Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR (SICITE), 2020, Toledo. **Anais do XXV Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR (SICITE)**, 2020.

SENA, C. C. R. G; CARMO, W. R. Cartografia inclusiva: o potencial dos mapas táteis no ensino de geografia. **DIÁLOGOS E PERSPECTIVAS EM EDUCAÇÃO ESPECIAL**, v. 9, p. 127-144, 2022.

SILVA, T. S; LAZZARIN, J. R. Matemática Inclusiva: Ensinando Matrizes a Deficientes Visuais. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 118-126, 2017;

SIMIELLI, M. H; et al. Do plano ao tridimensional: a maquete como recurso didático. **Boletim Paulista de Geografia**. 70: 5-21. 1991;

SOARES, C.; SANTOS, E. Artefatos tecnoculturais nos processos pedagógicos: usos e implicações para os currículos. In: LIBÂNEO, José Carlos; ALVES, Nilda (Orgs.). **Temas de pedagogia: diálogos entre currículo e didática**. São Paulo: Cortez, 2013;

VINUTO, Juliana. **A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto**. Tematicas, Campinas, SP, v. 22, n. 44, p. 203–220, 2014.