



## MODELOS TÁTEIS DE RELEVO NO ENSINO DE GEOMORFOLOGIA: TECNOLOGIAS 3D PARA UMA EDUCAÇÃO INCLUSIVA

Kaio Victor Nunes de Macedo <sup>1</sup>  
Anna Sabrina Vidal de Souza <sup>2</sup>  
Rubson Pinheiro Maia <sup>3</sup>  
Hudson Silva Rocha <sup>4</sup>  
Antônia Beatriz Ferreira Andrade <sup>5</sup>  
Pedro Edson Face Moura <sup>6</sup>  
Mariana Araújo de Barros <sup>7</sup>

### RESUMO

O ensino de Geomorfologia enfrenta desafios relacionados à representação e compreensão de formas de relevo por parte de estudantes, especialmente aqueles com necessidades educacionais especiais, como cegos e pessoas com baixa visão. Tradicionalmente, o ensino baseado em metodologias expositivas e excursões de campo limita a inclusão desses alunos. Nesse contexto, o presente trabalho aplicou tecnologias de modelagem digital e impressão tridimensional (3D) para criação de maquetes táteis de formas de relevo, visando democratizar o acesso ao conhecimento geomorfológico. A metodologia envolveu a aquisição de dados por técnicas de aerofotogrametria com RPAS, processados em ambiente computacional através do algoritmo Structure from Motion, resultando em modelos digitais tridimensionais de alta resolução. Posteriormente, esses modelos foram impressos em 3D utilizando tecnologia FDM (Fused Deposition Modeling) com filamento de PLA, possibilitando a criação de maquetes físicas representando paisagens como inselbergs, falésias, cavernas e cânions. As maquetes foram aplicadas em aulas práticas para alunos do Ensino Fundamental, em especial estudantes cegos ou com baixa visão. A atividade, intitulada "Paisagens Táteis", possibilitou a exploração sensorial das formas de relevo, permitindo aos alunos compreenderem conceitos como escala, textura litológica e processos de formação das feições terrestres. A interação com os modelos proporcionou estímulo à percepção espacial e ao raciocínio geomorfológico, superando as limitações dos tradicionais mapas táteis bidimensionais e oferecendo uma experiência multissensorial que facilitou a assimilação de conteúdos complexos. Os resultados apontam que a utilização de relevos táteis no ensino de Geomorfologia favorece não apenas a inclusão de estudantes com deficiência visual, mas também o desenvolvimento da autonomia, da curiosidade científica e da compreensão dos processos físicos que moldam a superfície terrestre. A proposta dialoga diretamente com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e com a Política Nacional de Educação Digital (PNED), ao incorporar tecnologias digitais e promover a acessibilidade educacional.

**Palavras-chave:** Relevos Táteis, Ensino Inclusivo, Impressão 3D.

### 1. INTRODUÇÃO

Temas abordados no ensino de Geociências (tectônica de placas, origem de montanhas, relevos brasileiros) são complexos de representar e simplificar, sendo restritos à transmissão oral e à imagens bidimensionais. Isso dificulta a compreensão por parte dos alunos, de diversos níveis e contextos educacionais (Schuchardt; Bowman, 2007; Bedair; Sayed; Almetwaly, 2022). Em paralelo, nas pesquisas científicas no Ensino Superior, vêm sendo usadas tecnologias modernas, para gerar modelos

<sup>1</sup> Graduando em Geografia - Universidade Federal do Ceará, [victornunes1015@gmail.com](mailto:victornunes1015@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutoranda em Geografia - Universidade Federal do Ceará, [annasabrinavidal@gmail.com](mailto:annasabrinavidal@gmail.com)

<sup>3</sup> Prof. Dr. do Departamento de Geografia - Universidade Federal do Ceará, [rubsonpinheiro@yahoo.com.br](mailto:rubsonpinheiro@yahoo.com.br)

<sup>4</sup> Doutorando em Geografia - Universidade Federal do Ceará, [HUDSONSROCHA@ALU.UFC.BR](mailto:HUDSONSROCHA@ALU.UFC.BR)

<sup>5</sup> Graduada em Geografia - Universidade Federal do Ceará, [beatrizadrade501@gmail.com](mailto:beatrizadrade501@gmail.com)

<sup>6</sup> Doutor em Geografia - Universidade Federal do Ceará, [pedroedson18@gmail.com](mailto:pedroedson18@gmail.com)

<sup>7</sup> Graduada em Geografia - Universidade Estadual do Ceará, [marianaaraujo2306@gmail.com](mailto:marianaaraujo2306@gmail.com)



tridimensionais (3D) de paisagens (Moura, 2022; Souza et al., 2023; Maia; Souza, 2024), recursos de raro acesso no Ensino Básico de Geografia.

Logo, com a digitalização da sociedade, é necessário integrar ferramentas tecnológicas no ambiente escolar. Realidade Virtual (RV), Modelos Digitais e Impressões 3D oferecem experiências educativas imersivas e inclusivas, beneficiando estudantes com necessidades educacionais especiais, como a deficiência visual ou a mobilidade reduzida (Cakir; Korkmaz, 2019). Ainda que iniciativas nesse sentido já existam no Brasil (Verges *et al.*, 2024), elas permanecem pontuais e limitadas.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e a Política Nacional de Educação Digital (PNED) destacam a importância da formação digital dos alunos e do acesso às tecnologias no processo de ensino-aprendizagem (Brasil, 2018; Brasil, 2023). Nesse contexto, a impressão 3D, como maquete tátil, desponta com um potencial ferramenta para representar formas de relevo complexas de modo mais tangível aos alunos, principalmente com deficiência visual (Carolan, 2007; Carrera *et al.*, 2017; Fisher *et al.*, 2019). Isso facilita o ensino de conceitos abstratos da Geomorfologia.

Este trabalho busca explorar o potencial pedagógico da Impressão 3D no ensino de Geomorfologia na Educação Básica, através de práticas inovadoras, interativas e inclusivas com alunos com deficiência visual, e avaliar qualitativamente essa aplicação. E assim, discutir suas possibilidades e limitações (Akçayir; Akçayir, 2017).

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Aquisição de dados, processamento digital e impressão dos modelos 3D**

A aquisição de dados visuais de objetos naturais é feita a partir de técnicas de fotogrametria, técnica tradicional que consiste na obtenção de informações quantitativas de objetos do mundo real a partir da interpretação de fotografias e seus padrões através do princípio da triangulação (Aber; Marzolf; Ries, 2019).

Nas Geociências, o uso de fotogrametria aérea com Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS - *Remotely Piloted Aircraft System*) (Bertacchini *et al.*, 2014; Barcelo; Danelon; Rodrigues, 2022; Grohmann *et al.*, 2023), permite a obtenção de dados em extensas áreas e com difícil acesso. O objetivo da aerofotogrametria é a geração de modelos virtuais tridimensionais do objeto natural alvo, permitindo sua manipulação, visualização e aquisição de dados fora do campo, em computadores.

A aquisição dos dados inicia-se em campo, onde visitou-se contextos brasileiros distintos: inselbergs no semiárido, falésias no litoral e cavernas na região tropical. Os levantamentos foram realizados com o RPAS Phantom 4Pro DJI Go. Os imageamentos



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

possuem uma resolução submétrica com altitude de 80 m a 100 m, a depender da dimensão do alvo. A metodologia de aquisição é manual, com 300 fotos por km<sup>2</sup> e sobreposição de ~80%, em nadir e em ângulos de ~45%, para obter precisão nas laterais do relevo para construção de modelos 3D com maior acurácia em ambiente digital.

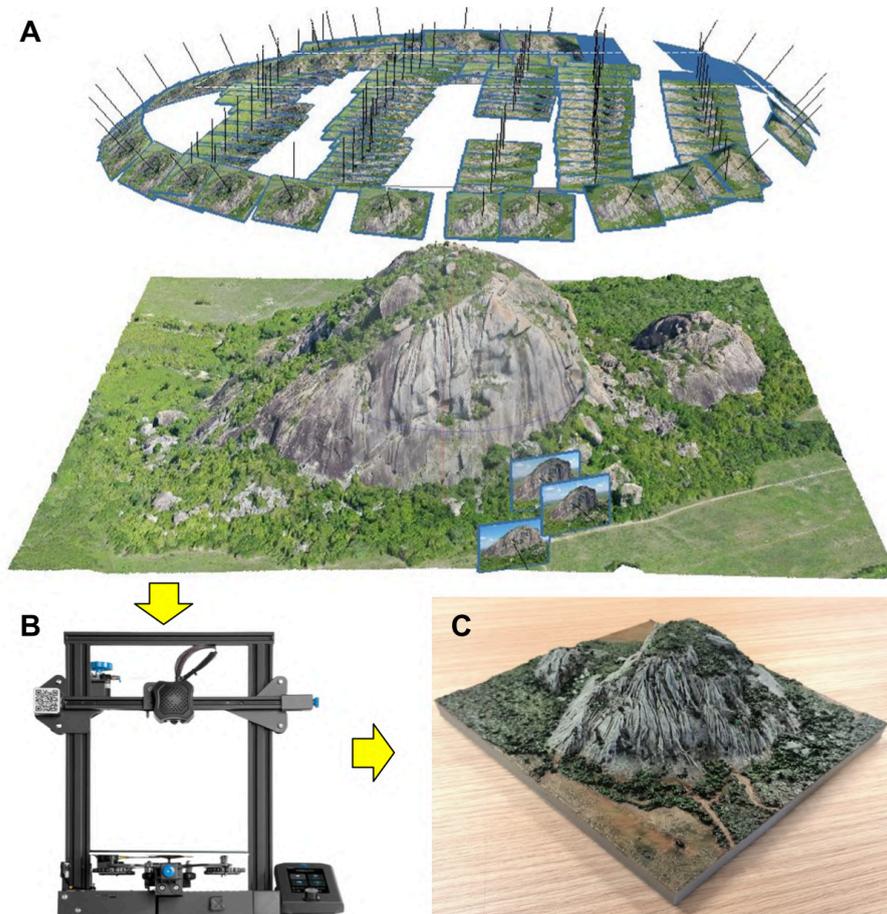


Figura 1. Representação da aquisição de dados e geração de produtos educacionais. (A) Representação da aerofotogrametria em inselbergs utilizando drones e geração do modelo digital do inselberg no software Agisoft; (B) Impressora 3D, modelo Ender-3 V2 (CRealty); (C) Maquete impressa e decorada.

As subsequentes etapas de processamento resultam na construção do modelo tridimensional. O processamento é realizado no *software* Agisoft Metashape Photoscan, utilizando o algoritmo *Structure from Motion* (SfM), que usa cria efeitos estereoscópicos digitais para gerar um modelo computacional. A sequência consiste em: adição das fotos e definição de sistema de coordenadas geográficas (SIRGAS 2000); alinhamento de figuras; geração de nuvem de pontos. Após, há a interpolação das nuvens de pontos, dando o aspecto da textura do relevo. Esta visualização é fundida com as fotos alinhadas no modelo, dando um aspecto real no modelo 3D (*Mesh*). Em seguida, são exportados o Modelo Digital de Terreno (MDT) e ortomosaico georreferenciados, que podem ser manipulados em outros softwares de visualização.

Esses modelos virtuais possuem três fins: I) visualização em *software* livre (Cloud Compare) para obtenção de dados quantitativos; II) geração de cenários em RV; e III) impressão 3D (Fig. 2), para potencializar o ensino das Geociências.

Os modelos virtuais foram impressos em 3D aplicando manufatura aditiva (FDM - *Fused Deposition Modeling*) (Volpato, 2017). O processo consiste na extração do arquivo “.stl” no Agisoft Photoscan. Esse arquivo é enviado à impressora (Ender-3 V2 - CReality), onde o fatiamento 3D é realizado no *software* Creality Slicer. Após, os modelos são impressos em filamentos de PLA (*polylactic acid* - ácido polilático), um termoplástico biodegradável, gerando texturas fidedignas ao relevo real. As impressões, de cor cinza, são decoradas à mão com pincéis (0, 0,5 e 1) e tinta acrílica fosca, de cores símeis ao real. A técnica “camada sobre camada” é usada na pintura, tingindo as cores escuras por baixo e claras por cima, para o efeito de sombreamento e profundidade.



Figura 2. Maquetes impressas a partir de modelos digitais aerofotogramétricos. (A) Conjunto de maquetes geradas pelo Laboratório de Geomorfologia UFC.

## 2.2. Aplicação de recursos tecnológicos na educação: atividade “Paisagens Táteis”

Objetivando o ensino de Geomorfologia para alunos cegos, com baixa visão e autistas, foram organizadas aulas com uso de maquetes 3D. Estas permitem a sensação de detalhes nas formas de relevo. As aulas de Geografia foram ministradas com alunos de 7º e 9º ano do Ensino Fundamental, no Instituto dos Cegos (Fortaleza, Ceará), totalizando 7 alunos. O plano de aula buscou inovar tanto nos recursos didáticos quanto na inclusão de alunos cegos e com baixa visão nas aulas de Geografia (Quadro 1).



Quadro 1. Plano de aula seguido na atividade “Paisagens táteis”

<b>Plano de aula “Paisagens táteis”</b>	
<b>Disciplina: Geografia / Turma: Ensino Fundamental (Anos Iniciais) - alunos cegos, baixa visão e autistas</b>	
Objetivo geral	Apreender conceitos geográficos a partir de modelos físicos 3D.
Objetivos específicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Compreender a relação entre as rochas e o relevo (texturas gerando formas diversas);</li> <li>● Desenvolver a noção de escala das formações do relevo em comparação à escala humana;</li> <li>● Conhecer, a partir de modelos, paisagens naturais brasileiras e suas características (relevo; vegetação e as sensações associadas);</li> <li>● Associar conceitos geográficos (ex.: lugar) com a diversidade geomorfológica (paisagem).</li> </ul>
Materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Maquetes 3D: Inselbergs [3]; Cavernas [2]; Falésia [1]; Cachoeira [1]; Globo [1].</li> <li>● Amostras de rochas: Granito [2]; Carbonato [1]; Arenito [1].</li> </ul>
Sequência didática/ Metodologia	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Início com conversa com os alunos a respeito do conceitos de paisagem, relevo. Promoção de diálogo sobre as experiências que eles tiveram com paisagens naturais.</li> <li>2. Explorar a diversidade de ambientes naturais e a geomorfologia, com a interação de tipos de materiais (rochas) diferentes e os processos naturais que modificam a paisagem. Apresentar nessa etapa tipos de rochas e texturas associadas e comparar texturas naturais e artificiais.</li> <li>3. Relacionar a formas do relevo com analogias da anatomia humana e apresentar os modelos táteis como exemplos da morfologia terrestre. Demonstrar a diferença da escala espacial humana da escala do relevo. Explorar cada tipo de morfologia por vez – inselbergs; falésias; cavernas, etc.</li> <li>4. Nos momentos finais, trabalhar o conceito de lugar nesses espaços naturais. Trazendo relações entre a sociedade e o uso desses espaços: sertões, cavernas, praias etc.</li> </ol>
Avaliação	Promoção de autoavaliação. Diálogo com alunos a respeito das experiências que tiveram com os modelos e os conhecimentos adquiridos a partir dessa prática.

O tema da aula foi “Paisagens Táteis” e abordou a diversidade de paisagens e de relevos no Brasil. Então, foram utilizadas dez maquetes de relevos diferentes no Brasil (inselbergs, falésias, cavernas, cânions e cachoeiras). Amostras de rochas também foram utilizadas para demonstração dos diferentes materiais e texturas que formam os relevos.

A condução da aula foi interativa, onde conceitos geomorfológicos, como processos de formação, foram abordados de maneira prática. Os alunos manipularam as maquetes e foram estimulados a refletir sobre os fenômenos da natureza que moldaram aquelas paisagens. Assim, as maquetes táteis 3D são avanço em relação aos tradicionais mapas táteis, restritos à percepção 2D. Estes permitiram aos alunos com limitações visuais abstrair os detalhes do relevo, auxiliando e estimulando sua compreensão.

### 3. RESULTADOS

O ensino de Geociências, particularmente de Geomorfologia, envolve conceitos como tipos de relevo, processos e feições que caracterizam diversas paisagens. Estes foram abordados por meio de um ensino inclusivo e tecnológico, em turmas de alunos com necessidades educacionais especiais, incluindo estudantes cegos e com baixa visão e autistas. Então, a prática pedagógica objetivou aproximar os alunos à esses temas da Geociências, a priori complexos e por viverem numa realidade urbana, com pouco contato com o contexto natural, das formas de relevo da Terra.

De início, associou-se os materiais da crosta terrestre com as formas de relevo, utilizando rochas (granito, arenito e calcário). Os alunos compararam suas texturas com superfícies artificiais (como mesas), identificando aspectos como rugosidade e presença de grãos, através do tato, sendo fundamental para os estudantes cegos ou com baixa visão. Discutiram também processos naturais como erosão por chuva e vento, refletindo sobre a resistência das rochas. Essa experiência favoreceu uma aprendizagem concreta e sensorial. Os alunos participaram ativamente, demonstrando compreensão crítica.

Essa compreensão basilar a percepção de que alguns materiais tendiam a ser mais “fortes” e sustentar altos relevos, ao passo que outros são “fracos” e são facilmente rebaixados. A avaliação da experiência por parte dos alunos dessa diferença foi baseada na resposta que davam frente às explicações, por exemplo, que um material como a areia é fraco e levado pelo vento, então não forma grandes e estáveis relevos.

Em seguida, foi abordada a diversidade de relevos terrestres resultantes de processos como chuvas, ação de rios e temperatura. Para explorar essas formas, os alunos receberam maquetes agrupadas por características semelhantes. A noção de escala deu-se ao mencionar que as maquetes representavam relevos com cerca de 200 m de altura. Comparações foram feitas com a estatura média dos alunos (1,60 – 1,70m), destacando a diferença entre a escala humana e a geográfica. Isso ajudou a construir uma percepção mais concreta da dimensão e grandiosidade real das paisagens naturais.



Figura 4. Atividades de paisagens táteis com alunos cegos e de baixa visão do Ensino Fundamental utilizando maquetes do relevo geradas pelo Laboratório de Geomorfologia – UFC.

Adiante, foram entregues para manipulação maquetes de relevos do semiárido (inselberg) formado por rochas muito resistentes, como o granito (previamente sentido



por eles nas amostras). Esses relevos possuem particularidades, incluindo escarpas íngremes e algumas feições menores, como caneluras (sulcos/canais), que foram sendo indicados aos alunos conforme eles tocavam e manipulavam as maquetes através da mediação dos professores que posicionavam as mãos dos alunos cegos/baixa visão nesses locais à medida que era dada a explicação dos processos formadores (Figura 4). Em geral, os alunos ficaram muito curiosos e faziam perguntas sobre as formas que sentiam nas maquetes, dada a grande interação física deles com o objeto estudado.

Os alunos com baixa visão conseguiam verificar, além das texturas, um pouco das cores das maquetes decoradas, ajudando-os a perceber o real aspecto daquele relevo, com cores resultantes da composição ou da alteração superficial daquele material.

Na sequência, foram apresentadas maquetes de cachoeiras e entrada de cavernas, seguidas da explicação sobre origem e evolução dessas paisagens. A interação não ocorreu apenas através da manipulação individual das maquetes; os estudantes fizeram perguntas, tais como, “como se formam cachoeiras?” e puderam fazer interpretações pessoais antes das explicações. Esse contato com os relevos das maquetes, seguido de interpretação e abstrações de processos naturais, evidencia o potencial dessa ferramenta em estimular o raciocínio sobre a relação forma-processo, base das Geociências.

Por fim, maquetes de feições costeiras (falésias) foram entregues aos alunos. Para tal, foi considerada a perspectiva da vivência dos alunos, que residem em uma cidade litorânea. Logo, a discussão sobre as formas das falésias foi acompanhada da interação dos alunos com aquele espaço vivido (Motta, 2003), pois muitos conheciam a praia representada no modelo (Beberibe, CE), suscitando uma identificação com a respectiva atividade. Os alunos puderam interagir e discutir sobre aspectos da formação dos paredões rochosos nas praias, associado às práticas sociais, como o turismo.

#### **4. DISCUSSÃO**

A atividade “Paisagens Táteis” mostrou-se eficaz no ensino inclusivo de Geomorfologia, permitindo uma percepção sensorial e acessível de formas do relevo, como cavidades e escarpas. Estudantes cegos exploraram e distinguiram as formas da Terra através do tato, enquanto os de baixa visão, através de cores e texturas. Além disso, alunos com autismo se interessaram ativamente pelos processos tecnológicos de produção dos modelos, evidenciando uma abordagem prática, inclusiva e equitativa.

Estudos apontam que as maquetes impressas em 3D promovem a autonomia e participação ativa de alunos em diversos contextos educacionais. Fisher *et al.* (2019) conduziram análises de caso na Austrália, México e Canadá e concluíram que modelos



multissensoriais e dimensionais transformam a forma como se pensa, interage e aprende sobre informações geoespaciais. Com a manipulação e interação dos estudantes diretamente com as maquetes, a aprendizagem se torna menos dependente da verbalidade. Isso favorece o refinamento do tato e de habilidades motoras.

Os modelos físicos 3D proporcionam maior materialidade aos conceitos da geomorfologia/geociência, tornando ideias abstratas em representações concretas. Quoos e Figueró (2021) mostraram o uso bem-sucedido desses modelos em contextos de Unidades de Conservação, reforçando sua aplicabilidade educacional. Koehler, Wild e Tikkun (2018) identificaram que alunos com deficiência visual que utilizaram modelos 3D apresentaram melhor compreensão de conceitos como tectônica de placas, quando comparados a métodos tradicionais como gráficos táteis. Isso ressalta o valor dos modelos táteis para um ensino mais inclusivo e eficaz de conceitos mais complexos.

Para a BNCC, o contato crescente com recursos digitais no cotidiano dos alunos exige metodologias de ensino inovadoras, dinâmicas e conectadas à essa realidade, promovendo a curiosidade e a inclusão. No Ensino Fundamental são previstos conteúdos sobre representação e pensamento espacial para auxiliar na compreensão tridimensional da paisagem (Brasil, 2018). Nesse contexto, a impressão 3D se destaca por ir além da inovação tecnológica, contribuindo significativamente para a inclusão de estudantes com diferentes necessidades educacionais, especialmente no ensino de Geociências. Essa abordagem está alinhada com a PNED, que defende o uso de tecnologias assistivas para promover aprendizagem e acessibilidade (Brasil, 2023).

O uso de maquetes táteis tende a se democratizar a partir da emergente disponibilização gratuita de dados digitais de elevação e afins para a produção de modelos 3D (Fisher *et al.*, 2019) e aquisição de impressoras 3D (incluindo a escola deste estudo). Essa acessibilidade permite que os alunos possam experimentar a materialidade de conceitos teóricos. Isso proporciona uma compreensão mais assertiva de aspectos e processos da natureza, pois os alunos podem visualizar e interagir com os elementos dos terrenos de maneira mais efetiva e significativa (Hayakawa *et al.*, 2024).

Por tanto, o uso de maquetes 3D constitui uma abordagem que torna os alunos protagonistas do processo de aprendizagem. Dessa forma, essa ferramenta se alinha às novas exigências educacionais, ao promover um ambiente de aprendizado adaptado às demandas contemporâneas de inclusão tecnológica. As Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica já destacavam a importância dos sistemas de ensino na construção coletiva de condições que atendam à diversidade de seus alunos (Brasil, 2001). Levar essas inovações à escola constitui uma colaboração essencial para



o progresso nas práticas pedagógicas. As maquetes táteis 3D representam um avanço e permitem uma experiência sensorial mais detalhada e um controle sobre o objeto estudado, aumentando o contato do aluno com a forma de relevo tridimensional.

A inserção de maquetes táteis no currículo escolar inclusivo promove uma educação justa e adaptada à diversidade. Para isso, é essencial que cursos de licenciatura incorporem metodologias que preparem os futuros professores para produzir materiais didáticos com o uso de geotecnologias. Além dessa formação, fatores como tempo para planejamento, infraestrutura tecnológica e políticas públicas de apoio são igualmente fundamentais. Embora impressoras 3D estejam mais acessíveis, seu uso educacional ainda não é prioridade em muitas escolas, o que exige reconhecer seu valor pedagógico e a busca por uma implementação inclusiva e equitativa (Hayakawa *et al.*, 2024).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de tecnologias interativas (RV, modelos digitais e maquetes 3D) tem se mostrado uma ferramenta dinâmica e promissora no ensino de Geociências, especialmente ao possibilitar práticas pedagógicas mais inclusivas. Essas tecnologias permitem que alunos com necessidades educacionais especiais ou mobilidade reduzida vivenciem experiências imersivas, facilitando a compreensão de conceitos complexos e o desenvolvimento do raciocínio geográfico. Assim, temas como a Geomorfologia de áreas cársticas e semiáridas podem ser explorados de forma acessível, mesmo quando esses ambientes estão distantes da realidade dos estudantes.

A inserção de maquetes 3D na educação de alunos com deficiência visual proporciona um aprendizado inclusivo e sensorial, permitindo que explorem conceitos espaciais e estruturais por meio do tato, ao interagirem com representações tridimensionais de formas do relevo. Esses recursos demonstram grande potencial didático, especialmente no ensino de Geografia e Geociências, onde a compreensão das relações espaciais entre os elementos da paisagem é essencial para a aprendizagem.

## AGRADECIMENTOS

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFC e Laboratório de Geomorfologia - UFC.

## REFERÊNCIAS

ABER, J. S.; MARZOLFE, I.; RIES, J. B. Photogrammetry. In: ABER, J. S.; MARZOLFF, I.; RIES, J. B.; ABER, S. E. W. **Small-Format Aerial Photography: Principles, Techniques and Geoscience Applications**. 2 ed. Amsterdam: Elsevier, 2019. p. 23-39. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03506-4>

AKÇAYIR, M.; AKÇAYIR, G. Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. **Educational Research Review**, 20, p. 1–11, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>



- BARCELOS, A. C.; DANELON, J. R. B.; RODRIGUES, S. C. Uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas na elaboração de modelos tridimensionais para auxiliar na cartografia geomorfológica. **William Morris Davis - Rev. Geomorfologia**, 3(2), p. 1–14, 2022. Disponível em: <https://williammorrisdavis.uvanet.br/index.php/revistageomorfologia/article/view/196>. Acesso: Jan. 2025.
- BEDAIR, S.; SAYED, S. A.; ALMETWALY, W. M. Enhancing Hybrid Learning using Open Source GIS-Based Maps Archiving System. **Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, 25(3), p. 779–793, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2022.07.003>
- BERTACCHINI, E.; CASTAGNETTI, C.; CORSINI, A.; CONO, S. Remotely piloted aircraft systems (RPAS) for high resolution topography and monitoring: civil protection purposes on hydrogeological contexts. **Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications V**, 924515, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2067406>
- BRASIL. **Lei Nº 14.533, de 11 de janeiro de 2023**. Institui a Política Nacional de Educação Digital e [...]. Brasília: Rep. Fed. do Brasil, 2023. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2023-2026/2023/lei/114533.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/lei/114533.htm). Acesso: Jan. 2025.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=79611-anexo-texto-bncc-aprovado-em-15-12-17-pdf&category\\_slug=dezembro-2017-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=79611-anexo-texto-bncc-aprovado-em-15-12-17-pdf&category_slug=dezembro-2017-pdf&Itemid=30192). Acesso em: Jan. 2025.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica**. Secretaria de Educação Especial - MEC: SEESP, 2001. 79 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/diretrizes.pdf>. Acesso: Out. 2024.
- CAKIR, R.; KORKMAZ, O. The effectiveness of augmented reality environments on individuals with special education needs. **Education and Information Technologies**, 24(2), p. 1631–1659, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9848-6>
- CAROLAN, M. S. Introducing the concept of tactile space: Creating lasting social and environmental commitments. **Geoforum**, v. 38, n. 6, p. 1264–1275, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2007.03.013>
- CARRERA, C. C.; AVARVAREI, B. V.; CHELARIU, E. L.; DRAGHIA, L.; AVARVAREI, S. C. Map-Reading Skill Development with 3D Technologies. **Journal of Geography**, 116(5), p. 197–205, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/00221341.2016.1248857>
- FISHER, R.; HECKBERT, S.; MARIA, J.; SUTTON, S. Augmenting physical 3D models with projected information to support environmental knowledge exchange. **Applied Geography**, v. 112, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.102095>
- GROHMANN, C. H.; VIANA, C. D.; GARCIA, G. P. B.; ALBUQUERQUE, R. W. Remotely piloted aircraft-based automated vertical surface survey, **MethodsX**, v. 10, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101982>
- HAYAKAWA, E.; BALTAZAR, A. A.; BALTAZAR, S. A.; PIRES, M. M. Que rio é esse? A geografia escolar e o espaço vivido: impressão 3D e dados de sensoriamento remoto para o ensino de bacias hidrográficas. **Revista Presença Geográfica**, v. 11, n. 1, esp., 2024. Disponível em: <https://periodicos.unir.br/index.php/RPGeo/article/view/7785/1686>. Acesso em: Fev. 2025.
- KOEHLER, K.; WILD, T.; TIKKUN, S. Implications of 3-D printing for teaching geoscience concepts to students with visual impairments. **Journal of Science Education for Students with Disabilities**, v. 21, n. 1, p. 49-81, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14448/jesed.10.0004>
- MAIA, R. P.; SOUZA, A. S. V. Inselbergs shaped by collapse: considerations on the structural control on granitic scarps. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 25, n. 2, 2024. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v25i2.2412>
- MOTTA, M. F. **Espaço vivido/Espaço pensado: o lugar e o caminho**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/3098>. Acesso em: Jul. 2024.
- MOURA, P. E. F. **Aplicação de dados LIDAR na caracterização geomorfológica de cavernas na porção sul da bacia de Irêce-BA**. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia Universidade Federal do Ceará, 2022. 188p. Disponível em: <https://repositorio.ufrj.br/handle/riufc/69727>. Acesso em: Jan. 2025.
- QUOOS, J. H.; FIGUEIRÓ, A. S. A prototipagem da paisagem: a criação de geoprodutos como mapas físicos de relevo 3D nas unidades de conservação para uso na gestão e educação. **REDE - Revista Eletrônica do Prodema**, v. 1, n. 15, p. 42-51, 2021. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/712>. Acesso em: Dez. 2024.
- SCHUCHARDT, P.; BOWMAN, D. A. The benefits of immersion for spatial understanding of complex underground cave systems. In: **Proceedings of the 2007 ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology**, 2007, Newport Beach, California, USA. Anais... New York: ACM, 2007. p. 121-124. DOI: <https://doi.org/10.1145/1315184.1315205>.
- SOUZA, A. S. V.; MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H.; MIGOÑ, P.; SIAME, L. L. Granitic inselberg erosion controlled by dike swarm array in semiarid Brazil. **Geomorphology**, v. 440, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2023.108865>
- VERGES, J.; COSTA, A.; MAIA, D.; VERGES, N. Os óculos de Realidade Virtual (RV) como ferramenta didática no ensino de Geografia: parâmetros a partir das percepções dos estudantes. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 18, Issue 1, 2024. Disponível em: <https://revista.ufrn.br/rga/article/view/7628/4024>. Acesso em: Fev. 2025.