

APLICAÇÃO PRÁTICA DO MODELO 3D DA BACIA DO PARNAÍBA NA PESQUISA EDUCACIONAL EM GEOCIÊNCIAS

Palavras-Chave: Ensino, Modelagem 3D, Bacia da Parnaíba, Maquete.

Autores(as):

Beatriz Rosa Bonete, IG-DGRN - UNICAMP

Prof. Dr. Celso Ré Carneiro (orientador), IG-DGRN - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

Este projeto faz parte de uma linha de pesquisa coordenada pelo orientador, voltada para a produção de modelos físicos de bacias sedimentares. A pesquisa é realizada em colaboração com o Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI). Os primeiros resultados foram publicados por Carneiro et al. (2018, 2022). No contexto específico da Bacia do Parnaíba, a pesquisadora Stéfani Geanine Padovani desenvolveu estudos e modelos preliminares (Padovani & Carneiro, 2023), baseados em dados da estrutura geológica regional (Pereira et al., 2012).

Apesar do sucesso inicial, a criação de um modelo físico apresentou um desafio: a base do modelo (embasamento da bacia) e as camadas sobrepostas não podem ser compactas, pois há risco de empenamento durante a fabricação. Esse desafio técnico é particularmente relevante para a educação geocientífica, visto que os modelos físicos produzidos por impressoras 3D são destinados ao ensino de Geociências. Os detalhes e o funcionamento dos modelos físicos foram aprimorados através do uso de softwares como o Blender, com a metodologia focando na criação de moldes ocos, adição de estruturas internas e suavização de superfícies para garantir a qualidade e precisão dos modelos finais. A impressão foi realizada utilizando a máquina de Sinterização Seletiva a Laser (SLS), que trabalha com pó de nylon sintetizado, resultando em modelos que fornecem um recurso visual e tátil eficaz para a educação.

A linha de pesquisa dedica-se à produção de maquetes e materiais didáticos de estruturas geológicas, com um foco especial no aprendizado de programas computacionais. A motivação do projeto reside na contínua expansão e aprimoramento das tecnologias de impressão 3D, cujos produtos têm aplicações em diversas áreas do conhecimento.

O projeto propõe-se a seguir etapas interconectadas de pesquisa: (1) elaboração de guias de modelagem computacional em 3D com fins didáticos em Geociências; e (2) desenvolvimento de guias didáticos para professores sobre a Bacia do Parnaíba, que utilizarão o modelo 3D em atividades educacionais. Cada modelo físico é projetado para o ensino de Geociências e será acompanhado por

um roteiro de utilização didática para aulas práticas, contendo informações essenciais sobre a bacia selecionada, sua estrutura e evolução. Os resultados deste projeto serão divulgados em revistas especializadas e textos de divulgação científica.

METODOLOGIA:

Para o desenvolvimento do projeto de modelagem 3D, utilizou-se o software de código aberto Blender, escolhido por sua acessibilidade e potencial para democratizar o acesso a guias didáticos para a criação de modelos de diversas bacias hidrográficas. O primeiro passo no processo foi transformar as bacias em sólidos ocos, de acordo com as especificações da tecnologia de impressão 3D por Sinterização Seletiva a Laser (SLS), utilizando a impressora Sinterstation HiQ da 3D Systems. Devido ao tamanho reduzido do modelo, a impressão foi realizada com sucesso.

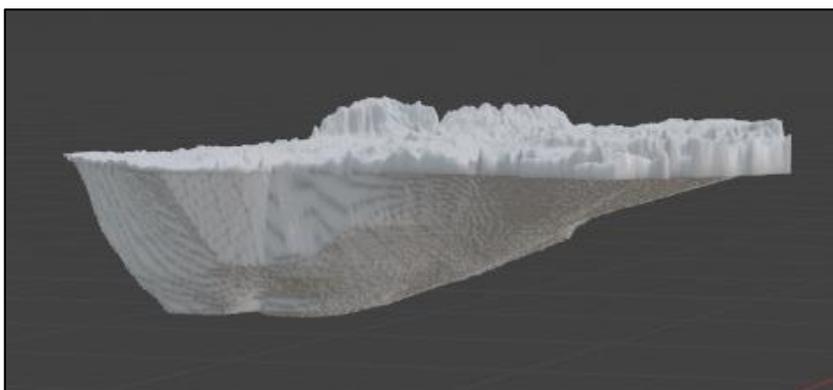


Figura 1: Modelo 3D do preenchimento da bacia (Fonte: Autoria própria)

A etapa mais complexa do projeto envolveu a correção manual do modelo da base da bacia. Para possibilitar a impressão do embasamento, foi necessário criar uma caixa e suportes que sustentam sua estrutura côncava, pois o modelo sólido não poderia ser impresso adequadamente, correndo o risco de danificar a máquina.

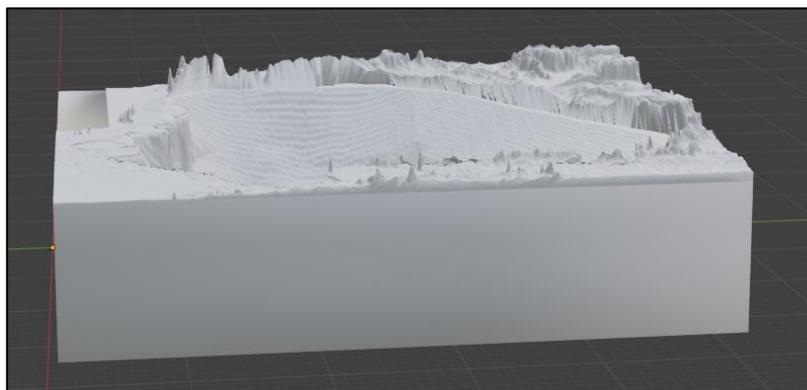


Figura 2: Modelo 3D da base da bacia (Fonte: Autoria própria)

Utilizou-se as ferramentas disponíveis no Blender para criar a base do embasamento, começando pela adição de um cubo sólido e oco. Em seguida, aplicou-se a ferramenta "booleana" do Blender para mesclar este cubo com o modelo da bacia.

A próxima etapa consistiu na adição de suportes internos com aberturas. Estes suportes foram essenciais não apenas para fornecer sustentação durante o processo de impressão, mas também para facilitar a dissipação de calor e a remoção eficiente do material em pó residual através de pequenos furos. Optou-se por uma estrutura interna em formato de colmeia, composta por hexágonos, por sua eficiência estrutural. A modelagem dessa estrutura foi realizada manualmente, adicionando-se um hexágono inicial e, em seguida, utilizando a função "array" para criar uma malha que cobrisse toda a

caixa. Para transformar essa malha em uma estrutura tridimensional, aplicou-se a função "extrude", convertendo os hexágonos de 2D para 3D.

O processo de adaptação da malha tridimensional ao embasamento exigiu ajustes manuais, devido à variação nas formas do embasamento, tornando o procedimento complexo e demorado no Blender.

Esse trabalho manual e detalhado foi essencial para assegurar a precisão e a qualidade do modelo final, como demonstrado nas imagens resultantes do processo de modelagem e visualização em software de impressão 3D.

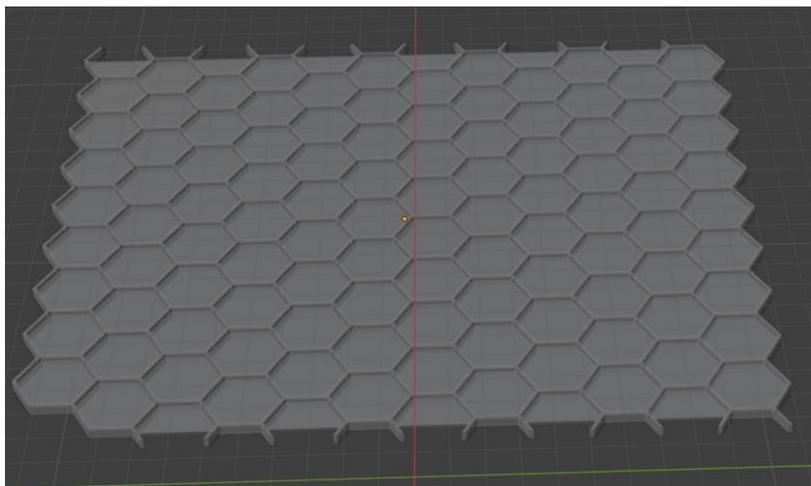


Figura 3: Modelo inicial da estrutura interna (Fonte: Autoria própria)

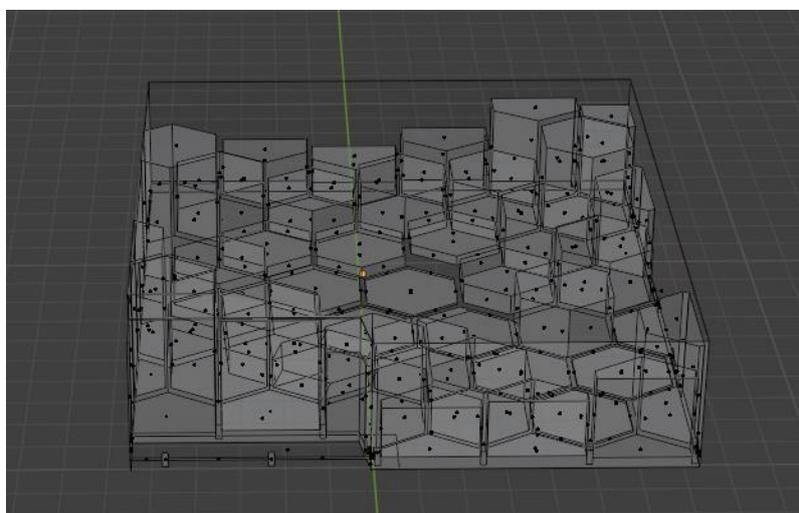


Figura 4: Modelo 3D das estruturas internas finais (Fonte: Autoria própria)

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A modelagem 3D da Bacia do Parnaíba foi concluída com sucesso, resultando em um modelo físico tridimensional que se mostra eficaz no auxílio ao ensino de geociências de maneira didática. A utilização do software Blender, juntamente com suas ferramentas avançadas, permitiu a solução de problemas com as peças sólidas ao transformá-las em ocas, aplicando a função “solidify” com uma espessura de 2 mm. Esse procedimento reduziu o peso das peças e evitou problemas de deformação.

A construção de estruturas internas para a base do modelo apresentou desafios consideráveis, exigindo conhecimentos avançados no uso do Blender. No entanto, a implementação da estrutura em forma de colmeia (honeycomb) e a adição de pequenos furos na malha foram essenciais para que a impressão na máquina de Sinterização Seletiva a Laser (SLS) fosse concluída com sucesso. Esses elementos foram eficazes na dissipação do calor e na remoção do pó de nylon, mantendo a integridade e funcionalidade dos modelos.

Os ajustes necessários na parte interna do modelo foram complexos, demandando muito tempo e várias tentativas para alinhar os suportes com a estrutura do embasamento da Bacia do Parnaíba. Embora outros softwares especializados em impressão 3D, como o Rhinoceros 3D, possuam ferramentas que poderiam facilitar significativamente esse processo, seu uso foi inviabilizado pela necessidade de licenciamento, o que contraria o objetivo de criar um guia didático acessível.

CONCLUSÕES:

As impressões finais produzidas pela máquina SLS demonstraram alta qualidade e detalhamento, graças à técnica de fusão de camadas de material por laser. Os modelos impressos da Bacia do Parnaíba estão prontos para serem utilizados em atividades de ensino, proporcionando uma ferramenta visual e tátil que facilita a compreensão das estruturas geológicas.

Além dos aspectos técnicos, a produção desses modelos contribuiu significativamente para o desenvolvimento de materiais didáticos. Os modelos físicos detalhados utilizados em sala de aula são um grande auxílio no ensino de geociências, permitindo aos alunos a visualização tridimensional e a compreensão das formações geológicas da Bacia do Parnaíba.

Nos próximos meses, serão elaborados planos de ensino para apresentações com maquetes e cópias destas, a serem utilizadas nas escolas. O planejamento também inclui a elaboração de roteiros sobre o uso das maquetes em aulas práticas, destacando as principais informações sobre a Bacia do Parnaíba, sua estrutura e evolução geológica. Este material didático inovador permitirá que muitas outras escolas se beneficiem do impacto educacional deste projeto, através da produção de cópias das maquetes.

BIBLIOGRAFIA

- Arora, B. R., Padilha, A. L., Vitorello, Í., Trivedi, N. B., Fontes, S. L., Rigoti, A., & Chamalaun, F. H. (1999). 2-D geoelectrical model for the Parnaíba Basin conductivity anomaly of northeast Brazil and tectonic implications: *Tectonophysics*, 302, p. 57-69. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(98\)00272-8](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(98)00272-8).
- Caputo M.V. 1984. *Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil*. Santa Barbara: University of California, 593p.il. (PhD Thesis).
- Carneiro, C. D. R., Toledo, M. C. M. de, & Almeida, F. F. M. de. (2004). Dez motivos para a inclusão de temas de Geologia na Educação Básica. *Rev. Bras. Geoc.*, 34(4), 553-560. DOI: <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2004344553560>.
- Carneiro, C. D. R., Santos, K. M. dos, Lopes, T. R., Santos, F. C. dos, Silva, J. V. L. da, Harris, A. L. N. C. (2018). Three-Dimensional physical models of sedimentary basins as a resource for teaching-learning of Geology. *Terræ Didactica*, 14(4), 379-384. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v14i4.8654098>.
- Correia Filho, F. L., Andrade, J. B. F. de, Monteiro, A. B., Fontes, S. L., Feitosa, E. C., Soares Filho, A. Gondek, T. P., & Carneiro, C. D. R. (2022). *Aplicação prática da maquete física 3D da Bacia do Paraná na pesquisa educacional em Geociências*. Campinas, Inst. Geoc. Unicamp. 9p. (PIBIC/CNPq, Rel. Final).
- Hodder, A. P. W. (1997). The transformation of Geology to Earth Sciences: an example of appropriation of technology by science. *Int. J. Sci. Educ.*, 19(5), 553-563. doi: <https://doi.org/10.1080/0950069970190504>.
- Harknett, J., Whitworth, M., Rust, D., Krokos, M., Kearl, M., Tibaldi, A., Bonali, F. L., Van Wyk De Vries, B., Antoniou, V., Nomikou, P., Reitano, D., Falsaperla, S., Vitello, F. & Becciani, U. (2022). The use of immersive virtual reality for teaching fieldwork skills in complex structural terrains. *Journal of Structural Geology*, 163(2022), 104681-10468. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2022.104681>.
- Miranda, F. S. de, Vettorazzi, A. L., Cunha, P. R. C., Aragão, F. B., Michelon, D., Caldeira, J. L., Porsche, E., Martins, C., Ribeiro, R. B., Vilela, A. F., Corrêa, J. R., Silveira, L. S. & Andreola, K. (2018). *Atypical igneous-sedimentary petroleum systems of the Parnaíba Basin, Brazil: seismic, well logs and cores*. Geological Society, London, Special Publications, (472), 341-360. DOI: <https://doi.org/10.1144/SP472.15>.
- Santos, F.C. dos & Carneiro, C.D.R. (2018). *Pesquisa e produção de modelos tridimensionais para ensino de geociências: maquete da bacia de São Paulo*. Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica da Unicamp. DOI: <https://doi.org/10.20396/revpibic262018448>.
- Vieira, T. C., Velloso, A., & Rodrigues, A. P. C. (2016). Estudo de caso sobre o ensino de Geociências em uma turma de ensino fundamental da rede privada de Duque de Caxias, RJ. *Terræ Didactica*, 12(3), 153-162. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/td.v12i3.8647892>.
- Whitmeyer, S., Feely, M., Paor, D. de, Hennessey, R., Whitmeyer, S., Nicoletti, J., Santangelo, B., Daniels, J.T. & Rivera, M. (2009). *Visualization techniques in field geology education: A case study from western Ireland Western Ireland*. Special Paper of the Geological Society of America, 461, 105-116. DOI: [10.1130/2009.2461\(10\)](https://doi.org/10.1130/2009.2461(10)).