



# Produção do modelo geológico 3D da Bacia do Parnaíba e aplicação na pesquisa educacional em Geociências

**Palavras-Chave:** Ensino, Visualização 3D, Paleozoico-Mesozoico, Relevo, Tectônica.

**Autores(as):**

**Stéfani Geanine Padovani, IG- DGRN - UNICAMP**

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

---

## RESUMO

Este projeto objetiva criar representações tridimensionais da Bacia do Parnaíba, em paralelo a outras pesquisas sobre uso educacional de modelos físicos e virtuais de bacias sedimentares brasileiras. A área de 5.888 km<sup>2</sup> ocupada pela Bacia do Parnaíba estende-se pelas regiões Norte e Nordeste do país, abrangendo partes dos estados do Piauí, Maranhão, Pará e Tocantins. O trabalho envolveu revisão bibliográfica, elaboração de modelos em computador, preparação para produção de maquetes físicas 3D e redação de textos de suporte. Como produto do projeto, estará disponível uma maquete 3D da bacia, que será futuramente testada e empregada como objeto de estudo e aprendizado. Não foi possível realizar a aplicação didática nesta etapa, devido a descompasso com o calendário escolar. Na pesquisa bibliográfica foram recuperados exemplos de aplicação da modelagem 3D tanto em pesquisas científicas básicas, como em pesquisas aplicadas. Ferramentas baseadas na interpretação de objetos geológicos tridimensionais motivam o estudante, porque aproveitam o realismo dos modelos 3D em comparação com imagens bidimensionais (2D). Além do uso didático, os modelos tridimensionais da Bacia do Parnaíba podem contribuir para aproveitamento de água subterrânea e prospecção de minérios e hidrocarbonetos.

## INTRODUÇÃO

O aprendizado na área das Ciências da Terra depende da aquisição de uma série de habilidades, dentre as quais se destaca o desenvolvimento da capacidade de visualização tridimensional. Trata-se de um ramo complexo da ciência em que se veiculam conhecimentos importantes para a formação de profissionais de campos tão distintos quanto as engenharias, as ciências ambientais e os demais campos de aplicação do conhecimento geocientífico. A área das Geociências é também essencial na formação dos cidadãos, embora diversos autores assinalem que os conteúdos de Geociências são fragmentados ou inexistentes na educação básica do Brasil (Carneiro et al., 2004, Carneiro & Signoretti, 2008, Vieira et al., 2016). A inclusão de temas geológicos no ensino básico é fundamental para uma formação humanística capaz de agregar valores sociais, além de incutir em crianças e jovens a capacidade de observar e indagar, o que leva à formação de pensamento crítico. O entendimento do progresso havido nas Ciências da Terra ao longo do século XX proporciona uma oportuna reflexão a respeito do papel da evolução tecnológica no impulso dado aos avanços da ciência (Hodder, 1997).

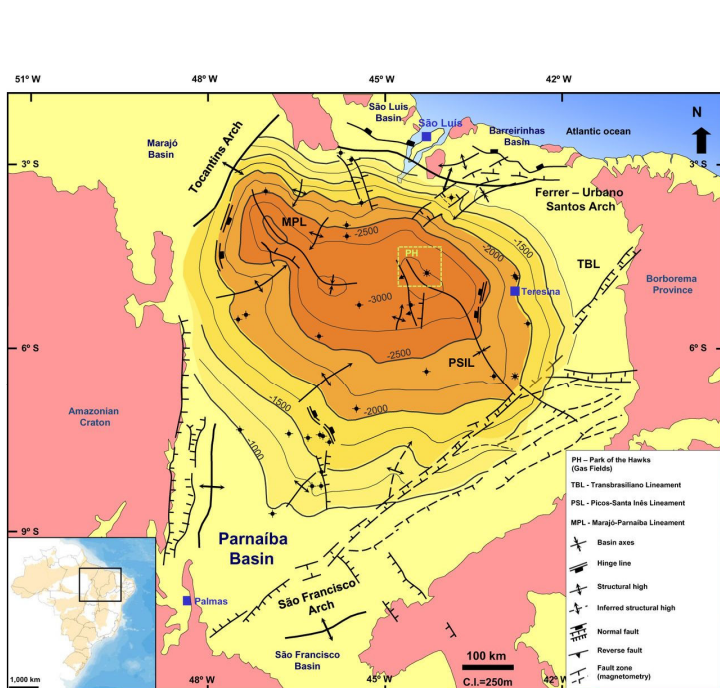
A inclusão estruturada e conjunta de assuntos geocientíficos no ensino exige uma preparação dos docentes e ao mesmo tempo uma oferta de materiais didáticos diversificados (Vieira et al., 2016). Nesse contexto, a modelagem 3D conecta várias áreas do conhecimento, desde os assuntos básicos até aqueles aplicados. Sabe-se que a visualização 3D é uma habilidade fundamental no campo da Geologia (Kastens et al., 2009), que facilita o entendimento de corpos rochosos e estruturas, sendo necessária para prospecção de minérios e hidrocarbonetos (Carneiro et al., 2018). Sendo assim, a modelagem 3D favorece o desenvolvimento de novos métodos educacionais, para aprimorar o ensino básico e a formação de cidadãos (Harknett et al., 2022, Whitmeyer et al., 2009). Outro impulso nesse sentido tem sido a evolução dos métodos de mapeamento digital, um campo de aplicação que tem demandado profissionais especializados.

A pesquisa, portanto, concentrou-se na produção de modelos físicos 3D da Bacia Sedimentar do Parnaíba, buscando-se disponibilizar as representações em meio digital. Outro objetivo da pesquisa foi redigir uma síntese da

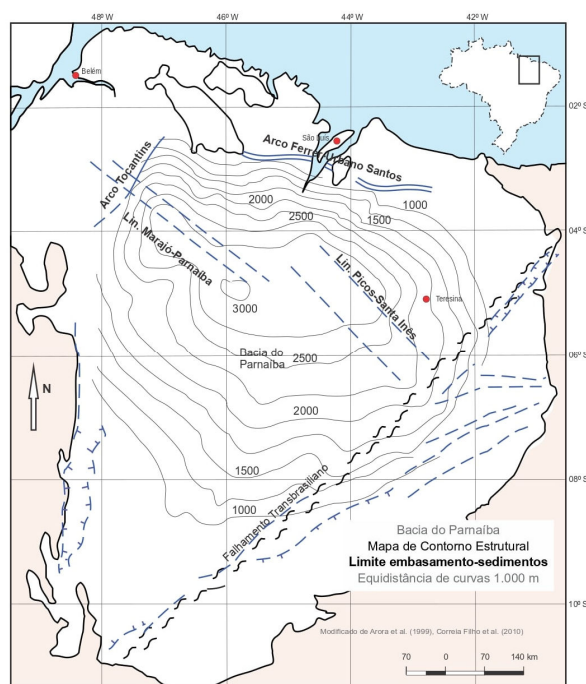
evolução tectônica da bacia e de sua estratigrafia, para fornecer informações a professores de ensino básico, como material guia para o uso didático das maquetes 3D. A modelagem realizada incluiu dados recuperados do embasamento da bacia e do relevo que a recobre. A bacia estudada ocupa uma área de dimensões continentais: seus 665.888 km<sup>2</sup> de área abrangem partes dos estados do Piauí, Maranhão, Pará, Tocantins, Bahia e Ceará (Araújo, 2017) (Figs. 1 e 2). Para a efetivação do projeto estão sendo utilizados os laboratórios e equipamentos do Laboratório de Recursos Didáticos em Geociências (LRDG) do Instituto de Geociências da Unicamp e do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI Renato Archer).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do projeto e elaboração do modelo 3D foram utilizadas as imagens de satélite oferecidas pelo *United States Geological Survey* (USGS) no site *Earth Explorer*; os arquivos de Modelo Digital de Elevação foram obtidos pelo *SRTM 1 Arc-Second Global*, compondo um conjunto de mais de 80 imagens que foram unidas por meio do *software* ArcGis, na extensão ArcMap, para modelar um mosaico do relevo no ambiente Blender. Foram também utilizados os mapas de Miranda et al. (2018), Arora et al. (1999) e Correia Filho et al. (2010) para extrair as informações de contorno do embasamento utilizando o ArcMap. Todos esses dados foram necessários para compor um arquivo raster, passível de ser utilizado no programa Blender para modelagem 3D.



**Figura 1.** Mapa de profundidade do embasamento da Bacia do Parnaíba. Modificado Goés et al. (1990). Fonte: Miranda et al. (2018)



**Figura 2.** Mapa de contorno estrutural do topo do embasamento da Bacia Sedimentar do Parnaíba. Modificado de Arora et al. (1999), Correia Filho et al. (2010)

Utilizou-se a extensão BlenderGIS para modelar o relevo do arquivo raster em ambiente Blender. A partir dos recursos de edição disponibilizados pelo programa foi elaborada a modelagem 3D do relevo com as técnicas disponíveis na literatura e descritas por Thassia Pine Gondek no projeto *Aplicação prática da maquete física 3D da Bacia do Paraná na pesquisa educacional em Geociências* (Gondek & Carneiro, 2022).

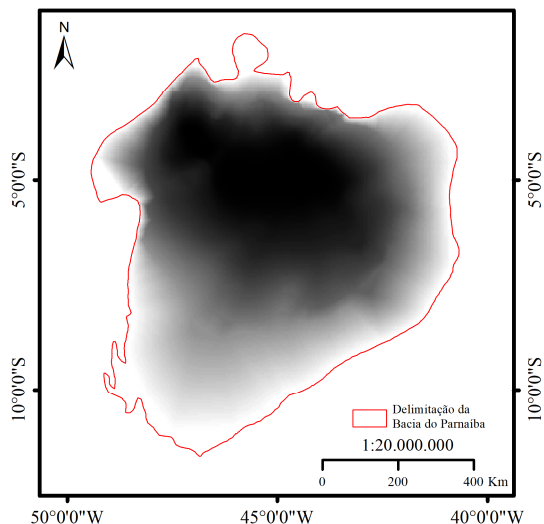
No segundo estágio da modelagem foi utilizado o mapa de profundidade do embasamento de Miranda et al. (2018) (Fig. 1), assim como o mapa de contorno estrutural do topo do embasamento modificado de Arora et al. (1999) e Correia Filho et al. (2010), para produzir o arquivo raster do embasamento (Fig. 2). Para gerar o arquivo raster foi necessário extrair os dados do mapa utilizando o ArcMap. Gerada a imagem utiliza-se a extensão BlenderGIS para importar o arquivo raster para o ambiente Blender e realizar a modelagem 3D do embasamento. O método adotado é similar ao descrito no trabalho de Santos & Carneiro (2018).

## RESULTADOS

A modelagem resultou na imagem raster das curvas de contorno estrutural do topo do embasamento da bacia (Fig. 3) e na imagem raster do relevo da bacia (Fig. 4). A partir dos arquivos foram realizadas as modelagens preliminares no ambiente Blender, do relevo e do embasamento da bacia. Inicialmente foi realizada uma tentativa

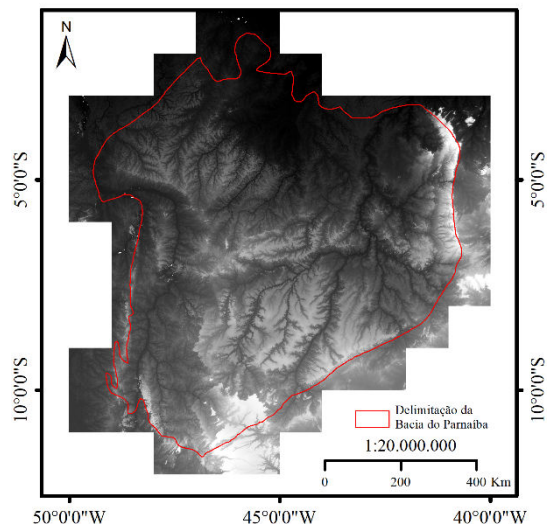
de modelagem do relevo utilizando o tutorial *Modelar y renderizar un DEM en Blender* do canal do YouTube *El blog de Franz* (Franz, 2021) (Fig. 5). A fim de simplificar o processo de modelagem o relevo foi remodelado (Fig. 6), baseando-se principalmente nos métodos criados por Thassia Pine Gondek para elaborar o modelo da Bacia do Paraná no projeto *Aplicação prática da maquete física 3D da Bacia do Paraná na pesquisa educacional em Geociências* (Gondek & Carneiro, 2022).

**Raster Embasamento da Bacia do Parnaíba**

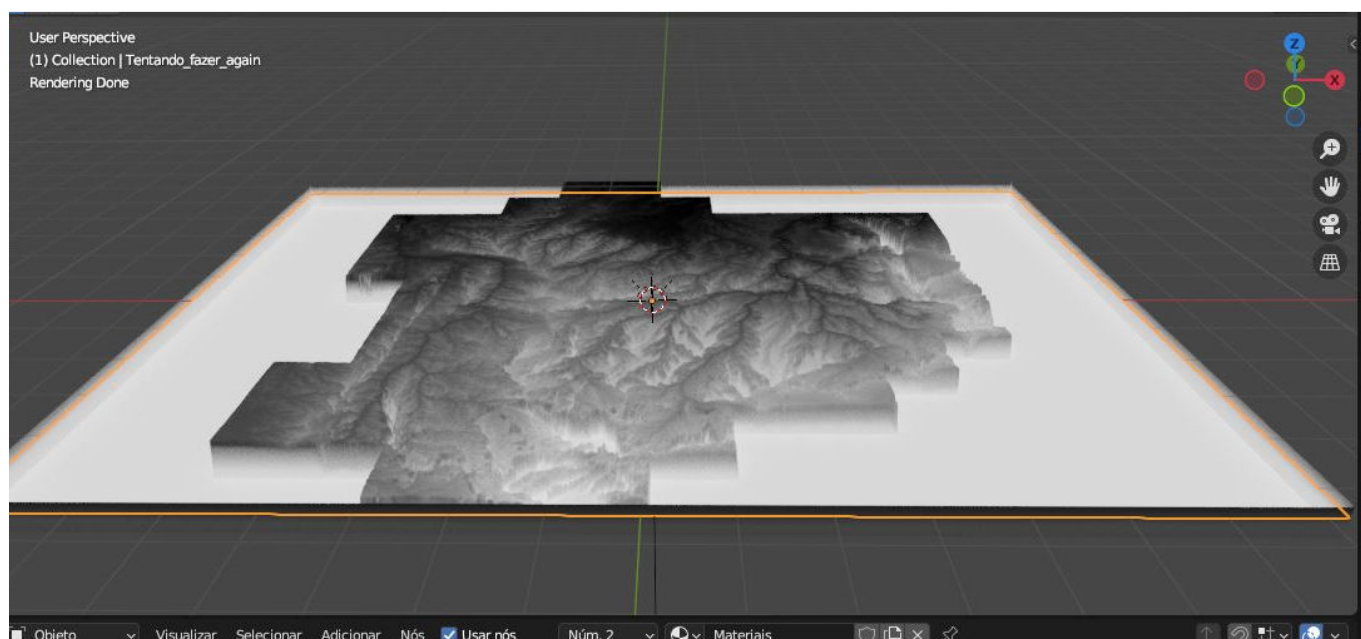


**Figura 3. Imagem raster do embasamento da Bacia do Parnaíba. As linhas em vermelho são os limites erosionais da bacia. Fonte: A autora**

**Raster Relevo da Bacia do Parnaíba**



**Figura 4. Imagem raster do relevo da região da Bacia do Parnaíba. As linhas em vermelho são os limites erosionais da bacia. Fonte: A autora**



**Figura 5. Modelo computacional 3D do relevo gerado em Blender. Fonte: A autora**

A modelagem preliminar do embasamento da Bacia do Parnaíba (Fig. 7) seguiu os métodos desenvolvidos nos projetos de Santos & Carneiro (2018) e Gondek & Carneiro (2022). A partir da modelagem preliminar foram unidos os modelos do relevo e do embasamento, com ferramentas disponíveis no ambiente Blender. A Figura 8 ilustra o sólido resultante da junção das duas superfícies, sob diferentes ângulos de visada. O produto é uma parte da maquete final, sendo necessária ainda a produção da base da maquete na qual o sólido (Fig. 8) será encaixado, para ser realizada a impressão física das primeiras maquetes.

Os modelos produzidos até o momento não estão finalizados ou prontos para a impressão, contudo novas pesquisas continuam sendo feitas para identificar soluções mais eficientes para se fabricar os modelos no programa



Blender. Os resultados obtidos já podem ser utilizados no meio digital, auxiliando e descomplicando o ensino em Geociências, podendo facilitar a aprendizagem de conceitos antes abstratos e gerais.

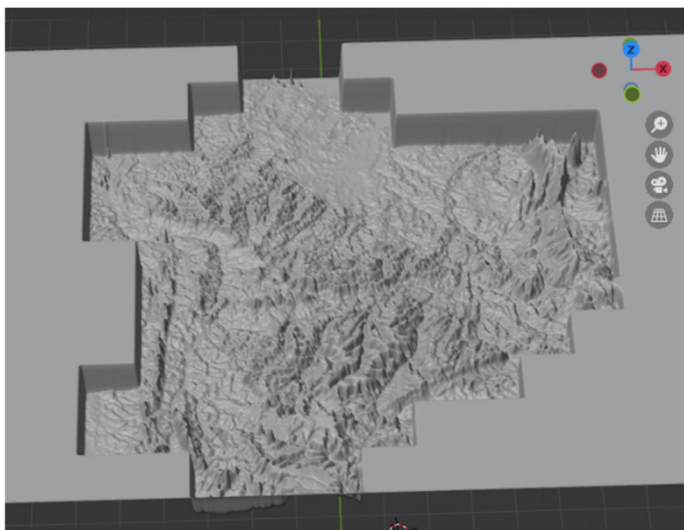


Figura 6. Segundo modelo computacional 3D do relevo gerado no Blender, com grande exagero vertical. Fonte: A autora

Figura 7. Modelo computacional 3D do embasamento gerado no Blender. Fonte: A autora

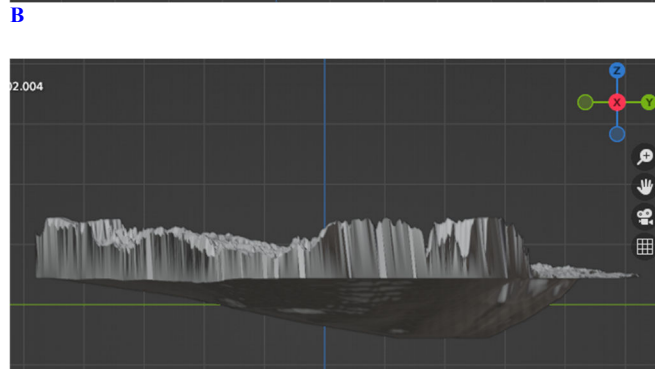
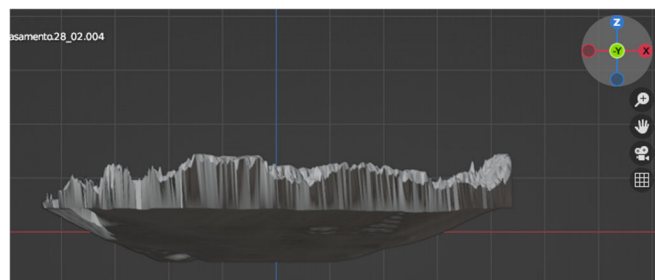
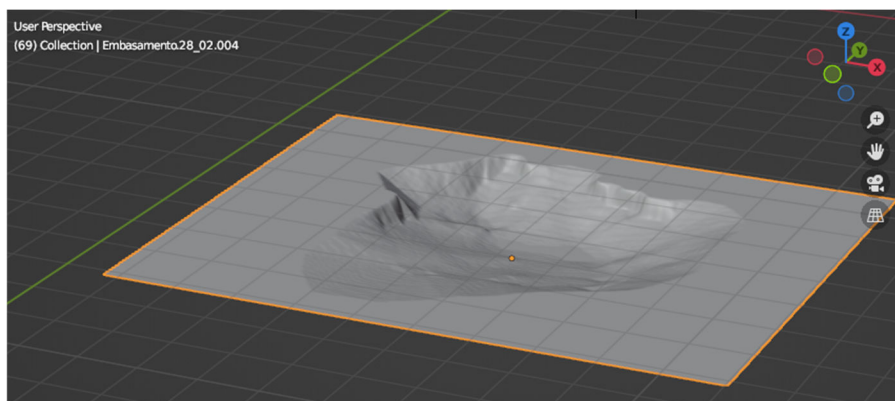


Figura 8. Modelo computacional do relevo unido ao embasamento da Bacia Sedimentar do Parnaíba. A) Visada de Z (vertical). B) Visada de Y. C) Visada de X. Fonte: A autora

## CONCLUSÕES

A pesquisa atestou o grande potencial da geração de modelos geológicos 3D e sua aplicação na Educação em Geociências. Houve significativo avanço na modelagem tridimensional da Bacia do Parnaíba, porém ainda é preciso executar outros estágios de produção, como: a) modelagem da base da maquete; b) disponibilização dos arquivos digitais na *web*, assim como do guia didático para professores; c) impressão das primeiras maquetes; d) buscar alternativas mais acessíveis para realizar múltiplas cópias das maquetes. A conclusão da modelagem 3D representa um avanço no ensino de Geociências, proporcionando um material didático útil para que o estudante desenvolva a habilidade de visualização tridimensional.

## Referências

- Araújo, D. B. de. (2017). *Bacia do Parnaíba: Sumário Geológico e Setores em Oferta*. Brasília: Agência Nacional do Petróleo (ANP). (Brasil, 14ª Rodada Licitações de Petróleo e Gás). URL: [https://www.gov.br/anp/pt-br/rodadas-anp/rodadas-concluidas/concessao-de-blocos-exploratorios/15a-rodada-licitacoes-blocos/arquivos/areas-oferecidas/sumario\\_geologico\\_r15\\_parnaiba.pdf](https://www.gov.br/anp/pt-br/rodadas-anp/rodadas-concluidas/concessao-de-blocos-exploratorios/15a-rodada-licitacoes-blocos/arquivos/areas-oferecidas/sumario_geologico_r15_parnaiba.pdf). Acesso 28.07.2023.
- 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).
- 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., & Signoretti, V. V. (2008). A carência de conteúdos de Geociências no Currículo Básico Comum de Geografia do Ensino Fundamental em Minas Gerais. Rio Claro: *Geografia*, 33(3): 467-483. URL: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/3143>. Acesso 28.07.2023.
- 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. R., Sousa, N. G. de, & Barradas, M. T. (2010). *Aquífero Serra Grande: hidrogeologia e modelo tectônico. Borda sudeste da bacia sedimentar do Parnaíba, PI*. Rio de Janeiro: Repositório Institucional de Geociências (CPRM). URL: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/919>. Acesso 28.07.2023.
- Franz (2021). *Modelar y renderizar un DEM en Blender*. Franz's blog. Descubre el poder del SIG. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=rr9HJ6DfZ5I>. Acesso 28.07.2023.
- 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>.
- Kastens, K., Manduca, C. A., Cervato, C., Frodeman, R., Goodwin, C., Liben, L. S., Mogk, D. W., Spangler, T. C., Stillings, N. A., & Titus, S. (2009). How Geoscientists Think and Learn, *Eos Trans. AGU*, 90(31), 265. (Unedited Preprint). URL: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2009EO310001>. Acesso 26.07.2023.
- 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/revpic262018448>.
- 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)).