# POTENCIAL DA METODOLOGIA DE MODELAGEM DE SUPERFÍCIE TOPOGRÁFICA USANDO REALIDADE AUMENTADA APLICADA À ENCHENTES, INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS

**Ana Gabrielle Sena Almeida**[(1)]
Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) e formada em Design de Interiores pela Universidade da Amazônia (UNAMA). Atualmente, é bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI/CNPq) e atua como voluntária no projeto de extensão Tedplan.
**Adenilson Costa de Oliveira** [(2)]
Engenheiro Civil graduado pela Universidade Federal do Pará (2003) como concluinte destaque. Pós-Graduado (Mestrado) em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2006) com ênfase em Mecânica das Estruturas, atuando e desenvolvendo trabalhos de modelagem computacional (estática e dinâmica). Professor Efetivo do Magistério Superior, DE Assistente A, Nível I na UNIFAP (Universidade Federal do Amapá), desde 2018.2.
**Alan Cavalcanti da Cunha** [(3)]
Engenheiro Químico formado pela UFPA, com especializações na USP-CRHEA e na JICA-Japão, mestre e doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela USP e doutor em Engenharia Civil pela EESC-USP. Pós-doutor pela Universidade de Miami (UM/EUA) e pela American World University. É Professor Titular da UNIFAP e atua em diversos programas de pós-graduação, incluindo o ProfÁgua. Coordena o projeto Tedplan e é vice-presidente da ABQ-AP.

**Endereço**[(1)]**:** Av. Portugal, 474, casa - São José - Macapá - Amapá - CEP: 68906-173 - Brasil - Tel: +55 (96) 991712726 - e-mail: anagabi.sena18@gmail.com.

## RESUMO

A representação de superfícies é essencial na análise de relevos e provê informações essenciais na concepção de projetos de engenharia, destacando-se os eventos hidrológicos adversos cada vez mais frequentes em áreas urbanas, como as enchentes, as inundações e os alagamentos. Na presente pesquisa, apresentamos as principais potencialidades do uso da ferramenta em Realidade Aumentada (RA) como metodologia propositiva e inovadora de ensino e pesquisa na área, a qual dispõe de recursos didáticos extremamente úteis ao estudo e análise espacial de superfícies topográficas. Nesse sentido, observa-se que a RA oferece novas alternativas metodológicas ao ensino e pesquisa das geociências e engenharias, sendo sua principal potencialidade a aplicação e a interatividade em tempo real. Como resultado da pesquisa sobre o tema na literatura da área, tem-se que a Caixa de Areia em RA seria aplicável em casos realísticos, em bacias pouco estudadas da Amazônia, permitindo a criação de superfícies topográficas em 3D e em tempo real na caixa de areia. Deste modo, seria possível simular escoamentos superficiais e visualizar cenários de alagamento, enchentes ou inundações. Apesar dessa metodologia ainda não ser conhecida e difundida, apresenta excelentes potencialidades para o ensino e pesquisa em disciplinas das engenharias, como suporte ao raciocínio espacial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sandbox, Realidade Aumentada, Topografia.

## INTRODUÇÃO

A representação de superfícies utilizando técnicas inerentes à topografia é essencial para a análise dos relevos, pois serve como suporte à geração de dados importantes para o planejamento, controle e execução de intervenções de engenharia no espaço urbano e rural, em especial as interações com eventos hidrológicos adversos (MIGUEZ et al., 2018). Destaque é dado para os estudos em geociências e suas interações com as engenharias, seja por meio da análise de dados ou por meio de simulações de enchentes, inundações e possíveis cenários que possam representar risco para a população (CUNHA e OLIVEIRA, 2024). A representação de superfícies tem sua importância cada vez mais atual, considerando reações catastróficas à ocorrência de eventos hidroclimáticos adversos que provocam sinistros socioambientais e assolam o território brasileiro, em especial zonas urbanas da Amazônia (PACHECO et al., 2023; SOUSA et al., 2023; SOUSA et al., 2024). Desse modo,

a representação de superfícies deve estar alinhada com uma boa compreensão das formas espaciais de relevo e dos elementos da topografia no geral (NCR, 2006).

No entanto, nota-se que os estudantes enfrentam dificuldades para compreender os relevos apresentados na topografia. A representação de superfícies em curvas de nível, por sua vez, contribui para a análise do relevo ao possibilitar sua visualização em 2D, além dessa ferramenta, é possível citar os modelos virtuais como o GeoWall, o qual possibilita a interação dos alunos com a superfícies sob variados ângulos, contribuindo, assim, para o aprendizado (CAUDELL et al., 1992; KAWAMOTO et al., 2016; CUNHA e OLIVEIRA, 2024, ALMEIDA, 2025 e VDFFWW, 2025). Nesse sentido, outra ferramenta de grande relevância para o estudo das geociências é a Realidade Aumentada (RA), que, apesar de pouco utilizada em comparação às ferramentas de modelos virtuais, apresenta excelentes potencialidades de aplicações inovadoras nas áreas de engenharia, principalmente na análise de riscos e desastres hidrológicos. Dessa forma, tanto no aspecto didático quanto no de pesquisa, a análise de superfícies topográficas através da RA pode ser extremamente útil para estudos de diferentes cenários.

CAUDELL et al., (1992) cunharam o termo “Realidade Aumentada” para descrever a sobreposição de informações desenvolvidas e apresentadas por computador no mundo real. A Caixa de Areia de Realidade Aumentada (SARndbox) foi inicialmente desenvolvida na Universidade da Califórnia, no Centro de Pesquisa Ambiental de Tahoe com colaboração do Centro de Ciências ECHO Lake. Trata-se de um projeto que permite a criação, em tempo real, de superfícies topográficas com representação 3D e curvas de níveis. A Sandbox é formada, resumidamente, por uma caixa de areia onde a superfície a ser representada é modelada, um sensor de movimento e profundidade que capta as alterações na areia, um projetor digital que reproduz a imagem gerada pelo computador, e um software de reconhecimento de superfícies. Esses dispositivos, em conjunto, viabilizam a criação de topografias em projeção 3D hipsométrica. Em síntese, a ferramenta complementa a compreensão da superfície representada em 2D, fornecendo ao usuário uma interação 3D e em tempo real. Ademais, a Sandbox é capaz de simular o escoamento superficial da água de forma virtual à medida que o relevo é moldado na areia, o que possibilita a visualização de cenários envolvendo alagamentos, inundações, entre outros (ALMEIDA, 2025 e VDFFWW, 2025) (Figura 1).

**Figura 1 – Exemplo de Sandbox em Realidade Aumentada.**



Fonte: KAWAMOTO et al., 2016.

## OBJETIVOS

O desenvolvimento da presente pesquisa apresenta como principais objetivos o favorecimento do ensino e aprendizagem dos processos relacionados à dinâmica dos relevos e sua relação com o curso d’água, a partir da visualização 3D e interação em tempo real. Além disso, objetiva-se montar um protótipo da caixa de areia em RA, o qual ficará nas dependências da UNIFAP, e elaborar um manual de uso e aplicações da tecnologia. Pretende-se aplicar a Sandbox nas atividades de ensino, em nível fundamental, médio e superior. Por fim, tenciona-se utilizar o protótipo na simulação de enchentes, alagamentos e inundações, considerando a topografia da cidade de Macapá e de outros municípios do Estado (CUNHA e OLIVEIRA, 2024).

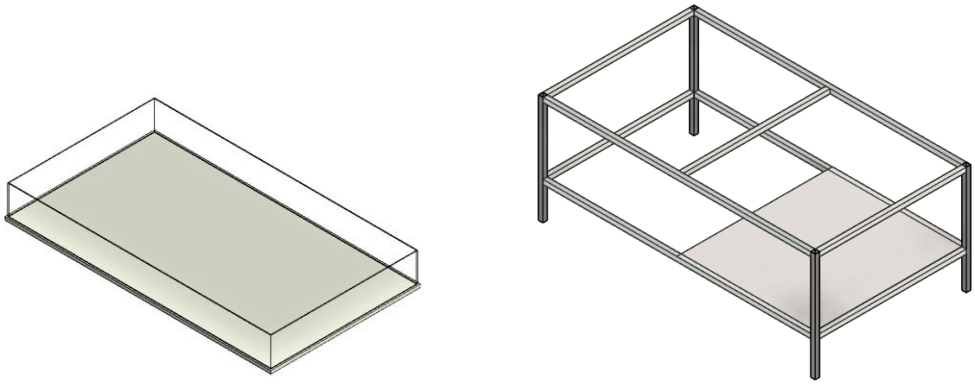
## MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento construtivo da caixa de areia (Sandbox) e aplicação em RA está sendo utilizado o manual de Kawamoto (2016), com algumas mudanças e adaptações. A presente caixa de areia apresenta

dimensão maior em comparação à caixa proposta pelo manual, uma vez que está sendo construída uma caixa nas dimensões 1,80 m por 1,00 m, enquanto o manual recomenda 1,00 m por 0,75 m.

Os métodos aplicados ao processamento e à captura de imagens digitais, por sua vez, baseiam-se na utilização de computadores, softwares especializados e câmeras de profundidade, por meio dos quais é feita a compatibilização entre a amostra real 3D e a imagem digital 2D que será projetada sobre a superfície, enquanto a imagem 3D corresponde à modelagem na areia. Para a montagem da Sandbox são necessários, resumidamente, os seguintes equipamentos: a infraestrutura da caixa de areia (a caixa em si e a estrutura de suporte), um computador com placa gráfica dedicada (offboard), o sistema operacional Windows ou similar, um projetor digital de dados, um sensor de profundidade Microsoft Kinect 1.0 e os respectivos softwares operacionais (Figura 2a, b).

**Figura 2 – a) Caixa de areia nas dimensões 1,80m x 1,00m, laterais em acrílico, base em MDF; b) Modelo digital da infraestrutura do protótipo, modelado no software Revit**



Fonte: Dos autores.

## RESULTADOS PRELIMINARES

A pesquisa encontra-se na fase final de revisão bibliográfica (CAUDELL et al., 1992; KAWAMOTO et al., 2016; CUNHA e OLIVEIRA, 2024, ALMEIDA, 2025 e VDFFWW, 2025) sobre as quais foram adquiridos os conhecimentos prévios para a construção de um protótipo em laboratório de engenharia civil. Portanto, tais referências serviram como base para uma segunda etapa da pesquisa ainda em efetivação: a aquisição, a construção e o uso da Sandbox (protótipo para uso no laboratório de engenharia civil) (Figura 2a, b).

Acerca da segunda fase da pesquisa, já foi iniciada a aquisição de materiais e equipamentos, de acordo com CUNHA e OLIVEIRA (2024). As referências têm facilitado a aquisição e a caracterização dos materiais necessários, além de servirem como base para o projeto de construção e fabricação (Figura 2a, b).

Desse modo, quanto aos resultados preliminares, destaca-se o aprendizado teórico decorrente do uso dos modelos digitais para a construção do protótipo, os quais auxiliam tanto na representação quanto na verificação da viabilidade estrutural da caixa de areia. Ademais, nessa fase foi possível identificar quais são as principais vantagens do uso da técnica Sandbox para o ensino e pesquisa das geociências e suas interações com as engenharias (MIGUEZ et al., 2018).

Além dos resultados preliminares elencados, são esperados, na segunda fase, a construção do protótipo da Sandbox (materiais já adquiridos) – incorporando as devidas inovações propostas pelo trabalho, bem como sua aplicação interativa e didática no ensino da topografia, fenômenos de transporte, hidráulica e hidrologia aplicadas, em especial como ferramenta de análise da rede de drenagem urbana e rural dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) do Estado do Amapá (CUNHA et al., 2023) - Projeto Tedplan). No processo de capacitação de agentes públicos e sociedade civil em geral, será possível tratar didaticamente de diversos temas ambientais, tais como: poluição, contaminação, enchentes, drenagem, mata ciliar, entre outros.

Ressalta-se a aplicação interdisciplinar da técnica Sandbox em drenagem e águas pluviais, no contexto das geociências e engenharias, é aplicável tanto no aspecto didático quanto no âmbito da pesquisa. Nesse sentido, há a expectativa de sua contribuição para a inclusão de metodologias inovadoras no ensino prático de temas relativamente complexos de engenharia, especialmente tópicos que envolvam as interações sólido-fluido, como sistemas naturais de drenagem e gestão de águas pluviais, hidráulica e hidrologia, e como dimensões fundamentais do Saneamento Básico.

Concluímos, preliminarmente, que a ferramenta aqui proposta está sendo implementada no laboratório de engenharia civil da UNIFAP, e, em aproximadamente dois meses, a Sandbox deverá estar em funcionamento, demonstrando seu grande potencial para o ensino e pesquisa nas áreas de geociências e engenharias civil, ambiental, sanitária, entre outras.

## AGRADECIMENTOS

Os Autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), ao Núcleo de Inovação e Transferência de Tecnologia (NITT/FUNASA), ao Laboratório de Engenharia Civil da UNIFAP e ao Projeto Tedplan (016/2018) – FUNASA pelo apoio recebido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, R. F. AR Sandbox: Aplicação da Realidade Aumentada para a conscientização sobre os riscos de áreas alagadas na proliferação do vetor Aedes aegypti da Dengue. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2023. Disponível em: https://monografias.ufop.br/handle/35400000/5893 . Acesso em: 14 mar. 2025.
2. CAUDELL, T.P., AND MIZELL, D.W. 1992. Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. In Proceedings of 1992 IEEE Hawaii International Conference on Systems Sciences, p. 659–669.
3. CUNHA, A. C.; OLIVEIRA, A. C. Plano de Trabalho de Iniciação Tecnológica (PIBITI/CNPq-DPq/PROPESPG/UNIFAP). 8 p. Macapá: Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, Departamento de Engenharia Civil, 2024.
4. KAWAMOTO, A. L. S. et al. Manual de instalação, configuração e uso da Caixa de Areia de Realidade Aumentada (SARndbox). 2016. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/5908 . Acesso em: 08 jan. 2021.
5. MIGUEZ, M.G, DI GREGÓRIO, L.T. e VERÓL, A.P. Gestão de riscos e desastres hidrológicos. 1ª. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. 340 pg.
6. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2006. Learning to think spatially: GIS as a support system in the K–12 curriculum. Washington, DC: National Academies Press.
7. PACHECO, C.E.S.; SOUSA, T. S.; ARAUJO, E. P.; CUNHA, A. C. Dimensioning Urban Drainage Systems in Housing Subdivisions in the Amazon Using Different Hydrological Models. JOURNAL OF GEOSCIENCE AND ENVIRONMENT PROTECTION, v. 11, p. 151-170, 2023.
8. SOUSA, T.S.; VIEGAS, C.J.T.; CUNHA, H.F.A.; CUNHA, A.C. Drainage and preliminary risk of flooding in an urban zone of Eastern Amazon. JOURNAL OF GEOSCIENCE AND ENVIRONMENT PROTECTION, v. 11, p. 1-16, 2023.
9. SOUZA, B.L.R.A.; ARAUJO, E.P.; ABREU, C.H.M.; SALIM NETO, J.; CUNHA, H.F.A.; CUNHA, A. C. Pre-dimensioning and Technical, Economic and Environmental Feasibility Analysis of Sub-river outfalls in Macapá and Santana cities, Amapá State, Brazil. JOURNAL OF COASTAL CONSERVATION, v. 28, p. 1-16, 2024.
10. VIRTUAL DAM FAILURE AND FUN WITH WATER (VDFFWW). https://youtu.be/d_ZHsgKjNNk?si=KB3GuOzXxVOd2Wok. Acesso em 07/05/2025. Às 9:14h.