



SARNDBOX: CAIXA DE AREIA DE REALIDADE AUMENTADA APLICADA AO ENSINO DA ENGENHARIA CIVIL

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5015

Autores: SHELDON CRISTIANO SOUZA DA SILVA, ELIO CARDOZO MACHADO, VINICIUS DANTAS, ALEXANDRE CUNHA MACHADO

Resumo: A tecnologia na construção civil é cada vez mais presente. Inteligências artificiais, realidades aumentadas são comumente empregadas em projetos ligados às áreas de estruturas, hidráulicas, arquitetura e geologia por exemplo. As instituições de ensino de engenharia civil devem estar atentas a esse movimento inovador e uma dessas tecnologias é a Caixa de Areia de Realidade Aumentada (SARndbox), uma ferramenta que pode ser aplicada no ensino-aprendizagem de conceitos de Topografia, Geologia e Hidráulica. Desenvolvida por Oliver Kreylos da UC Davis e disponibilizada gratuitamente sob licença GNU, a SARndbox integra a realidade aumentada a modelos topográficos físicos, permitindo simulações e efeitos gráficos. Esse dispositivo possibilita aos usuários criar e manipular terrenos em tempo real, gerando modelos tridimensionais para a visualização de conceitos técnicos. Interativa e lúdica, esta ferramenta torna o aprendizado mais interessante e prático, proporcionando uma experiência educacional mais realista e promovendo o desenvolvimento de habilidades espaciais. Existem várias possibilidades de utilização em sala de aula como: estímulo a criatividade, facilitar a pesquisa em geologia e geografia, compreender a construção de mapas topográficos e desenvolver noções de bacia hidrográfica e movimento da água sobre o terreno. A aplicação crescente da realidade aumentada na educação, especialmente em disciplinas técnicas, oferece oportunidades para aprimorar o ensino e motivar o envolvimento dos alunos com a tecnologia na engenharia.

Palavras-chave: Educação, Engenharia Civil; Realidade Aumentada; Tecnologia e Inovação.

SARNDBOX: CAIXA DE AREIA DE REALIDADE AUMENTADA APLICADA AO ENSINO DA ENGENHARIA CIVIL

1 INTRODUÇÃO

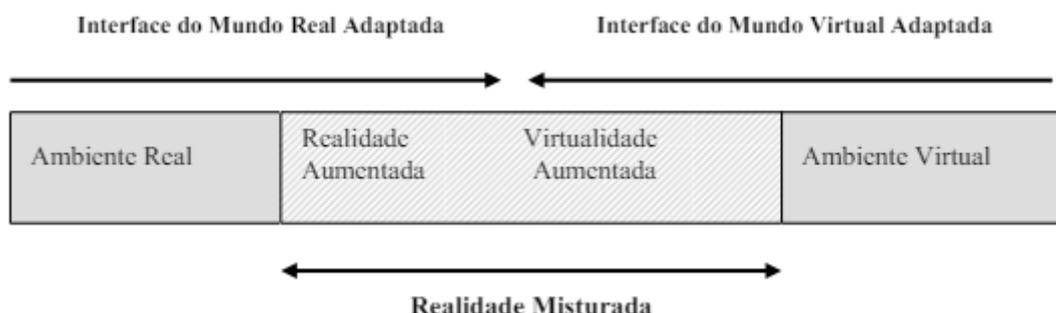
Apesar dos desenvolvimentos no campo tecnológico, parte da educação brasileira manteve-se fiel aos conceitos e métodos educacionais tradicionais. Incorporando pouca influência da tecnologia e suas vantagens na sala de aula.

Segundo Santos et al. (2014) o cenário educacional é transformado pela tecnologia, tornando as informações mais acessíveis e abundantemente disponíveis. Ele ressalta também como a integração de ferramentas tecnológicas no ambiente de aprendizado pode melhorar a experiência de ensino, aproveitando a familiaridade dos alunos com a tecnologia para promover um aprendizado mais eficiente e engajado.

Na mesma linha de pensamento, Lévy (1993) destaca a importância de adotar abordagens tecnológicas na educação, especialmente diante das mudanças constantes na forma como produzimos conhecimento. Ele enfatiza que as geotecnologias podem ser ferramentas valiosas para o ensino, possibilitando uma revisão na maneira como ensinamos Geografia, especialmente no que diz respeito à representação do espaço geográfico em diversas escalas. A integração das chamadas novas tecnologias na educação é uma realidade evidenciada pela inclusão das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) nas políticas educacionais.

Entre as diversas tecnologias geoespaciais que podem ser aplicadas na educação, a Caixa de Areia de Realidade Aumentada (SARndbox) destaca-se como uma ferramenta relevante para a implementação e adoção de metodologias ativas e integradas, unindo realidade aumentada e interface tangível. A realidade aumentada (RA) emprega tecnologias similares às utilizadas pela realidade virtual (RV), no entanto, ao contrário da RV, cujo objetivo é imergir o usuário em um ambiente virtual distinto, a RA mescla elementos virtuais com o ambiente real. Na tentativa de aprofundar a compreensão sobre a Realidade Aumentada, Milgram et al. (1994) propõe que o ambiente físico e o virtual são extremos de um continuum, no qual a realidade aumentada está situada como um ponto dentro deste espectro, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Contínuo de Milgram (Realidade Misturada).



Fonte: Modificado por Tori (2006) de Milgram (1994).

A SARndbox foi desenvolvida inicialmente em parceria pela Universidade da Califórnia, Centro de Pesquisa Ambiental de Tahoe, e Aquário e Centro de Ciências ECHO Lake, é disponibilizada gratuitamente na internet sob licença GNU (Licença Pública Geral).

Essa inovadora tecnologia oferece uma abordagem educacional que utiliza os recursos da Realidade Aumentada (RA), permitindo a criação de ambientes que combinam elementos virtuais com o mundo Real. Esses recursos trabalham para expandir as limitações físicas naturais dos usuários, melhorando a manipulação das informações. Para realizar estas ações a realidade aumentada utiliza de diversos dispositivos de entrada/saída, tanto convencionais quanto não-convencionais para tornar a interação o mais real e natural possível.

De acordo com Kirner (2011):

[...] realidade aumentada pode ser definida como o enriquecimento do mundo real com informações virtuais (imagens dinâmicas, sons espaciais, sensações hápticas) geradas por computador em tempo real e devidamente posicionadas no espaço 3D, percebidas através de dispositivos tecnológicos.

Sendo assim, a SARndbox desenvolvida no Instituto Federal de Alagoas (IFAL-Campus Maceió), aparece no cenário educacional com uma proposta bastante abrangente, que possui como objetivo apresentar e aplicar uma ferramenta inovadora que utiliza a tecnologia de realidade aumentada para auxiliar no ensino da engenharia civil, permitindo que os alunos possam criar e manipular terrenos em tempo real, permitindo uma melhor compreensão de conceitos complexos de topografia, geologia e hidrologia, minimizando a ineficiência dos métodos educacionais tradicionais e tornando os estudos mais divertido e prazeroso para os alunos.

2 MATERIAIS NECESSÁRIOS E REQUISITOS MÍNIMOS

A SARndbox requer a seguinte configuração mínima de hardware para seu funcionamento:

Computador:

- Computador com placa gráfica dedicada (offboard), executando o Sistema Operacional GNU/Linux.

Sensor de Profundidade:

- Microsoft Kinect 1.0. O software Kinect 3D Video Package utilizado pela SARndbox é compatível com os seguintes modelos da primeira geração Kinect: Kinect para Xbox 1414, 1473 e Kinect para Windows, além do Kinect para Xbox One.

Projektor Digital:

- Projektor digital de dados com interface de vídeo digital (HDMI, DVI ou DisplayPort).
- Deve ter um comprimento de curta distância e proporção dimensional nativa de 4:3 para coincidir com o campo de visão da câmera do sensor Kinect.
- Resolução mínima de 1024x768 pixels, adequada à resolução limitada pela câmera do Kinect (640x480 pixels).

Outros Materiais:

- Caixa de areia que permita a instalação do sensor Kinect e do projetor.
- Areia.

Requisitos de hardware mínimos sugeridos:

- Processador: Intel Core i5 ou Core i7 com velocidade mínima de 3 GHz.
- Placa de vídeo: NVidia GeForce GTX 970.
- Memória RAM: 2GB.
- Armazenamento: HD de 20GB.
- Sistema Operacional: Linux Mint, versão MATE de 64-bit.

É importante evitar o uso de placas gráficas AMD/ATI (Radeon) no Linux devido a possíveis incompatibilidades com a simulação de água da SARndbox, conforme aconselhado pelos desenvolvedores da UC Davis. Além disso, o software da ARS não é compatível com o sistema operacional Windows nem com máquinas virtuais. Portanto, é necessário utilizar o Linux em uma instalação exclusiva ou em uma configuração de inicialização dupla com Windows.

3 MÉTODOS

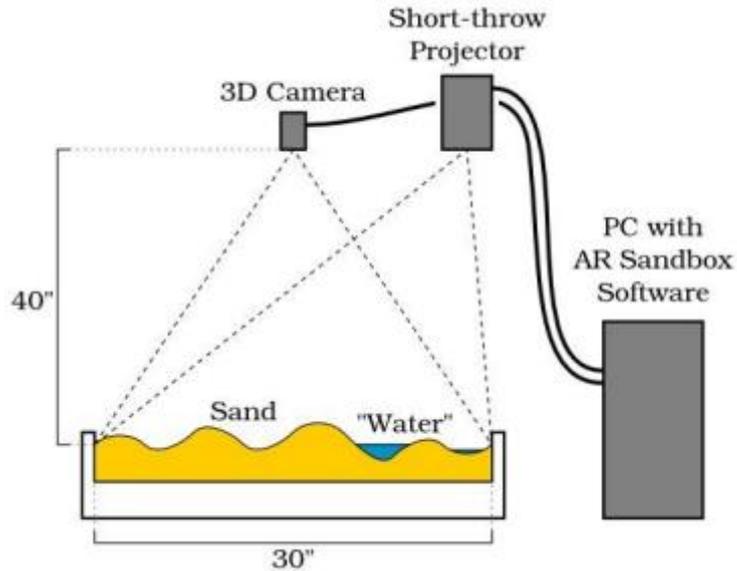
Na metodologia aplicada, seguimos as diretrizes do manual elaborado por Kawamoto (2016) com adaptações específicas de trabalhos desenvolvidos por Kreylos, O. et al. (2016) e outras fontes relevantes para orientação sobre instalação e configuração de softwares necessários para o funcionamento do projeto.

A proposta presente envolveu cinco etapas distintas: a primeira voltada para a aquisição de materiais e montagem da caixa de areia; a segunda consistiu na instalação dos softwares, a terceira etapa para integração, configuração, calibração de sistemas e execução da SARndbox, a quarta etapa foi realizada como uma aula expositiva e dialogada para apresentação dos temas aos discentes envolvidos; e a última etapa teve como objetivo avaliar a efetividade do recurso de ensino utilizado.

Referente a etapa de montagem, a SARndbox exigiu um conjunto de equipamentos específicos para seu funcionamento adequado (Figura 2). Isso inclui um computador com placa gráfica dedicada (*off board*), executando o Sistema Operacional *Linux Mint*. Além disso, foi necessário um sensor de profundidade *Microsoft Kinect* e um projetor digital de dados com uma interface de vídeo digital, como HDMI.

Sua estrutura física foi construída com uma caixa de madeira preenchida com areia, permitindo a instalação do sensor Kinect e do projetor acima da superfície da areia (Figura 3). A caixa de areia foi dimensionada de acordo com as proporções recomendadas, mantendo uma relação de 4:3 para corresponder tanto ao campo de visão da câmera do *Kinect* quanto à área de cobertura do projetor.

Figura 2 - Instalação Típica de Projetor e Sensor Kinect acima da caixa de areia.



Fonte: <http://idav.ucdavis.edu/okreylos/ResDev/SARndbox/>

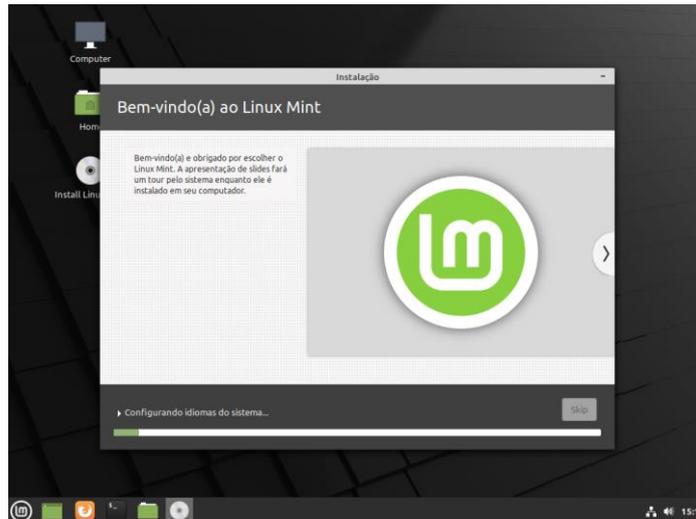
Figura 3 - Montagem da estrutura do protótipo da caixa.



Fonte: O autor (2024).

Apesar de relatos de execução bem-sucedida em Sistemas Operacionais MacOS X, optamos pelo Linux Mint devido à estabilidade na execução. A versão MATE de 64 bits foi a escolha para o sistema operacional (Figura 4).

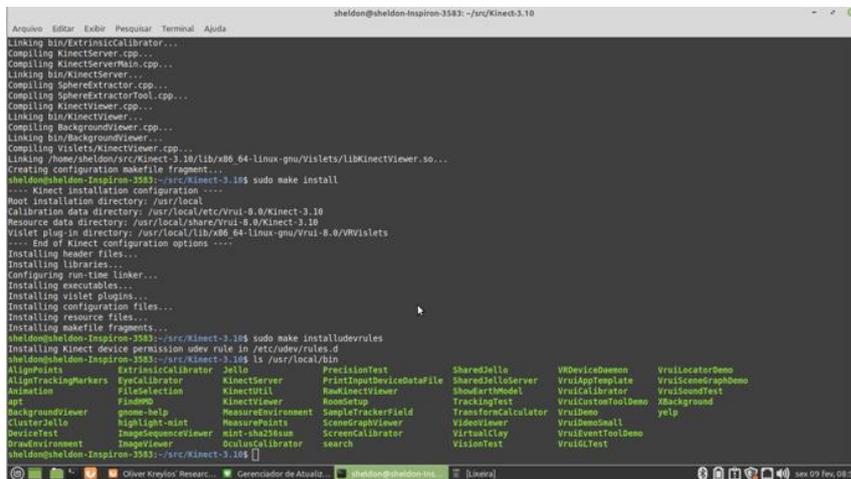
Figura 4 - Instalação do Linux Mint 20 MATE.



Fonte: O autor (2024).

Com a instalação do sistema operacional Linux concluída, a subsequente fase envolveu a instalação do driver NVIDIA, VRUI VR, Pacote do *Kinect* (Figura 5) e SARndbox. Após a conclusão das etapas de instalação, foram iniciados os procedimentos de configuração, alinhamento e calibração do dispositivo *Kinect* (Figura 6). O posicionamento do projetor e do sensor *Kinect* foi realizado de acordo com as diretrizes específicas de alinhamento e distância. A relação dimensional do projetor foi meticulosamente considerada, assegurando uma resolução apropriada para a projeção sobre a superfície da areia.

Figura 5 - Instalação do Pacote do Kinect.

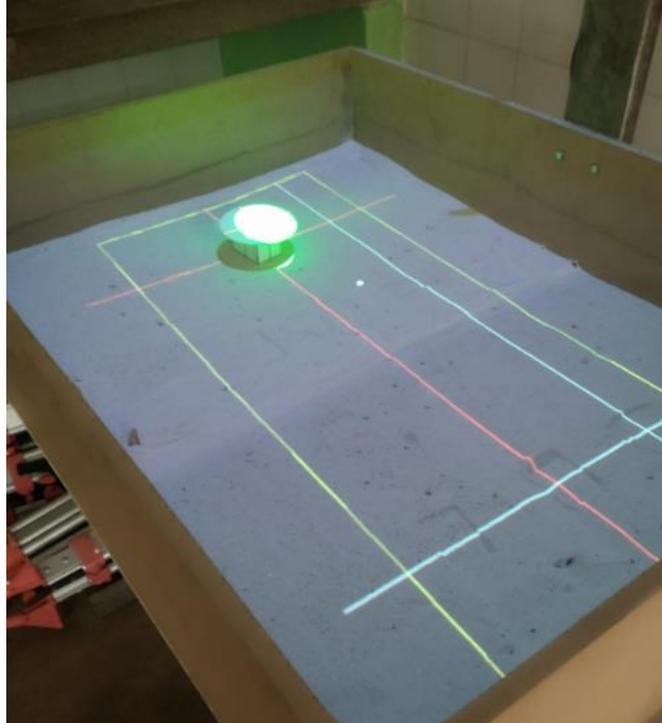


Fonte: O autor (2024).

Após a finalização dos processos de instalação e configuração, a SARndbox funciona com dois componentes principais como destacado por Santos et al. (2018), o primeiro sendo o renderizador do mapa topográfico e o segundo componente responsável pela simulação de fluxo de água ou lava vulcânica.

As últimas etapas do estudo envolveram a realização de uma aula experimental e a avaliação da eficácia do projeto como uma ferramenta de apoio ao processo de ensino-aprendizagem de assuntos relacionados à topografia, geologia e hidráulica. Para isso, foi aplicado um formulário de avaliação aos 18 estudantes do Instituto Federal de Alagoas que participaram da atividade.

Figura 6 - Tela de captura de pontos para calibração do Kinect.



Fonte: O autor (2024).

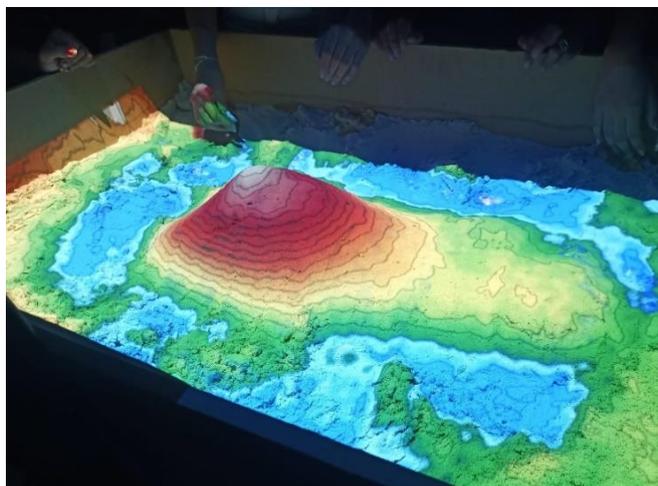
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando a interatividade do público, a SARndbox foi submetida a uma avaliação por meio de um formulário do Google com o objetivo de identificar o impacto da ferramenta no processo de aprendizagem, focando na facilidade de uso, pois precisa ser intuitiva e de fácil compreensão. A eficiência da ferramenta é essencial para proporcionar ao aluno uma experiência fluida que atenda aos seus objetivos educacionais. A aplicação também deve ajudar o usuário a prever seus erros na representação em duas dimensões. Com a manipulação da interface tangível, é possível visualizar e manusear detalhes do mapa, auxiliando no processo de cognição.

A avaliação também buscou verificar a adequação pedagógica da ferramenta, analisando se suas aplicações estão alinhadas com os conteúdos das disciplinas do curso de Engenharia Civil. O critério de satisfação avaliou se a ferramenta é capaz de atender às necessidades do usuário no processo de aprendizagem. Por fim, o critério de utilidade visou determinar se as ações propostas pela SARndbox são suficientes para proporcionar uma experiência completa ao aluno.

Após a implementação da caixa de areia de realidade aumentada, os participantes tiveram a oportunidade de explorar uma variedade de conceitos relacionados à topografia, geologia e hidrologia. Além das discussões teóricas, os alunos vivenciaram uma aprendizagem prática e interativa ao moldar formas de relevo na caixa de areia (Figuras 7 e 8).

Figura 7 - Relevo projetado pelo SARndbox.



Fonte: O autor (2024).

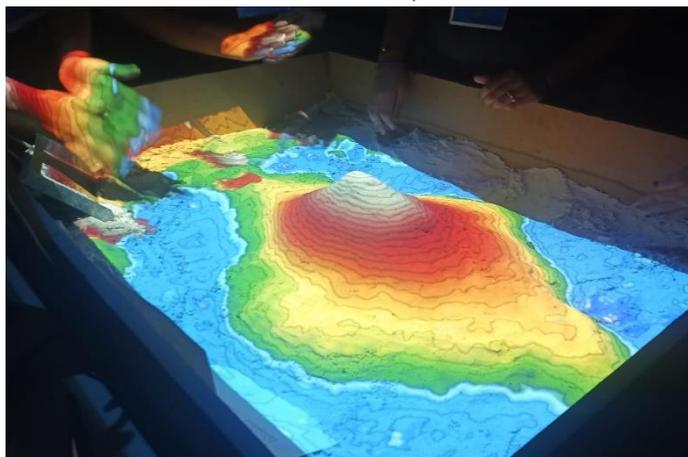
Figura 8 - Formas de relevo criadas pelos participantes da atividade.



Fonte: O autor (2024).

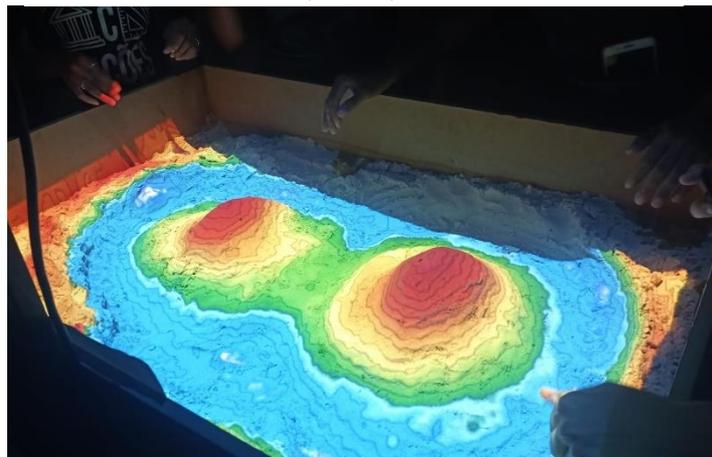
Entre as aplicações que foram desenvolvidas com esta ferramenta, podemos destacar as diferentes formas de relevo construídas na areia, trabalhando conceitos relacionados com cada forma, sua gênese e evolução. As formas de relevo construídas foram morros, colinas, chapadas, planícies, entre outras. Observamos nas figuras 9 e 10 formas representativas de relevo criadas pelos próprios participantes da atividade, para a discussão de conceitos geomorfológicos. Foi trabalhada a relação da rede de drenagem, dos rios, da bacia hidrográfica com o relevo e com o contexto de uso e ocupação, envolvendo temas como enchentes e mata ciliar.

Figura 9 - Formas de relevo trabalhadas em sala (Morro testemunho).



Fonte: O autor (2024).

Figura 10 - Formas de relevo trabalhadas em sala (Serras).

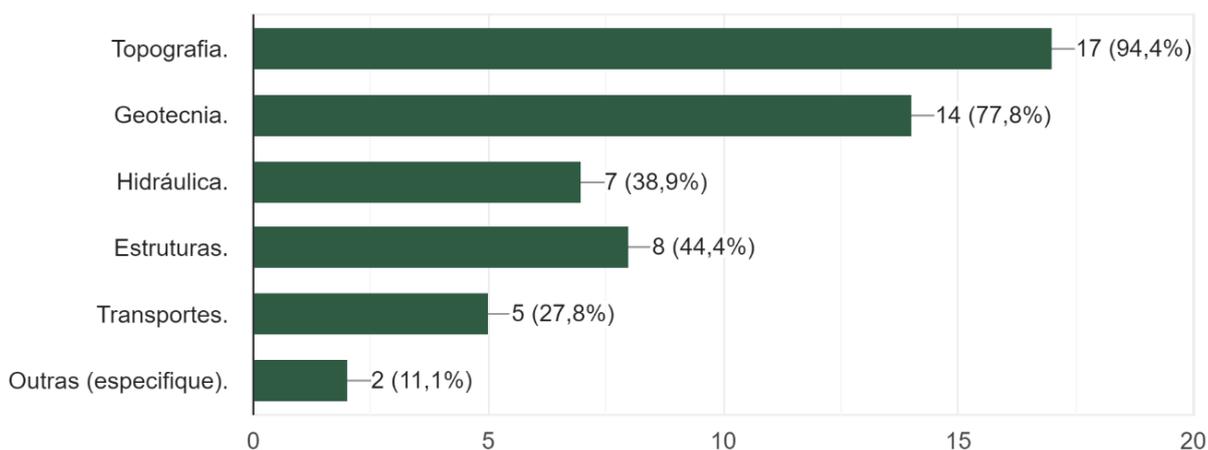


Fonte: O autor (2024).

Ao serem indagados sobre as áreas da Engenharia Civil que poderiam se beneficiar do uso do SARndbox conforme o gráfico 1, os participantes da atividade ressaltaram não apenas as disciplinas convencionais, como topografia, geologia e hidrologia, mas também destacaram a aplicabilidade dessa tecnologia em outras áreas como transporte, estruturas, planejamento urbano, mecânica dos solos e drenagem. Durante a troca de ideias, foram

discutidos exemplos específicos que evidenciaram como a SARndbox pode ser uma ferramenta valiosa nessas áreas.

Gráfico 1 - Potenciais aplicações da SARndbox em disciplinas de engenharia.



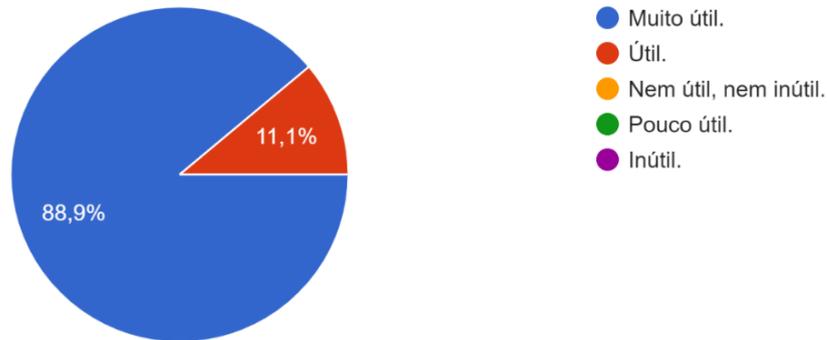
Fonte: O autor (2024).

Por exemplo, no campo do planejamento urbano, a SARndbox pode ser utilizada para simular diferentes cenários de desenvolvimento urbano, como a implantação de parques, áreas verdes e zonas de lazer, também pode projetar e simular rotas de estradas e ferrovias, experimentando diferentes traçados e avaliando seu impacto no terreno e no ambiente circundante. Isso permite aos estudantes e profissionais visualizarem como tais intervenções podem influenciar a qualidade de vida e a sustentabilidade das cidades, contribuindo para o planejamento urbano mais eficiente e inclusivo.

É importante notar que, antes da atividade, 100% dos estudantes não tinham conhecimento prévio sobre a SARndbox e estavam utilizando-a pela primeira vez. Isso destaca ainda mais o impacto da experiência na introdução dos alunos a essa tecnologia inovadora.

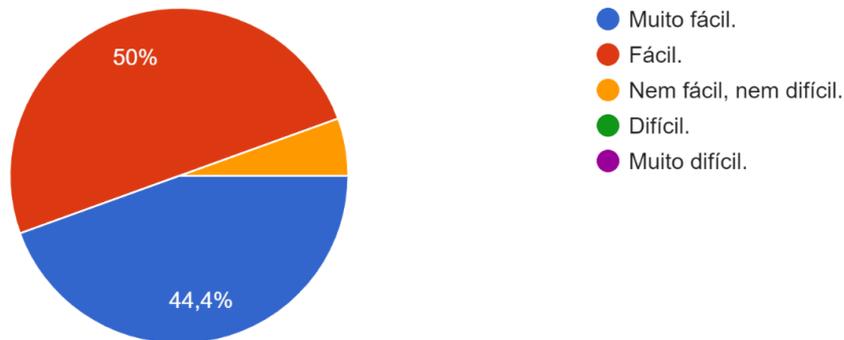
Conforme mostrado no gráfico 2, quando questionados sobre a utilidade geral do SARndbox, 88,9% dos participantes responderam que era “muito útil”. Isto demonstra a ampla aceitação do projeto como uma ferramenta valiosa em uma variedade de contextos educacionais e destaca a capacidade de promover a compreensão e aplicação de conceitos complexos em engenharia, proporcionando aos alunos experiências práticas e interativas. Em relação à facilidade de aprendizagem (gráfico 3), foi verificado que 44,7% dos participantes consideraram o SARndbox “muito fácil” e 50% o categorizaram como “fácil”. Isso representa uma curva de aprendizado acessível e uma interface intuitiva, fatores importantes na adoção e no uso eficaz da tecnologia em ambientes educacionais.

Gráfico 2 - Avaliação da utilidade geral da SARndbox.



Fonte: O autor (2024).

Gráfico 3 - Facilidade de aprendizado da SARndbox.



Fonte: O autor (2024).

Dito isso, os gráficos presentes nesta pesquisa vão além de simples números e porcentagens; eles permitem que o leitor identifique padrões, tendências e relações entre os dados, enriquecendo a compreensão dos resultados e a percepção do impacto da SARndbox no contexto educacional e acadêmico.

5 CONCLUSÃO

A discussão sobre o uso de tecnologias inovadoras, como a Caixa de Areia de Realidade Aumentada (SARndbox), evidencia o potencial dessa metodologia de ensino para a Engenharia Civil e diversas áreas das geociências. A SARndbox permite que os alunos interajam ativamente na construção e visualização de conceitos complexos, como formas de relevo e processos geológicos, proporcionando uma experiência de aprendizado única e enriquecedora.

Essa abordagem integrada de teoria e prática estimula o interesse dos alunos e promove uma compreensão mais profunda e significativa dos conteúdos estudados. A capacidade de correlacionar diferentes disciplinas e áreas do conhecimento faz da SARndbox uma ferramenta versátil, contribuindo para uma formação mais ampla e interdisciplinar dos estudantes.

No contexto educacional, a combinação de realidades integradas com interfaces tangíveis oferece uma compreensão visual e tátil significativa para projetos 3D, que são abstratos em planos tradicionais. Para validar essa abordagem, futuras avaliações serão conduzidas, dividindo os usuários em grupos que criam mapas 2D antes e depois da experiência com a SARndbox. Essa metodologia permitirá comparar os impactos percebidos pelos educadores e alunos, destacando os benefícios no processo de ensino-aprendizagem.

É essencial acompanhar as mudanças nas metodologias de ensino e estar preparado para tal, pois rejeitar esse cenário pode resultar em aulas desmotivadoras e formar cidadãos alheios à realidade contemporânea. Portanto, é fundamental que os professores reavaliem sua compreensão e abordagem em relação à metodologia de ensino e à tecnologia, integrando-as em vez de tratá-las como opostas.

À medida que as novas tecnologias se tornam cada vez mais presentes no cotidiano, a educação deve acompanhar esse avanço, proporcionando aos alunos acesso a recursos que enriqueçam seu aprendizado. A SARndbox representa uma ferramenta inovadora e indispensável para o ensino da Engenharia Civil e áreas afins.

Portanto, é crucial que instituições de ensino e professores estejam abertos à implementação dessas tecnologias em suas metodologias educacionais, explorando seu potencial para aprimorar a qualidade do ensino e preparar os alunos para os desafios do mundo contemporâneo.

6 AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa sincera gratidão ao Instituto Federal de Alagoas (IFAL) e à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação Pesquisa e Inovação (PRPPI) pelo apoio e valiosos recursos disponibilizados ao longo deste projeto. Sem o seu apoio não teríamos alcançado os importantes resultados apresentados neste artigo.

Agradecimentos especiais ao nosso professor orientador pela dedicação, orientação e experiência essenciais para a criação deste trabalho.

Gostaria também de agradecer às nossas famílias pelo seu apoio e compreensão inabaláveis, mesmo durante os momentos difíceis deste projeto. Suas palavras de incentivo e apoio emocional são verdadeiramente inestimáveis.

Além disso, não podemos deixar de reconhecer a generosidade dos pesquisadores da Universidade da Califórnia Davis, W. M. Keck Center for Active Visualization in the Earth Sciences, por disponibilizarem o código aberto e gratuito do AR Sandbox. Sua contribuição para a comunidade científica é um exemplo inspirador de colaboração e compartilhamento de conhecimento.

REFERÊNCIAS

KAWAMOTO, André Luiz Satoshi. **Manual de instalação, configuração e uso da caixa de areia de realidade aumentada (SARndbox)**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Ciências da Computação e Departamento Acadêmico de Ambiental, Campo Mourão-PR, 2016.

KIRNER, C.; KIRNER, T.G. Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada. In: Ribeiro, M.W.S.; ZORZAL, E.R. (Org.). Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências. **Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências**. 1 ed. Porto Alegre: SBC, 2011, v. 1.

KREYLOS, Oliver. **Augmented Reality Sandbox**. Disponível em: <http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/index.html>. Acesso em: 10 de set. 2023.

LÉVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência**: o futuro do pensamento na era da informática. São Paulo: Editora 34, 1993.

MILGRAM, Paul et al. **Augmented reality**: a class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telemanipulator And Telepresence Technologies*, v. 2351, n. 1, p. 282-292, 21 dez. 1994. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228537162_Augmented_reality_A_class_of_displays_on_the_reality-virtuality_continuum. Acesso em: 13 de set. 2023.

SANTOS, Gesinaldo; RESENDE, Mauricio Martins. **O Desafio Metodológico no uso de Novas Tecnologias**: Um estudo em uma Revista Tecnologias na Educação, Revista Tecnologias na Educação, Ano 6 - número 10, p. 23, – Julho 2014.

SANTOS, R. S. et al. **Aplicação da SARndbox no ensino de Geomorfologia**. *Revista de Geografia (Recife)*, Recife, v. 35, n. 4, p. 83-91, 2018.

TORI, R.; KIRNER, C. Fundamentos de realidade aumentada. In: TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. A. (org.). **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Porto Alegre: SBC, 2006.

SARNDBOX: AUGMENTED REALITY SANDBOX APPLIED TO CIVIL ENGINEERING EDUCATION

Abstract: *Technology in civil construction is increasingly prevalent. Artificial intelligence and augmented reality are commonly employed in projects related to areas such as structures, hydraulics, architecture, and geology, for example. Civil engineering educational institutions must be attentive to this innovative movement, and one of these technologies is the Augmented Reality Sandbox (SARndbox), a tool that can be applied in the teaching and learning of concepts in Topography, Geology, and Hydraulics. Developed by Oliver Kreylos at UC Davis and made available for free under a GNU license, the SARndbox integrates augmented reality with physical topographic models, enabling simulations and graphic effects.*

This device allows users to create and manipulate terrains in real-time, generating three-dimensional models for the visualization of technical concepts. Interactive and playful, this tool makes learning more interesting and practical, providing a more realistic educational experience and promoting the development of spatial skills. There are several possibilities for classroom use, such as stimulating creativity, facilitating research in geology and geography, understanding the construction of topographic maps, and developing notions of watershed and water movement over the terrain. The growing application of augmented reality in education, especially in technical disciplines, offers opportunities to enhance teaching and motivate student engagement with technology in engineering.

Keywords: *Education, Civil Engineering; Augmented Reality; Technology and Innovation.*

