CAIXA DE AREIA DE REALIDADE AUMENTADA (AR SANDBOX) COMO INSTRUMENTO DE PREVENÇÃO: UMA PROPOSTA ESCOLAR DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Sávio Salgado Maia [1] *& Rebeca Felipe dos Santos Silva* [2]

Palavras-Chave – Tecnologias Educacionais, Atividades Interativas, Riscos Hidrológicos.

INTRODUÇÃO

A intensificação da urbanização brasileira, associada à impermeabilização do solo e à ocupação inadequada de encostas, margens de rios e planícies de inundação, tem ampliado a exposição de populações socialmente vulneráveis a enchentes, alagamentos, enxurradas e deslizamentos. Conhecer os processos que desencadeiam esses eventos é condição fundamental para preveni-los. Nesse sentido, a Educação Ambiental, compreendida em perspectiva crítica, participativa e interdisciplinar, ultrapassa a transmissão de conteúdos ecológicos e assume papel estratégico na formação de uma cultura de prevenção, capaz de compreender as relações entre sociedade, natureza, desigualdades urbanas e riscos ambientais (Santos, 1988; Souza, 2009; Pelicioni, 2014).

É nesse horizonte que se insere a Caixa de Areia de Realidade Aumentada (AR Sandbox), tecnologia que combina modelagem física do relevo, projeção digital e simulação hidrológica em tempo real, permitindo que estudantes visualizem e manipulem fenômenos como bacias hidrográficas, chuva, escoamento superficial, infiltração, erosão e áreas suscetíveis à inundação (Reed *et al*., 2014; Puertas *et al*., 2020). A ferramenta amplia as possibilidades da Educação Ambiental e da comunicação de risco no espaço escolar, transformando processos frequentemente abstratos em experiências concretas, colaborativas e visualmente acessíveis, (Bakhtiari *et al*., 2024).

Este trabalho apresenta uma proposta pedagógica escolar baseada no uso da AR Sandbox como medida não estrutural de prevenção a desastres. A proposta dialoga diretamente com a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), que define a Educação Ambiental como processo permanente voltado à construção de valores, conhecimentos, habilidades e atitudes orientadas à conservação do meio ambiente e à sustentabilidade (Brasil, 1999); com a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), que enfatiza a cultura de prevenção, a difusão de informações sobre riscos e a realização de ações educativas nas escolas (Brasil, 2012); e com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), ao articular competências e habilidades relacionadas ao ambiente, ao território, à água, ao uso do solo e à participação social (Brasil, 2018).

Nessa perspectiva, busca-se demonstrar como simulações de chuva e escoamento podem ser mobilizadas para discutir, de forma crítica e contextualizada, questões como a ocupação irregular, a impermeabilização do solo urbano e a distinção entre medidas estruturais e não estruturais de gestão de riscos, aproximando a ciência, cotidiano e comunidade escolar, favorecendo uma aprendizagem sensível, crítica e socialmente comprometida (Jacobi, 2005; Loureiro, 2004; Pelicioni, 2014).

METODOLOGIA

A metodologia foi realizada em três etapas: inicialmente realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o uso da AR Sandbox em contextos educacionais, com ênfase em experiências ligadas a riscos

1) Serviço Geológico do Brasil; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), savio.maia@sgb.gov.brr
2) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), rebeca.felipe32@aluno.ifce.edu.br

hidrológicos e Educação Ambiental. A busca foi realizada nas bases de dados *ScienceDirect*, *Scopus* e *Web of Science*. Em seguida fez-se uma análise documental das políticas educacionais e de proteção civil (PNEA, PNPDEC e BNCC), articulando seus objetivos ao potencial pedagógico da ferramenta; Por fim, a elaboração de atividades didáticas roteirizadas com a AR Sandbox, aplicáveis com estudantes do Ensino Fundamental e Médio, as atividades foram concebidas para estimular a aprendizagem ativa, a reflexão crítica sobre a ocupação territorial e a compreensão da relação entre processos naturais e ações antrópicas na ocorrência de desastres.

As atividades propostas utilizam a AR Sandbox para simular diferentes cenários hidrológicos. Como mostra a Figura 1, os estudantes poderão modelar relevos, delimitar bacias hidrográficas, representar áreas urbanizadas e observar, em tempo real, o comportamento da água durante eventos simulados de precipitação.

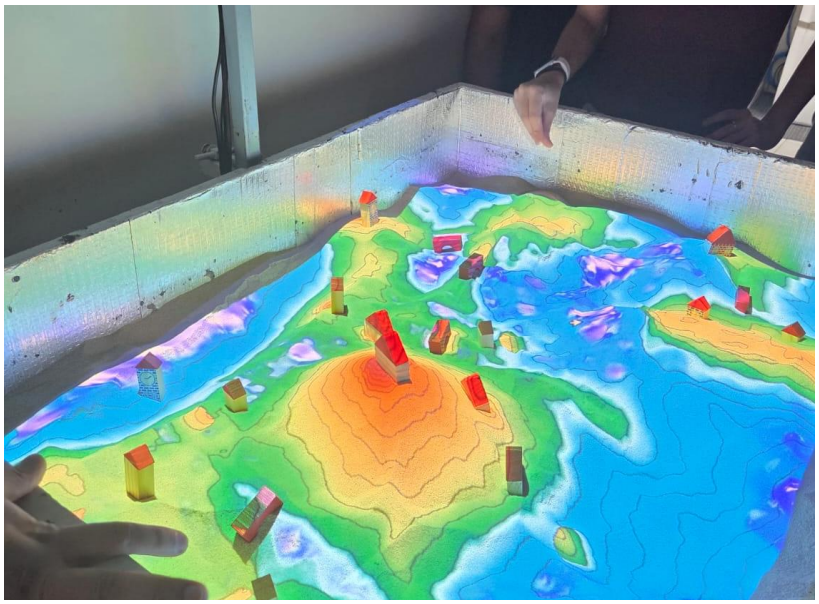


Figura 1. Interação dos estudantes com a AR SAndbox. Fonte: autoria própria.

RESULTADOS

A AR Sandbox demonstra ser uma ferramenta eficaz de comunicação de risco no ambiente escolar. Ao simular chuvas sobre relevos moldados pelos próprios estudantes, a ferramenta torna visível aquilo que textos e mapas bidimensionais raramente conseguem transmitir: o comportamento da água na paisagem. Em tempo real, os estudantes observam como vales se inundam antes das encostas, como superfícies impermeáveis aceleram o escoamento e como a ausência de vegetação agrava a erosão e os riscos de deslizamento.

No âmbito da cultura de prevenção, além da dimensão conceitual, as simulações funcionam como provedoras de discussões, pelos estudantes, sobre situações presentes no cotidiano escolar e comunitário e que agravam enchentes e deslizamentos em áreas urbanas, como impermeabilização do solo, ocupação de áreas suscetíveis à inundação, desmatamento da vegetação, drenagem urbana e ausência de medidas de prevenção. Ao relacionar simulações com situações concretas do território, a AR Sandbox fortalece a percepção de que desastres não decorrem apenas de eventos naturais, mas de processos sociais, formas de ocupação do solo e escolhas de planejamento urbano (Jacobi, 2005; Loureiro, 2004).

No campo educacional, também é possível relacionar o aumento de interesse, motivação e engajamento dos estudantes nas atividades, aspectos relevantes para práticas de Educação Ambiental que demandam participação ativa e reflexão crítica (Bacca *et al.*, 2014; Arici, 2024). A ferramenta

não apenas ensina hidrologia, mas abre caminho para discutir justiça ambiental, direito à cidade e cidadania, confirmando a versatilidade da ferramenta para discussões que vão além do conteúdo técnico (Prado *et al*.;2025).

A educação ambiental deve ser uma educação para o ambiente, não apenas sobre ele (Sauvé, 2005), nesse contexto, a AR Sandbox insere o estudante dentro do problema, promovendo o protagonismo estudantil, estimulando o pensamento crítico sobre uso do território e integrando componentes curriculares de forma interdisciplinar. Assim, contribuindo, como medida não estrutural, para a formação de uma cultura de prevenção criando experiências de aprendizagem memoráveis.

CONCLUSÕES

A AR Sandbox apresenta elevado potencial como instrumento escolar de Educação Ambiental voltado à prevenção de desastres, ao integrar visualização interativa, experimentação prática e contextualização territorial (Reed *et al*., 2014; Puertas *et al*., 2020).

O recurso pode ser utilizado como medida não estrutural de gestão de riscos, alinhada às diretrizes da PNEA, da PNPDEC e da BNCC, contribuindo para a formação de uma cultura de prevenção desde a educação básica. Uma vez que a AR Sandbox contribui para a compreensão da relação chuva, relevo, drenagem e o uso do solo, além de impactos antrópicos e identificação de áreas de vulnerabilidades (Tucci, 2004; Tundisi e Matsumura, 2011). A ferramenta favorece abordagens interdisciplinares e ativas, promovendo o protagonismo dos estudantes e cria espaços férteis para o debate sobre cidadania, justiça ambiental e planejamento territorial. Sua principal contribuição não está apenas no apoio ao ensino de conteúdos hidrológicos, mas na capacidade de transformar esses conteúdos em experiências formativas (Jacobi, 2005; Loureiro, 2004) em uma linguagem próxima da realidade escolar.

A proposta apresentada constitui um modelo de intervenção pedagógica passível de aplicação em escolas localizadas em áreas suscetíveis a desastres hidrológicos, podendo subsidiar futuras pesquisas voltadas à avaliação de sua efetividade em contextos reais de ensino. Recomenda-se, ainda, a ampliação de experiências de aplicação da AR Sandbox em redes públicas de ensino e o investimento na formação continuada de professores para potencializar seu uso como estratégia de Educação Ambiental e comunicação de riscos. Assim, a escola deixa de ser apenas um espaço de transmissão de conteúdos para tornar-se um território de construção de sentidos sobre o lugar em que vivemos e sobre a responsabilidade coletiva de protegê-lo.

REFERÊNCIAS

ARICI, F. "*Investigating the effectiveness of augmented reality technology in science education in terms of environmental literacy, self-regulation, and motivation to learn science"*. International Journal of Human-Computer Interaction, v. 40, n. 24, p. 8476-8496, 2024.

BACCA, J.; BALDIRIS, S.; FABREGAT, R.; GRAF, S.; KINSHUK. "*Augmented reality trends in education: a systematic review of research and applications"*. Journal of Educational Technology & Society, v. 17, n. 4, p. 133-149, 2014.

BAKHTIARIA, V.; PIADEH, F.; BEHZADIAN, K.; KAPELAN, Z. "*A critical review for the application of cutting-edge digital visualisation technologies for effective urban flood risk management"*. Sustainable Cities and Society, vol. 99, p. 104958, 2023.

BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018.

BRASIL. *Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012*. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 abr. 2012.

BRASIL. *Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999*. Dispõe sobre a Educação Ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 abr. 1999.

JACOBI, P. "*Educação ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo"*. Educação e Pesquisa, v. 31, n. 2, p. 233-250, 2005.

LOUREIRO, C. F. B. "*Educar, participar e transformar em educação ambiental"*. Revista Brasileira de Educação Ambiental, v. 1, n. 0, p. 13-70, 2004.

PELICIONI, M. C. F. "*Fundamentos da educação ambiental"*. *In*: PHILIPPI JR., A.; ROMÉRO, M. de A.; BRUNA, G. C. (org.). Curso de gestão ambiental. 2. ed. Barueri: Manole, 2014. p. 469-491.

PRADO, P. Q.; DÍAZ, M. R.; GONZÁLEZ-CAMPOS, M. E.; CONTRERAS, R. S.; LEAL, C. G. O.; PETERSON, V. A. "*Integrando la realidad aumentada ar-sandbox en la educación geográfica chilena: experiencia en la asignatura de manejo de cuencas hidrográficas"*. Educación: revista de la Universida de Costa Rica, v. 49, n. 1, p. 28, 2025.

PUERTAS, J.; HERNÁNDEZ-IBÁÑEZ, L.; CEA, L.; REGUEIRO-PICALLO, M.; BARNECHE-NAYA, V.; VARELA-GARCÍA, F.-A. "*An augmented reality facility to run hybrid physical-numerical flood models"*. Water, v. 12, n. 11, p. 3290, 2020.

REED, S.; HSI, S.; KREYLOS, O.; YIKILMAZ, M. B.; KELLOGG, L. H.; SCHLADOW, G.; SEGALE, H.; CHAN, L. "*Augmented reality turns a sandbox into a geoscience lesson"*. Eos, v. 97, p. 18-22, 2016.

SANTOS, M. "*Espaço e sociedade no Brasil: a urbanização recente"*. Geosul, Florianópolis, v. 3, n. 5, p. 5-16, 1988.

SAUVÉ, L. "*Educação ambiental: possibilidades e limitações"*. Educação e Pesquisa, vol. 31, p. 317–322, 2005.

SOUZA, C. R. G. *Desastres naturais: conhecer para prevenir.* São Paulo:Instituto Geológico, 2009.

TUCCI, C. E. M. "*Inundaciones urbanas"*. Boletín de la Organización Meteorológica Mundial, v. 53, n. 1, 2004

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA, T. "*Recursos hídricos no século XXI"*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) pelo apoio acadêmico e institucional ao desenvolvimento desta pesquisa, e ao Serviço Geológico do Brasil (SGB) pela colaboração e suporte técnico.