



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

GEORGE PEREIRA DE OLIVEIRA

**O USO DA INTERFACE TANGÍVEL SARND BOX NO ENSINO DE  
GEOMORFOLOGIA: experiências a partir do 1º ano do Ensino Médio**

Recife  
2022

GEORGE PEREIRA DE OLIVEIRA

**O USO DA INTERFACE TANGÍVEL SARND BOX NO ENSINO DE  
GEOMORFOLOGIA: experiências a partir do 1º ano do Ensino Médio**

Trabalho de Conclusão de Curso  
submetido à banca de avaliação, como  
requisito para obtenção do grau de  
Licenciado em Geografia, pelo curso de  
Licenciatura em Geografia da  
Universidade Federal de Pernambuco.

Orientador (a): Prof. Dr. Daniel Rodrigues de Lira

Coorientador (a): Prof. Me. Edmário Marques de Menezes Júnior

Recife

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Oliveira, George Pereira de.

O USO DA INTERFACE TANGÍVEL SARND BOX NO ENSINO DE  
GEOMORFOLOGIA: experiências a partir do 1º ano do Ensino Médio /  
George Pereira de Oliveira. - Recife, 2022.

42 : il., tab.

Orientador(a): Daniel Rodrigues de Lira

Cooorientador(a): Edmário Marques de Menezes Júnior

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de  
Pernambuco, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Geografia -  
Licenciatura, 2022.

1. Ensino de Geomorfologia. 2. Metodologias ativas de ensino. 3. Realidade  
Aumentada na Geografia. 4. Interfaces tangíveis. 5. Formas de relevo. I. Lira,  
Daniel Rodrigues de(OrientaÃ§ão). II. Menezes Júnior, Edmário Marques de.  
(Coorientação). III. Título.



À todas as crianças da Terra que enfrentam substanciais adversidades em sua busca pelo conhecimento.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha mãe Margarida, meu pai Geraldo e todos os meus demais familiares por todo o apoio ao longo de minha carreira acadêmica.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Daniel Rodrigues de Lira, e meu coorientador, Prof. Me. Edmário Marques, pelo apoio e por terem me possibilitado a elaboração deste TCC. Suas ideias sempre são de grande ajuda e a amizade de vocês é inestimável.

Aos professores Antonio Carlos de Barros Corrêa, Bruno de Azevêdo Cavalcanti Tavares, Marco Túlio Mendonça Diniz, Osvaldo Girão da Silva e Rubson Pinheiro Maia pelas significativas contribuições conceituais e metodológicas. Os seus ensinamentos me guiam todos os dias em minha busca pelo conhecimento geomorfológico.

Aos professores Riclaudio Silva Santos e Wemerson Flávio da Silva por aceitarem participar da banca de defesa, me presenteando com seus conhecimentos e experiências de vida.

A todos os colegas do Grupo de Estudos do Quaternário do Nordeste Brasileiro – GEQUA por todos os momentos de alegria e aprendizado.

Ao Departamento de Geografia da UFPE, todos os professores e demais funcionários que trabalham para manter o globo do conhecimento geográfico girando.

"...we decipher the Earth's diary that has been left to us as a legacy. We read with trained senses and interpret with the tool of disciplined thinking. We translate the Earth's language into our own, and enrich the already bright and colourful surface of the present with the knowledge of the inexhaustible abundance of the past." (CLOOS, 1953, p. 4).

## RESUMO

Os avanços das últimas décadas nas tecnologias de Realidade Aumentada têm fornecido à Geografia e outras disciplinas escolares um diversificado arcabouço de materiais e recursos com significativo potencial para uso em sala de aula. Na esteira das metodologias ativas, que visam colocar o aluno frente à problemas para os quais deve buscar soluções, a simulação de formas e processos espaciais a partir destas novas tecnologias se apresenta como um recurso didático para o desenvolvimento do pensamento espacial. Neste estudo, é feita uma análise da efetividade do uso da interface tangível SARndbox no ensino de Cartografia e Geomorfologia para alunos do Ensino Médio. Trabalhou-se com 54 alunos de duas turmas de 1º Ano do Ensino Médio do Colégio de Aplicação da UFPE. Os mesmos foram instigados a fazer uma atividade com carta topográfica e bloco 3D onde tiveram que identificar feições geomórficas indicadas. A atividade foi aplicada após aula expositiva dialogada e novamente após a interação dos alunos com a SARndbox. Apesar de tímida, houve melhora na taxa de acerto das respostas. É necessário analisar criticamente estas novas tecnologias, buscando-se sempre adaptá-las a realidade e as especificidades de cada ala de aula.

**Palavras-chave:** SARndbox; metodologias ativas; interfaces tangíveis; formas de relevo.

## **ABSTRACT**

The advances of the last decades in Augmented Reality technologies have provided Geography and other school subjects with a diverse framework of materials and resources with significant potential for use in the classroom. In the wake of active methodologies, which aim to put the student in front of problems for which they must seek solutions, the simulation of spatial forms and processes from these new technologies is presented as a didactic resource for the development of spatial thinking. In this study, an analysis is made of the effectiveness of the use of the tangible interface SARndbox in the teaching of Cartography and Geomorphology for high school students. We worked with 54 students from two classes of 1st Year of High School at Colégio de Aplicação da UFPE. They were encouraged to do an activity with a topographic map and 3D block where they had to identify indicated geomorphic features. The activity was applied after a dialogic expository class and again after the students' interaction with the SARndbox. Despite being shy, there was an improvement in the response rate. It is necessary to critically analyze these new technologies, always seeking to adapt them to the reality and specificities of each classroom.

**Keywords:** SARndbox; active teaching methodologies; tangible user interfaces; landforms.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Continuum de Virtualidade de Milgram e Kishino (1994).                                                                                     | 18 |
| Figura 2 - Aplicativo GeoXplorer. A e B - Paisagens geomorfológicas tridimensionais elaboradas por aerofotogrametria. C - Amostra em AR de Amazonita. | 20 |
| Figura 3 - Exemplos de uso do AstroReality EART. A - Estrutura interna da Terra; B - Distribuição global dos sismos.                                  | 21 |
| Figura 4 - A - Sistema Solar e B - Saturno em AR projetados visualizados a partir do AR Solar System.                                                 | 22 |
| Figura 5 - Aplicativo LandscapAR.                                                                                                                     | 23 |
| Figura 6 - Distribuição global dos dispositivos SARndbox registrados oficialmente.                                                                    | 25 |
| Figura 7 - Distribuição dos dispositivos SARndbox registradas no Brasil.                                                                              | 27 |
| Figura 8 - Estrutura básica da SARndbox.                                                                                                              | 30 |
| Figura 9 - Materiais que compõem a SARndbox. A – Computador e caixa de madeira contendo a areia; B – Retroprojektor e sensor Kinect.                  | 31 |
| Figura 10 - Componentes básicos da SARndbox. A - Renderizador topográfico; B - Simulador de precipitação.                                             | 32 |
| Figura 11 - Carta topográfica do planalto sedimentar do Araripe.                                                                                      | 34 |
| Figura 12 - Carta topográfica da planície fluviomarinha do Recife.                                                                                    | 35 |
| Figura 13 - Carta topográfica dos mares de morros da Mata Sul pernambucana.                                                                           | 35 |
| Figura 14 - Bloco 3D do planalto sedimentar do Araripe.                                                                                               | 36 |
| Figura 15 - Bloco 3D da planície fluviomarinha do Recife.                                                                                             | 36 |
| Figura 16 - Bloco 3D dos mares de morros da Mata Sul pernambucana.                                                                                    | 37 |
| Figura 17 - Diferentes paisagens criadas na SARndbox pela imaginação dos discentes do 1º ano do Ensino Médio do CAP-UFPE.                             | 38 |

## **SUMÁRIO**

|                                                                                                        |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>                                                                                    | <b>14</b> |
| 1.1 OBJETIVOS                                                                                          | 15        |
| <b>2 O USO DE REALIDADE AUMENTADA E INTERFACES TANGÍVEIS NO ENSINO DE GEOMORFOLOGIA</b>                | <b>16</b> |
| 2.1 ENTRE A REALIDADE E A VIRTUALIDADE                                                                 | 17        |
| 2.2 INTERFACES TANGÍVES E SARND BOX: O CAMINHO EM DIREÇÃO AO SISTEMA DE MODELAGEM TANGÍVEL DA PAISAGEM | 24        |
| <b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>                                                                   | <b>29</b> |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>                                                                       | <b>34</b> |
| <b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>                                                                         | <b>42</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b>                                                                                     | <b>43</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Nas primeiras décadas do século XXI, a sociedade vislumbra um exponencial avanço tecnológico, saindo da era dos gigabytes para os terabytes e, mais recentemente, os petabytes. É a era do *Big Data* (COX; ELLSWORTH, 1997), onde um volume cada vez maior de dados é produzido diariamente em maior velocidade e variedade. As crianças e adolescentes das atuais gerações estão imersas nesse conjunto amplo e complexo de informações, sendo um desafio para os atuais professores aprender e ensinar a filtrar o que realmente é benéfico para o processo de formação do aluno como um cidadão e indivíduo intelectualizado.

Apesar das complexidades que se apresentam, as novas tecnologias também se mostram como um terreno fértil para a ruptura com paradigmas tradicionalistas de ensino. Num momento onde as metodologias ativas ganham crescente destaque nos campos teórico-metodológico e prático, ferramentas modernas de modelagem virtual da realidade, como softwares de Realidade Aumentada (AR, do inglês *Augmented Reality*), interfaces tangíveis, globos virtuais, dentre outros, se mostram promissores.

Na Geografia, onde se trabalha com uma miríade de sistemas e processos espaciais interconectados, a dificuldade do educador em se fazer entender é acentuada. As novas ferramentas digitais, quando bem empregadas, auxiliam no processo de modelagem do espaço geográfico, aproximando o aluno de experiências mais próximas de sua realidade cotidiana e tornando, assim, os conteúdos mais assimiláveis.

Ao se tomar a Geomorfologia como exemplo, percebe-se que os atuais avanços tecnológicos têm um importante papel no processo de superação do ensino tradicional das formas de relevo, onde os alunos são limitados à uma percepção 2D de visão em planta. Seja no meio urbano ou rural, o relevo é o palco onde as transformações socioespaciais ocorrem, um substrato que não pode ser analisado separadamente da sociedade que nele se instalou e evolui progressivamente.

Apesar de a energia liberada pelas atividades humanas ser pouco expressiva quando comparada à dos processos endógenos, como tectonismo e vulcanismo, a mesma é comparável e, em significativos casos, supera a eficiência dos processos exógenos (SZABÓ, 2010). Os educandos precisam compreender, a partir de uma visão tridimensional e multiescalar, como a complexa relação entre a sociedade e o relevo se processa, suas modificações resultantes no espaço geográfico e como eles

e o lugar onde vivem se inserem nesta dinâmica. Dentre as ferramentas digitais atualmente disponíveis para o ensino de Geomorfologia, numa perspectiva ativa e integrada, destaca-se a SARndbox (KREYLOS, 2012), a qual consiste numa conjugação entre realidade aumentada e interface tangível (PETRASOVA et al., 2018; HOFIERKA et al., 2022). O seu uso para fins didáticos é reportado de maneira destacada pela literatura voltada para o ensino de Geomorfologia (NAWAZ; KUNDU; SATTAR, 2017; PETRASOVA et al., 2018; SANTOS et al., 2018; GEORGE; HOWITT; OAKLEY, 2019; SOLTIS et al., 2020; BOS; MILLER, BULL, 2021; HOFIERKA et al., 2022).

O crescente avanço no uso das novas metodologias ativas atreladas a inovações tecnológicas evidencia uma tendência à sua consolidação. Porém, é necessário cautela em seu uso, sendo imprescindível o papel do professor de Geografia como pesquisador dotado de senso crítico para uma efetiva triagem das metodologias que são aplicáveis ou não à realidade de sua sala de aula. Dessa forma, o presente estudo se justifica pela relativa escassez no âmbito nacional de pesquisas que avaliam de forma qualitativa e quantitativa como o uso da SARndbox auxilia na melhoria da qualidade do ensino de Geomorfologia para educandos em diferentes níveis de ensino. A seguir, apresentar-se-á os objetivos que nortearam este TCC.

## 1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral do presente estudo pode ser expresso no seguinte enunciado: compreender o modo como o uso de Sistemas de Modelagem da Paisagem Tangíveis (SARndbox) auxilia na melhoria do processo de ensino-aprendizagem de conteúdos ligados à Geomorfologia para turmas de 1º ano do Ensino Médio (CAp/UFPE).

Como objetivos específicos pode-se elencar os seguintes:

- Aplicar um sistema de interface tangível, no caso a SARndbox, para representação tridimensional do relevo;
- Apresentar aos educandos envolvidos ou revisar, a partir de atividade prática utilizando a SARndbox, os principais conteúdos relacionados às formas de relevo;
- Avaliar se houve uma melhoria efetiva no engajamento e na aprendizagem dos discentes envolvidos na atividade no tocante à identificação das formas de relevo básicas presentes na paisagem.

## 2 O USO DE REALIDADE AUMENTADA E INTERFACES TANGÍVEIS NO ENSINO DE GEOMORFOLOGIA

O avanço tecnológico das últimas décadas legou aos professores de Geografia uma significativa diversidade de ferramentas para a emulação em meio digital de diversas variáveis e processos geoespaciais. Esse progresso é perceptível nas diretrizes específicas que tratam das competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos estudantes dos diversos níveis de ensino, que no caso do Brasil é a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018).

Para o trecho da BNCC que trata das disciplinas Geografia (Ensino Fundamental) e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas (Ensino Médio), tanto no 6º ano dos anos finais Ensino Fundamental como no 1º ano do Ensino Médio é visível a preocupação em inserir essas novas tecnologias nas análises espaciais, conforme mostrado no Quadro 1. Busca-se com isso um rompimento com a visão clássica 2D ou visão em planta, onde os processos e formas que compõem o espaço geográfico são vistos puramente nas dimensões de largura e comprimento.

Quadro 1. Competências e habilidades que constam na BNCC acerca do uso de tecnologias na análise espacial.

| <b>6º ANO - ENSINO FUNDAMENTAL</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UNIDADES TEMÁTICAS</b>          | Formas de representação e pensamento espacial.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>OBJETOS DE COMHECIMENTO</b>     | Fenômenos naturais e sociais representados de diferentes maneiras.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>HABILIDADES</b>                 | (EF06GE09) Elaborar modelos tridimensionais, blocos-diagramas e perfis topográficos e de vegetação, visando à representação de elementos e estruturas da superfície terrestre.                                                                                                                                                                        |
| <b>1º ANO - ENSINO MÉDIO</b>       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>COMPETÊNCIA GERAL</b>           | Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. |
| <b>COMPETÊNCIA ESPECÍFICA</b>      | Analisar processos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais nos âmbitos local, regional, nacional e mundial em diferentes tempos, a partir da pluralidade de procedimentos                                                                                                                                                              |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | epistemológicos, científicos e tecnológicos, de modo a compreender e posicionar-se criticamente em relação a eles, considerando diferentes pontos de vista e tomando decisões baseadas em argumentos e fontes de natureza científica.                                                                                                                                                                                         |
| <b>HABILIDADES</b> | (EM13CHS106) Utilizar as linguagens cartográfica, gráfica e iconográfica, diferentes gêneros textuais e tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais, incluindo as escolares, para se comunicar, acessar e difundir informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. |

Fonte: Elaborada a partir da BNCC (BRASIL, 2018).

A apropriação dos avanços tecnológicos pelos professores de Geografia cresce conforme novos recursos vão se tornando disponíveis. O uso dessas ferramentas é incorporado ao arcabouço prático e metodológico dos docentes, numa tentativa de rompimento com a metodologias tradicionais e maior disseminação das denominadas metodologias ativas. Estas podem ser entendidas como formas de desenvolver o processo de ensino-aprendizagem a partir de experiências reais e/ou simuladas, discutindo-se problemas advindos da prática social e aventando-se sobre possíveis soluções (BERBEL, 2011).

Tomando como referência a simulação de processos reais, o que é destacado na definição supracitada de Berbel (2011), a Realidade Aumentada (AR, do inglês *Augmented Reality*) se apresenta como uma importante ferramenta na fomentação deste tipo de experiência. A diversidade de softwares, sejam para computadores ou smartphones, tem permitido à emulação de uma crescente coleção de fenômenos espaciais. Diferentes possibilidades para o uso de AR serão apresentadas no tópico a seguir.

## 2.1 ENTRE A REALIDADE E A VIRTUALIDADE

A proximidade com diferentes formas e processos contribui para a sua melhor abstração. Numa disciplina como a Geografia, que lida com ambientes naturais e antropizados e sua interação, a atividade de campo é o principal caminho para se alcançar uma compreensão ampla da realidade (GOMES-HERAS; MCCABE, 2014). Ela consegue aproximar o sujeito, seja na posição de aluno ou professor/pesquisador, de seu objeto de estudo. Contudo, uma atividade de campo requer planejamento e recursos, os quais as vezes são inacessíveis para diversas instituições de ensino,

principalmente nos níveis da Educação Básica. Dessa forma, o educador tem que buscar meios de trazer a paisagem para dentro da sala de aula, sendo a Realidade Aumentada (AR, do inglês *Augmented Reality*) uma ferramenta que merece ser destacada tendo em vista os seus significativos avanços em tempos recentes.

A Realidade Aumentada, de maneira genérica, consiste em tecnologias que unem o ciberespaço e o mundo real (CHANG; WU, 2014). De maneira operacional, pode-se falar também na AR como qualquer situação em que objetos do mundo real são “aumentados” por meio de objetos gráficos criados a partir de computação gráfica (MILGRAM; KISHINO, 1994).

Milgram e Kishino (1994) propõem a existência de um *Continuum* de Virtualidade (VC, do inglês *Virtuality Continuum*), o qual teria em uma extremidade o ambiente totalmente real e na outra um ambiente totalmente virtual, onde os seus usuários estão imersos em um mundo sintético, sem contato visual com o mundo concreto do entorno (Figura 1). Entre as duas extremidades estaria uma gradação que após o ambiente real seguiria para a Realidade Aumentada e passaria pela Virtualidade Aumentada (AV, do inglês *Augmented Viatuality*) pouco antes chegar ao ambiente virtual. Todo o intervalo situado logo após o início do VC e pouco antes de seu término seria o que os autores chamam de Realidade Mista (MR, do inglês *Mixed Reality*).

Figura 1. *Continuum* de Virtualidade de Milgram e Kishino (1994).



Fonte: Adaptado de Milgram e Kishino (1994).

As aplicações da AR nas práticas de ensino vêm ganhando espaço nas últimas décadas. Como destaca Rolim et al (2011), a incrementação de materiais didáticos com elementos virtuais amplifica os aspectos sensoriais deste, sendo benéfico para a capacidade cognitiva de aprendizagem. Como pontos positivos da inserção da AR no processo de ensino-aprendizagem, pode-se citar o aumento da motivação e engajamento dos educandos, reforçando a capacidade de abstração dos mesmos a

partir da visualização virtual de formas, processos e fenômenos reais (WU et al. 2013). É importante, contudo, destacar que mais importante que o uso da tecnologia são os conteúdos e metodologias empregadas em sala de aula (TORI, 2017), sendo a AR um complemento que deve se adequar à realidade do ambiente escolar.

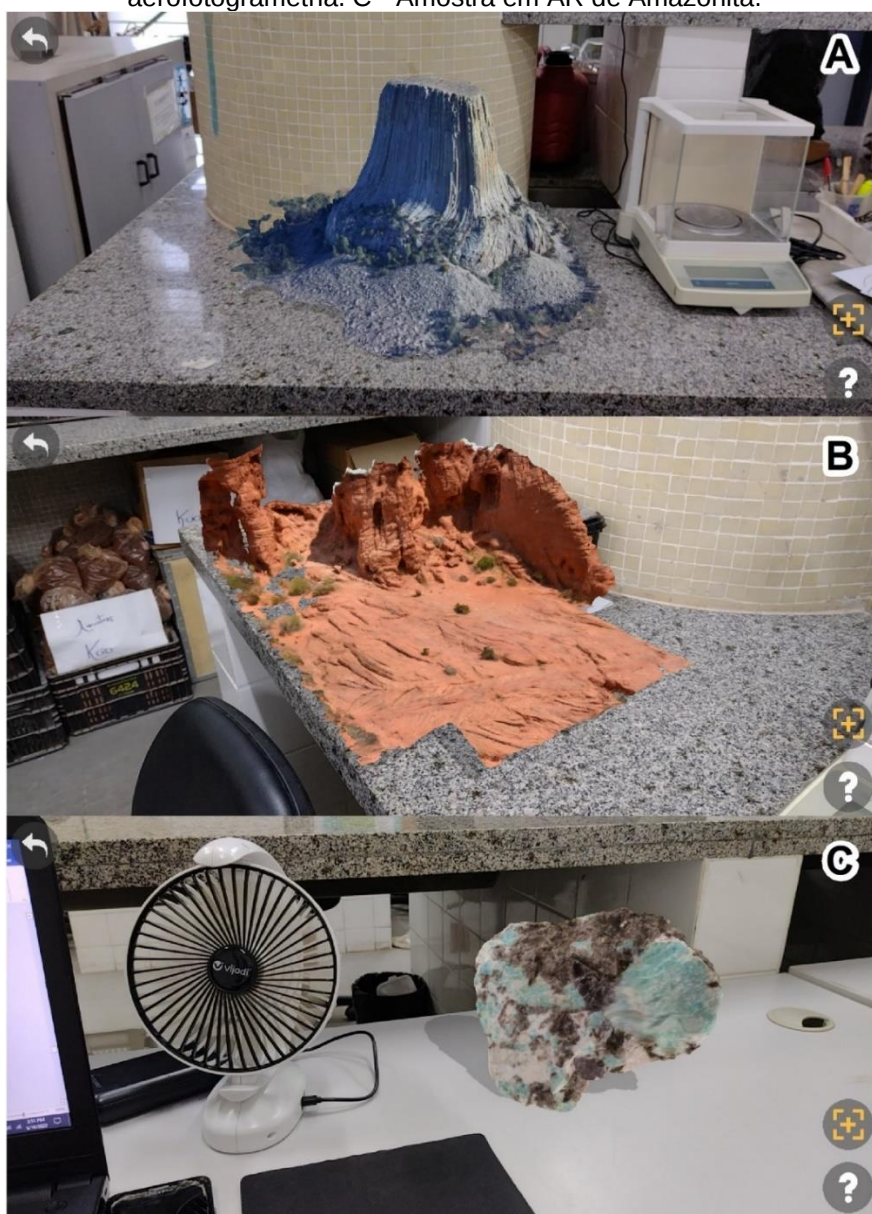
O uso de AR na Cartografia Escolar é uma das várias possibilidades de aplicação desta tecnologia no Ensino de Geografia. Como destaca Pereira et al. (2017), apesar de seu inquestionável valor, mapas impressos são estáticos, apresentando uma interatividade limitada. Ainda de acordo com os autores, os mapas virtuais, por outro lado, podem ser atualizados mais facilmente, apresentando conteúdo dinâmico que pode ser adequado às necessidades específicas de seu público alvo.

Cim, Tori e Huanca (2020), a partir de revisão bibliográfica acerca do uso de AR no Ensino de Geografia, identificaram na literatura especializada temas diversos com possibilidades de aplicação desta tecnologia, como Geomorfologia, Topografia, Cartografia, movimentos da Terra, dentre outros. No tocante aos recursos tecnológicos utilizados, percebe-se o uso desde livros aumentados onde, a partir de leitores de Qr Codes e aplicativos específicos, as figuras de livros adaptados são projetadas em AR (VAHLICK; BITTENCOURT, 2019), passando por aplicativos que leem elementos pré-existent no mundo real e projeta sob estes objetos virtuais (PRATT, 2017; CARVALHO; LIAO, 2020), até chegar as interfaces tangíveis, se enquadrando nesta categoria a AR Sandbox ou SARndbox (KREYLOS, 2012; SANTOS et al., 2018; ANDRADE; OLIVEIRA, 2019; HOFIERKA et al., 2022). Esta última será discutida de maneira detalhada no próximo tópico.

No tocante às possibilidades de aplicação de AR na análise espacial das paisagens geomorfológicas, foco do presente estudo, pode-se citar a representação tridimensional do relevo, estruturas geológicas e simulação de processos naturais, como precipitação, inundações, movimentos de massa, sismos, etc. (PRATT, 2017; PETRASOVA et al., 2018; HOFIERKA et al., 2022). Com a advento dos dispositivos móveis, o acesso a aplicativos que simulam tais formas e fenômenos se ampliou, havendo atualmente uma diversidade de softwares disponíveis, cujas funções vão cada vez mais se complexificando. Nos próximos parágrafos alguns aplicativos com potencial para o ensino são destacados, os quais abordam temáticas diversificadas da Geografia e das Geociências. Todos os softwares mostrados podem ser baixados no repositório *Google Play Store* e são de acesso gratuito.

Pratt (2017) desenvolveu um aplicativo para smartphones e tablets que permite a visualização em AR de formas relacionadas às Geociências, como paisagens geomorfológicas, afloramentos rochosos, amostras de mão e estrutura cristalina de minerais, estruturas arqueológicas, dentre outras feições. O aplicativo, distribuído no *Google Play Store* pela desenvolvedora Fosset Lab, funciona a partir de um banco de dados alimentado pelo desenvolvedor, imagens tridimensionais adquiridas em alguns casos a partir de aerofotogrametria por drones. Após identificar superfícies planas no ambiente real, o software projeta na tela do dispositivo móvel os modelos 3D disponíveis (Figura 2).

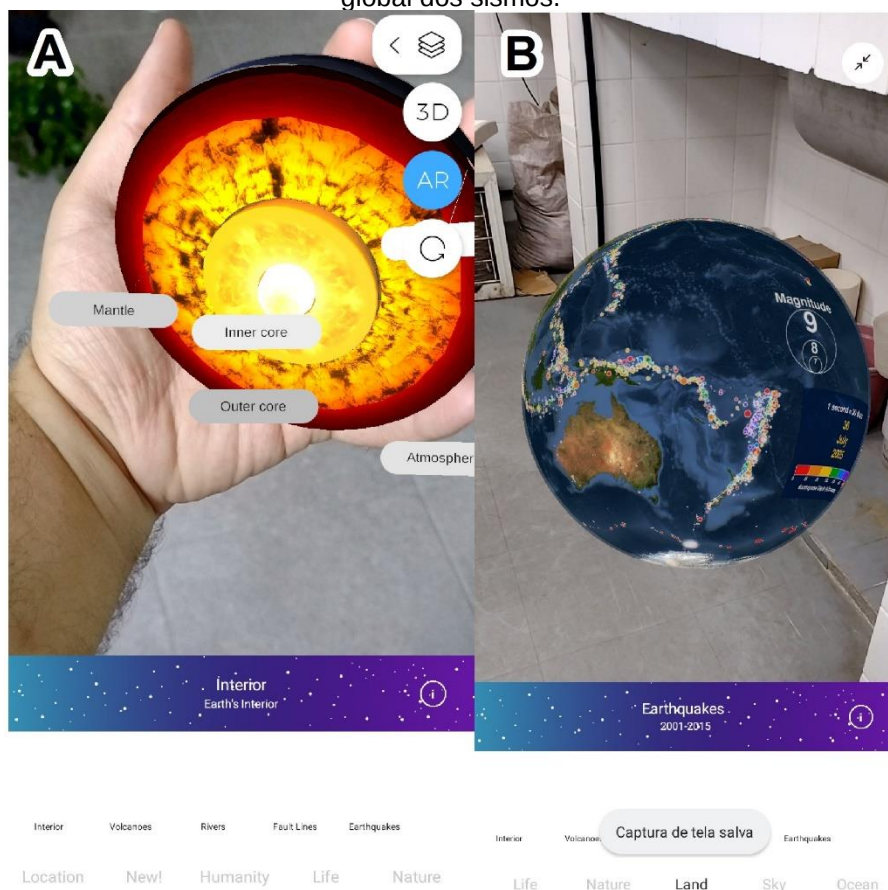
Figura 2. Aplicativo GeoXplorer. A e B - Paisagens geomorfológicas tridimensionais elaboradas por aerofotogrametria. C - Amostra em AR de Amazonita.



Fonte: Autor (2022).

A aplicativo AstroReality EARTH, distribuído pela Quantum AR Technologies Inc., se apresenta como uma proposta de globo terrestre virtual em AR. Nele é possível espacializar diferentes informações relacionadas às Geociências e outras áreas, como estrutura interna da terra, distribuição global dos sismos e vulcões, biomas, rotas migratórias de aves e animais marinhos, correntes marítimas e circulação oceânica, densidade populacional e até dados acerca da evolução espaço-temporal dos casos de Covid-19 no mundo (Figura 3). Conforme informações disponibilizadas pelo desenvolvedor, o aplicativo reúne dados coletadas a partir da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e os projeto em um modelo 3D global numa escala de 1:160.000.000 (ASTROREALITY, 2022). Está disponibilizado no mercado um globo físico que serve de apoio ao uso do aplicativo, mas este funciona em dispositivos móveis sem a necessidade de aquisição de outros componentes.

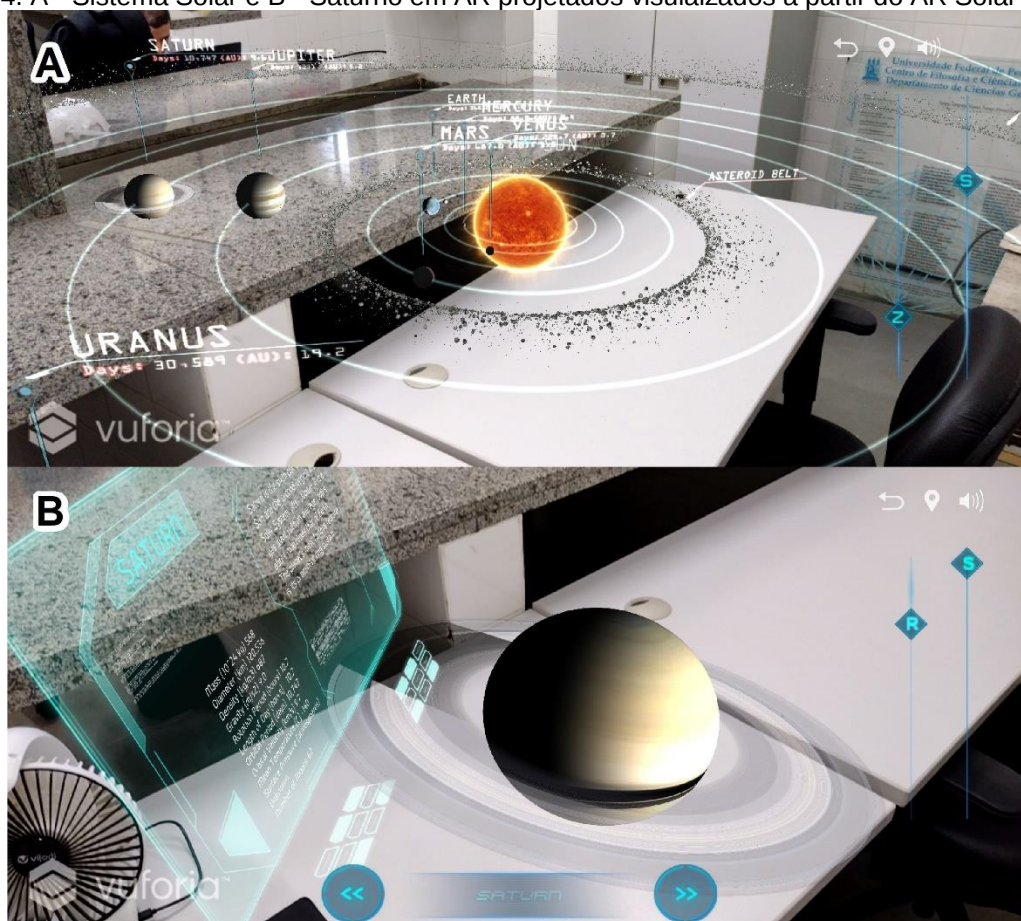
Figura 3. Exemplos de uso do AstroReality EART. A - Estrutura interna da Terra; B - Distribuição global dos sismos.



Fonte: Autor (2022).

No tocante às temáticas relacionadas ao ensino sobre corpos planetários tem-se como exemplo o AR Solar System, o qual é um planetário em 3D que pode ser projetado em qualquer ambiente a partir do uso de dispositivos móveis. Além de mostrar um modelo em AR de todo sistema solar (Figura 4-A), é possível analisar os planetas separadamente, visualizando a sua superfície e informações básicas, como massa, diâmetro, densidade, gravidade, período de rotação, período e velocidade do movimento de translação, temperatura média, pressão atmosférica, dentre outras informações (Figura 4-B). O aplicativo só está disponível no idioma inglês, contudo o mesmo pode ser trabalhado de maneira multidisciplinar por professores de Geografia e Língua Inglesa.

Figura 4. A - Sistema Solar e B - Saturno em AR projetados visualizados a partir do AR Solar System.

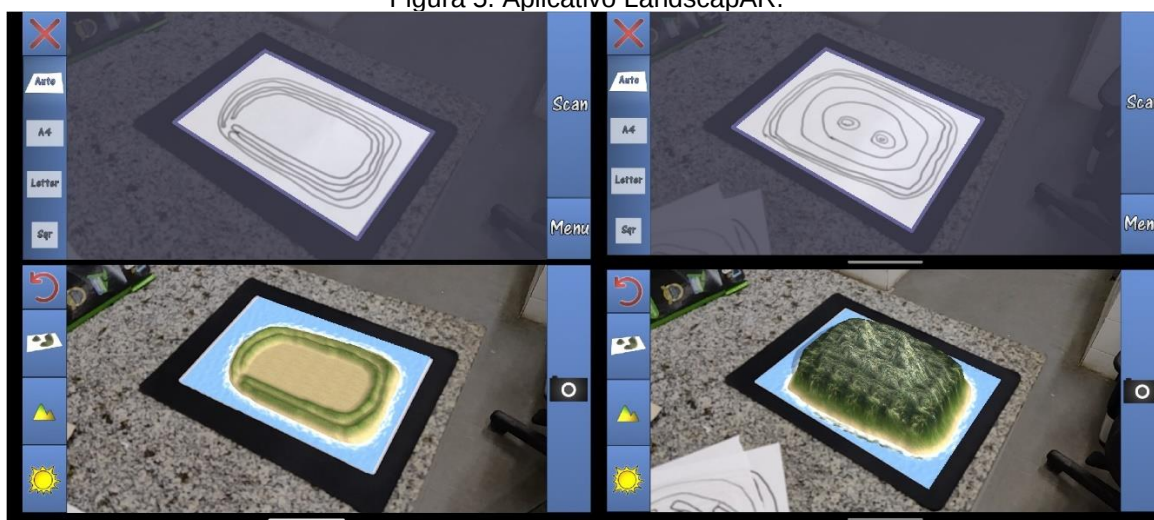


Fonte: Autor (2022).

Com relação a representação tridimensional do relevo, o LandscapAR, criado pela empresa *Weekend Labs UG* (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2019) é um dos aplicativos mais intuitivos e de fácil manuseio que se propõe a tal finalidade. O mesmo funciona a partir da conversão de esboços de curvas de nível em um modelo renderizado 3D

em AR (Figura 5). Para isso é necessário, além de um dispositivo móvel com câmera (smartphone ou tablet com sistema operacional compatível com o aplicativo), uma folha branca, uma superfície preta de dimensões maiores que o papel em branco para servir como moldura (cartolina, papel cartão ou qualquer outro material de coloração preta) e um lápis piloto também de coloração preta. A iluminação no ambiente deve ser adequada e homogênea para o funcionamento correto do aplicativo.

Figura 5. Aplicativo LandscapAR.



Fonte: Autor (2022).

Diferentemente dos aplicativos citados anteriormente, para os quais praticamente inexistem estudos discutindo a sua aplicabilidade, o LandscapAR já vem sendo utilizado em sala de aula e discutido pela literatura especializada (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2019; ANDRADE; OLIVEIRA, 2019; BARBOZA; RONDINI, 2020; CARVALHO; LIAO, 2020). De acordo com Carvalho e Liao (2020), diversas temáticas podem ser abordadas a partir dele, como Cartografia, Geomorfologia, Hidrografia, Geometria espacial, plana e esférica, estas últimas evidenciando o seu caráter multidisciplinar. Ainda segundo os autores, pode-se trabalhar os conceitos de formas de relevo, geometria de áreas planas e curvas, paisagem, altimetria, perfis topográficos, curvas de nível, etc. Ainda há muito a se discutir sobre essa ferramenta em sala de aula e sobre as diferentes possibilidades de sua inserção nas estratégias e metodologias de ensino de Geografia.

O LandscapAR também traz outra faceta da AR que não está presente nos demais aplicativos aqui discutidos, a mescla entre elementos do mundo real e elementos virtuais que interagem para construir uma experiência multissensorial

complexa. Neste ponto, a noção de Realidade Mista presente no *Continuum* de Virtualidade de Milgram e Kishino (1994) vai se materializando e recai-se sobre o conceito de Interfaces Tangíveis, conceito-chave para o entendimento da ferramenta SARndbox, tema do próximo tópico.

## 2.2 INTERFACES TANGÍVES E SARNDBOX: O CAMINHO EM DIREÇÃO AO SISTEMA DE MODELAGEM TANGÍVEL DA PAISAGEM

As Interfaces Tangíveis (TUIs, do inglês *Tangible User Interfaces*) são modelos que permitem a interação com computadores a partir de objetos tangíveis familiares, unindo a percepção tátil do mundo com o poder das simulações numéricas (RATTI et al., 2004). Como destaca Petrasova et al. (2018), o indivíduo é capaz de manipular de maneira fácil e intuitiva o espaço físico, mas a sua compreensão é largamente quantitativa. Da mesma forma, os autores afirmam que é possível analisar e modelar o espaço de maneira computacional, precisando-o quantitativamente, mas isso tende a ser menos intuitivo e requer mais experiência. É a partir da intuição que se desenvolve a criatividade e surgem as novas ideias, sendo as TUIs uma tentativa de promover um uso mais intuitivo dos computadores ao combinar as vantagens do mundo físico e da computação (PETRASOVA et al., 2018).

A intuição é um elemento cada vez mais trabalhado na esteira das metodologias ativas de ensino. A partir de sua percepção de mundo, o aluno é colocado diante de problemas que requerem criatividade para a busca de soluções. As TUIs se apresentam, assim, como um recurso educacional de significativo potencial, sobretudo na Geografia, onde se objetiva desenvolver nos educandos o pensamento espacial. Este pode ser concebido como um conjunto de processos mentais de representação, análise e elaboração de inferências a partir das relações entre os diferentes sistemas que compõem o espaço geográfico (UTTAL; MILLER; NEWCOMBE, 2013).

Petrasova et al. (2018) apresentam uma série de tipos de interfaces tangíveis plausíveis de serem implementados: interfaces de mudança de formas - a interação é mútua, com modificações na superfície real respondendo na superfície virtual e vice-versa; interfaces arquitetônicas aumentadas - interação com modelos digitalizados de edificações; interfaces de argila aumentada - interação de modelo tridimensional do relevo projetado em massa argilosa maleável; e interfaces de Caixa de Areia de

Realidade Aumentada ou AR Sandbox - interação de modelo tridimensional do terreno e processos de escoamento com caixa contendo areia.

A AR Sandbox, foco do presente estudo, consiste numa interface tangível baseada na interação entre uma caixa contendo areia e um modelo altimétrico tridimensional renderizado sobre o material arenoso. O modelo funciona através de um ciclo de esculturação da areia, escaneamento 3D, computação gráfica e projeção (PETRASOVA et al., 2018). Para isso, ele necessita, além de um computador, de sensores de movimento e profundidade para o escaneamento e um retroprojetor para virtualizar sobre a areia o resultado digitalizado das deformações impostas (SANTOS et al., 2018). Mais informações técnicas sobre uma das possibilidades de implementação deste sistema se encontram no capítulo 3.

Em 2017 já haviam na Europa e nas Américas cerca de 150 AR Sandboxes em atividade, sendo implementadas para práticas nos mais diversos níveis de ensino (NAWAR, KUNDU, SATTAR, 2017). Houve uma considerável disseminação da AR Sandbox a nível global (Figura 6) a partir do desenvolvimento do software SARndbox pelo professor Oliver Kreylos (2012), do Departamento de Ciência da Computação da Universidade da Califórnia Davis (UC Davis) em cooperação com o Centro de Pesquisa Ambiental de Tahoe e Aquário e Centro de Ciências ECHO Lake (MEZZOMO; KAWAMOTO; BRAZ, 2020).

Figura 6. Distribuição global dos dispositivos SARndbox registrados oficialmente.



Fonte: AR Sandbox World Map (2022).

George, Howitt e Oakley (2019) realizaram um teste com crianças de 4 a 5 anos de idade que durou cerca de 8 semanas, para as quais foram apresentadas uma série

de desafios lógicos na forma de brincadeiras e atividades lúdicas envolvendo formas de relevo. Os autores perceberam uma nítida melhora na noção de pensamento espacial e capacidade de resolução de problemas dos participantes.

Soltis et al. (2020) tentaram medir como o uso da AR Sandbox pode melhorar o engajamento dos alunos do ensino superior em atividades estruturadas de laboratório a partir do uso de biosensores de atividade eletrodérmica (variação nas características elétricas da pele). Os resultados mostraram um notável aumento do engajamento dos alunos a partir da comparação dos dados eletrodérmicos anteriores e posteriores a aplicação da atividade com a AR Sandbox.

Ao trabalhar com alunos de escolas situadas em comunidades marginalizadas da Eslováquia, Hofierka et al. (2022) apresentam um dos estudos mais sistemáticos de uso da AR Sandbox presentes na literatura científica. O mesmo parte do princípio de Paisagem Tangível de Petrasova et al. (2018), o qual consiste na junção entre a interface tangível e um Sistema de Informações Geográficas (SIG), o próximo passo da AR no ensino. A partir da incorporação no modelo do SIG, no caso de Petrasova et al. (2018) o GRASS GIS, torna-se possível, além de escanear e processar, georreferenciar e importar e analisar informações no modelo. Este sistema é um avanço em relação ao modelo mais disseminado de Kreylos (2012).

Hofierka et al. (2022) desenvolvem um Sistema de Modelagem da Paisagem Tangível (TLMS, do inglês *Tangible Landscape Modelling System*). Aos alunos participantes foram dadas cartas topográficas para que estes pudessem fazer a identificação das formas de relevo indicadas. Após isso, os mesmos participaram de uma atividade envolvendo o TLMS e refizeram a atividade em seguida. A análise comparativa das taxas de acertos nos dois momentos indicou uma melhora significativa nos resultados e o aumento da autoconfiança dos educandos durante o novo teste. Houve um avanço por parte dos envolvidos na compreensão de cartas topográficas e configuração geral das feições geomorfológicas.

É importante destacar que a ferramenta por si só não tem a capacidade de promover melhorias significativas no processo de ensino de aprendizagem dos que dela fazem uso. Evans et al. (2018) elaboraram uma atividade com alunos do secundário (equivalente ao Ensino Médio do sistema nacional de ensino do Brasil) e não perceberam nenhuma melhoria no uso da AR Sandbox como recurso didático. Isso evidencia a necessidade de uma rigorosa análise crítica de como seu uso deve ocorrer.

No Brasil, de acordo com o AR Sandbox World Map, existem 34 dispositivos cadastrados: 2 na região Norte, 3 na região Nordeste, 3 na região Centro-Oeste, 15 na região Sudeste e 11 na região Sul (Figura 7). Santos et al. (2018) desenvolveram a primeira AR Sandbox do Nordeste brasileiro, na Universidade Federal de Sergipe (campus Itabaiana), a qual teve sua experimentação em um evento que contou com a participação de 237 alunos dos níveis Fundamental, Médio e Superior de ensino. A partir de uma análise qualitativa baseada na conversação com os participantes, perceberam engajamento e satisfação por parte dos envolvidos, os quais afirmaram que o equipamento promoveu uma melhoria em sua capacidade de abstração de formas e processos relacionados à Geomorfologia.

Figura 7. Distribuição dos dispositivos SARndbox registradas no Brasil.



Fonte: AR Sandbox World Map (2022).

Andrade e Oliveira (2019), a partir da montagem e experimentação do dispositivo no âmbito do IFBA (Salvador-BA), propõem uma sequência didático-pedagógica de uso da AR Sandbox dividida em três momentos: 1º) avaliar o grau de conhecimento dos participantes acerca dos conteúdos trabalhados; 2º) atividade prática de manuseio do equipamento; e 3º) avaliação da efetividade do equipamento como recurso didático, bem como a solicitação de um *feedback* por parte dos

participantes. As autoras ainda destacam que o recurso tecnológico promove reflexão das práticas de ensino, bem como uma mobilização dos saberes que se dá a partir da construção de conceitos através de uma experiência multissensorial.

Em 2021 foi criada a Rede SARndbox Brasil, a qual conta com dez instituições de ensino tecnológico e/ou superior (UTFPR, 2021). No Brasil, optou-se por denominar o equipamento AR Sandbox de SARndbox tendo em vista que quase todos em operação utilizam o software homônimo. A mesma surge como uma tentativa de intercâmbio de ideias e materiais entre as instituições de ensino no Brasil que possuem o dispositivo em funcionamento. As potencialidades desta ferramenta para o ensino de Geografia só estão começando a ser exploradas recentemente e sua experimentação deve ocorrer à luz do rigor do pensamento científico.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

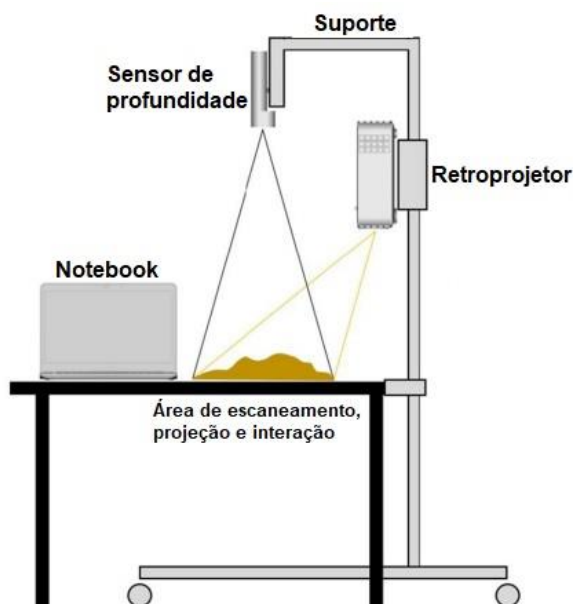
As atividades da presente proposta serão divididas em três etapas, sendo a primeira focada na aquisição de materiais e montagem da Caixa de Areia de AR (SARndbox) (Figura 8) e uma segunda que teve como intuito avaliar a sua efetividade como recurso de ensino. É importante salientar que as etapas ocorreram de acordo com o ritmo e o conhecimento prévio dos alunos que participaram. Trabalhou-se com alunos do 1º ano do Ensino Médio do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Pernambuco (CAp-UFPE), num total de 54 alunos, divididos em 10 grupos de cinco a seis educandos.

Quadro 2. Etapas executadas para a elaboração do estudo.

| <b>ETAPAS</b>                                                  | <b>ATIVIDADES DESENVOLVIDAS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ETAPA I – Aquisição de materiais e montagem da SARndbox</b> | Inicialmente procedeu-se com a aquisição dos materiais necessários para a montagem da SARndbox (computador, retroprojetor, sensor Kinect, mesas para suporte, caixa de madeira e areia). Com os componentes reunidos, fez-se a montagem em espaço adequado, com pouca luminosidade e espaço suficiente para comportar a estrutura.                                            |
| <b>ETAPA II – Aula expositiva dialogada</b>                    | A segunda etapa consistiu na execução de aula expositiva dialogada para os discentes do 1º ano do Ensino Médio, a qual foi realizada pelo professor de Geografia regular da turma. Os alunos foram introduzidos em conhecimentos elementares de Cartografia e Geomorfologia, como noções de escala, leitura de cartas e mapas, formas de relevo, escoamento superficial, etc. |
| <b>ETAPA III – Avaliação da SARndbox como recurso didático</b> | A última etapa foi a avaliação das potencialidades da SARndbox como ferramenta de ensino frente à aula expositiva dialogada. Para isso foram desenvolvidas atividades onde os conhecimentos dos alunos foram avaliados antes e após a aplicação da dinâmica com a SARndbox.                                                                                                   |

Fonte: O autor (2022).

Figura 8. Estrutura básica da SARndbox.



Fonte: Adaptado de Hofierka et al. (2022).

Para a construção da SARndbox foi feita a aquisição dos seguintes materiais: um notebook (preferencialmente com placa de vídeo offboard, processador Intel® Core™ 2 Duo, memória RAM mínima de 2Gb, HD com espaço mínimo de 20Gb e Sistema Operacional Linux), um retroprojetor, um sensor de movimento e profundidade para vídeo game (modelo Kinect para XBOX 360, composto por uma câmera de detecção de vídeo RGB com resolução de 640x480, sensor de profundidade 3D e microfone multi-vetorial), um suporte de ferro para o retroprojetor e para o Kinect, uma caixa de madeira (dimensões de 72,5 cm de largura x 95,5 cm de comprimento x 20 cm de profundidade), uma mesa para servir de suporte para o notebook e para a caixa de madeira e, por fim, areia de construção civil (preferencialmente fina e branca) (Figura 9).

Figura 9. Materiais que compõem a SARndbox. A – Computador e caixa de madeira contendo a areia; B – Retroprojektor e sensor Kinect.

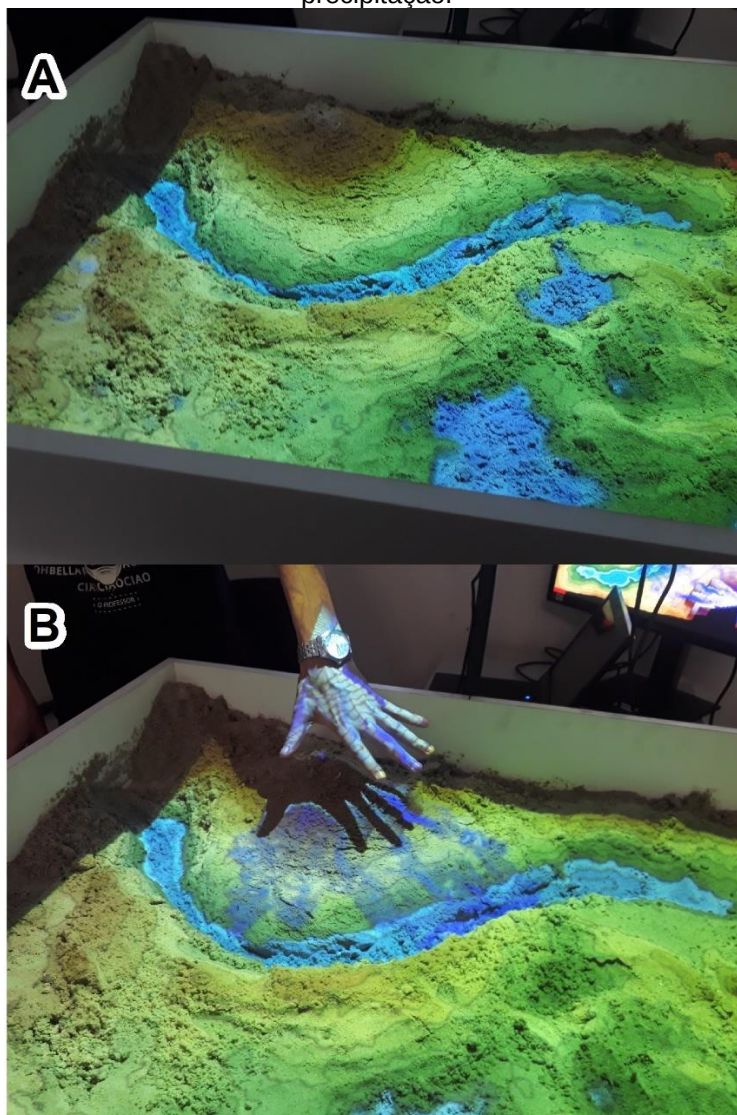


Fonte: Autor (2022).

O software utilizado (SARndbox versão 2.8) foi desenvolvido por Oliver Kreylos (2012), do Departamento de Ciência da Computação da Universidade da Califórnia Davis (UC Davis) (MEZZOMO; KAWAMOTO; BRAZ, 2020). Tendo em vista o uso deste programa ao invés de outros disponíveis, optou-se por denominar o equipamento desenvolvido neste estudo de SARndbox, mesma nomenclatura usada na Rede SARndbox Brasil (UTFPR, 2021), ao invés de AR Sandbox para fins de padronização. O seu download pode ser feito no seguinte endereço eletrônico: <<https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/>>. Mais detalhes sobre a montagem da SARndbox podem ser encontrados em Mezzomo, Kawamoto e Braz (2020).

Finalizada, a SARndbox funciona como dois componentes principais, conforme destacado por Santos et al. (2018). O primeiro é o renderizador topográfico (Figura 10-A), que digitaliza, a partir do retroprojektor e do sensor Kinect, o relevo na areia, distinguindo a altimetria tanto a partir de curvas de nível como de cores, e permite modificá-lo conforme as deformações impostas na areia. O segundo componente é o simulador hidrológico (Figura 10-B), onde é possível emular um evento de precipitação e posterior escoamento superficial, com a água sempre fluindo para os setores mais baixos da paisagem virtual.

Figura 10. Componentes básicos da SARndbox. A - Renderizador topográfico; B - Simulador de precipitação.



Fonte: Autor (2022).

A etapa final do estudo consistiu em avaliar se o equipamento SARndbox possui efetividade na melhoria do processo de ensino-aprendizagem no que diz respeito ao ensino de conteúdos básicos da Geografia, como Cartografia, Geomorfologia e Hidrografia. Para isso, os discentes envolvidos foram convidados a participar de uma atividade inicial que onde estes dividiram-se em grupos de até 5 alunos e lhes foram disponibilizados três cartas topográficas e três bloco-diagramas com representação em visão oblíqua do relevo. Neste material foram indicadas algumas feições gerais do relevo, como encostas, vales, planícies, pedimentos, topos, etc.

Os educandos envolvidos participaram de uma aula expositiva dialogada acerca dos conteúdos abordados antes da aplicação da atividade, abarcando noções básicas de Cartografia, Geomorfologia e Hidrografia, como escala cartográfica, leitura

de cartas e mapas, formas de relevo, escoamento superficial, etc. As atividades foram recolhidas após a finalização, sem haver a sua correção junto aos educandos.

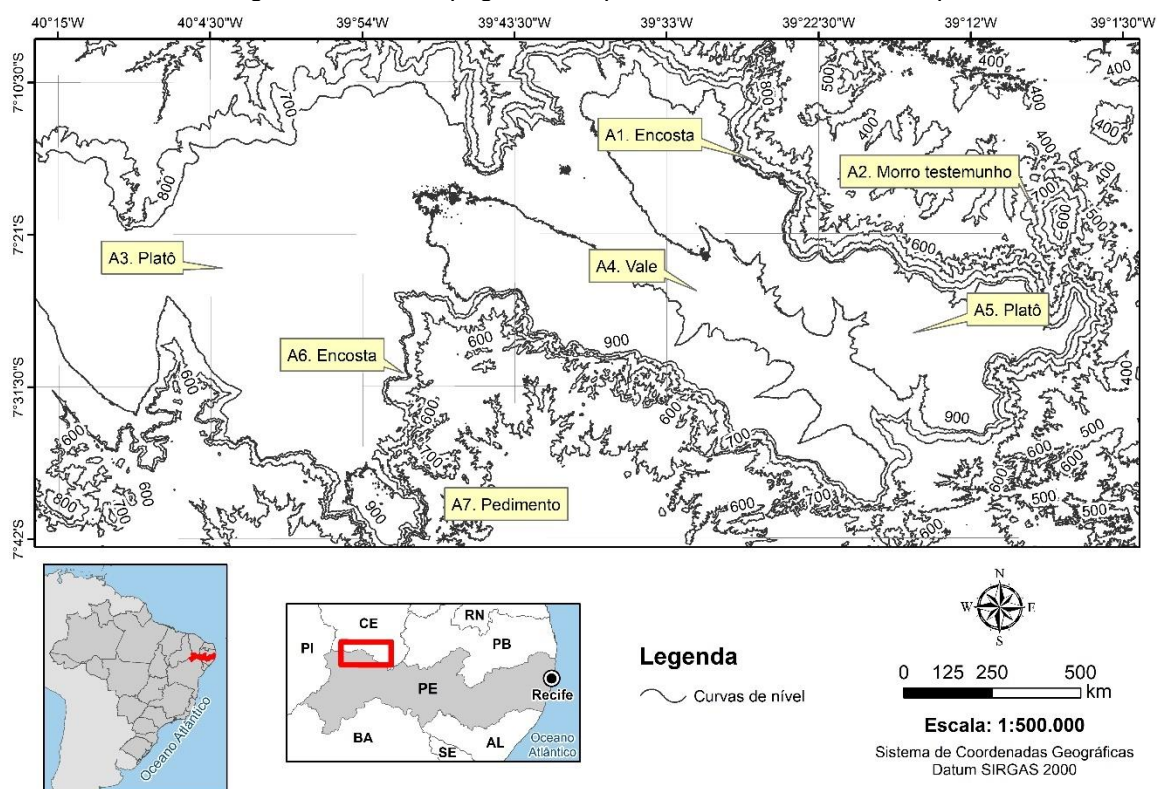
Num segundo momento os discentes envolvidos foram convidados a participar de uma atividade prática envolvendo a SARndbox, onde estes tiraram suas dúvidas acerca da leitura de cartas topográficas e formas de relevo, bem como ficaram à vontade para construir as paisagens que viessem à sua imaginação. Após isso, a atividade de interpretação aplicada no momento inicial foi reaplicada. Por fim, foi feita a análise quali-quantitativa e comparação das respostas da atividade feita nos dois momentos. Isso ocorreu para fins de comprovação ou negação da efetividade da SARndbox como recurso didático e seu potencial para a promoção da melhoria da capacidade de abstração dos discentes acerca dos conteúdos trabalhados.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como produto inicial do presente estudo, destaca-se as atividades desenvolvidas para a aplicação junto às turmas participantes da pesquisa. Optou-se por trabalhar com 3 áreas distintas: o planalto sedimentar do Araripe, no Cariri cearense; a planície fluvio-marinha do Recife e tabuleiros adjacentes; e os mares de morros da Zona da Mata Sul de Pernambuco. Para cada um destes recortes espaciais elaborou-se uma carta topográfica (Figuras 11, 12 e 13) e um bloco-diagrama contendo uma representação tridimensional do relevo (Figuras 14, 15 e 16). Em cada uma destas representações foram indicadas feições geomórficas específicas para as quais foi atribuído um código composto de uma letra e número.

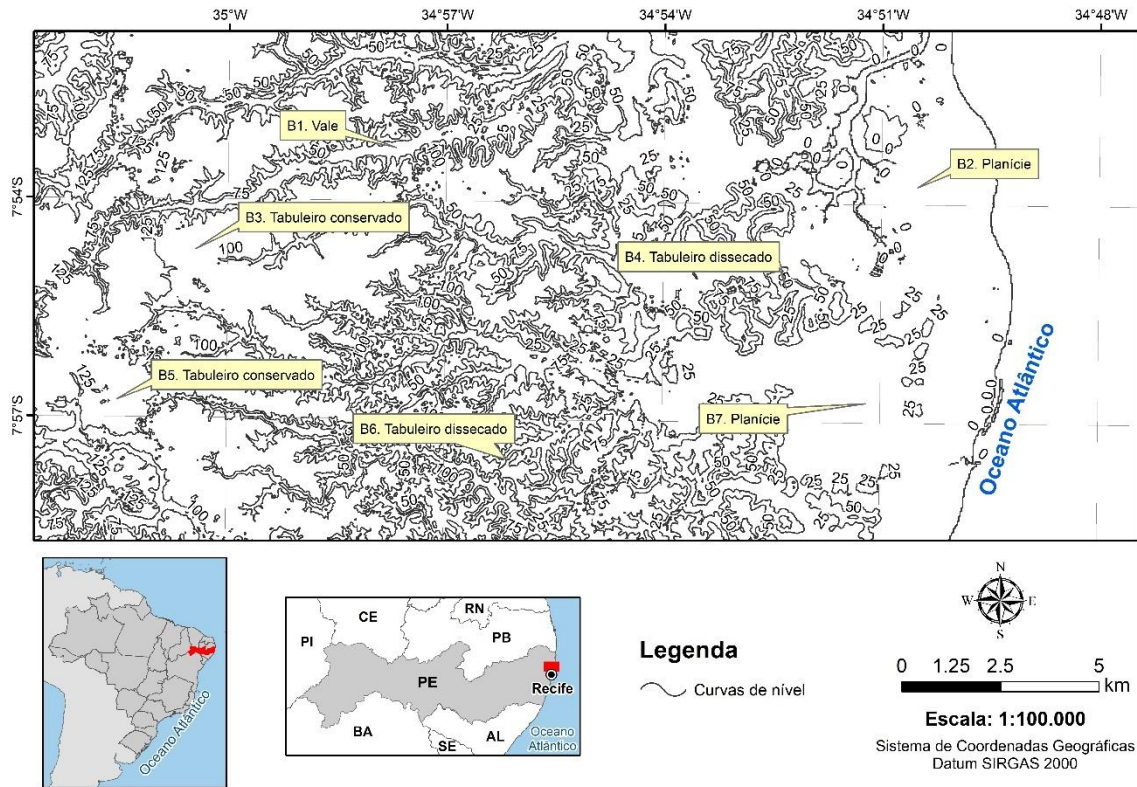
Os conceitos trabalhados podem ser classificados em dois grupos, sendo o primeiro correspondente a formas de relevo cuja identificação é mais intuitiva, como planícies, vales, morros, encostas e platôs. As demais feições trabalhadas exigiram um maior nível de abstração, como morros testemunhos, pedimentos, tabuleiros conservados e tabuleiros dissecados.

Figura 11. Carta topográfica do planalto sedimentar do Araripe.



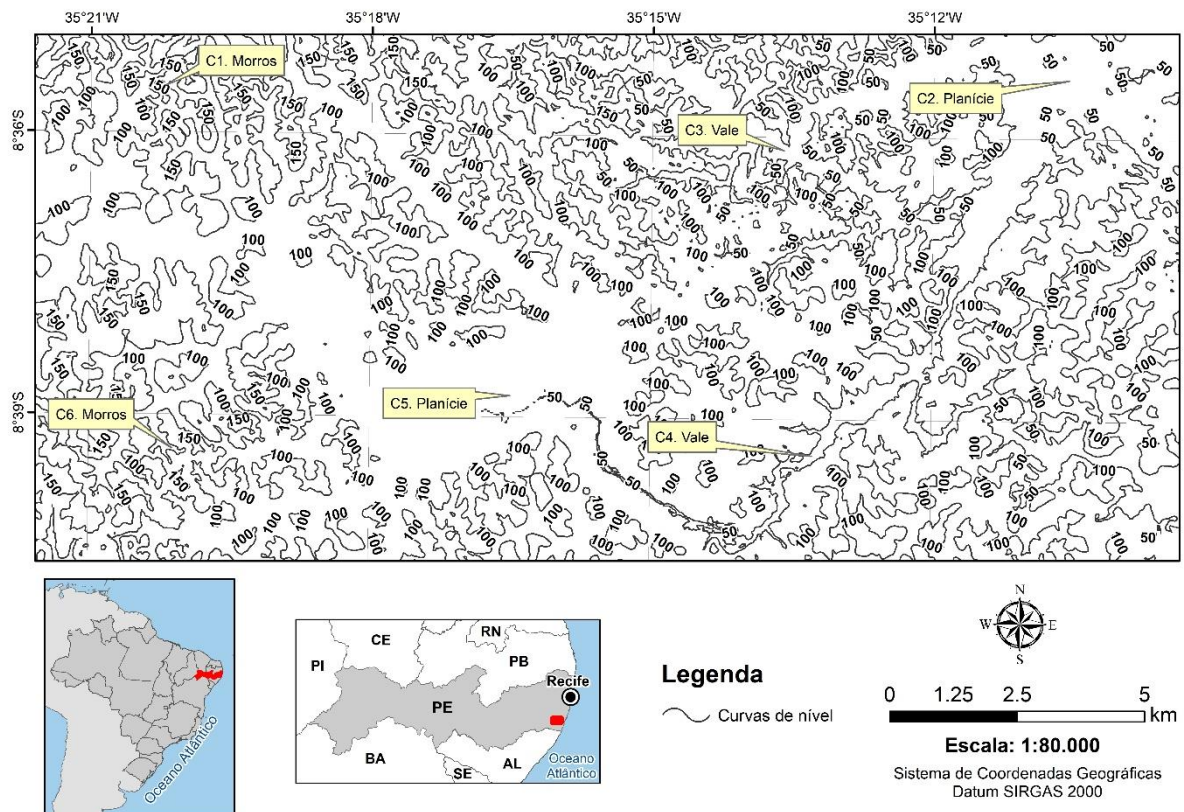
Fonte: Autor (2022).

Figura 12. Carto topográfica da planície fluviomarinha do Recife.



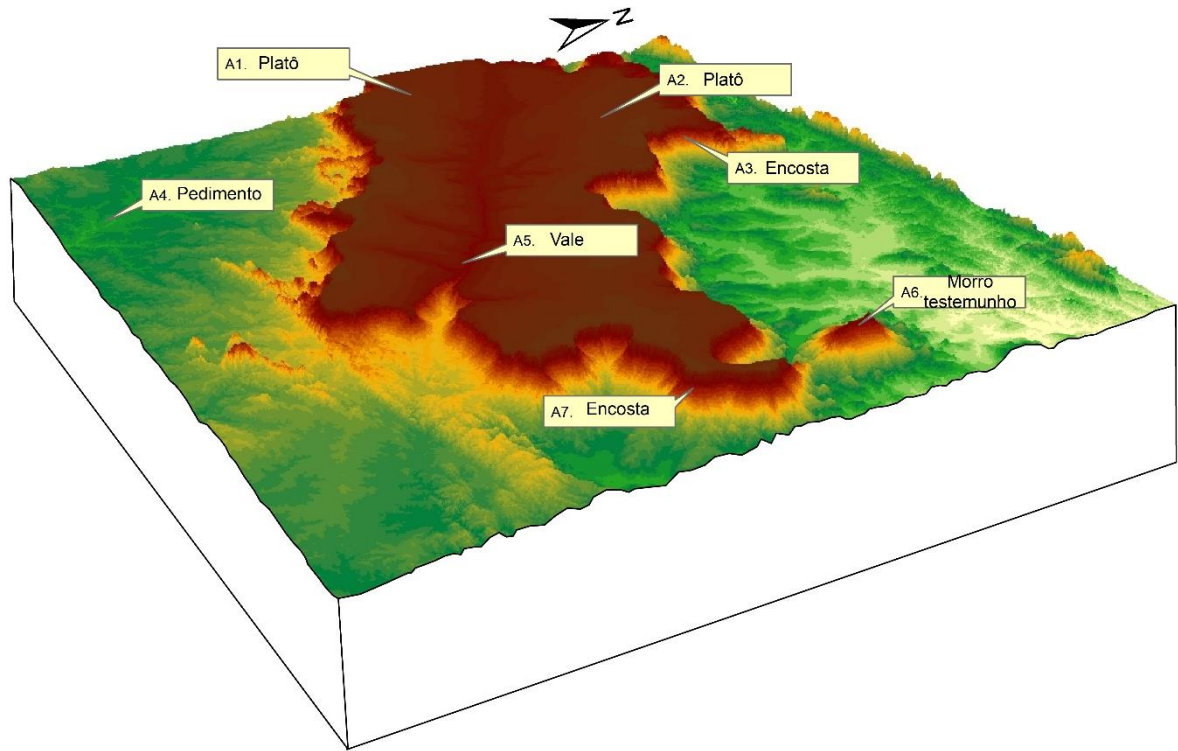
Fonte: Autor (2022).

Figura 13. Carta topográfica dos mares de morros da Mata Sul pernambucana.



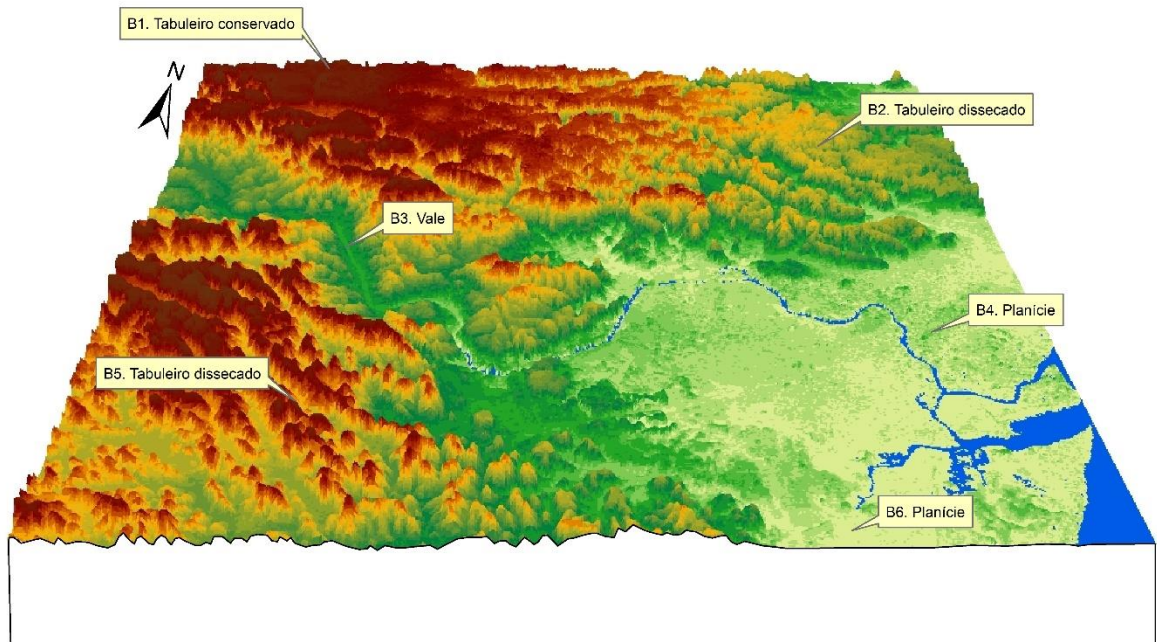
Fonte: Autor (2022).

Figura 14. Bloco 3D do planalto sedimentar do Araripe.



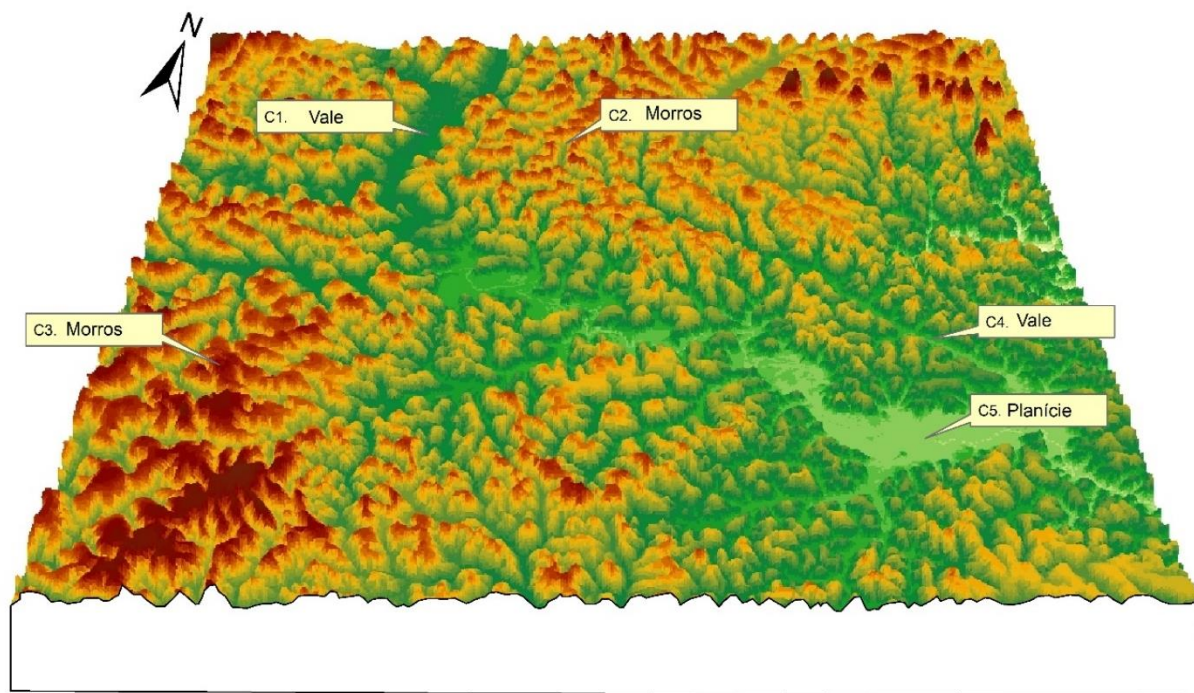
Fonte: Autor (2022).

Figura 15. Bloco 3D da planície fluviomarinha do Recife.



Fonte: Autor (2022).

Figura 16. Bloco 3D dos mares de morros da Mata Sul pernambucana.

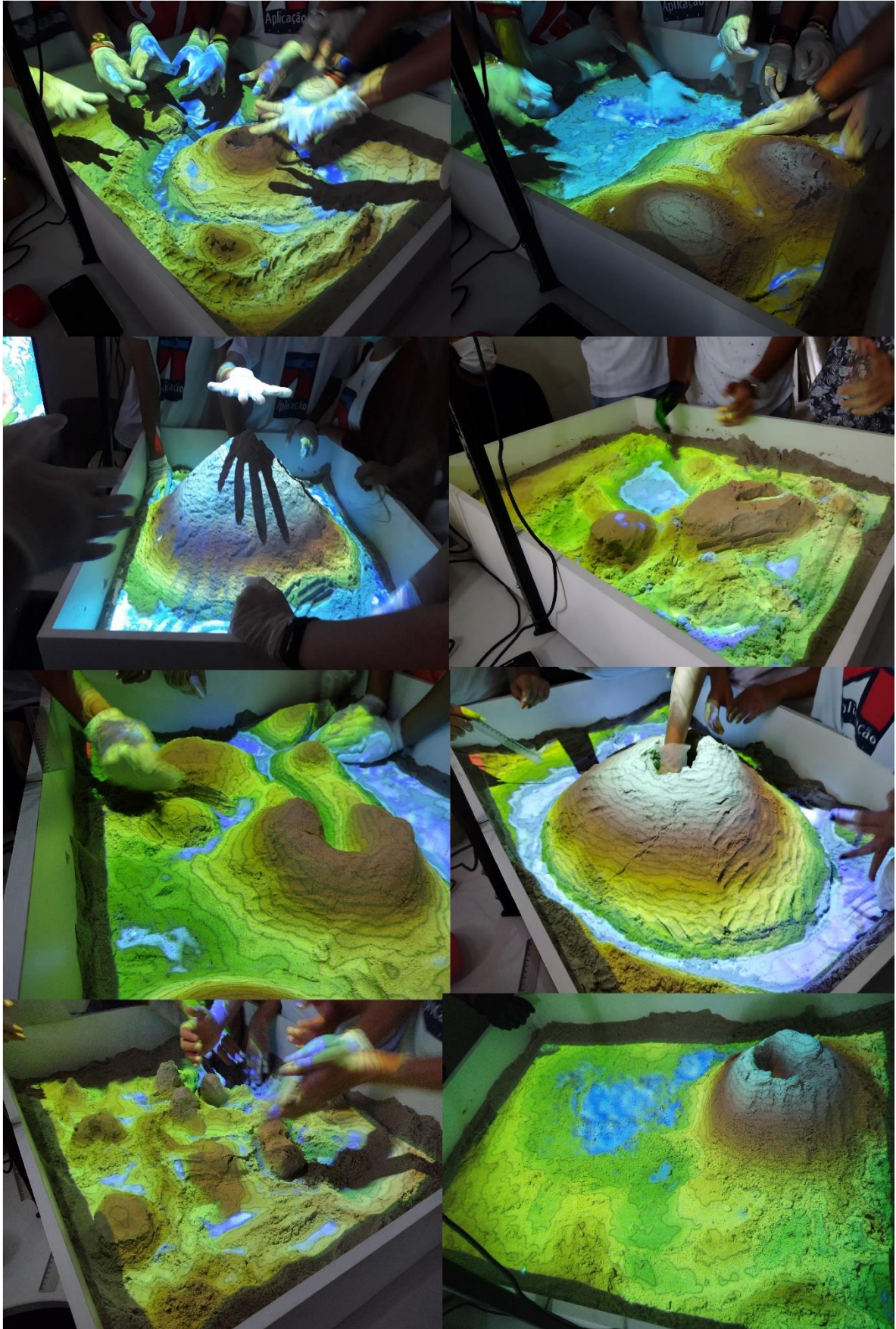


Fonte: Autor (2022).

Mesmo não dispondo de biosensores para a captação da variação eletrodérmica dos discentes, como fez Soltis et al. (2020), foi consideravelmente perceptível o engajamento e entusiasmo dos alunos ao se depararem com a SARndbox. No decorrer da atividade os participantes, divididos em grupo de cinco, foram instigados a relembrar os conceitos trabalhados em sala de aula, mas procurou-se mantê-los o mais à vontade possível para que pudessem treinar o seu senso de criatividade e aproveitar a experiência multissensorial. Das formas desenhadas na areia, visualizou-se uma diversidade de paisagens (Figura 17) elaboradas a partir de diferentes níveis de trabalho em grupo. Para alguns o equipamento era um grande brinquedo, porém muitos a trataram com seriedade e demonstraram uma notável noção espacial.

Foram 10 grupos e 20 formas a serem identificadas nas cartas topográficas, totalizando 200 respostas contabilizadas. Para os blocos tridimensionais foram 18 feições para análise, contabilizando 180 respostas registradas. Trabalhou-se em cima da taxa de acerto destas respostas nos dois momentos de aplicação das atividades com material impresso, antes e após a interação com a SARndbox.

Figura 17. Diferentes paisagens criadas na SARndbox pela imaginação dos discentes do 1º ano do Ensino Médio do CAp-UFPE.



Fonte: Autor (2022).

A comparação das respostas da atividade com as cartas topográficas e blocos 3D antes e após a interação com a SARndbox é mostrada nas tabelas 1 e 2. No tocante às cartas topográficas, onde o relevo é expresso a partir das curvas de nível, esta foi a forma de representação mais facilmente assimilada pelos alunos, ao contrário dos blocos diagramas tridimensionais, em oposição ao que se pensava. Os discentes apresentaram um bom domínio da percepção em planta, baseada na visão 2D das feições geomórficas expressas a partir das curvas de nível, quanto na visão tridimensional, que apresenta a paisagem numa perspectiva oblíqua.

Tabela 1. Comparação das respostas da atividade das cartas topográfica antes e após a interação com a SARndbox. As linhas em verde, amarelo e vermelho indicam as feições em que houve melhora, estabilidade ou piora na quantidade de acertos.

| <b>CARTAS TOPOGRÁFICAS</b> |              |               |
|----------------------------|--------------|---------------|
| <b>Formas de relevo</b>    | <b>Antes</b> | <b>Depois</b> |
| <b>A1</b>                  | 8            | 9             |
| <b>A2</b>                  | 2            | 4             |
| <b>A3</b>                  | 1            | 4             |
| <b>A4</b>                  | 7            | 6             |
| <b>A5</b>                  | 7            | 7             |
| <b>A6</b>                  | 7            | 7             |
| <b>A7</b>                  | 0            | 0             |
| <b>B1</b>                  | 9            | 10            |
| <b>B2</b>                  | 9            | 10            |
| <b>B3</b>                  | 0            | 0             |
| <b>B4</b>                  | 0            | 1             |
| <b>B5</b>                  | 0            | 0             |
| <b>B6</b>                  | 3            | 3             |
| <b>B7</b>                  | 10           | 9             |
| <b>C1</b>                  | 8            | 8             |
| <b>C2</b>                  | 9            | 10            |
| <b>C3</b>                  | 6            | 7             |
| <b>C4</b>                  | 8            | 8             |

|              |                  |                  |
|--------------|------------------|------------------|
| <b>C5</b>    | <b>7</b>         | <b>6</b>         |
| <b>C6</b>    | <b>5</b>         | <b>7</b>         |
| <b>TOTAL</b> | <b>106 (53%)</b> | <b>116 (58%)</b> |

Fonte: Autor (2022).

Tabela 2. Comparação das respostas da atividade dos blocos 3D antes e após a interação com a SARndbox. As linhas em verde, amarelo e vermelho indicam as feições em que houve melhora, estabilidade ou piora na quantidade de acertos.

| <b>REPRESENTAÇÃO 3D</b> |                    |                    |
|-------------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Formas de relevo</b> | <b>Antes</b>       | <b>Depois</b>      |
| <b>A1</b>               | <b>8</b>           | <b>7</b>           |
| <b>A2</b>               | <b>8</b>           | <b>6</b>           |
| <b>A3</b>               | <b>9</b>           | <b>8</b>           |
| <b>A4</b>               | <b>0</b>           | <b>0</b>           |
| <b>A5</b>               | <b>1</b>           | <b>0</b>           |
| <b>A6</b>               | <b>6</b>           | <b>9</b>           |
| <b>A7</b>               | <b>7</b>           | <b>7</b>           |
| <b>B1</b>               | <b>0</b>           | <b>0</b>           |
| <b>B2</b>               | <b>1</b>           | <b>1</b>           |
| <b>B3</b>               | <b>9</b>           | <b>9</b>           |
| <b>B4</b>               | <b>10</b>          | <b>10</b>          |
| <b>B5</b>               | <b>1</b>           | <b>2</b>           |
| <b>B6</b>               | <b>10</b>          | <b>10</b>          |
| <b>C1</b>               | <b>8</b>           | <b>8</b>           |
| <b>C2</b>               | <b>5</b>           | <b>5</b>           |
| <b>C3</b>               | <b>7</b>           | <b>7</b>           |
| <b>C4</b>               | <b>8</b>           | <b>8</b>           |
| <b>C5</b>               | <b>8</b>           | <b>9</b>           |
| <b>TOTAL</b>            | <b>106 (58,9%)</b> | <b>106 (58,9%)</b> |

Fonte: Autor (2022).

A melhoria na taxa de acerto na atividade das cartas topográficas não foi tão significativa, indo de 53% para 58%, uma diferença de 5 pontos percentuais. Este aumento é pouco expressivo quando comparado aos valores de outros estudos, como de Hofierka et al. (2022), onde a pontuação inicial de 27,6% sobe para 65,2%. Para atividade em que se trabalhou com a perspectiva oblíqua a taxa de acertos permaneceu a mesma, sendo de 58,9%. Num primeiro momento pode-se falar que a SARndbox pode necessitar de mais adaptações para a promoção de avanços mais significativos nos alunos e que o tempo de interação não foi suficiente para promover mudanças reais. Contudo, os valores iniciais não são baixos, indicando também um bom nível de entendimento dos discentes do 1º do Ensino Médio do CAP-UFPE.

acerca da espacialização e morfologia do relevo, tendo em vista que esta é uma instituição de educação básica de referência nacional.

Evans et al. (2018) fizeram constatações parecidas, apontando o aumento no tempo das atividades de interação dos discentes com a SARndbox uma possível forma de promover avanços mais significativos no processo de ensino-aprendizagem. Vale lembrar que os grupos participantes da atividade só tiveram contato por 10 minutos com o equipamento, o que pode ser majorado em futuras intervenções.

No tocante às formas de relevo trabalhadas, ocorreu o que se esperava. Formas mais intuitivas, como vales, planícies, morros, etc., foram assimiladas maneira mais evidente pelos alunos. Houve uma significativa dificuldade em se abstrair os pedimentos (A7 na carta topográfica; A4 no bloco 3D), bem como em diferenciar tabuleiros dissecados (B3, B4 e B6 na carta topográfica; B2 e B5 no bloco 3D) dos conservados (B3 na carta topográfica; B1 no bloco 3D). A taxa de acertos destas feições foi praticamente nula.

É importante destacar algumas dificuldades em se trabalhar com a SARndbox, inicialmente destacando às limitações de recursos e materiais das instituições de educação básica no Brasil, sobretudo as públicas. A montagem do equipamento exige alguns equipamentos específicos cujo valor pode não se adequar à realidade financeira das escolas. Destaca-se aqui a importância das parcerias entre os estabelecimentos de ensino e as universidades, que ao disponibilizar o dispositivo para as práticas das escolas se beneficia das experiências de pesquisa e ensino provenientes destes encontros.

A dificuldade que alguns professores tem em fazer uso de novas tecnologias também é uma adversidade que pode ser atenuada a partir da parceria escola-universidade. A implementação da SARndbox exige algumas habilidades básicas em linguagem de programação Python e SIG, conhecimentos que não fazem parte do currículo da maioria dos professores da rede básica de ensino.

O sistema SARndbox também exige a interação de um número limitado de estudantes, o que pode tornar as atividades mais lentas. Contudo, com o planejamento adequado é possível abarcar um número significativo de indivíduos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A SARndbox é um recurso didático de significativo valor. O seu uso no ensino de Cartografia e Geomorfologia no âmbito da Geografia Escolar é horizonte que ainda será muito explorado. Neste estudo percebeu-se uma melhora, mesmo que tímida, no entendimento dos discentes envolvidos acerca das feições geomórficas básicas que estruturam a paisagem.

A Geografia Escolar precisa rever as conceituações utilizadas em sala de aula, optando-se sempre por definições intuitivas que sejam facilmente abstraídas pelos alunos. Conceituações complexas como pedimentos e tabuleiros em seus diferentes níveis de dissecação causam problemas de interpretação até mesmo no âmbito acadêmico, devendo seu uso ser revisto e otimizado.

Apesar das dificuldades logísticas, de recursos e de materiais para a implementação, o modelo da Caixa de Areia de AR pode se tornar disponível à um considerável público de alunos da rede básica de ensino a partir das parcerias entre as escolas e as universidades. A cooperação mútua entre ambos, como ocorreu neste estudo, tem o potencial de promover significativos avanços nas pesquisas e desenvolvimento de práticas e metodologias ativas de ensino.

É importante frisar que a tecnologia em si não deve ser o objetivo final, mas um recurso a ser utilizado para se alcançar a verdadeira meta, que é a disseminação do conhecimento geográfico de maneira satisfatória. As metodologias ativas que integram as novas tecnologias jamais devem ser apresentadas como elementos que visam substituir, mas sim agregar valor às práticas de ensino. O aluno deve se inteirar acerca dos avanços na era das informações e se apropriar destes, sem, contudo, perder o prazer de folhear e sentir o cheiro de um livro novo em suas mãos.

## REFERÊNCIAS

- ASTROREALITY. **EARTH Regular - Immersive Earth exploration for STEM education**. 2022. Disponível em: <https://www.astroreality.com/augmented-reality-planet-earth-regular-model>. Acesso em: 18 mai. 2022.
- BARBOZA, J. P. M.; RONDINI, C. A. Tecnologia no ensino de Geografia: uma reflexão acerca do uso do aplicativo “LandscapAR” no ensino-aprendizagem de curvas de nível. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 22, n. 79, p. 39-55, 2020.
- BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jun. 2011.
- BOS, D.; MILLER, S.; BULL, E. Using virtual reality (VR) for teaching and learning in geography: fieldwork, analytical skills, and employability. **Journal of Geography in Higher Education**, p. 1-10, 2021.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- CARVALHO, J. M. J; LIAO, T. Realidade Aumentada e Interdisciplinaridade: o Uso do Aplicativo LandscapAR no Ensino de Matemática e Geografia. **EaD em Foco**, v. 10, n. 2, p. 1-13, 2020.
- CHANG, C.; WU, B. S. Teaching Geography with technology – a critical commentary. In: **Learning Geography beyond the traditional classroom: examples from Peninsular Southeast Asia**. Springer, 2014.
- CIM, V. S.; TORI, R.; HUANCA, C. M. **Uso de Realidade Aumentada no Ensino de Geografia: panorama mundial**. Anais dos Trabalhos de Conclusão de Curso. Pós-Graduação em Computação Aplicada à Educação Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação. Universidade de São Paulo, 2020.
- CLOOS, H. **Conversation with the Earth**. New York: Knopf, 1953.
- COX, M.; ELLSWORTH, D. Application-controlled demand paging for out-of-core visualization. In: **Proceedings. Visualization'97 (Cat. No. 97CB36155)**. IEEE, 1997. p. 235-244.
- EVANS, M.; FLEMING, B.; THWALA, Z.; DRENNAN, G. Can the augmented reality sandbox help learners overcome difficulties with 3-D visualisation? **Terrae Didactica**, Campinas, v. 14, n. 4, p. 389-394, 2018.
- GEORGE, R.; HOWITT, C.; OAKLEY, G. Young children’s use of an augmented reality sandbox to enhance spatial thinking. *Children’s Geographies*, v. 18, n. 2, p. 209-221, 2020.
- GOMEZ-HERAS, M.; MCCABE, S.; Student Learning Styles. In: THORNBUSH, M. J.; ALLEN, C. D.; FITZPATRICK, F. A. (Eds.). **Geomorphological Fieldwork**. Springer, 2014.

HOFIERKA, J.; GALLAY, M.; ŠUPINSKÝ, J.; GALLAYOVÁ, G. A tangible landscape modelling system for geography education. **Education and Information Technologies**, v. 27, n. 2, 2022.

KREYLOS, O. **Augmented Reality Sandbox**. 2012. Disponível em: <https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/>. Acesso em: 10 mai. 2022.

KREYLOS, O. **AR Sandbox World Map**. 2022. Disponível em: <https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/WorldMap.html>. Acesso em: 10 mai. 2022.

MEZZOMO, M. D. M.; KAWAMOTO, A. L. S.; BRAZ, G. A. G. **Manual de instalação, configuração e uso da Caixa de Areia de Realidade Aumentada (SARndbox): versão atualizada**. Campo Mourão – PR: Nova História Assessoria e Gestão Cultural, 2020.

MILGRAM, P.; KISHINO, F. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. **IEICE Trans. Information Systems**, v. E77-D, no. 12, p. 1321-1329, 1994.

NAWAZ, M.; KUNDU, S. N.; SATTAR, F. Augmented Reality Sandbox and constructivist approach for Geoscience teaching and learning. **International Journal of Educational and Pedagogical Sciences**, v. 11, n. 6, p. 1603-1606, 2017.

OLIVEIRA, E. A.; OLIVEIRA, R. C. S. O uso do aplicativo LandscapAR como recurso pedagógico para o ensino de Geografia. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 10, n. 22, p. 100-114, 2019.

PEREIRA, G. H. A.; STOCK, K.; DELAZARI, L. S.; CENTENO, J. A. S. Augmented Reality and Maps: New Possibilities for Engaging with Geographic Data. **The Cartographic Journal**, v. 54, n. 4, p. 313-321, 2017.

PETRASOVA, A.; HARMON, B.; PETRAS, V.; TABRIZIAN, P.; MITASOVA, H. **Tangible modeling with open source GIS**. 2. ed. Springer, 2018.

PRATT, M. **GeoXplorer (Microsoft HoloLens Application)**. 2017. Washington University in St Louis, Fossett Laboratory of Virtual Planetary Exploration. Disponível em: <https://github.com/martinjpratt/GeoXplorer>. Acesso em: 05 mai. 2022.

RATTI, C.; WANG, Y.; ISHII, H.; PIPER, B.; FRENCHMAN, D.; WILSON, J. P.; FOTHERINGHAM, A. S.; HUNTER, G. J. Tangible User Interfaces (TUIs): A novel paradigm for GIS. **Transactions in GIS**, v. 8, n. 4, p. 407-421, 2004.

ROLIM, A. L. S.; RODRIGUES, R. L.; OLIVEIRA, W.; FARIAS, D. S. **Realidade aumentada no ensino de ciências: tecnologia auxiliando a visualização da informação**. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2011, Campinas -SP. VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2011.

SANTOS, R. S.; SANTOS, R. S.; SANTOS, G. C.; TAVARES, K. C. O.; RAFAEL, L. M.; LIRA, D. R.; SANTOS, C. A. Aplicação da SARndbox no ensino de Geomorfologia. **Revista de Geografia (Recife)**, Recife, v. 35, n. 4, p. 83-91, 2018.

SOLTIS, N. A.; MCNEAL, K. S.; ATKINS, R. M.; MAUDLIN, L. C. A novel approach to measuring student engagement while using an augmented reality sandbox. **Journal of Geography in Higher Education**, v. 44, n. 4, p. 512-531, 2020.

SZABÓ, J. Anthropogenic Geomorphology: subject and system. In: SZABÓ, J; DÁVID, L.; LÓCZY, D. (Eds.). **Anthropogenic Geomorphology: a guide to man-made landforms**. Springer, 2010. p. 3-10.

TORI, R. **Educação sem distância: as tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino e aprendizagem**. 2. ed. Artesanato Educacional, 2017.

UTFPR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. **Projeto SARndbox. UTFPR-CM cria rede de colaboração denominada Rede Sarndbox Brasil**. 2021. Disponível em: <http://www.utfpr.edu.br/noticias/campo-mourao/projeto-sarndbox>. Acesso em: 03 mai. 2022.

UTTAL, D. H.; MILLER, D. I.; NEWCOMBE, N. S. Exploring and enhancing spatial thinking: links to achievement in science, technology, engineering, and mathematics? **Current Directions in Psychological Science**, v. 22, n. 5, p. 367–373, 2013.

VAHLICK, A.; BITTENCOURT, D. L. (2019). Uma Experiência em Sala de Aula usando um Livro Didático convertido para um Livro Aumentado. In Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE) (Vol. 30, No. 1, p. 654).

WU, H. K.; LEE, S. W.; CHANG, H. LIANG, J. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. **Computers & education**, v. 62, p. 41-49, 2013.