

## **USO DA REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA PARA INTERPRETAÇÃO DA PAISAGEM GLACIAL: UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO FUNDAMENTAL**

da Silva França, B. (UFSM) ; Delevati Ben, F. (UFSM) ; Moises Beilfuss, E. (UFSM) ; Petsch, C. (UFSM) ; Lampert Batista, N. (UFSM) ; Velho, L.F. (IF RS) ; Kellem da Rosa, K. (UFRGS)

### **RESUMO**

As tecnologias emergentes, ligadas a Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA), apresentam várias possibilidades de aplicação no ensino de Geografia. Diante disso, o objetivo desta pesquisa é apresentar um relato de oficina com alunos do sexto ano, sobre o uso da RV e RA na interpretação de paisagens ligadas à Criosfera. Foram usados dois trajetos de RV em geleiras da Suíça, um jogo de RA mostrando um praticante de snowboard e a projeção de três imagens em RA. Inicialmente, observou-se que os alunos possuíam um conhecimento das geleiras atrelado “a montanhas de gelo” ou a “acumulação de neve”. No decorrer da oficina, a partir da interpretação das imagens na RV, conseguiram compreender conceitos ligados às formas e processos glaciais. No que tange a RA, todos se empolgaram com o jogo e a maioria compreendeu que se tratava de um esporte realizado em uma geleira. Destaca-se, que a RA e RV, fomentaram a aprendizagem sobre paisagens distantes do cotidiano dos alunos.

### **PALAVRAS CHAVES**

*educação polar; ensino de Geografia; Geomorfologia; geotecnologias; relevo*

### **ABSTRACT**

Emerging technologies, linked to Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR), present several possibilities of application in Geography teaching. Therefore, the objective of this research is to present a workshop report with sixth year students, on the use of VR and AR in the interpretation of landscapes linked to the Cryosphere. Two VR routes on Swiss glaciers were used, an AR game showing a snowboarder and the projection of three AR images. Initially, it was observed that the students had a knowledge of glaciers linked to “mountains of ice” or “accumulation of snow”. During the workshop, based on the interpretation of the VR images, they were able to understand concepts related to glacial forms and processes. As far as AR is concerned, everyone was excited about the game and most understood that it was a sport performed on a glacier. It is noteworthy that AR and VR fostered learning about landscapes far from the students' daily lives.

### **INTRODUÇÃO**

Os avanços tecnológicos em nossa sociedade são inegáveis. Lévy (1993; 1996; 2009) já abordava os impactos das mídias e tecnologias no cotidiano da população e, de forma especial, na educação. O autor destaca que a interação com as Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (NTIC), termo adotado neste artigo, mudaram a forma de aprender (LÉVY, 2009), e isso reflete diretamente na escola e nas metodologias de aprendizagem a serem adotadas pelos professores. Dentre os apontamentos de Pierre Lévy (2009, p. 167), evidencia-se que “entre os novos conhecimentos trazidos pela cibercultura, a simulação ocupa um lugar central”. Por outro lado, o autor contrapõe a discussão levantando que essas técnicas não sobrepõem o raciocínio humano e que as simulações apresentam parcialmente o elemento simulado. Nesse sentido, a realidade virtual (RV) já possui pesquisas há mais de 25 anos, sendo que, atualmente, esta tecnologia atraiu o interesse de pesquisadores e do público em geral, fomentando pesquisas científicas em diversas áreas (CASTELVECCHI, 2016; CIPRESSO et al 2019). A RV, como tecnologia, está consolidada em plataformas de jogos; no entanto, a redução do seu custo de produção foi primordial para ampliar seu uso em outras áreas, como a educação (DETYNA e KADIRI, 2019; ZINCHENKO et al 2020; RADIANTI et al 2020; SOLIMAN et al 2021), por exemplo. Portanto, pesquisadores buscam compreender como estas ferramentas ampliam as possibilidades de contextualização e

experimentação dos conteúdos, em sala de aula no que diz respeito ao ensino e à aprendizagem (JONG et al 2020; RADIANTI et al 2020; BOSS e BULL, 2021). A RV é um ambiente simulado em computador, que permite ao usuário a imersão em um mundo não físico, criado a partir de imagens, sons e outros estímulos, portanto, permitindo uma experiência imersiva e multissensorial (FUCHS e BISHOP, 1992; GIGANTE, 1993; SOLIMAN et al 2021). A imersão é um atributo importante de uma experiência na RV, pois o usuário precisa ter a sensação de estar no mundo virtual (SHANMUGAM et al 2019; RADIANTI et al 2020). No âmbito da Geografia, a RV foi apontada por ampliar o seu conhecimento do ambiente, adicionando uma nova dimensão à abordagem pedagógica da aprendizagem experiencial do aluno (DETYNA e KADIRI, 2019; ADEDOKUN-SHITTU et al 2020). Por outro lado, a realidade aumentada (RA) pode ser definida como uma tecnologia emergente no campo da educação, permitindo a superposição de objetos físicos do mundo real com objetos virtuais, que coexistem no mesmo contexto, gerando assim uma realidade amplificada (TURAN, MERAL e SAHIN, 2018; AUSTILLO-TORRES, 2019). Nesse viés, a RA é uma tecnologia mais recente que a RV e apresenta um quadro de aplicação interdisciplinar, em que, atualmente, o ensino e a aprendizagem parecem ser o campo de maior investigação (AUSTILLO-TORRES, 2019; CIPRESSO et al 2019; ZACHETKO et al 2020). A tecnologia de RA é uma ferramenta útil para o Ensino de Geografia Física, especialmente nos tópicos de Geomorfologia (TURAN, MERAL e SAHIN, 2018), sendo comum o uso da SANDBOX-AR (VAUGHAN, VAUGHAN e SEELY, 2017; ANDRADE e OLIVEIRA, 2019; ZACHETKO et al 2020; BRIZZI et al 2022). Aplicações educativas de RA podem facilitar o conhecimento de paisagens que não são facilmente acessíveis (RODRIGUEZ et al 2022), tal como ambientes associados à Criosfera. Pelas razões apresentadas, torna-se imprescindível o desenvolvimento de pesquisa sobre as novas formas de interagir com o mundo pela RV e RA, evidenciando tais tecnologias como forma de pensar seus possíveis impactos no processo educacional e em todas essas novas dinâmicas associadas às NTIC na cibercultura. Diante disso, o objetivo deste trabalho é fazer um relato de oficina com alunos do ensino fundamental sobre as possibilidades da RA e da RV para a interpretação da paisagem criosférica e dos elementos de Geomorfologia Glacial.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa em questão é de caráter qualitativo e visa relatar uma oficina realizada com 13 alunos do sexto ano de uma escola localizada em Santa Maria, RS. A oficina foi dividida em quatro momentos distintos, sendo denominados de: sensibilização inicial, pré-campo, trabalho de campo com a RV e trabalho de campo com a RA. Ao longo da oficina, os participantes preencheram uma ficha de campo, para verificação do seu entendimento acerca da paisagem e da Geomorfologia Glacial. Sensibilização inicial Para dar início à oficina, foram feitas algumas questões para instigar os alunos e verificar seu conhecimento prévio acerca da temática, perguntando sobre a definição de geleiras, se há uma relação entre as geleiras e os rios e se as geleiras podem realizar o transporte de sedimentos. As descrições feitas pelos alunos foram anotadas, para posterior debate neste artigo. Pré-campo Primeiramente, os alunos interpretaram uma fotografia que mostrava uma geleira de vale (Figura 1A), onde deveriam identificar alguns termos que se referem a morainas, cristas, picos e zona de acumulação de neve. Em seguida, foram apresentados slides para os alunos, visando explicar algumas paisagens que seriam vistas no trabalho de campo virtual. Foram introduzidos conceitos e processos como: a erosão glacial, a formação de feições geomorfológicas (vales em U, cristas e picos), a formação de feições associadas à deposição (morainas), e a competência de transporte de sedimentos pela geleira, bem como a influência da dinâmica de degelo na composição da água. Por fim, aspectos relacionados à vegetação foram abordados. Trabalho de campo com RV Foram realizados dois trajetos virtuais elaborados pelo projeto VR Glaciers and Glaciated Landscapes. Os alunos, em grupos de 3 a 4 indivíduos, ficaram à vontade para interagir nos Chromebook e seguir o roteiro de campo proposto pelo projeto. Durante a observação, os alunos responderam algumas questões, quais sejam: em qual país estão localizadas as geleiras deste passeio?; por que os vales possuem formato de U?; por que as cristas são íngremes e pontiagudas?; por que a água é tão clara?; de que é feita uma moraina?; porque observa-se rochas de tamanhos variados; e por que a vegetação só cresce distante da geleira?. Todos os grupos anotaram o que mais chamou sua atenção na RV, a partir do que foi mencionado, foi gerada uma nuvem de palavras utilizando o aplicativo online Mentimeter. Trabalho de campo com RA Em relação à RA, foi

trabalhado o jogo de “snowboard AR Onirix Downhill”. Nesse jogo, o snowboarder Onirix, deve chegar ao final da montanha evitando os obstáculos que surgem em seu caminho. Foram realizadas duas questões sobre o jogo: o personagem desce uma geleira?; e por que tem rochas no caminho?. Ao término da oficina, a fim de validar a atividade, três imagens de RA foram projetadas nos celulares dos ministrantes, que perguntaram, aos alunos, qual feição era representada. As respostas corretas foram: vale em U, pico e crista.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No início da oficina, quando perguntados sobre o que seria uma geleira, a maioria se referiu verbalmente à presença de neve e gelo, mas alguns mencionaram que deveria, necessariamente, haver uma montanha para abrigar a neve. Diante disso, seis alunos preencheram a ficha de campo indicando que geleiras são montanhas de gelo, enquanto cinco indicaram que se trataria de neve e gelo acumulados, e dois alunos apontaram que não sabiam como definir o termo. Os alunos foram questionados para explicarem porque não há geleiras em Santa Maria (RS), e a maioria disse que era por causa da temperatura, que não teria como a neve se preservar com temperaturas elevadas. Alguns alunos mencionaram que era preciso ser mais alto (altitude) para ter uma geleira, porque nesse caso seria mais frio. Quando perguntados se havia geleiras no Brasil, muitos ficaram na dúvida sobre a possibilidade. A ministrante chamou a atenção para a precipitação de neve que foi registrada em alguns anos em porções da serra gaúcha. Os alunos voltaram a afirmar que, apesar de haver neve, esta logo “se desfazia”, concluindo que não há geleiras no Brasil. Quando um mapa com a distribuição das geleiras no mundo foi mostrado, dois alunos rapidamente se referiram à Cordilheira dos Andes, devido a sua proximidade ao Brasil. Em seguida, foi realizada a questão comparando os rios e geleiras. Quatro alunos responderam que seria similar, outros dois afirmaram que a geleira era parecida com um rio, já que também tem movimento. Os demais alunos afirmaram que a geleira não tinha movimento ou não souberam responder. A ministrante explicou que as geleiras se movimentavam, porém com uma velocidade baixa durante o ano, e que seu fluxo de drenagem segue a configuração do relevo, assim como uma bacia hidrográfica. Na questão que aborda a possibilidade da geleira transportar sedimentos, 10 alunos afirmaram que sim, segundo eles, nos rios também têm sedimentos, então na geleira seria possível. Na fotografia demonstrada para os alunos (Figura 1A), a feição morânica foi apontada por 12 alunos como sendo um “caminho, rio ou estrada”, o que segundo os participantes, se deve ao fato de que imaginavam os sedimentos dentro da água derretida da geleira e não em cima. A ministrante da oficina explicou que se tratava do material arrancado pela geleira, e que as morainas possuíam a aparência de uma estrada, por estarem se movendo junto com o gelo. No que tange à zona de acumulação, nove deles indicaram que se tratava de neve, porém a maioria disse que não reparou no fato de que no topo a neve era mais branca do que na jusante da geleira. Em relação ao termo pico rochoso, sete alunos acertaram. Os participantes justificaram que era mais fácil de compreender, já que era o topo da montanha, onde os “alpinistas do Everest escalam para chegar ao ponto mais alto”. Em relação ao termo crista, 11 participantes se referiram como sendo uma montanha, relatando que não haviam observado que se tratava uma “montanha mais pontuda”. Ao ser explicado que ambas feições são resultado de erosão glacial, a maioria mostrou compreensão dos termos. Portanto, o uso da fotografia foi importante para visualizar os termos, antes de irem para a análise no ambiente de RA e RV. Figura 1: A demonstra os termos mais citados pelos alunos para as feições; B demonstra a nuvem de palavras feita a partir do que mais chamou a atenção dos alunos durante os trajetos de RV. Em relação à localização do passeio, somente três inseriram a Suíça e 10 não colocaram o local, embora alguns alunos tenham feito uso do mapa do trajeto, que é oferecido no site da RV (Figura 2 D). Em relação às demais perguntas, 12 alunos acertaram todas as questões, enquanto um ou não fez ou inseriu respostas erradas. Dessa maneira, observou-se um resultado significativo para o uso dos slides e da RV. Nesse viés, Jensen e Konradsen (2018) sugerem em sua pesquisa, que alunos que usaram a RV foram mais engajados, passaram mais tempo nas tarefas de aprendizado e adquiriram melhores habilidades cognitivas, psicomotoras e afetivas. Durante o passeio, o vale em U foi por diversas vezes citado pelos alunos, sendo que indicaram corretamente que esta feição é formada pela erosão causada pela geleira (Figura 2A). Vários alunos comentaram que o passeio da RV foi realizado dentro do vale em U, e outros indicaram que estavam caminhando em um local que teve uma geleira no passado. Por diversas vezes, citaram que gostariam de conhecer pessoalmente estes

locais. McMahan (2003) defende que a imersão não se limita às dimensões ou propriedades físicas do sistema, mas sim à resposta do usuário à narrativa. Em relação à água de derretimento, indicaram que se tratava de derretimento da geleira ou de neve e que por isso teria um aspecto mais cristalino. Alguns observaram no passeio virtual áreas de pequenas hidrelétricas instaladas nos canais de degelo (Figura 2C), apontando que a “a água descia com força”, por isso seria possível gerar energia ou carregar grandes blocos rochosos. Em relação às morainas, conceito que demonstraram dificuldades no início da oficina, a maioria apontou que se tratava de “pedras levadas pela geleira”. Vários alunos concluíram o passeio até a frente da geleira, visualizaram uma moraina e relataram que havia uma grande quantidade de material, sendo de diversos tamanhos. Ademais, ao longo do passeio grandes blocos já haviam chamado sua atenção. Figura 2: A e B mostram imagens do trabalho de campo em RV; C e D mostram os alunos realizando o trabalho de campo virtual. No que tange a questão da vegetação, acertaram que as árvores cresciam mais em porções com maior distância das geleiras. O início do passeio ocorreu em uma porção vegetada, e depois, à medida que iam se aproximando da geleira, os alunos relataram que era mais frequente observar uma grande quantidade de rochas soltas. Os ministrantes apontaram que era uma porção mais instável, assim como em áreas mais declivosas, onde as raízes teriam dificuldade de se fixarem (Figura 2 B). Apontaram que poderia ser mais frio em áreas altas da crista e que isso prejudicaria o crescimento da vegetação, e ainda, em áreas com gelo não teria como ter vegetação, porque a geleira “levaria embora”. No item do que mais chamou a atenção dos alunos na RV (Figura 1B), destaca-se que foram usados termos como cristas, rochas e picos, debatidos durante a oficina, demonstrando que compreenderam os conceitos. Em relação ao jogo de realidade aumentada (Figura 3A e B), envolvendo o snowboarder, todos os alunos compreenderam que se tratava de uma geleira, onde o personagem estava descendo da zona de acumulação até a frente da geleira. Em relação às rochas no caminho, sete deles apontaram que se tratavam de blocos que poderiam ser carregados pela geleira, devido sua alta capacidade e competência de transporte, enquanto três dos que erraram indicaram que estavam ali somente como obstáculo no jogo. Diante disso, alguns alunos ficaram mais atentos ao jogo em si, do que ao aprendizado gerado. Os aplicativos educacionais são de particular interesse, porque demonstraram aumentar a eficiência do processo de ensino-aprendizagem, uma vez que os dispositivos são comumente usados entre os alunos para se comunicar e interagir (AUSTILLO-TORRES, 2019), contudo é preciso transpor isso para a temática trabalhada em aula. Na validação final da oficina, demonstrando três imagens em RA com algumas feições, nove deles acertaram a sequência apresentada (Figura 3 C). Estes alunos ainda usaram os celulares para projetarem as imagens nos colegas, e afirmaram que os alunos estavam em cima, por exemplo, da crista do relevo. Outros quatro alunos erraram, inserindo que se tratava de geleiras, poços e vales em U. Destaca-se que estes alunos prestaram pouca atenção na oficina e por diversas vezes saíram da sala, nesta etapa da atividade. Figura 3: A e B mostra a tela e os alunos jogando o “snowboard AR Onirix Downhill”. C mostra o vale em U projetado nos celulares dos ministrantes.

#### *Figura 1*

*Figura 1: A demonstra os termos mais citados pelos alunos para as feições; B demonstra a nuvem de palavras feita a partir do que mais chamou a atenção*

#### *Figura 2*

*Figura 2: A e B mostram imagens do trabalho de campo em RV; C e D mostram os alunos realizando o trabalho de campo virtual.*

#### *Figura 3*

*Figura 3: A e B mostra a tela e os alunos jogando o “snowboard AR Onirix Downhill”. C mostra o vale em U projetado nos celulares dos ministrantes da o*

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A crescente inserção da RA e RV em mercados de trabalho e de pesquisa em tecnologia, permite identificar um novo ramo de conhecimentos em expansão e com potencial influência na escola, principalmente no que tange ao ensino de paisagens distintas da realidade vivida pelo aluno, como é o caso das geleiras. Inicialmente, observou-se que os alunos possuíam um conhecimento das geleiras atrelado “a montanhas de gelo” ou a “acumulação de neve”. No decorrer da oficina, a partir da interpretação das imagens nos slides e o posterior trajeto realizado na RV, conseguiram compreender conceitos ligados às formas e processos glaciais. No que tange a RA, todos se empolgaram com o jogo e a maioria compreendeu que se tratava de um esporte realizado em uma geleira. Dessa forma, recomenda-se que outras atividades didáticas possam ser realizadas a partir da RA e RV em diferentes contextos escolares. As formas de relevo glaciais observadas durante a aplicação das atividades possuem distintas escalas espaciais, por exemplo, o que pode ser trabalhado em uma aula da graduação em Geografia. A interesclaridade é expressa por macroformas da erosão glacial que representam os estágios de evolução da geleira na última era glacial, mas também por mesoformas que representam a história no Holoceno. Essa noção de escala pode ser acessada pela atividade, pois o aluno consegue alterar a perspectiva visual no aplicativo para ver a paisagem mais de longe e mais de perto.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Programa de Licenciaturas – PROLICEN/UFSM

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA**

ADEDOKUN-SHITTU, N.A., AJANI, A.H., NUHU, K.M.; SHITTU, K. A Augmented reality instructional tool in enhancing geography learners academic performance and retention in Osun state Nigeria. *Education and Information Technologies*, n. 25, p. 3021-3033, 2020. DOI: 10.1007/s10639-020-10099-2

ANDRADE, G. P.; OLIVEIRA, A. C. C. Uso da ferramenta de realidade aumentada - SANDBOX no ensino de geografia: proposta didática para o tratamento do conteúdo formas de relevo. *Revista Brasileira De Educação Em Geografia*, n. 9(17), p. 278-301, 2019.

ASTUDILLO-TORRES, M. Aplicación de la Realidad Aumentada en las prácticas educativas universitarias. *Revista Latinoamericana De Tecnología Educativa*, v. 18, n. 13. 2019. DOI: 10.17398/1695-288X.18.2.203

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*, n. 46:3, p. 479-488, 2022. DOI: 10.1080/03098265.2021.1901867

BRIZZI, R., R.; GOMES, F. C. M.; LOBATO, R. B.; SOUZA, A. P.; COSTA, A. J. S. T.; COSTA, K. S. Representações do relevo brasileiro a partir da realidade aumentada: O uso da caixa de areia no ensino de geografia física. *GEOUERJ*, v. 41, 2022. DOI: 10.12957/geouerj.2022.56278

CIPRESSO, P.; GIGLIOLI, I. A.; C.; RAYA, M. A.; RIVA, G. The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. *Frontiers in Psychology*, v. 9, 2018. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.02086

DETYNA, M.; KADIRI, M. Virtual reality in the HE classroom: Feasibility, and the potential to embed in the curriculum. *Journal of Geography in Higher Education*, n. 44(3), p. 1-12, 2019. DOI: 10.1080/03098265.2019.1700486

FUCHS, H.; BISHOP, G. *Research Directions in Virtual Environments*. Chapel Hill, NC: University of North Carolina at Chapel Hill, 1992.

- FREINA L.; OTT M. A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives. The international scientific conference elearning and software for education (Vol. 1), "Carol I" National Defence University, p. 133, 2015.
- GIGANTE, M. A. Virtual reality: definitions, history and applications. *Virtual Reality Systems*. 3–14, 1993. DOI: 10.1016/B978-0-12-227748-1.50009-3
- JENSEN, L.; KONRADSEN, F. A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, v. 23, p. 1515-1529, 2018.
- JONG, M. S.-Y.; TSAI, C.-C.; XIE, H.; WONG, F.K.-K.W. Integrating interactive learner-immersed video-based virtual reality into learning and teaching of physical geography. *British Journal of Educational Technology*, v. 51, n. 6, p. 2064-2079, 2020. DOI: 10.1111/bjet.12947
- LÉVY, P. *Cibercultura*. São Paulo: Editora 34, 2009.
- LÉVY, P. *O Que é Virtual?* Rio: Editora 34, 1996.
- LÉVY, P. *As tecnologias da inteligência – o futuro do pensamento na era da informática*. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1993.
- MCMAHAN, A. Immersion, Engagement, and Presence. In *The Video Game Theory Reader*; Wolf, M.J.P., Perron, B., Eds.; Taylor & Francis Group: London, UK, p. 67–86, 2003.
- Onirix Downhill. 2023. Disponível em <https://www.onirix.com/experience/ar-web-snowboarding-game-onirix-downhill/>.
- RADIANTI, J.; MAJCHRZAK, T.A.; FROMM, J.; WOHLGENANNT, I. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, v. 147, p. 103778, 2020. DOI:/10.1016/j.compedu.2019.103778.
- RODRÍGUEZ, C.; SEVILLA, J.; OBESO, Í.; HERRERA, D. Emerging Tools for the Interpretation of Glacial and Periglacial Landscapes with Geomorphological Interest—A Case Study Using Augmented Reality in the Mountain Pass of San Isidro (Cantabrian Range, Northwestern Spain). *Land*, v. 11, n. 8, p. 1327, 2022. DOI: 10.3390/land11081327.
- SHANMUGAM, M. SUDHA, M.; LAVITHA, K.; VENKATESAN, V.P.; KEERTHANA, R. Research opportunities on virtual reality and augmented reality: a survey. In: 2019 IEEE International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN). IEEE, 2019. p. 1-6. DOI: 10.1109/ICSCAN.2019.8878796.
- SOLIMAN, M.; PESYRIDIS, A.; DALAYMANI-ZAD, D.; GRONFULA, M.; KOURMPETIS, M. The application of virtual reality in engineering education. *Applied Sciences*, v. 11, n. 6, p. 2879, 2021. DOI: 10.3390/app11062879
- VAUGHAN, K.L.; VAUGHAN, R.E.; SEELEY, J.M. Experiential Learning in Soil Science: Use of an Augmented Reality Sandbox. *Natural Sciences Education*, 46: 1-5 160031, 2017. DOI: 10.4195/nse2016.11.0031
- VR Glaciers and Glaciated Landscapes. 2023. Disponível em <https://vrglaciers.wp.worc.ac.uk/arolla/index.html> e <https://vrglaciers.wp.worc.ac.uk/ferpecle/index.html>.

TURAN, Z.; MERAL, E.; SAHIN, I. F.. The impact of mobile augmented reality in geography education: achievements, cognitive loads and views of university students. *Journal of Geography in Higher Education*, 42:3, 427-441, 2018. DOI: 10.1080/03098265.2018.1455174

ZACHETKO, L.; MALYZS, S. T.; COLAVITE, A. P.; SILVA, I. R. L. realidade aumentada no ensino de geomorfologia. *Revista Continentes*, n. 17, dez. 2020.

ZINCHENKO, Y.P.; KHOROSHIKH, P.P.; SERGIEVICH, A.A.; SMIRNOV, A.S.; TUMYALIS, A.V.; KOVALEV, A.I.; GUTNIKOV, S.A.; GOLOKHVAST, K.S. Virtual reality is more efficient in learning human heart anatomy especially for subjects with low baseline knowledge. *New Ideas Psychol.* 59, 100786, 2020. DOI: 10.1016/j.newideapsych.2020.100786