



EVOLUÇÃO E TENDÊNCIAS DAS GEOTECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Ana Paula Rios de Carvalho

Universidade Estadual de Feira de Santana

Joselisa Maria Chaves

Universidade Estadual de Feira de Santana

Deorgia Tayane Mendes de Souza

Universidade Estadual de Feira de Santana

RESUMO

O uso de Geotecnologias nas escolas é muito importante para ajudar no desenvolvimento de habilidades e competências que envolvem o pensamento espacial. O manuscrito discute o uso dessas ferramentas na Educação Básica (EB) ao longo do tempo em publicações de referências para identificar os avanços conceituais e metodológicos, verificar quais autores e instituições mais publicou sobre o tema. A metodologia abrange uma revisão de literatura por meio de bibliometria e análise sistemática no período de 1985 a 2021 para mostrar a história e tendências de publicações relacionadas ao desenvolvimento do conhecimento dessa temática, bem como suas lacunas. Os principais resultados mostram que o crescimento da produção científica ocorreu a partir dos anos 2010. Os EUA é o país que lidera nessa produção desde à década de 1990, abrangendo o maior número de artigos, autores e instituições que publicam nessa área. GIS e Ensino de Geografia são os termos mais frequentes na rede de palavras-chave formada com os artigos analisados. Esta análise foi importante para apontar as carências de pesquisa e indicar implementação das Geotecnologias no Ensino Fundamental para que esta inclusão seja mais precoce na EB.

Palavras-chave: Revisão de literatura, tecnologia geoespacial, ensino fundamental, ensino médio.

EVOLUTION AND TRENDS OF GEOTECHNOLOGIES IN BASIC EDUCATION

ABSTRACT

The use of Geotechnologies in schools is very important to help in the development of skills and competences that involve spatial thinking. The manuscript discusses the use of these tools in Basic Education (EB) over time in reference publications to identify conceptual and methodological advances, verify which authors and institutions have published the most on the subject. The methodology covers a literature review through bibliometrics and systematic analysis from 1985 to 2021 to show the history and trends of publications related to the development of knowledge on this subject, as well as its gaps.

The main results show that the growth of scientific production occurred from the 2010s. The USA is the country that leads in this production since the 1990s, covering the largest number of articles, authors and institutions that publish in this area. GIS and Geography Teaching are the most frequent terms in the keyword network formed with the analyzed articles. This analysis was important to point out the lack of research and indicate the implementation of Geotechnologies in Elementary Education so that this inclusion is earlier in EB.

Keywords: Literature review, geospatial technology, elementary school, high school.

INTRODUÇÃO

As Geotecnologias auxiliam o processo de ensino-aprendizagem ao criar um ambiente no qual os estudantes podem explorar, analisar e promover a resolução de problemas no contexto de uma aprendizagem autêntica dentro das salas de aula da Educação Básica (EB) (KULO; BODZIN, 2013). A EB compreende, de maneira geral, crianças e jovens de até em média 18 ou 19 anos. No Brasil, por exemplo, está dividida em Ensino Fundamental (EF) e Ensino Médio (EM) (BRASIL, 2017) e nos Estados Unidos (EUA) é conhecida como Educação k-12, ou seja, do jardim de infância ao 12º ano (HONG, 2017).

Uma revisão de literatura com uma análise bibliométrica sobre essa temática tem importância para a ciência, para a sociedade e para a educação (planejamento e gestão escolar), pois permite reunir e avaliar o conhecimento existente, esclarecer o estágio atual desse tema, oferecer uma discussão sobre a evolução desse conhecimento científico ao longo do tempo e auxiliar na tomada de decisões e no gerenciamento de pesquisas e aplicações futuras (LINNENLUECKE; MARRONE; SINGH, 2020; MATHANKAR, 2018; OKUBO, 1997).

O uso das Geotecnologias (imagens de satélite ou drone, globos virtuais e sistemas de informação geográfica - SIG) por cientistas, por órgãos governamentais, por empresas e demais cidadãos é muito comum na sociedade atual, a exemplo de planejar viagens, desenvolver projeto científico, criar planejamento ambiental ou resolver problemas que envolvem localização (HENRY; SEMPLE, 2012; SCHULMAN et al., 2021). Porém, estudos indicam que seu uso nas escolas é limitado e está longe de ser universal devido a fatores como, principalmente, a falta de experiência e formação dos professores, dificuldades de acesso a conjunto de dados e restrições de tempo (HAMMOND et al., 2018; HONG, 2017; SCHULMAN et al., 2021).

As Geotecnologias desempenham papel importante para o desenvolvimento de aprendizagens na EB, pois proporcionam a construção de conhecimentos por meio do ensino voltado para a resolução de problemas, a análise de dados e o desenvolvimento do pensamento espacial, além de competências como ler e interpretar mapas e demais produtos cartográficos (DAMEKOVA et al., 2016; DZIOB et al., 2020; KULO; BODZIN, 2013).

O desenvolvimento do pensamento espacial e de outras habilidades geográficas como utilizar mapas enquanto ferramentas de discussão e comunicação que

veiculam conhecimentos sobre uma determinada área, ocorrem de maneira significativa a partir do uso de Geotecnologias ao permitir elaborar materiais interativos, interdisciplinares e intermediários, estudos recentes apontam isso (DEGIRMENCI, 2018; LINDNER et al., 2019a; MAULIDIAN; ABDI; HASMUNIR, 2021; NÚÑEZ et al., 2020).

Mais pesquisas são recomendadas para: o desenvolvimento de avaliações que meçam melhor a capacidade espacial dos estudantes do Ensino Fundamental (JADALLAH et al., 2017); forneça melhor suporte para que os professores aprendam e implementem SIG na EB (HONG, 2017); verifique a eficácia do uso de ferramentas com tecnologia geoespacial principalmente no que diz respeito ao desempenho de aprendizagem dos estudantes (R MAULIDIAN; ABDI, 2021); perceba a usabilidade das imagens de satélite com medição da eficácia do ponto de vista dos professores e dos estudantes (SCHULMAN et al., 2021).

Embora sejam encontradas discussões na literatura sobre o uso de Geotecnologias como, principalmente, o SIG a Cartografia Digital e o Sensoriamento Remoto (SR) na EB com resultados empíricos, (HENRY; SEMPLE, 2012; KERSKI, 2003; KULO; BODZIN, 2013; MEYER et al., 1999; RIZZATTI; CASSOL; BECKER, 2020; WU et al., 2018), ainda falta na comunidade científica estudos que organizem sistematicamente essa temática fornecendo uma visão histórica desse conhecimento científico mostrando a evolução, o crescimento e a distribuição geográfica, dentre outros aspectos.

É fundamental desvendar o percurso da evolução das pesquisas relacionadas ao uso das Geotecnologias na educação para direcionar futuras investigações nessa área, para tanto se faz necessário uma análise bibliométrica. A bibliometria constitui-se de um conjunto de métodos para fazer uma análise quantitativa de publicações acadêmicas, utilizando técnicas estatísticas, permite averiguar as tendências de pesquisas em escala global (SHI et al., 2020), podendo avaliar o impacto de um autor ou grupo de pesquisadores, periódicos, instituições ou países (VASCONCELOS et al., 2020).

A bibliometria também permite fazer medidas no campo da literatura, identificar padrões durante um período de tempo e oferecer um panorama da dinâmica de área ou campo de estudo (MATHANKAR, 2018). Buscou-se também coletar de forma sistemática as evidências disponíveis para oferecer uma avaliação a partir de critérios pré-estabelecidos (LINNENLUECKE; MARRONE; SINGH, 2020). A revisão sistemática possibilita sintetizar os estudos de forma mais completa e imparcial (AROMATARIS; PEARSON, 2014) reunindo as evidências de estudos empíricos a partir de critérios de elegibilidade formados para responder as questões de pesquisa e alcançar os objetivos propostos constituindo-se em um método claro e replicável (POLLOCK; BERGE, 2018).

É importante produzir uma visão abrangente sobre esse tema, e questionar com base em um conjunto de dados: Como as Geotecnologias têm sido usadas na EB e quais são suas viabilidades e limitações nas escolas ao longo do tempo? Quais foram os anos de maior publicação e quais fatores/eventos influenciaram? Quais são os principais pesquisadores e instituições de pesquisa? Quais países estão

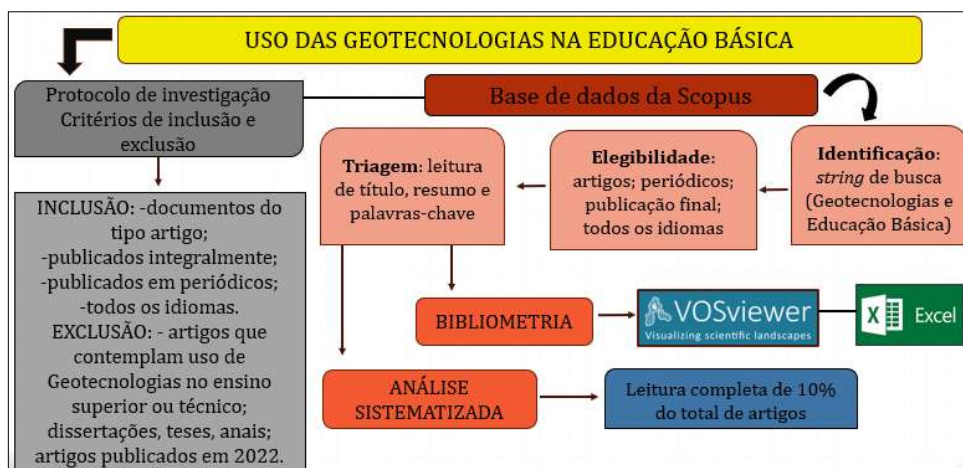
desenvolvendo mais estudos? Quais os termos que mais se destacam em cada década?

De forma mais sistematizada é possível verificar: Quais são as Geotecnologias mais usadas nesse nível educacional? Quais estudos relatam a formação do professor e aplicação do conhecimento das Geotecnologias no EF ou EM? Em quais disciplinas são desenvolvidos trabalhos com Geotecnologias? Quais as limitações no uso de Geotecnologias na EB? Quais as contribuições dos artigos? Dentro desse contexto o objetivo do estudo é analisar a evolução da inserção das Geotecnologias na EB ao longo do tempo, em publicações de referência, bem como identificar os avanços conceituais e metodológicos na análise do uso das Geotecnologias em ambiente escolar e verificar quais autores, instituições que desenvolvem pesquisas nessa área.

Materiais e Métodos

O estudo apresenta uma estrutura metodológica que contempla uma revisão de literatura sobre o uso das Geotecnologias na EB com metodologia híbrida usando método bibliométrico e método de revisão sistemática para mostrar o desenvolvimento das publicações científicas sobre esse tema. Definiu-se um protocolo de investigação o qual determinou a configuração e o delineamento da pesquisa com os critérios de inclusão e exclusão para ser aplicado na base de dados escolhida, desenvolveu-se as etapas de identificação, elegibilidade e triagem para geração de dados e construção dos resultados por meio da bibliometria e da análise sistemática (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma da metodologia.



A abrangência da pesquisa constituiu artigos científicos publicados no *Scopus Elsevier* (www.scopus.com), considerado o maior banco de dados de resumos e citações da literatura com revisão por pares, além disso, permite a leitura dos

resumos e a visualização de gráficos para analisar os resultados da busca. O acesso no Portal de Periódicos da Coordenação Brasileira de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) foi em janeiro de 2022. A pesquisa foi organizada em três etapas: identificação, elegibilidade e triagem (Tabela 1).

Tabela 1. Etapas metodológicas para revisão bibliométrica e análise sistemática

Etapas de pesquisa	Descrição	Total de documentos resultantes
Identificação	TITLE-ABS-KEY ("basic education" OR "elementary school" OR "high school" OR "secondary curriculum" OR school) AND (("map learning" OR geotechnologies OR "geoinformation technologies" OR "geospatial platform" OR "digital cartography" OR "global position system" OR "geographic information system" OR "remote sensing" OR "google earth" OR "digital globe" OR "global navigation satellite system") AND (learning OR teaching OR "teaching education"))	1905
Elegibilidade	TITLE-ABS-KEY ("basic education" OR "elementary school" OR "high school" OR "secondary curriculum" OR school) AND (("map learning" OR geotechnologies OR "geoinformation technologies" OR "geospatial platform" OR "digital cartography" OR "global position system" OR "geographic information system" OR "remote sensing" OR "google earth" OR "digital globe" OR "global navigation satellite system") AND (learning OR teaching OR "teaching education")) AND (EXCLUDE (PUBYEAR, 2022)) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE, "final")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO (SRCTYPE, "j"))	1151
Triagem	Leitura de todos os títulos e resumos para seleção dos que contemplam o uso de Geotecnologia na Educação Básica.	213
Análise Sistematizada	Leitura completa de aproximadamente 10% dos artigos (escolhidos entre os mais citados de cada década).	21

Na etapa da identificação foi formada uma *string* de consulta a ser pesquisada visando o retorno de artigos científicos que contemplassem em título, resumo ou palavras-chave os termos relacionados a “geotecnologias” e “educação básica”. Foram utilizados operadores booleanos como OR para garantir a inclusão dos sinônimos dos dois termos pesquisados, e o AND para retornar resultados com os dois termos no escopo dos artigos. Realizou-se uma pesquisa exploratória para identificar as palavras-chave mais citadas em artigos que combinam Geotecnologias e EB visando recuperar o maior número de artigos com menor número de erros por falsos resultados.

A etapa de elegibilidade compreendeu a inclusão de documentos do tipo artigo, publicados integralmente e em periódicos, em todos os idiomas. Foram excluídos os trabalhos publicados em capítulos de livro, dissertações e tese, além dos anais de congresso (para evitar vieses por duplicação de resultados), e artigos incompletos.

Na etapa da triagem foi feita a leitura de todos os títulos e resumos para excluir os artigos que discutem o uso das Geotecnologias apenas no ensino técnico ou superior. Com os dados obtidos foram gerados arquivos no formato “csv” na base de dados da *Scopus Elsevier* os quais foram analisados no programa *Excel* e no software *VOSviewer* (www.vosviewer.com) para criação de gráficos e mapas para análise de redes bibliométricas.

O *VOSviewer* é um software gratuito que realiza mapeamento bibliométrico e representação gráfica dos mapas que permite analisar soluções de cluster envolvendo palavras-chave, autores, periódicos, países, refletindo a força de relação entre seus itens (VAN ECK; WALTMAN, 2010). A partir dos dados gerados pelo software *VOSviewer* foi possível fornecer um cenário de constatação científica abrangente com os mapas gerados.

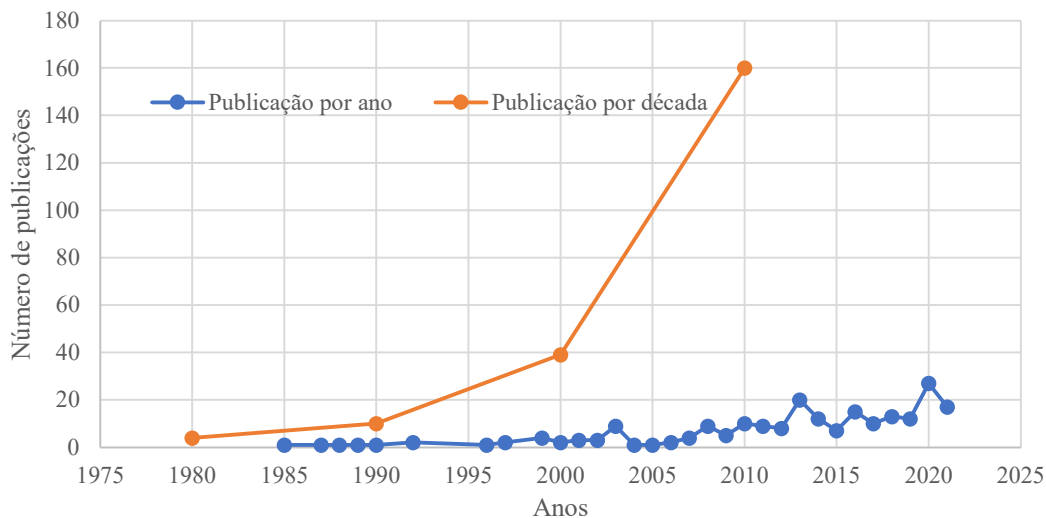
A segunda fase de análise dos dados gerados pela triagem compreendeu a investigação por década. Foram selecionados 21 artigos (aproximadamente 10% do total de artigos) para fazer a leitura completa, sendo escolhidos os mais citados distribuídos entre as décadas de 1980, 1990, 2000 e o período de 2010 a 2021. Porém, os arquivos dos artigos da década de 1980 não foram encontrados impedindo assim a sua leitura completa. Desta maneira, foram escolhidos os artigos mais citados dos períodos 1990s (5 artigos), 2000s (5 artigos) e os anos entre 2010 e 2021 (11 artigos).

RESULTADOS

Produção científica: anos que mais se destacaram

Entre os anos de 1985 e 2021 (Figura 2) a produção científica apresentou picos de publicações em diferentes décadas. A década de 1980 foi atestada por 4 publicações, retornando um artigo em cada um dos seguintes anos: 1985, 1987, 1988 e 1989. Na década posterior (1990s) registraram-se 10 publicações sendo o ano de 1999, o que mais concentrou publicações (4 artigos). Nos anos 2000 registrou-se 39 publicações sendo os anos de 2003 e 2008 os que mais se destacaram, 9 artigos em cada um. O crescimento da produção científica ocorreu a partir dos anos 2010, com 160 publicações entre os anos 2010 e 2021. O destaque de publicações nesse período ficou com os anos de 2013 (20 publicações), 2016 (15 publicações), 2018 (13 publicações), 2020 (27 publicações) e 2021 (17 publicações).

Figura 2. Número de artigos por ano e por década. Os dados foram obtidos a partir de documentos pesquisados na base de dados da Scopus na área de Geotecnologias e EB para o período de 1985 a 2021.

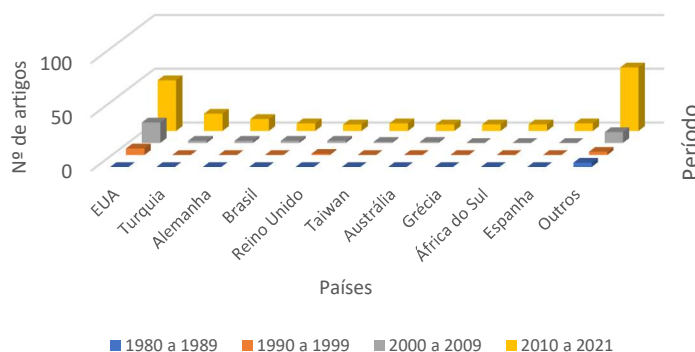


Distribuição geográfica da produção científica

No período analisado houve um aumento na distribuição espacial do conhecimento. Nas décadas de 1980 e 1990 foram creditados 9 países com publicações e, entre os anos 2000 e 2021 foram 59 países com publicações envolvendo o uso de Geotecnologias na EB (Figura 3).

Os EUA lideram desde a década de 1990 com 72 publicações. A Turquia é o segundo país que mais publicou com 18 documentos registrados seguido da Alemanha com 13 documentos desde a década de 1990. Países como Brasil, Reino Unido, Taiwan, Austrália, Grécia, África do Sul e Espanha também vêm contribuindo com essas produções científicas (Figura 3).

Figura 3. Número de artigos creditados a dez países mais produtivos por década. Os dados foram obtidos a partir de documentos pesquisados na base de dados da Scopus na área de Geotecnologias e Educação Básica para o período de 1985 a 2021.

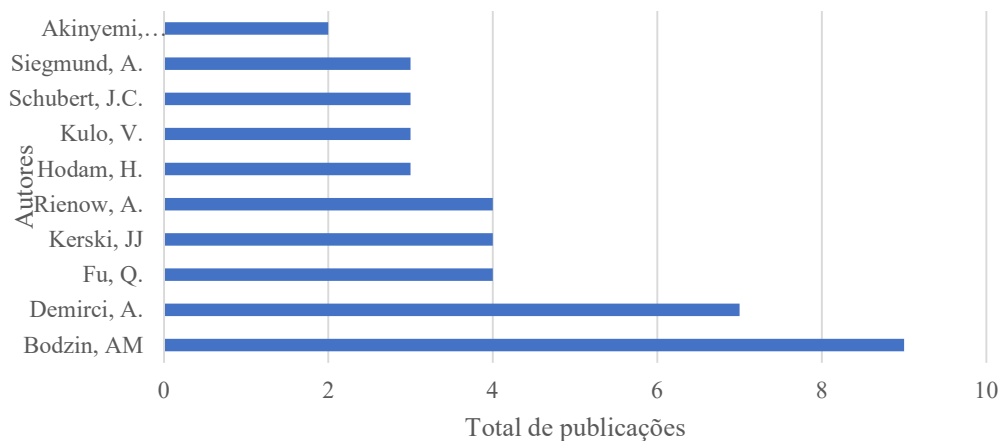


Principais pesquisadores e instituições de pesquisa

No período analisado (1985 a 2021) 160 autores contribuíram com a discussão sobre o uso das Geotecnologias na EB nos 213 artigos recuperados. Levando em consideração o número de documentos produzidos por autor encontramos uma média de 1,33 autores por artigo. Os dez principais autores podem ser observados na Figura 4. Bodzin A.M. está na primeira posição com um total de 9 (4,2% do total) seguindo por Demirci, A. com 7 (3,2% do total), Fu, Q., Kerski, J.J. e Reinow, A. com um total de 4 e 1,8% do total de documentos para cada um, Hodam, H., Kulo, V., Schubert, J.C. e Siegmund, A. com um total de 3 e 1,4% do total de documentos para cada um, Akinyemi, F.O. e mais 36 autores produziram 2 artigos (0,93% do total) cada um.

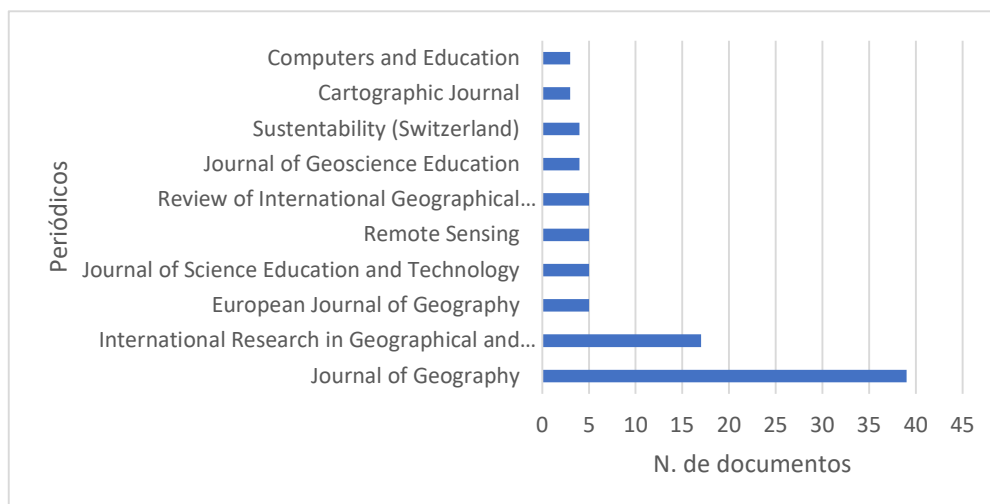
Verifica-se que Kerski, JJ manteve sua produção entre os anos de 2001 a 2013 enquanto que Bodzin, AM., concentrou sua publicação no período de 2008 a 2016. Os três autores que publicam mais recentemente são Siegmund, A. (publicações entre 2015 e 2021), Rienow, A. (publicações entre 2017 e 2021) e Hodam, H. (publicações entre 2019 e 2021) (Figura 4).

Figura 4. Ranking dos autores classificados por número de artigos publicados na área de Geotecnologias e EB entre 1985 e 2021 Os dados foram obtidos a partir de documentos pesquisados na base de dados da Scopus na área de Geotecnologias e EB para o período de 1985 a 2021.



Os seis periódicos mais influentes publicaram 35,6% do total de artigos. A liderança nas publicações é do “Journal Of Geography” com um total de 39 artigos que correspondem a 18,3% do total de documentos, e na sequência o “International Research In Geographical And Environmental Education” (17 artigos 7,9%), “European Journal Of Geography”, “Journal Of Science Education And Technology”, “Remote Sensing” e “Review Of International Geographical Education Online” (cada um com 5 artigos 2,3% do total). O “Journal Of Geography” tem uma maior participação ao longo do tempo na divulgação do tema (entre 1997 e 2021).

Figura 5. Principais instituições de pesquisa e total de artigos publicados em cada um dos dez periódicos mais representativos indexados na base de dados da Scopus pesquisados na área de Geotecnologias e EB. Fonte: As autoras, 2022.



Termos mais usados na pesquisa sobre Geotecnologias e EB

A Figura 6 mostra a rede de palavras-chave utilizada pelos autores em todo o período estudado e a Tabela 2 descreve os termos mais frequentes, o cluster, a quantidade de ocorrência e a quantidade de ligações. A Tabela 3 descreve a quantidade de termos mais encontrados no total de artigos por década e no período geral da pesquisa. A Figura 7 mostra as redes de palavras-chave por década.

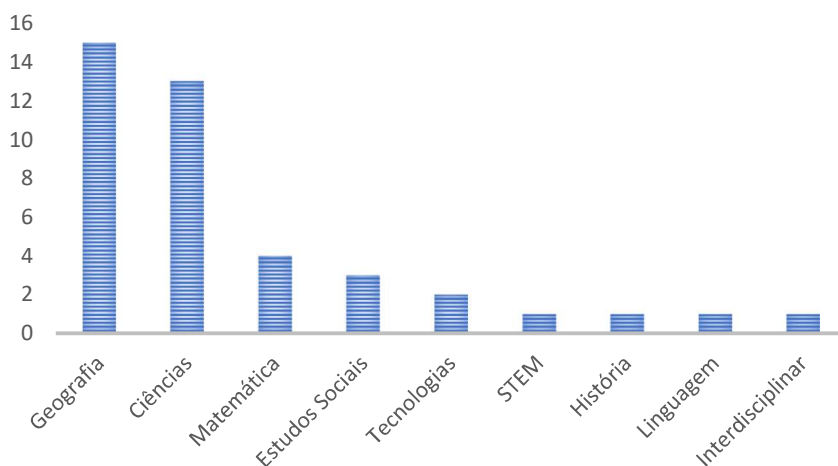
Tabela 2. Os dez termos mais frequentes na rede de palavras-chave formada com os artigos do período de 1985 a 2021.

Termo	Cluster	Ocorrência	Ligações
GIS	Amarelo	103	501
Ensino de Geografia	Cinza	65	311
Aluno	Cinza	54	389
Ensino	Amarelo	52	334
Currículo	Ciano	46	316
Ensino Médio	Rosa	37	227
Aprendizagem	Amarelo	37	230
Educação	Ciano	28	211
SR	Vermelho	18	180
Geografia	Cinza	17	102

6	Atitudes dos alunos e o impacto do SIG nas habilidades de pensamento e motivação (West, 2003)	62
7	Sistemas de Informação Geográfica: Implicações para a resolução de problemas (Audete e Abegg, 1996)	55
8	Recentralizando a geoinformação no ensino médio: em direção a uma abordagem de cidadania espacial (Gryl e Jekel, 2012)	54
9	A implementação de um currículo de mudança de uso da terra apoiado por tecnologia de informação geoespacial (GIT) com alunos do ensino médio urbano para promover o pensamento espacial (Bodzin, 2011)	46
10	Modelos de implementação de SIG para escolas: avaliando as preocupações críticas (Audete e Paris, 1997)	46
11	O cenário global do GIS no Ensino Médio (Kerski et al., 2013).	43
12	O papel do GIS na Educação Digital da Terra (Kerski, 2008)	42
13	Explorando as características de um design (Favier e Schee, 2011)	37
14	Integrando o GIS no currículo do Ensino Médio: Impactos nas pontuações de testes padronizados de diversos alunos (Goldstein e Alibrandi, 2013)	35
15	O pensamento espacial auxilia o pensamento geográfico: evidências de estudo que explora os efeitos da tecnologia geoespacial (Metoryer e Berdnaz, 2016)	35
16	Dez coisas que o ensino superior precisa saber sobre SIG em ensino fundamental e médio (Bednarz e Ludwig, 1997)	32
17	Eficácia de práticas educacionais inovadoras com aprendizado invertido e sensoriamento remoto em ciências terrestres e ambientais – um estudo de caso exploratório (Nunez et al., 2020)	24
18	Realidade Virtual do Google Earth e redação expositiva para jovens aprendizes de inglês a partir de uma perspectiva de Fundos de Conhecimento (Chen et al., 2020)	15
19	Implementação e Eficácia do WebGIS no Ensino Secundário utilizando o Atlas Digital para Escolas (González e Torres, 2020)	9
20	Geógrafos do mundo real e estudantes de geografia usando GIS: relevâncias, aplicações cotidianas e o desenvolvimento do conhecimento geográfico (Healy e Walshe, 2020)	8
21	A Integração de Explorações Científicas Através do Uso de Imagens da Terra no Currículo do Ensino Médio (Stork et al., 1999)	6

Dos 21 artigos analisados, 15 descrevem trabalhos desenvolvidos no EM, 1 no EF e 5 no EF e EM. A disciplina de Geografia (Figura 9) foi citada em 15 artigos sendo que 5 desses artigos descreviam o uso de Geotecnologias apenas nesta disciplina enquanto que os outros 10 artigos citavam outras disciplinas além da Geografia.

Figura 9. Disciplinas/área de conhecimento em que mais se desenvolvem atividades com Geotecnologias na EB. Os dados foram gerados com base na leitura de 10% dos artigos mais citados extraídos da base de dados da Scopus. Fonte: As autoras, 2022.



O SIG aparece em 18 artigos (85, 7% do total de artigos) como uma ferramenta para desenvolver atividades baseadas em tecnologias da Geoinformação. SR e Google Earth (2 artigos, 9,5% do total de artigos, cada um), Sistema de Posicionamento Global (GPS) e VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) aparecem em 1 artigo cada um (4,7% do total de artigos).

Um total de 16 artigos (76,1% do total de artigos) descrevem a aplicação de Geotecnologias com alunos da EB, citando o desenvolvimento de estudo de caso, com grupo controle ou com pré e pós-teste e 5 desses artigos (23,9% do total de artigos) desenvolvem apenas uma discussão teórica. O total de artigos 23, 9% (5 artigos) discutem sobre a formação do professor da EB em Geotecnologias.

As discussões de todos os artigos apresentam contribuições para o uso de Geotecnologias na EB. Limitações para o uso de Geotecnologias na EB foram discutidas em 19 artigos (90,4% do total de artigos). As principais contribuições e dificuldades estão descritas na Tabela 3. Aprendizagens apoiadas por SIG aparecem em 66,6% (14 artigos) do total de artigos sendo contribuições que discutem o uso do SIG em diversas atividades de ensino, aprendizagem e integração curricular. A falta de preparo/formação ou motivação dos professores aparece em 10 artigos (47,6% do total de artigos).

DISCUSSÃO

Produção científica: anos que mais se destacaram

A publicação mais antiga recuperada data de 1985 e observa-se uma lenta evolução das publicações até os anos de 1998. A partir dos anos 1999 o número

de artigos produzidos começa a aumentar e o maior pico de publicações ocorre nos anos 2020. Os primeiros trabalhos envolvendo o uso de Geotecnologias na EB remontam da década de 1980, o que é corroborado pelo desenvolvimento e crescimento da tecnologia da informática, da aerofotogrametria, do SR, da cartografia assistida por computador e do SIG entre as décadas de 1970 e 1980 (AUDET; ABEGG, 1996; BOLFE, 2004; RIZZATTI; CASSOL; BECKER, 2020).

Tabela 3. Principais contribuições e limitações discutidas nos artigos. Os dados foram gerados com base na leitura de 10% dos artigos mais citados extraídos da base de dados da Scopus.

Contribuições	Limitações
Usar o SIG em sala de aula para apoiar as aprendizagens dos alunos.	Limitação dos professores e dos alunos para o uso de ferramentas tecnológicas nas escolas.
Usar de Geotecnologias em sala de aula para auxiliar o desenvolvimento de habilidades do pensamento espacial e tomada de decisões.	Falta de preparo, de formação ou motivação dos professores para usar Geotecnologias em sala de aula.
Implementar SIG no currículo da EB.	Custos elevados de software e hardware.
Desenvolver aprendizagem baseada na investigação científica.	Falta de abordagem das Geotecnologias no currículo da EB.
Desenvolver aprendizagem baseada na resolução de problemas.	Falta de engajamento dos alunos e de tempo dos professores para o uso de Geotecnologias nas aulas.
Investir na formação do professor em Geotecnologias.	Questões burocráticas que impedem o uso de Geotecnologias nas escolas.

Os resultados deste estudo mostraram um ritmo lento de publicações até os anos 1999 (14 publicações em duas décadas) o que reflete as restrições tecnológicas da época, e os desafios educacionais envolvendo a falta de acesso a computadores, a base de dados e ao preparo do professor (treinamento e suporte contínuo) para disseminar tecnologias da geoinformação em sala de aula (KERSKI, 2003, 2008; MEYER et al., 1999).

A partir dos anos 2000 um arsenal de ferramentas geoespaciais se expandiu à disposição do educador (KERSKI, 2008) como o GISWeb, globos virtuais, como o Google Earth que foi integrado à Educação Básica por volta de 2005 (CHEN et al., 2020), disponibilidade de bancos de dados espaciais gratuitos, imagens de satélites (DE SANTANA et al., 2021). Além disso, disciplinas envolvendo tecnologias da geoinformação passaram a se expandir em campos universitários, como os cursos de SIG que em 2008 estavam disponíveis em quase todas as universidades do mundo (KERSKI, 2008) tornando-se mais acessível para a formação de docentes, o que pode ser atribuído ao crescimento de publicações envolvendo o uso de Geotecnologias nas escolas nesse período.

O crescimento exponencial da produção científica envolvendo Geotecnologias na EB a partir dos anos 2010 está relacionado com o aumento do uso de diversas

tecnologias geoespaciais em sala de aula, ao acesso gratuito e aberto a dados e *software* (DE SANTANA et al., 2021), o surgimento de cursos de treinamento de professores (HÖHNLE et al., 2015), as práticas baseadas em investigação e resolução de problemas envolvendo tecnologias geoespaciais em diversas partes do globo (DE MIGUEL GONZÁLEZ; DE LÁZARO TORRES, 2020). Além disso, verifica-se o uso de tecnologias da informação e comunicação (TIC) na educação nas últimas décadas (AKINYEMI, 2016), a exigência de imagens de satélite ou globos digitais nos currículos escolares em alguns países (SCHULMAN et al., 2021) e a disseminação em atividades escolares de ferramentas com tecnologias geoespaciais em dispositivos móveis, smartphones, tablets, etc. Todos esses aspectos corroboraram com o aumento do número de publicações de artigos que discutem o uso das Geotecnologias na EB, gerando uma tendência atualmente em manter o nível de crescimento de pesquisas e estudos relacionados à essa temática.

Distribuição geográfica da produção científica

As descobertas científicas sobre o valor do uso das Geotecnologias para desenvolver habilidades e competências no campo da EB permitiram um aumento de publicações sobre esse tema em diversos países. Desde a década de 1980, por exemplo, o SIG está sendo lançado nas escolas em diferentes partes do mundo (AKINYEMI, 2015) e o uso de imagens de satélites vem aumentando em salas de aula de diversos países, apesar de estar longe de ser universal (SCHULMAN et al., 2021).

O número de países com publicações cresceu, fato que corrobora com as transformações nas práticas de ensino na EB ao longo dos anos, com aprendizagens baseadas em investigação e resolução de problemas intermediadas pelo uso de diversas tecnologias geoespaciais principalmente no EM nos EUA e na Europa, além da Ásia e da América Latina (DE MIGUEL GONZÁLEZ; DE LÁZARO TORRES, 2020).

Os resultados mostram que os EUA é o país que lidera na publicação, fato atrelado a uma atenção ao fortalecimento e ampliação do ensino de Geografia desde 1985 com o auxílio de SIG, bem como a investimentos de empresas de setores ligados às tecnologias da geoinformação para estimular o interesse e a motivação de profissionais por ciências, engenharia e tecnologia o que têm contribuído para a inserção do SIG, no EM desde a década de 1990, (AUDET; ABEGG, 1996; HONG, 2017; KERSKI, 2003).

Os países que na sequência lideram em publicações apresentam avanços e conquistas ligadas ao uso de Geotecnologias na EB: A Turquia desde 2005 desenvolveu um programa de Geografia que enfatiza a necessidade do uso de novas tecnologias como o SIG em sala de aula (DEGIRMENCI, 2018); Na Alemanha, instituições universitárias desenvolveram projetos de materiais de aprendizagem envolvendo tecnologias geoespaciais para funcionar em escolas secundárias (LINDNER et al., 2019); No Brasil, em 2004, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) criou um programa de formação de professores para difundir as

Geotecnologias e ampliar as metodologias de ensino (FLORENZANO et al., 2011); No Reino Unido o Currículo Nacional de Geografia de 2014 indica o uso do SIG para visualizar, analisar e interpretar lugares e dados (HEALY; WALSH, 2020).

Principais pesquisadores e instituições de pesquisa

A diversidade de autores que produziram durante o período analisado indica uma variedade de temas e campos de conhecimentos envolvendo o uso de tecnologias da geoinformação na EB. Porém o número de documentos produzidos por autor é baixo, o que demonstra pouca cooperação entre eles. Foi possível observar uma conexão entre o grupo dos 10 principais autores, os periódicos mais influentes, as palavras-chave que mais se repetem e os países que mais produzem, o que mostra uma tendência de projetos e programas educacionais envolvendo Geotecnologias geralmente criados por especialistas em parcerias internacionais (DZIOB et al., 2020; HEALY; WALSH, 2020; LINDNER et al., 2019).

O autor que mais publicou, Alec M. Bodzin, contribuiu com discussões principalmente sobre tecnologia geoespacial, EM, ensino de Geografia, aprendizagem baseada em jogos, pensamento e raciocínio geoespacial (BODZIN, 2008, 2011; BODZIN et al., 2015; BODZIN; CIRUCCI, 2009; BODZIN; FU, 2014), produziu vários artigos em cooperação com Qion Fu (o qual está entre os cinco autores mais produtivos), ambos vinculados à Universidade de Lehigh, Belém, EUA. O segundo autor mais produtivo, Ali Demirci é vinculado à Universidade Fatih em Istambul, Turquia, contribuiu com discussões sobre as aplicações do SIG no ensino de Geografia no EM (DEMIRCI, 2008, 2011, 2013), a cooperação com os autores que mais produziram foi baixa, escreveu apenas um artigo com Josep J. Kersk (que está entre os cinco mais produtivos) e boa parte dos seus artigos foram produzidas individualmente ou com autores que não estão na lista dos mais produtivos.

Em relação às fontes de publicação, foi possível perceber que apesar de centenas de periódicos receberem créditos pelos artigos, a divulgação do tema ao longo do tempo analisado concentra-se em um número reduzido de fontes. Isso é confirmado ao observar que apenas seis periódicos publicaram mais de um terço do total de documentos. Observa-se uma concentração do conhecimento produzido por um número reduzido de fontes, instituições, países e autores.

Termos mais usados na pesquisa sobre Geotecnologias e EB

A complexidade da rede de palavras-chave ao longo do tempo permite analisar o desenvolvimento e a evolução do conhecimento sobre o uso de Geotecnologias na EB. As décadas de 1980 e 1990 obtiveram uma rede simples (Figura 6) de termos devido ao pequeno número de artigos publicados naquela época. Com o passar do tempo foram surgindo várias pesquisas sobre as tecnologias da geoinformação na EB, o que resultou em uma riqueza e complexidade de conexões entre os anos de 2010 a 2021 (Figura 6) revelando assim a evolução do conhecimento e de novas práticas pedagógicas envolvendo o uso de

Geotecnologias (ADAMS et al., 2022; ALFARAS; ALFALAH; KADHIM, 2020; AMICI; TESAR, 2020; ANUNTI; VUOPALA; RUSANEN, 2020; ASIMAKOPOULOU et al., 2021; BAZARGANI; SADEGHI-NIARAKI; CHOI, 2021; CAEROLS; CARRASCO; ASENJO, 2021).

A rede de palavras-chave da década de 1980 (Figura 6) ilustra que inicialmente os estudos publicados abordavam o uso de imagens de SR no ensino de Geografia das escolas secundárias visando a educação espacial e o uso de tecnologias na educação (BECKER, 1989; CURREN; WARDLEY, 1985; NIKOLAYEV; TSYPIINA, 1988; TOCHENOV, 1987). A rede da década de 1990 (Figura 6) mostra uma riqueza maior de termos comparada à década anterior com a evolução das pesquisas sobre a implementação de Geotecnologias a exemplo do SIG no currículo da EB para uma aprendizagem baseada na resolução de problemas, na investigação científica, foco no instrutor, além do uso de imagens da Terra para apoiar o aprendizado dos alunos com exploração e descoberta científica. Além disso, foi possível perceber que o uso do SIG na EB começou a ganhar espaço nessa década, com estudos discutindo obstáculos e oportunidades para sua implementação em sala de aula (AUDET; ABEGG, 1996; AUDET; PARIS, 1997; MEYER et al., 1999; STORK; SAKAMOTO; COWAN, 1999).

A rede de palavras-chave dos anos 2000 a 2009 (Figura 6) demonstra o aumento do interesse nas pesquisas sobre a temática em estudo. Os termos “GIS” e “ensino de geografia” são ainda mais fortalecidos na rede dessa década. Dois fatores estão atrelados a esse crescimento: primeiro, nos EUA, país que mais publicou sobre a temática, o ensino de Geografia passou por uma reforma que fortaleceu e ampliou o uso do SIG em todos os níveis de ensino; segundo, os cursos de GIS estavam disponíveis em quase todas as principais universidades do mundo nessa década (KERSKI, 2003, 2008). A análise da rede também permite perceber um foco no “ensino”, no “aluno”, na “aprendizagem” e no “currículo”. A presença desses termos reflete o interesse das pesquisas nas aprendizagens em sala de aula apoiadas por Geotecnologias, discutindo os avanços no currículo e a importância de ensinar intencionalmente conceitos geoespaciais (BAKER; WHITE, 2003; KERSKI, 2003, 2008; MARSH; GOLLEDGE; BATTERSBY, 2007; WEST, 2003).

A análise feita para a rede de palavras-chave dos anos 2010 a 2021 mostra que os estudos sobre o uso do SIG em sala de aula se mantiveram evidentes e ganhando ainda mais força, pois o destaque das pesquisas nesse período continua com os termos “SIG”, “ensino de geografia”, “aluno” e “currículo”. Porém, novos termos como “treinamento de professor” e “Google Earth” começam a surgir. Alguns estudos com foco no instrutor (HENRY; SEMPLE, 2012; HÖHNLE et al., 2016) e em ferramentas com tecnologias geoespaciais (CHEN et al., 2020; DE MIGUEL GONZÁLEZ; DE LÁZARO TORRES, 2020) começam a aparecer demonstrando uma tendência das pesquisas em discutir o preparo docente e a diversidade de instrumentos que apoiem o ensino para o desenvolvimento de habilidades e competências ligadas ao pensamento espacial (BODZIN, 2011; GRYL; JEKEL, 2012; HEALY; WALSH, 2020; METOYER; BEDNARZ, 2017). Tais estudos necessitam ser mais explorados, pois a sua ocorrência ainda é pouco frequente.

Ao comparar as redes de palavras-chave por década, encontramos uma predisposição de surgir novos termos a cada década, com um destaque maior para o período de 2000 a 2009, demonstrando uma ampliação nos temas e interesses de pesquisas relacionadas ao uso de Geotecnologias na EB. A partir de 2010 houve uma expansão dos estudos com temas que foram iniciados na década anterior, como por exemplo, a eficácia do SIG na EB. Porém novos termos relacionados indicam a exploração de diferentes metodologias e recursos nessa temática. De maneira geral, as redes demonstram pouca variedade de Geotecnologias implementadas em salas de aula da educação secundária.

Artigos mais citados entre 1985 e 2021

Os artigos científicos mais citados permitem discutir os temas mais recorrentes na literatura na área de Geotecnologias e EB no período entre 1985 e 2021. De maneira geral, houve maior disseminação do conhecimento sobre o uso de Geotecnologias no EM. Esse nível educacional é mais utilizado nos estudos dessa temática pois, o nível de maturidade dos alunos permite a acomodação de novas informações em estruturas cognitivas preexistentes que constituem aprendizagens significativas com o uso de Geotecnologias (AUDET; ABEGG, 1996) e, além disso, possibilita que os alunos tenham contato precoce com dados de observação da Terra, com investigação científica, além de estimular o interesse por carreiras que envolvem ciência, engenharia, matemática e tecnologia (DZIOB et al., 2020; NUGENT et al., 2010; STORK; SAKAMOTO; COWAN, 1999; WEST, 2003).

As disciplinas de Geografia e Ciências se destacaram como os componentes curriculares em que mais se desenvolveu pesquisas envolvendo o uso de Geotecnologias, pois, o estudo do espaço geográfico e de questões ambientais é potencializado com técnicas e abordagens envolvendo tecnologias geoespaciais, as quais permitem aprendizado baseado em investigações geográficas e científicas bem sucedidas (BAKER; WHITE, 2003; BODZIN, 2011; DE MIGUEL GONZÁLEZ; DE LÁZARO TORRES, 2020). Além disso, muitos estudos discutem a implementação de Geotecnologias nos currículos da EB, principalmente nas disciplinas de Geografia e de Ciências (AUDET; ABEGG, 1996; BODZIN, 2011; GOLDSTEIN; ALIBRANDI, 2013; HEALY; WALSHE, 2020; KERSKI, 2008). Disciplinas ou áreas de conhecimento como Matemática, Estudos Sociais, Tecnologias, STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), História, Linguagem e estudo interdisciplinar aparecem com menor frequência nos artigos selecionados.

A Geotecnologia mais usada na EB, de acordo com os artigos pesquisados, é o SIG. Observa-se que os EUA é o país que mais publicou sobre a temática e, desde a década de 1990, tem implementado tecnologia SIG como uma ferramenta para a educação. No início dos anos 2000, a tecnologia geoespacial, incluindo o SIG, se destacou como um dos setores emergentes da indústria e a partir da década de 2010 vários campos, incluindo a educação têm usado SIG largamente (HONG, 2017; KERSKI, 2008).

Diversos estudos consideram o uso do SIG como uma ferramenta que envolve os estudantes na análise espacial, nos estudos de lugares e regiões, em aprendizagem ativa e aulas mais agradáveis, além de envolver os alunos em investigação científica (AUDET; ABEGG, 1996; BAKER; WHITE, 2003; DEGIRMENCI, 2018; KERSKI, 2003; MEYER et al., 1999). Outros estudos acreditam que o uso do SIG pode ser adequado para ambientes de sala de aula construtivista, reconhecido como uma tecnologia interdisciplinar e que desenvolve práticas instrucionais ativas como, por exemplo, atividade de resolução de problemas e investigação (DE MIGUEL GONZÁLEZ; DE LÁZARO TORRES, 2020; HENRY; SEMPLE, 2012; MARSH; GOLLEDGE; BATTERSBY, 2007; RIDHA et al., 2019).

A quantidade de artigos que abordam a formação do professor da EB para o uso de Geotecnologias em sala de aula é reduzida, apesar de estudos já indicarem que o treinamento inicial e continuado dos docentes são essenciais para um melhor desenvolvimento de aprendizagens apoiadas por tecnologias da geoinformação nas escolas (DAMEKOVA et al., 2016; HÖHNLE et al., 2015). Os artigos que abordam aspectos relacionados à formação e preparo do professor discutem, principalmente, a falta de motivação dos professores para enfrentar mudanças e engajamento no EM (AUDET; PARIS, 1997; DE MIGUEL GONZÁLEZ; DE LÁZARO TORRES, 2020), dificuldades pela falta de conexões curriculares e alfabetização espacial dos professores (MEYER et al., 1999), a falta de oferta de conhecimento suficiente para ajudar o professor a usar Geotecnologias, como por exemplo, o SIG (FAVIER; VAN DER SCHEE, 2012).

Os artigos que discutem o desenvolvimento e a aplicação do conhecimento das Geotecnologias no ensino demonstram o apoio dessas ferramentas no fazer pedagógico acarretando benefícios para o ensino e a aprendizagem na EB.

Dentre as contribuições desses estudos é pertinente destacar ensino, aprendizagem e integração curriculares apoiadas por SIG, são contribuições que apresentam os obstáculos, oportunidades e esforços, bem como os resultados positivos desse tipo de implementação (BAKER; WHITE, 2003; FAVIER; VAN DER SCHEE, 2012; HEALY; WALSH, 2020; MEYER et al., 1999; NÚÑEZ et al., 2020), a aprendizagem baseada na investigação científica (AUDET; ABEGG, 1996; NUGENT et al., 2010; STORK; SAKAMOTO; COWAN, 1999), Geotecnologias como suporte para o desenvolvimento do pensamento espacial e ensinar intencionalmente conceitos espaciais (BODZIN, 2011; DE MIGUEL GONZÁLEZ; DE LÁZARO TORRES, 2020; MARSH; GOLLEDGE; BATTERSBY, 2007; METOYER; BEDNARZ, 2017; WEST, 2003), implementar Geotecnologias no currículo da EB (AUDET; ABEGG, 1996; BODZIN, 2011; GOLDSTEIN; ALIBRANDI, 2013).

Os estudos indicaram os aspectos que limitam o uso das Geotecnologias na EB em dois contextos: um voltado para o professor e outro para o aluno. Destes estudos, os que tratam da falta de preparo, de formação ou motivação dos professores para usar Geotecnologias em sala de aula, discutem a necessidade de investir no preparo dos docentes dando suporte conceitual, metodológico e técnico para que tenham condições de implementar com segurança as Geotecnologias em suas aulas (DE MIGUEL GONZÁLEZ; DE LÁZARO TORRES, 2020; FAVIER; VAN DER SCHEE, 2012; HEALY; WALSH, 2020; KERSKI, 2003).

Os artigos que discutem as limitações ligadas aos alunos citam, por exemplo, hesitar em usar o computador (WEST, 2003), ter limitações em informática ao usar um SIG (AUDET; ABEGG, 1996; FAVIER; VAN DER SCHEE, 2012), dificuldades de interpretar sequência de imagens SR e desafio para alunos com deficiência visual (BODZIN, 2011), dificuldades em analisar dados geográficos (BAKER; WHITE, 2003). Tais estudos destacam que essas limitações estão ligadas, geralmente, ao pequeno tamanho da amostra, a quantidade de sala de aula envolvida na pesquisa ou limitações de tempo o que não permite uma melhor validade das descobertas.

Um terceiro aspecto que limita o uso das tecnologias da geoinformação em sala de aula está ligado à estrutura do sistema educacional como, por exemplo, integrar SIG na prática da sala de aula, aulas com períodos curtos (KERSKI, 2008), necessidade de uma introdução mais intencional de conceitos espaciais na EB (MARSH; GOLLEDGE; BATTERSBY, 2007), custos elevados de software e hardware, falta de disponibilidade e desafios tecnológicos e sociais (AUDET; PARIS, 1997; HEALY; WALSH, 2020; KERSKI; DEMIRCI; MILSON, 2013; NÚÑEZ et al., 2020).

CONCLUSÃO

Este estudo proporcionou uma análise crítica da evolução do uso das Geotecnologias na EB com uma contextualização histórica. O número de publicações ao longo do tempo demonstra o interesse da comunidade científica de educadores e da sociedade em melhorar a qualidade da educação com ferramentas que dão suporte para o desenvolvimento de habilidades que envolvem conhecimentos espaciais. A análise da rede de palavras-chave permitiu constatar as tendências de pesquisas relacionadas ao tipo de Geotecnologia, de metodologias de ensino-aprendizagem e ao nível educacional em que os estudos são mais desenvolvidos.

Esta análise foi importante para apontar as carências de pesquisa e indicar as recomendações, dentre elas, implementação das Geotecnologias no EF para que esta inclusão seja mais precoce na EB, necessidade de desenvolver estudos que discutam o uso das Geotecnologias em diferentes disciplinas e áreas de conhecimento ou em estudos interdisciplinares para possibilitar aprendizagens mais integradas e abrangentes. Além disso, falta de pesquisas com atividades de formação inicial e continuada de professores para que se sintam seguros em efetivar inovações no processo de aprendizagem dos estudantes. Para tanto, deve-se implementar ou ampliar o currículo de Geotecnologias nos cursos de Licenciatura e desenvolver projetos com suporte para seu uso em sala de aula.

REFERÊNCIAS

ADAMS, E. C. et al. Reflections on two years teaching earth science at the women in science (Wisci) steam camp. *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering*, v. 28, n. 1, p. 23–40, 2022. Disponível em: <<https://www.dl.begellhouse.com/journals/00551c876cc2f027,226a1a944b2e2d4f,09668>>

048681cf0d9.html>. Acesso em:

AKINYEMI, F. O. An Assessment of GIS Use for Teaching in Rwandan Secondary Schools. *Geography Teacher*, v. 12, n. 1, p. 27–40, 2015.

_____. Technology use in Rwandan secondary schools: An assessment of teachers attitudes towards geographic information systems (GIS). *International Research in Geographical and Environmental Education*, v. 25, n. 1, p. 20–35, 2016.

ALFARAS, M. S.; ALFALAH, M. A.; KADHIM, T. A. Application of Information Systems Techniques in Geography Teaching from the Educational Staff Perspective. *International Journal of Advances in Soft Computing and its Applications*, v. 12, n. 3, p. 140–153, 2020.

AMICI, S.; TESAR, M. Building skills for the future: Teaching high school students to utilize remote sensing of wildfires. *Remote Sensing*, v. 12, n. 21, p. 1–11, 2020.

ANUNTI, H.; VUOPALA, E.; RUSANEN, J. A portfolio model for the teaching and learning of gis competencies in an upper secondary school: A case study from a finnish geomedia course. *Review of International Geographical Education Online*, v. 10, n. 3, p. 262–282, 2020.

AROMATARIS, E.; PEARSON, A. The systematic review: An overview. *American Journal of Nursing*, v. 114, n. 3, p. 53–58, 2014.

ASIMAKOPOULOU, P. et al. Earth observation as a facilitator of climate change education in schools: The teachers' perspectives. *Remote Sensing*, v. 13, n. 8, 2021.

AUDET, R. H.; ABEGG, G. L. Geographic Information Systems: Implications for Problem Solving. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 33, n. 1, p. 21–45, 1996.

AUDET, R. H.; PARIS, J. Gis implementation model for schools: Assessing the critical concerns. *Journal of Geography*, v. 96, n. 6, p. 293–300, 1997.

BAKER, T. R.; WHITE, S. H. The effects of G.I.S. on students' attitudes, Self-efficacy, and achievement in middle school science classrooms. *Journal of Geography*, v. 102, n. 6, p. 243–254, 2003.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular: Ensino Fundamental Anos Finais. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2017.

BAZARGANI, J. S.; SADEGHI-NIARAKI, A.; CHOI, S.-M. Design, implementation, and evaluation of an immersive virtual reality-based educational game for learning topology relations at schools: A case study. *Sustainability (Switzerland)*, v. 13, n. 23, 2021.

BECKER, T. W. Teaching remote sensing as public classroom instruction. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, v. 55, n. 10, p. 1435–1439, 1989.

BODZIN, A. M. Integrating instructional technologies in a local watershed investigation with urban elementary learners. *Journal of Environmental Education*, v. 39, n. 2, p. 47–58, 2008.

_____. The implementation of a geospatial information technology (GIT)-supported land use change curriculum with urban middle school learners to promote spatial thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 48, n. 3, p. 281–300, 2011.

BODZIN, A. M. et al. Examining the Enactment of Web GIS on Students' Geospatial Thinking and Reasoning and Tectonics Understandings. *Computers in the Schools*, v. 32, n. 1, p. 63–81, 2015.

BODZIN, A. M.; CIRUCCI, L. Integrating Geospatial Technologies to Examine Urban Land

- Use Change: A Design Partnership. *Journal of Geography*, v. 108, n. 4–5, p. 186–197, 2009.
- BODZIN, A. M.; FU, Q. The effectiveness of the geospatial curriculum approach on urban middle-level students' climate change understandings. *Journal of Science Education and Technology*, v. 23, n. 4, p. 575–590, 2014.
- BOLFE, É. L. EDUCAÇÃO EM GEOTECNOLOGIAS: REALIDADE E DESAFIOS Édson Luis Bolfe 1. *Geographical*, 2004.
- CAEROLS, H.; CARRASCO, R. A.; ASENJO, F. A. Using smartphone photographs of the Moon to acquaint students with non-Euclidean geometry. *American Journal of Physics*, v. 89, n. 12, p. 1079–1085, 2021.
- CHEN, Y. et al. Google Earth Virtual Reality and expository writing for young English Learners from a Funds of Knowledge perspective. *Computer Assisted Language Learning*, v. 33, n. 1–2, p. 1–25, 2020.
- CURREN, P.; WARDLEY, N. Remote sensing in secondary school geography: the place of Landsat MSS. *Geography*, v. 70, n. 3, p. 237–240, 1985.
- DAMEKOVA, S. K. et al. Electronic school atlas as an innovative means of development of geographic education in Kazakhstan schools. *International Journal of Environmental and Science Education*, v. 11, n. 18, p. 12668–12679, 2016.
- DE MIGUEL GONZÁLEZ, R.; DE LÁZARO TORRES, M. L. WebGIS Implementation and Effectiveness in Secondary Education Using the Digital Atlas for Schools. *Journal of Geography*, v. 119, n. 2, p. 74–85, 2020.
- DE SANTANA, M. M. M. et al. Mapping the research history, collaborations and trends of remote sensing in fire ecology. *Scientometrics*, v. 126, n. 2, p. 1359–1388, 2021.
- DEGIRMENCI, Y. Use of geographic information systems (GIS) in geography lessons according to teachers' opinion. *World Journal on Educational Technology: Current Issues*, v. 10, n. 3, p. 186–196, 2018.
- DEMIRCI, A. Evaluating the implementation and effectiveness of GIS-based application in secondary school geography lessons. *American Journal of Applied Sciences*, v. 5, n. 3, p. 169–178, 2008.
- _____. Using Geographic Information Systems (GIS) at schools without a computer laboratory. *Journal of Geography*, v. 110, n. 2, p. 49–59, 2011.
- _____. Utilizing google earth in secondary school geography lessons in turkey: The current use status and teachers' views [Türkiye'de ortaöğretim coğrafya derslerinde google earth'ten yararlanma: Mevcut kullanım durumu ve öğretmen görüşleri]. *Milli Eğitim*, v. 1, n. 198, p. 156–172, 2013.
- DZIOB, D. et al. as a Way to Introduce Remote Sensing in Secondary School. 2020.
- FAVIER, T. T.; VAN DER SCHEE, J. A. Exploring the characteristics of an optimal design for inquiry-based geography education with Geographic Information Systems. *Computers and Education*, v. 58, n. 1, p. 666–677, 2012.
- FLORENZANO, T. G. et al. Formação de professores em geotecnologia por meio de ensino a distância Teacher training in geotechnologies using distance education. *Educar em Revista*, p. 69–84, 2011.
- GOLDSTEIN, D.; ALIBRANDI, M. Integrating GIS in the Middle School Curriculum: Impacts on Diverse Students' Standardized Test Scores. *Journal of Geography*, v. 112, n. 2, p. 68–

74, 2013.

GRYL, I.; JEKEL, T. Re-centring geoinformation in secondary education: Toward a spatial citizenship approach. *Cartographica*, v. 47, n. 1, p. 18–28, 2012.

HAMMOND, T. C. et al. “You know you can do this, right?”: developing geospatial technological pedagogical content knowledge and enhancing teachers’ cartographic practices with socio-environmental science investigations. *Cartography and Geographic Information Science*, v. 45, n. 4, p. 305–318, 2018.

HEALY, G.; WALSH, N. Real-world geographers and geography students using GIS: relevance, everyday applications and the development of geographical knowledge. *International Research in Geographical and Environmental Education*, v. 29, n. 2, p. 178–196, 2020.

HENRY, P.; SEMPLE, H. Integrating Online GIS into the K-12 Curricula: Lessons from the Development of a Collaborative GIS in Michigan. *Journal of Geography*, v. 111, n. 1, p. 3–14, 2012.

HÖHNLE, S. et al. *Jornal de Geografia* Treinamento de professores em GIS : indicadores de eficácia com base empírica. v. 1341, 2015.

_____. GIS Teacher Training: Empirically-Based Indicators of Effectiveness. *Journal of Geography*, v. 115, n. 1, p. 12–23, 2016.

HONG, J. E. Designing GIS learning materials for K–12 teachers. *Technology, Pedagogy and Education*, v. 26, n. 3, p. 323–345, 2017.

JADALLAH, M. et al. Integrating Geospatial Technologies in Fifth-Grade Curriculum: Impact on Spatial Ability and Map-Analysis Skills. *Journal of Geography*, v. 116, n. 4, p. 139–151, 2017.

KERSKI, J. J. The implementation and effectiveness of geographic information systems technology and methods in secondary education. *Journal of Geography*, v. 102, n. 3, p. 128–137, 2003.

_____. The role of GIS in digital earth education. *International Journal of Digital Earth*, v. 1, n. 4, p. 326–346, 2008.

KERSKI, J. J.; DEMIRCI, A.; MILSON, A. J. The Global Landscape of GIS in Secondary Education. *Journal of Geography*, v. 112, n. 6, p. 232–247, 2013.

KULO, V.; BODZIN, A. The Impact of a Geospatial Technology-Supported Energy Curriculum on Middle School Students’ Science Achievement. *Journal of Science Education and Technology*, v. 22, n. 1, p. 25–36, 2013.

LINDNER, C. et al. Expanding STEM education in secondary schools: An innovative geography-physics course focusing on remote sensing. *GI_Forum*, v. 7, n. 2, p. 153–162, 2019.

LINNENLUECKE, M. K.; MARRONE, M.; SINGH, A. K. Conducting systematic literature reviews and bibliometric analyses. *Australian Journal of Management*, v. 45, n. 2, p. 175–194, 2020.

MARSH, M.; GOLLEDGE, R.; BATTERSBY, S. E. Geospatial concept understanding and recognition in G6-College students: A preliminary argument for minimal GIS. *Annals of the Association of American Geographers*, v. 97, n. 4, p. 696–712, 2007.

MATHANKAR, A. R. BIBLIOMETRICS : AN OVERVIEW. *International Journal of Library &*

- Information Science, v. 7, n. 3, p. 9–15, 2018.
- MAULIDIAN, M. O. R.; ABDI, A. W.; HASMUNIR. Practicum based learning in the material “understanding the basics of mapping” in geography subject high school. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, v. 683, n. 1, p. 0–8, 2021.
- METOYER, S.; BEDNARZ, R. Spatial Thinking Assists Geographic Thinking: Evidence from a Study Exploring the Effects of Geospatial Technology. *Journal of Geography*, v. 116, n. 1, p. 20–33, 2017.
- MEYER, J. W. et al. GIS in the k-12 curriculum: A cautionary note. *Professional Geographer*, v. 51, n. 4, p. 571–578, 1999.
- NIKOLAYEV, V. A.; TSYPIA, E. M. Natural zones of the ussr on space imagery: A new instructional aid in the secondary schools. *Mapping Sciences and Remote Sensing*, v. 25, n. 4, p. 332–340, 1988.
- NUGENT, G. et al. Impact of robotics and geospatial technology interventions on youth STEM learning and attitudes. *Journal of Research on Technology in Education*, v. 42, n. 4, p. 391–408, 2010.
- NÚÑEZ, J. A. L. et al. Effectiveness of innovate educational practices with flipped learning and remote sensing in earth and environmental sciences-An exploratory case study. *Remote Sensing*, v. 12, n. 5, 2020.
- OKUBO, Y. *Indicadores Bibliométricos e Análise de Pesquisa Sistemas : Métodos e Exemplos*. 1997.
- POLLOCK, A.; BERGE, E. How to do a systematic review. *International Journal of Stroke*, v. 13, n. 2, p. 138–156, 2018.
- R MAULIDIAN, M. O.; ABDI, A. W. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Practicum based learning in the material “understanding the basics of mapping” in geography subject high school Practicum based learning in the material “understanding the basics of mapping” in geogra. 2021.
- RIDHA, S. et al. Students’ geographic skills in indonesia: Evaluating gis learning material questions using taxonomy of spatial thinking. *Journal of Social Studies Education Research*, v. 10, n. 4, p. 266–287, 2019.
- RIZZATTI, M.; CASSOL, R.; BECKER, E. L. S. School cartography and the theory of multiple intelligences in the teaching of geography: Contributions of geotechnologies in elementary schools | A cartografia escolar e a teoria das inteligências múltiplas no ensino de geografia: Contribuições das geote. *Atelie Geografico*, v. 14, n. 3, p. 239–267, 2020.
- SCHULMAN, K. et al. Training Teachers to Use Remote Sensing: The YCHANGE Project. *Review of International Geographical Education Online*, v. 11, n. 2, p. 372–409, 2021.
- SHI, Y. et al. A literature review on accessibility using bibliometric analysis techniques. *Journal of Transport Geography*, v. 87, n. July, p. 102810, 2020.
- STORK, E. J.; SAKAMOTO, S. O.; COWAN, R. M. The Integration of Science Explorations through the Use of Earth Images in Middle School Curriculum. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 37, n. 4, p. 1801–1817, 1999.
- TOCHENOV, V. V. Cartographers and school reform. *Mapping Sciences and Remote Sensing*, v. 24, n. 2, p. 89–95, 1987.
- VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for

bibliometric mapping. *Scientometrics*, v. 84, n. 2, p. 523–538, 2010.

VASCONCELOS, R. N. et al. Oil spill detection and mapping: A 50-year bibliometric analysis. *Remote Sensing*, v. 12, n. 21, p. 1–18, 2020.

WEST, B. A. Student attitudes and the impact of gis on thinking skills and motivation. *Journal of Geography*, v. 102, n. 6, p. 267–274, 2003.

WU, L. et al. Application of ArcGIS in Geography Teaching of Secondary School: A Case Study in the Practice of Map Teaching. *Wireless Personal Communications*, v. 102, n. 4, p. 2543–2553, 2018.

Contato com o autor: geopropaula@gmail.com

Recebido em: 14/06/2023

Aprovado em: 11/12/2024