

ESTADO DA ARTE DA UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NO ENSINO DE ECOLOGIA: UMA ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA

STATE-OF-THE-ART OF THE USE OF GEOTECHNOLOGIES IN ECOLOGY TEACHING: A QUALI-QUANTITATIVE ANALYSIS

ESTADO DEL ARTE DEL USO DE GEOTECNOLOGÍAS EN LA ENSEÑANZA DE LA ECOLOGÍA: UN ANÁLISIS CUALI-CUANTITATIVO

João Pedro Ocanha Krizek¹; Sabrina Leite Alves²; Luciana Cavalcanti Maia Santos³

Resumo

A utilização de geotecnologias como ferramentas de ensino-aprendizagem vem ganhando espaço nos últimos anos. Todavia, as dificuldades e potencialidades do uso dessas ferramentas no ensino de ecologia ainda não são devidamente compreendidas. Desta forma, o presente trabalho realizou uma revisão bibliográfica de como as geotecnologias vêm sendo empregadas no ensino de conteúdos ecológicos no Brasil. Apesar das geotecnologias constituírem importantes ferramentas de ensino de temáticas relacionadas ao estudo ecológico da dinâmica espaço-temporal dos ecossistemas e da observação dos efeitos de impactos antrópicos, registraram-se poucos trabalhos que apresentaram essas aplicações diretas. O presente trabalho conclui que se faz necessário um estreitamento entre o uso das geotecnologias e o ensino de ecologia, principalmente por meio da capacitação dos professores e/ou alunos dos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas.

Palavras-chave: Geotecnologias; Potencialidades; Dificuldades; Ensino de Ecologia; Estado da Arte.

Abstract

The use of geotechnologies as teaching/learning tools has been gaining ground recently. However, the difficulties and potentialities of using these tools in ecology teaching are still not properly understood. In this way, this work carried out a bibliographic review of how geotechnologies have been used in the teaching of ecological content in Brazil. Although geotechnologies are important tools for teaching themes related to the ecological study of the spatio-temporal dynamics of ecosystems and observation of the effects of anthropic impacts, few works were registered that presented these direct applications. This research concludes that there is a need for a closer relationship between the use of geotechnologies and the teaching of ecology, mainly through the training of teachers and/or students of the degree courses in Biological Sciences.

Keywords: Geotechnologies; Potentialities; Difficulties; Teaching Ecology; State-of-the-Art.

¹ Graduação em Ciências Biológicas - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) São Paulo, SP - Brasil. Professor de Educação Básica - Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SEDUC) São Paulo, SP - Brasil. **E-mail:** jpokrizek@gmail.com

² Licenciada em Ciências Biológicas. Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus do Litoral Paulista. São Vicente, SP - Brasil. **E-mail:** sabrinaleiteal@gmail.com

³ Doutorado em Ecologia - Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, SP - Brasil. Professor efetivo - Instituto Federal de São Paulo (IFSP). Pirituba, SP - Brasil. São Paulo, SP - Brasil. **E-mail:** luciana.santos@ifsp.edu.br



Resumen

El uso de las geotecnologías como herramientas de enseñanza-aprendizaje ha ganado espacio en los últimos años. Sin embargo, aún no se comprenden las dificultades y potencialidades del uso de estas herramientas en la enseñanza de la ecología. De esta forma, el presente trabajo realizó una revisión bibliográfica de cómo se utilizan las geotecnologías en la enseñanza de contenidos ecológicos en Brasil. Aunque las geotecnologías son importantes herramientas de enseñanza en temas relacionados con el estudio ecológico de la dinámica espacio-temporal de los ecosistemas y observación de los efectos de los impactos antrópicos, pocos trabajos han presentado esta aplicación directa. El presente trabajo concluye que existe la necesidad de una relación más estrecha entre el uso de las geotecnologías y la enseñanza de la ecología, principalmente a través de la formación de docentes y/o estudiantes de carreras de grado en Ciencias Biológicas.

Palabras clave: Geotecnologías; Potencialidades; Dificultades; Enseñanza de la Ecología; Estado del Arte.

1 Introdução

Atualmente a sociedade vem sofrendo grandes mudanças com relação ao seu modo de vida devido à influência das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs), e isso também se reflete no âmbito educacional. Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), em decorrência do avanço e da multiplicação das TDICs e do crescente acesso a elas, os estudantes estão dinamicamente inseridos em uma cultura digital, não somente como consumidores, mas como protagonistas (BRASIL, 2018). De acordo com o documento, o uso de TDICs, no ambiente escolar, permite aos estudantes ampliar sua compreensão de si mesmos, do mundo natural e social do qual fazem parte, das relações dos seres humanos entre si e com a natureza. Além disso, o documento reconhece a necessidade de se compreender o estudante “como sujeito em desenvolvimento, com singularidades e formações identitárias e culturais próprias, que demandam práticas escolares diferenciadas, capazes de contemplar suas necessidades e diferentes modos de inserção social” (BRASIL, 2018, p. 60).

Partindo da teoria da aprendizagem de David Ausubel (2003), quando se considera a adoção de uma tecnologia como ferramenta de ensino, deve-se analisar sua capacidade de gerar uma aprendizagem significativa, na qual o aluno consiga internalizar o conhecimento e aplicá-lo de forma crítica na solução de problemas da realidade. No presente trabalho, defendemos que as geotecnologias se apresentam como potenciais ferramentas capazes de proporcionar esse contexto de ensino-aprendizagem, principalmente no ensino de temáticas relacionadas ao estudo ecológico do espaço, do meio ambiente e de suas problemáticas.

A utilização das geotecnologias como ferramentas de ensino vem ganhando espaço nos últimos anos, principalmente no ensino de geografia (CAVALCANTE, 2011). Todavia, as potencialidades do uso dessas ferramentas no ensino de ecologia ainda não são muito difundidas. Desta forma, o presente trabalho objetiva: (1) caracterizar e avaliar o estado da arte do uso de geotecnologias para o ensino de ecologia no Brasil; e (2) identificar, por um lado, as dificuldades e, por outro, as potencialidades quanto à aplicação de geotecnologias no ensino de ecologia.



2 Referencial teórico

2.1 As contribuições das (geo)tecnologias para uma aprendizagem significativa

O uso de tecnologias se torna importante na Educação Básica, não apenas pela busca de metodologias de ensino-aprendizagem mais eficientes, mas também por proporcionar que os estudantes possam ter acesso e domínio de tais recursos, tendo em vista que a educação é uma das principais formas de estreitar o abismo da desigualdade social (KENSKI, 2007).

De acordo com a BNCC (BRASIL, 2018), o contato com as tecnologias se faz necessário durante a escolarização, pois contribui para a formação de cidadãos pensantes que dominem tais recursos e que possam alcançar uma igualdade de oportunidades, tanto com relação à informação e ao conhecimento quanto na inserção no mercado de trabalho. Além disso, “é imprescindível que a escola [...] eduque para usos mais democráticos das tecnologias e para uma participação mais consciente na cultura digital” (BRASIL, 2018, p. 61).

Dentre as diversas tecnologias que podem ser empregadas no contexto educacional encontram-se as geotecnologias – o conjunto de tecnologias vinculadas às Geociências e correlatas que permitem a coleta, o processamento, a análise e a oferta de informações com referência geográfica. Essas tecnologias contam com uma estrutura baseada na utilização de *hardware*, *software* e *peopleware* que, juntos, contribuem para uma interpretação melhor e mais ágil do espaço e seus aspectos ambientais, auxiliando na solução de problemas e na tomada de decisões relacionadas ao manejo, à conservação e à estrutura do espaço geográfico e do meio ambiente (ROSA, 2005; FITZ, 2008). Entre as principais geotecnologias, pode-se destacar o geoprocessamento, os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), o sensoriamento remoto e o Sistema de Posicionamento Global (GPS).

O geoprocessamento é o conjunto de tecnologias que possibilita a manipulação, a análise, a modelagem e a visualização de dados georreferenciados (FITZ, 2008). É importante salientar que o geoprocessamento não envolve necessariamente o uso de computadores, sendo que a antiga sobreposição de mapas traçados em lâminas transparentes ou papel vegetal e as análises resultantes podem ser entendidas como práticas de geoprocessamento sem o uso de um instrumental mais sofisticado. O uso da computação somente facilitou os procedimentos, tornando-os mais rápidos, dinâmicos e precisos (LONGLEY *et al.*, 2013).

Dentro dessa perspectiva, o SIG é uma ferramenta computacional do geoprocessamento; um sistema que integra dados, equipamentos, procedimentos e pessoas, com o objetivo de visualizar, armazenar, processar, integrar, analisar e modelar informações georreferenciadas (LONGLEY *et al.*, 2013). O SIG possibilita uma representação numérica e digital do mundo real, que permite uma sobreposição de mapas através de algoritmos lógicos e estatísticos – tendo uma eficiência maior do que as antigas técnicas manuais de sobreposição de mapas utilizando material transparente (FILIPPINI-ALBA, 2014). Um exemplo simples e bem conhecido de SIG é o *software Google Earth*, que permite visualizar e sobrepor vários planos de informação ao mosaico de imagens de satélite do globo terrestre. Alguns SIGs podem apresentar funções bem delineadas, funcionando principalmente como *software* de banco de dados para armazenamento e visualização; outros, como o *ArcGIS*, o *SPRING* e *TerrSet*, possuem uma maior flexibilidade e podem realizar diversas tarefas, incluindo a modelagem espacial e o processamento digital de imagens de sensoriamento remoto (FITZ, 2008).

O sensoriamento remoto, por sua vez, é a tecnologia que permite a aquisição à distância de imagens e outros dados da superfície terrestre, através de sensores que captam a energia eletromagnética refletida ou emitida pela superfície (NOVO, 2010; FLORENZANO, 2011). Imagens produzidas por sensores remotos – tais como fotografias aéreas, imagens de satélites e imagens de radar – podem ser integralizadas, processadas e analisadas em SIGs, o que permite a geração e obtenção de novas informações ou mapas derivados dos dados originais. Em termos de recursos naturais, a integração e o uso de geotecnologias podem servir para o planejamento e a proteção ambiental, para a gestão de recursos naturais e em estudos de impacto sobre o meio ambiente.

As geotecnologias também apresentam grande potencial para o monitoramento, o manejo e a conservação de ecossistemas. Através de dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, é possível identificar alterações ambientais (como desmatamento, deslizamentos, poluição e diversos outros impactos antrópicos), e até mesmo caracterizar as diferentes fisionomias de ecossistemas, sem a necessidade de ir até o local de estudo, de forma a diminuir os gastos e acelerando/otimizando o processo de coleta de dados. Ao relacionar essa capacidade das geotecnologias com o processo de ensino-aprendizagem, pode-se criar a possibilidade de o aluno vivenciar e reconhecer um determinado ambiente sem ter estado fisicamente nele.

O ensino de ecologia, muitas vezes realizado por meio de metodologias tradicionais, pode não favorecer a habilidade de decidir sobre questões sociocientíficas e ambientais. Um modo de superar essa situação é recorrendo à teoria de David Ausubel (2003). O teórico utiliza o conceito de aprendizagem significativa para se referir ao processo pelo qual uma nova informação se relaciona de forma substantiva com um aspecto relevante da estrutura cognitiva do aluno. Nesse sentido, para que ocorra a aprendizagem significativa, o novo conceito ecológico a ser trabalhado pelo professor deve se ancorar em um “conceito subsunçor” já existente na estrutura cognitiva do aluno (AUSUBEL, 2003).



Usando a teoria ausubeliana, Krizek e Muller (2021) apontam três fatores que colaboram para a aquisição de uma estrutura cognitiva adequada: (1) o uso, no ensino de ecologia, dos conceitos e princípios que tenham o maior poder de extensão; (2) o “ancoramento” em subsunçores ecológicos preexistentes na estrutura cognitiva do aluno; (3) o emprego de estratégias que apresentem e ordenem a sequência do conteúdo ecológico de forma a aumentar a clareza e estabilidade na estrutura cognitiva dos alunos.

Segundo Ausubel (2003), a estrutura cognitiva é caracterizada por dois processos principais, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. A diferenciação progressiva é o processo da atribuição de novos significados a um dado subsunçor resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos, enquanto a reconciliação integradora é o processo da dinâmica da estrutura cognitiva que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações (MOREIRA, 2012). Defendemos que as geotecnologias podem ser ferramentas eficazes tanto para a promoção da diferenciação progressiva e reconciliação integradora, quanto para a consolidação dos três fatores destacados por Krizek e Muller (2021).

São duas as condições para a aprendizagem significativa – e que podem ser potencializadas pelo uso de geotecnologias: (1) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo – o que implica que o material utilizado em aula deve ter significado lógico; e (2) o aluno deve apresentar uma predisposição para aprender – o que não se trata exatamente de motivação, mas à predisposição do aluno a relacionar interativamente os novos conhecimentos a sua estrutura cognitiva prévia (MOREIRA, 2012).

Uma perspectiva interdisciplinar sempre está associada ao uso das geotecnologias (FITZ, 2008). Essa condição facilita a utilização dessas tecnologias como ferramentas de ensino, pois a interdisciplinaridade auxilia na reconstrução do conhecimento lógico que muitas vezes é apresentado de forma fragmentada. Além disso, a visão interdisciplinar fornecida pelas geotecnologias permite que elas sejam indicadas para trabalhar temas como meio ambiente e conservação ambiental, que necessitam de uma visão espaço-temporal mais ampla e dinâmica (FLORENZANO, 2011).

De acordo com Santos (2009), associar informações teóricas com recursos visuais pode auxiliar o aluno a situar-se em um universo de novidades. Portanto utilizar imagens de sensoriamento remoto como recurso didático-pedagógico facilita a predisposição para aprender. Florenzano, Lima e Moraes (2011, p. 72) destacam que as geotecnologias possibilitam a integração do conhecimento em diversas formas, além de serem ferramentas adaptáveis a várias finalidades pedagógicas:

Na medida em que o SIG possibilita integrar, analisar e espacializar (gerar mapas) informações locais, regionais e globais, ele torna-se um poderoso recurso para várias aplicações, incluindo a didática. O educador pode utilizar o sensoriamento remoto e o SIG para inserir seu aluno no mundo tecnológico, tornar suas aulas mais dinâmicas e interessantes, bem como gerar seu próprio material didático para estudo do espaço local, de vivência do educando. Essas tecnologias dão a oportunidade ao educador e educando de elaborar material que complemente os livros didáticos, de ligar o local com o global e gerar conhecimento.

2.2 As geotecnologias como ferramentas para a aquisição do conhecimento ecológico

As aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica estão definidas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), um documento de caráter normativo que orienta a elaboração de currículos em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE) e que consolida, no âmbito pedagógico, os direitos de aprendizagem e desenvolvimento que devem ser assegurados (BRASIL, 2018).

Na BNCC, “competência” é definida como “a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho” (BRASIL, 2018, p. 8). Para as três etapas da Educação Básica (Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio), as aprendizagens essenciais definidas da BNCC devem assegurar, aos estudantes, o desenvolvimento de dez competências gerais – as chamadas “competências gerais da Educação Básica”. Uma dessas competências é a de:

Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a **consciência socioambiental** e o **consumo responsável** em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao **cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta**. (BRASIL, 2018, p. 9, grifos nosso).

Observa-se, na competência citada, a preocupação com o desenvolvimento, ao longo das três etapas da Educação Básica, de uma consciência ecológica, pautada na compreensão de que as populações e os recursos não podem crescer infinitamente em uma ecossfera finita e de que, apesar do progresso tecnológico ser crucial, fazem-se necessárias mudanças de paradigma nas esferas sociais, políticas e econômicas que contribuam com a manutenção e a permanência da existência da vida no planeta.

A ecologia pode ser definida como o estudo científico da distribuição e da abundância de organismos e das interações que determinam sua distribuição e abundância (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007). De modo geral, o escopo da ecologia inclui o estudo e a compreensão de fenômenos e processos tais como o funcionamento de ecossistemas, o fluxo de energia e de matéria por teias e cadeias alimentares, as estratégias de histórias de vida, a heterogeneidade ambiental, a conservação de recursos, a diversidade de espécies, a capacidade de suporte, os ciclos populacionais, os impactos antrópicos no meio ambiente, entre outros (CHERRETT, 1989).

Um campo importante dentro da ecologia, porém ainda recente, é a Ecologia da Paisagem. Considerada uma ciência em construção, normalmente não é abordada nas aulas de biologia do Ensino Médio; no entanto, isso não diminui a relevância em levá-la para a sala de aula, uma vez que, ao se apropriar dos conceitos que existem nessa ciência, o estudante se torna capaz de olhar para uma paisagem e interpretá-la e, com isso, deixa de ser alheio à sua própria realidade (MONTEIRO; PAULA; FERNANDES-JUNIOR, 2019).

Como a ecologia é uma disciplina ampla, holística, com vários níveis e com raízes nas ciências biológicas, físicas e sociais (ODUM, 1977; ODUM; BARRETT, 2015), para que ocorra uma interpretação completa de seus conteúdos é necessário um enfoque transdisciplinar e, devido à sua abordagem integrativa, a ecologia apresenta-se como um dos principais referenciais teóricos para se compreender o meio ambiente e suas problemáticas:

O aprendizado da ecologia é fundamental não apenas para garantir o bem-estar e o futuro da humanidade, como também para garantir a preservação dos recursos naturais e a conservação dos demais seres vivos da biosfera. Há razões para se desconfiar que a quase indiferença das pessoas em relação ao mundo vivo é, em parte, uma consequência do fracasso do ensino de ecologia (e, em um nível mais amplo, da biologia). Tal fracasso é sustentado por uma série de desafios enfrentados pelos professores no ensino dessa ciência. (KRIZEK; MULLER, 2021, p. 717).

Para uma compreensão ampla e detalhada do ambiente, a aquisição do conhecimento ecológico demanda o uso de uma série de ferramentas tecnológicas. Uma classe dessas ferramentas corresponde às geotecnologias, as quais abordam o ambiente e seus componentes, bióticos e abióticos, a partir de um enfoque espaço-temporal, dinâmico e pautado em uma visão sinóptica da realidade (FLORENZANO, 2011).

Na área de Ciências da Natureza (sobretudo nas disciplinas de Ciências, no Ensino Fundamental, e Biologia, no Ensino Médio), os livros didáticos podem apresentar conteúdos direta ou indiretamente relacionados às geotecnologias (como a caracterização dos diferentes ecossistemas brasileiros, a caracterização dos biomas, a identificação de impactos ambientais, e a visualização do processo de sucessão ecológica), porém o fazem em número reduzido e de forma descontextualizada. Apesar de existirem tópicos de discussão sobre essa problemática, ainda assim quase não há a difusão da importância das geotecnologias em sala de aula (MARQUES DA SILVA *et al.*, 2011), principalmente na forma de atividades práticas.

Em relação ao Ensino Fundamental, a BNCC está organizada em cinco “áreas de conhecimento” que agrupam os diferentes “componentes curriculares”. A área de “Ciências da Natureza” abarca um único componente curricular, “Ciências”. Cada área de conhecimento estabelece “competências específicas por área”⁴. Além disso, para assegurar o desenvolvimento das competências específicas, cada componente curricular apresenta um conjunto de habilidades – *i.e.*, aprendizagens essenciais que devem ser asseguradas aos alunos nos diferentes contextos escolares (BRASIL, 2018). Dentre as competências específicas da área de Ciências da Natureza, destacam-se algumas que podem ser desenvolvidas com o auxílio das técnicas e ferramentas que compõem as geotecnologias (Tab. 1); o mesmo ocorre com algumas habilidades do componente curricular de Ciências (Tab. 2).

Tabela 1: Exemplos de competências específicas de Ciências da Natureza que podem ser desenvolvidas por intermédio de geotecnologias.

Avaliar aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e de suas tecnologias para propor alternativas aos desafios do mundo contemporâneo, incluindo aqueles relativos ao mundo do trabalho.

Construir argumentos com base em dados, evidências e informações confiáveis e negociar e defender ideias e pontos de vista que promovam a consciência socioambiental e o respeito a si próprio e ao outro, acolhendo e valorizando a diversidade de indivíduos e de grupos sociais, sem preconceitos de qualquer natureza.

Utilizar diferentes linguagens e tecnologias digitais de informação e comunicação para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas das Ciências da Natureza de forma crítica, significativa, reflexiva e ética.

Fonte: Autoria própria, a partir de Brasil (2018).

⁴ Além disso, nas áreas que abrigam mais de um componente curricular (Linguagens e Ciências Humanas), também são definidas as competências específicas do componente (Língua Portuguesa, Arte, Educação Física, Língua Inglesa, Geografia e História).

Tabela 2: Exemplos de habilidades do componente curricular de Ciências que podem ser desenvolvidas por intermédio de geotecnologias.⁵

(EF03CI07) Identificar características da Terra (como seu formato esférico, a presença de água, solo etc.), com base na observação, manipulação e comparação de diferentes formas de representação do planeta (mapas, globos, fotografias etc.).

(EF03CI10) Identificar os diferentes usos do solo (plantação e extração de materiais, dentre outras possibilidades), reconhecendo a importância do solo para a agricultura e para a vida.

(EF07CI07) Caracterizar os principais ecossistemas brasileiros quanto à paisagem, à quantidade de água, ao tipo de solo, à disponibilidade de luz solar, à temperatura etc., correlacionando essas características à flora e fauna específicas.

(EF07CI08) Avaliar como os impactos provocados por catástrofes naturais ou mudanças nos componentes físicos, biológicos ou sociais de um ecossistema afetam suas populações, podendo ameaçar ou provocar a extinção de espécies, alteração de hábitos, migração etc.

(EF07CI11) Analisar historicamente o uso da tecnologia, incluindo a digital, nas diferentes dimensões da vida humana, considerando indicadores ambientais e de qualidade de vida.

(EF08CI16) Discutir iniciativas que contribuam para restabelecer o equilíbrio ambiental a partir da identificação de alterações climáticas regionais e globais provocadas pela intervenção humana.

Fonte: Autoria própria, a partir de Brasil (2018).

Em relação ao Ensino Médio, a BNCC está organizada em quatro “áreas de conhecimento”. O documento não especifica os componentes curriculares da área de “Ciências da Natureza e suas Tecnologias”, porém estabelece as competências específicas por área e suas habilidades. As três competências específicas da área mencionada (Tab. 3) e alguns exemplos de habilidades que podem ser desenvolvidas com o auxílio das geotecnologias (Tab. 4) estão listados a seguir.

⁵ Cada habilidade é identificada por um código alfanumérico. O primeiro par de letras (EF) indica a etapa de Ensino Fundamental; o primeiro par de números indica o ano (01 a 09) a que se refere a habilidade; o segundo par de letras indica o componente curricular (CI = Ciências) e o último par de números indica a posição da habilidade na numeração sequencial de cada ano (BRASIL, 2018).

Tabela 3: Competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

-
1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

 2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

 3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).
-

Fonte: Autoria própria, a partir de Brasil (2018).

Tabela 4: Exemplos de habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias que podem ser desenvolvidas por intermédio de geotecnologias.⁶

-
- (EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).
-
- (EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).
-
- (EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
-
- (EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.
-

Fonte: Autoria própria, a partir de Brasil (2018).

⁶ Em cada código alfanumérico das habilidades, a primeira sequência de letras (EM) indica a etapa de Ensino Médio; o primeiro par de números (13) indica que as habilidades descritas podem ser desenvolvidas em qualquer série do Ensino Médio, conforme definição dos currículos; a segunda sequência de letras indica a área (CNT = Ciências da Natureza e suas Tecnologias) e os números finais indicam a competência específica à qual se relaciona a habilidade (1º número) e a sua numeração no conjunto de habilidades relativas a cada competência (dois últimos números) (BRASIL, 2018).

Além do exposto, em relação a cada uma das competências e habilidades descritas, uma variedade de conteúdos ecológicos pode ser trabalhada com o emprego das geotecnologias em sala de aula, como os níveis de organização da ecologia (organismos, populações, comunidades, ecossistemas, paisagens, biomas e ecosfera); composição e alteração das paisagens; os diferentes tipos de biomas; o processo de sucessão ecológica; dinâmica de populações e comunidades; impactos antrópicos no meio ambiente; entre outros.

3 Material e métodos

Para caracterizar o estado da arte do uso de geotecnologias no ensino de ecologia no Brasil foi realizada uma revisão bibliográfica de trabalhos científicos que abordam essa temática. O estudo considerou trabalhos científicos nas seguintes categorias: artigos, livros, capítulos de livros, dissertações, teses e trabalhos completos publicados em anais de eventos científicos, desde 2000 até 2017, ano de realização da presente pesquisa. Foi utilizado o ano de 2000 como período inicial de referência por este corresponder ao início da difusão e solidificação do uso do sensoriamento remoto e geotecnologias no Brasil (*e.g.*, SANTOS; BITENCOURT, 2016).

Em relação à procura pelos trabalhos científicos, foram utilizadas as principais bases de busca, tais como: *Scopus*, *Scielo*, *Google Scholar* e as bases de teses e dissertações da CAPES, da USP, da UNICAMP e da UNESP. As seguintes palavras-chave foram empregadas: geotecnologias, ensino, educação, ecologia, sensoriamento remoto, sistema de informação geográfica.

Após, foram selecionados trabalhos científicos das áreas de ciências da natureza (biologia, física e química) e de geografia que apresentaram o uso de geotecnologias, de forma direta ou indireta, para o ensino de temas ecológicos, como o estudo da paisagem, biomas, ecossistemas, impactos antrópicos e educação ambiental.

Visando uma melhor interpretação dos trabalhos científicos selecionados, foi realizada uma análise quali-quantitativa. A análise qualitativa focou-se na descrição, na comparação e na rotulagem dos trabalhos, buscando compreender as principais aplicações, métodos, dificuldades e potencialidades do uso das geotecnologias empregadas. A análise quantitativa, por sua vez, focou-se na caracterização do panorama nacional dos trabalhos levantados, considerando as seguintes variáveis de análise: número de publicações por ano, tipo de material utilizado e finalidade. Os dados levantados foram tabulados e analisados em planilhas do *Excel*, sendo produzidos gráficos.

4 Resultados e discussão

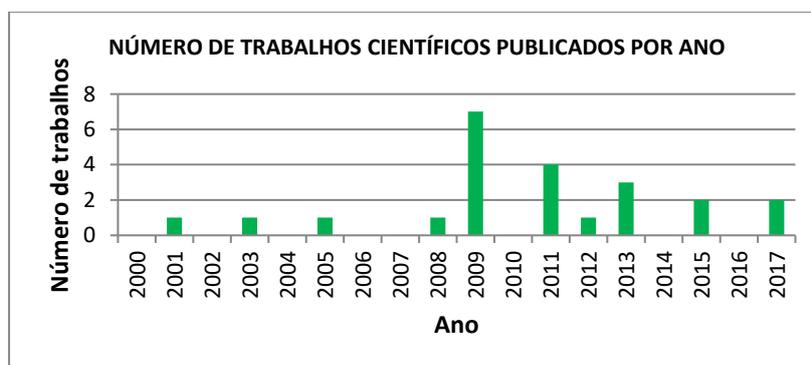
Durante o levantamento foram encontrados cerca de 11.000 trabalhos que continham as palavras-chave utilizadas. No entanto, apenas 23 publicações se enquadraram no tema “geotecnologias aplicadas no ensino de ecologia e/ou de temáticas ecológicas em áreas correlatas”. De forma geral, os trabalhos estavam inseridos nas áreas de ensino de geografia e educação ambiental, porém apresentaram potencial ou trabalharam de forma indireta com conceitos relacionados à ecologia, tais como estudo da paisagem, dinâmica de ecossistemas, identificação de biomas e alterações antrópicas. Apesar da potencialidade das geotecnologias trabalharem de forma direta com o ensino de conteúdos ecológicos, poucos trabalhos apresentaram essa aplicação direta.

4.1 Número de trabalhos publicado por ano

A difusão das TDICs vem crescendo nos últimos anos, bem como sua aplicabilidade no processo de ensino e aprendizagem. Nesse contexto, o uso das geotecnologias para o ensino de temas relacionado à ecologia também seguiu a mesma tendência (Fig. 1).

O maior número de publicações ocorreu no ano de 2009 (7 trabalhos) (Fig. 1). Embora, nos anos seguintes, observa-se uma queda na quantidade anual de publicações, de forma geral pode-se constatar que houve uma tendência ao incremento no número de trabalhos desde 2000.

Figura 1: Número de trabalhos científicos publicados por ano (2000 a 2017), que abordam o uso de geotecnologias para o ensino de temas ecológicos.



Fonte: Autoria própria.

Em 1997, o Comitê de Docência e Pesquisa da Sociedade de Especialistas Latino-Americanos em Sensoriamento Remoto (SELPER) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em parceria com outras instituições, organizaram a 1ª Jornada de Educação em Sensoriamento Remoto no Âmbito do Mercosul. Como consequência desse evento, o INPE criou o Programa EDUCA SeRe, cujo objetivo principal é o desenvolvimento de material didático, usando dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, para ensinar geografia e ciências naturais no Ensino Fundamental e Médio (SAUSEN; COELHO, 2004). O Programa é dividido em quatro projetos: (1) o EDUCA SeRe I – com a finalidade de desenvolver cadernos didáticos para o ensino de sensoriamento remoto; (2) o EDUCA SeRe II – que desenvolveu CD ROMs para o ensino de sensoriamento remoto; (3) o EDUCA SeRe III – focado em desenvolver cartas-imagem para o ensino de sensoriamento remoto; e (4) o EDUCA SeRe IV – com o objetivo de desenvolvimento de *homepages* para o ensino de sensoriamento remoto (SAUSEN; COELHO, 2004). O site do programa EDUCA SeRe pode ser acessado clicando [aqui](#).

Embora o número de artigos que utilizem geotecnologias no ensino ainda seja relativamente pequeno, e muito menor quando se trata especificamente do ensino de ecologia, deve-se considerar que a criação do EDUCA SeRe contribuiu bastante para o aumento de artigos nessa área, pois muitos dos trabalhos publicados foram projetos inicialmente desenvolvidos através dos cursos fornecidos pelo INPE em decorrência do EDUCA SeRe. Este desdobramento é observado no trabalho de Florenzano e Santos (2003), que relata a produção de diversos projetos em educação utilizando sensoriamento remoto, SIGs e geoprocessamento. Além disso, muitos desses projetos foram direcionados para a educação ambiental, como o projeto “Desafio do Lixo”, que utilizava imagens dos satélites LANDSAT e CBERS para mapear os lixões da cidade de São José dos Campos, a fim de compreender e mensurar seus impactos ambientais (FLORENZANO; SANTOS, 2003).

Florenzano, Lima e Moraes (2011) destacaram um outro ponto importante para a difusão das geotecnologias como ferramentas de ensino. Em iniciativa de potencializar seus cursos, o INPE forneceu uma formação à distância mediada pela plataforma TelEduc, a fim de abranger locais mais distantes e a escassez de recursos. O curso fornecido seguia a mesma estrutura dos cursos presenciais ofertados pelo INPE, apresentando aulas teóricas sobre os conceitos de sensoriamento remoto, SIG e geoprocessamento, seguidas pela elaboração de um projeto com a aplicação das geotecnologias estudadas. Essa tentativa de formação foi observada com uma boa aceitação por parte dos docentes, embora mais da metade dos professores matriculados não tenha conseguido finalizar o curso. As autoras, então, concluem:

A formação de professores por meio de modelos presenciais e híbridos pode ser mais eficiente do que a realizada com ensino (totalmente) à distância. Porém o alcance geográfico (espacial), em um país de dimensões continentais e carente de recursos como o Brasil, da modalidade de ensino à distância é inigualável. Apesar de menos da metade dos professores ter concluído o curso com sucesso, a qualidade dos resultados obtidos por eles indica a viabilidade



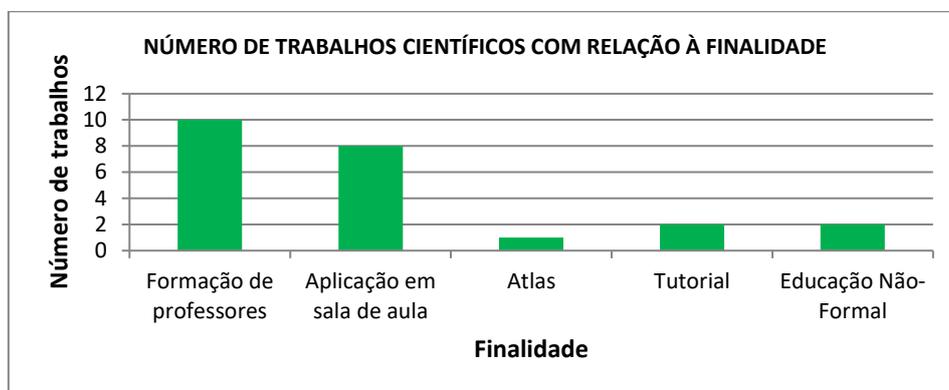
do ensino à distância nesse tipo de capacitação. Para superar as dificuldades observadas, as políticas públicas voltadas para a educação devem promover uma formação inicial e continuada de qualidade para os professores do ensino básico. Não devem se esquecer também da infraestrutura, do ambiente e da comunidade escolar como um todo para que o professor tenha condições de aplicar os conhecimentos adquiridos e inovar sua prática pedagógica. (FLORENZANO; LIMA; MORAES, 2011, p. 82).

Das publicações mais recentes, em Fogaça *et al.* (2017) pode-se observar uma relação direta com a interdisciplinaridade, além de constituir uma proposta de introdução do método hipotético-dedutivo⁷ através do sensoriamento remoto. Nesse trabalho foi apresentada a defesa de que o sensoriamento remoto, trabalhado conjuntamente com o método hipotético-dedutivo, cria possibilidades para a construção de uma aprendizagem voltada para a observação e a investigação. Além disso, a sequência didática apresentada conta, para sua execução, com materiais facilmente disponíveis ao professor, como lápis, borrachas, régua e cadernetas para anotações. Os autores defendem que o uso de ferramentas que aparentemente não pertencem ao cotidiano escolar – como imagens de satélites – promovem a curiosidade e o interesse dos alunos, que passam a ter novos olhares sobre o lugar em que vivem, e são envolvidos em uma investigação e observação bastante valiosas (FOGAÇA *et al.*, 2017).

4.2 Trabalhos de acordo com a finalidade

A difusão dos conhecimentos geotecnológicos é essencial para efetivar a aplicabilidade dessas metodologias de ensino e sua real incorporação no ensino de ecologia e outras ciências. A capacitação de professores para lidar com essas ferramentas é extremamente importante e, por isso, talvez exista um maior número de trabalhos voltados para a formação docente (Fig. 2).

⁷ Apesar dos autores se referirem ao método hipotético-dedutivo como “o Método Científico”, concordamos com a defesa de Pérez *et al.* (2001) e Cachapuz *et al.* (2005) de que a ciência não é sustentada pela existência de um único método com etapas rígidas e definidas, e de que a crença em um método científico único constitui uma visão deformada (rígida, algorítmica e infalível) da Natureza da Ciência (KRIZEK; GERALDINO, 2020).

Figura 2: Número de trabalhos científicos publicados de acordo com a finalidade.

Fonte: Autoria própria.

Dentre os trabalhos voltados para a capacitação docente, pode-se destacar o de Araújo, Arantes e Filho (2009), o qual apresenta uma proposta metodológica para o ensino de sensoriamento remoto através da Aprendizagem Baseada em Problemas e por Projetos (ABPP), em que os estudantes assumem um papel ativo na construção do conhecimento e atuam na resolução de problemas complexos.

Já a publicação de Neuman e Santos (2013) mostra uma possibilidade de aplicação do *Google Earth* como ferramenta de apoio à educação, e que possibilita ao professor trabalhar diferentes temas interdisciplinares, com o intuito de desenvolver nos alunos a compreensão da realidade como um conjunto físico e social que está em constante interação. Nesse sentido, Higuchi e Luque (2011) destacam que o uso do sensoriamento remoto e do geoprocessamento em sala de aula é uma importante estratégia de promoção de leitura e compreensão do espaço geográfico. Os autores consideram que as geotecnologias constituem ferramentas importantes para o desenvolvimento da proficiência leitora dos alunos e de noções cartográficas fundamentais (HIGUCHI; LUQUE, 2011).

O artigo de Lima e Florenzano (2009) apresenta uma metodologia para o estudo ambiental do Pantanal através do uso de geotecnologias. Os procedimentos metodológicos são apresentados na forma de um tutorial que subsidia o professor na aquisição das imagens, do *software* e do CD utilizados na sequência didática apresentada.

Costa (2011), por sua vez, divulga os relatos da aplicação de uma sequência didática a partir do uso do *Google Earth* em uma turma da EJA (Educação de Jovens e Adultos) para a compreensão da importância da água e das bacias hidrográficas e para a identificação dos problemas ambientais ocorrentes em uma sub-bacia hidrográfica local. A autora relata que, de forma geral, os alunos se mostraram interessados com a ferramenta de ensino e que a maioria deles não apresentou dificuldades em manusear o programa, bem como em diagnosticar e localizar problemas ambientais na sub-bacia estudada (COSTA, 2011). Esses achados destacam

o potencial das geotecnologias em serem utilizadas na compreensão de problemas ambientais locais e que se situam no contexto de vida dos alunos.

Trabalho semelhante ao de Costa (2011) foi realizado em um projeto divulgado por Fonseca e Mendonça (2015), no qual os alunos estudaram os aspectos ambientais de uma área bem próxima à escola, o que possibilitou visitas a campo para reconhecimento e coletas de dados (sobretudo via registros fotográficos). Nesse projeto, as imagens de sensoriamento remoto foram utilizadas para fazer o mapeamento dos recursos hídricos, da vegetação e de outros aspectos da paisagem no *Google Earth* e com o auxílio do *ArcGIS*. Como resultado principal, os alunos mapearam os pontos mais estratégicos para, em campo, realizar o plantio de espécies nativas da flora local. Além disso, os locais de plantio das mudas foram georreferenciados pelos estudantes através do uso de um aparelho GPS (FONSECA; MENDONÇA, 2015). Trata-se de uma proposta de projeto de educação ambiental voltado não apenas para a compreensão, mas também para a intervenção na realidade.

Carvalho, Laranja e Marques (2011) trazem relatos de outro projeto de caráter ambiental. Assumindo natureza interdisciplinar, foi possível relacionar o sensoriamento remoto com as diversas disciplinas, como Geografia (na identificação dos elementos naturais e dos agentes modeladores do espaço), História (na reconstituição espacial da cidade e do desenvolvimento do bairro estudado), Ciências (na exploração dos princípios físicos do sensoriamento remoto e na identificação dos problemas ambientais na paisagem estudada), Matemática (na utilização de imagens de satélites como ferramenta para o ensino do conceito de área, proporção, formas geográficas, escalas), Artes (na elaboração de mapas temáticos e maquetes da cidade) e Línguas (na produção de textos relacionados à temática e na tradução dos termos técnicos utilizados) (CARVALHO, LARANJA, MARQUES, 2011). Durante a pesquisa de campo, os alunos realizaram uma caminhada, com o interesse de observar e identificar a realidade ambiental do bairro. Os alunos receberam um diário de bordo e um guia de orientação com informações básicas sobre meio ambiente, preservação ambiental, biodiversidade, recursos hídricos, desenvolvimento sustentável, materiais recicláveis, planejamento urbano entre outros. Em seguida, os estudantes responderam a um questionário, registrando suas percepções em relação às fragilidades e aos impactos ambientais existentes no bairro. As percepções também foram divulgadas em cartazes, tabelas, gráficos, relatórios, redações, pinturas, colagens, poemas, entre outros, que foram apresentados em uma exposição na escola. Os discentes também coletaram depoimentos de moradores antigos, para inferir um cenário de como era a qualidade ambiental do bairro no passado. A partir dos dados obtidos e de discussões em sala de aula, foram definidas as áreas que apresentaram maiores vulnerabilidades socioambientais. Nesse sentido, foram apresentadas algumas propostas para recuperar áreas degradadas e medidas para minimizar os impactos ambientais no bairro estudado (CARVALHO, LARANJA, MARQUES, 2011).

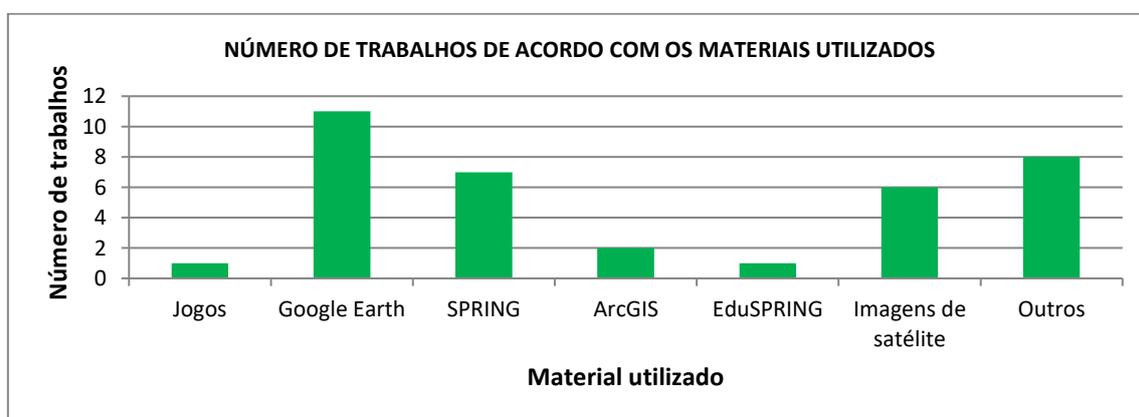
Devido à sua natureza interdisciplinar, as geotecnologias constituem ótimas ferramentas para se trabalhar com a educação não-formal – onde temas transversais, como a educação ambiental, são muitas vezes desenvolvidos. Janzantti *et al.* (2017), por exemplo, apresentam uma cartografia digital das áreas contaminadas cadastradas no Estado de São Paulo no *Google Earth* e avalia suas potencialidades como recurso didático para ambientes não formais de educação. Acerca do *software* utilizado, os pesquisadores enfatizam que “o *Google Earth* apresenta a possibilidade de suportar a multiplicidade de fatores envolvidos em um mesmo assunto, o que leva o cidadão a refletir sobre o sentido daquele conhecimento e a considerar a relatividade que tal conhecimento assume em cada situação” (JANZANTTI *et al.*, 2017, p. 1119).

4.3 Trabalhos de acordo com os materiais utilizados

As geotecnologias englobam diversas ferramentas e, nesse sentido, a escolha dos materiais a serem utilizados no ambiente escolar devem ir de acordo a necessidade do trabalho pedagógico a ser desenvolvido. Além disso, quando se considera o contexto educacional, a escolha do equipamento também está diretamente relacionada com a sua realidade de disponibilidade, infraestrutura escolar e aquisição.

Na figura 3 pode-se observar uma predominância no uso dos *softwares Google Earth* e *SPRING*, um reflexo da disponibilidade desses recursos, já que ambos são obtidos gratuitamente. O *Google Earth* é um software desenvolvido pela *Google*, cuja função é apresentar um modelo tridimensional da superfície terrestre construído a partir de imagens de satélites obtidas em fontes diversas. Além de ser gratuito, o *Google Earth* é um SIG mais simples e didaticamente mais convidativo, o que permite explicar sua predominância entre os recursos utilizados.

Figura 3: Número de trabalhos científicos publicados de acordo com os materiais utilizados.



Fonte: Autoria própria.

O *SPRING* é um *software* desenvolvido pelo INPE que tem a capacidade de armazenar, gerenciar e processar dados de diferentes naturezas. Embora suas diversas funções de sobreposição e modelagens de mapas, entre outras, sejam bastante úteis, muitas vezes sua aplicabilidade na Educação Básica enfrenta dificuldades, devido à incompatibilidade com os computadores da rede pública (principalmente com relação ao processador) ou à complexidade de uso e manuseio do *software*. Isto posto, torna-se cada vez mais importante a capacitação de professores para a manipulação desse SIG. Ademais, o *EduSPRING*, uma versão reduzida do *SPRING* com um menor número de funções e compatível com computadores menos potentes, torna-se uma importante ferramenta, facilitando sua aplicação no ensino. Apesar de suas vantagens, o *EduSPRING* ainda é pouco utilizado no ensino de ecologia, estando em um menor número de trabalhos do que o *ArcGIS* (Fig. 3). Nesse sentido, a publicação de Carvalho, Dornelas e Di Maio (2009) teve como objetivo tornar disponível um guia para o uso do *EduSPRING 5.0*. Foram desenvolvidas atividades que tenham como ênfase as transformações ambientais e o uso de dados obtidos por sensoriamento remoto. O Guia do Professor pode ser obtido na sessão de *downloads* do site do grupo de pesquisa GEODEN (Geotecnologias Digitais no Ensino) ou clicando [aqui](#) (CARVALHO; DORNELAS; DI MAIO, 2009).

Souza, Dornelles e Monsueto (2009) relatam o uso do Vista/SAGA (Sistema de Análise Geo-Ambiental), um SIG desenvolvido pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) visando a aplicações ambientais em equipamentos de baixo custo e pela sua facilidade de manipulação e interface. O módulo de “Análise Ambiental” do SIG apresenta três funções básicas: assinatura, monitoria e avaliação ambiental. A assinatura é usada para definir as características e a planimetria da área delimitada pelo usuário; a monitoria é o acompanhamento da evolução de características e fenômenos ambientais através de mapeamentos sucessivos no tempo; e a avaliação é o processo de superposição de mapas para a geração de estimativas de riscos e potenciais (LAGEOP/UFRJ, 2022).

As imagens de satélites servem para abastecer a base de dados dos SIGs e fornecem uma visão sinóptica e multitemporal do espaço, na qual pode-se visualizar melhor a paisagem e seus elementos (FLORENZANO, 2011). Para o ensino de ecologia, as imagens mais utilizadas foram as fornecidas pelos satélites LANDSAT e CBERS, resultado que deve estar associado à disponibilidade gratuita dessas imagens no site do INPE. Nesse contexto, destacamos o grande potencial das novas imagens de alta resolução espacial (5 m e 10 m), que estão sendo geradas pelo CBERS-4/PAN, uma vez que essas imagens são mais adequadas para estudos na escala local, a qual é abordada em grande parte dos estudos ecológicos com os estudantes do Ensino Fundamental.

Sobre a problemática da falta de recursos nas escolas públicas para se trabalhar com as geotecnologias, a utilização de jogos didáticos de fácil confecção é uma boa alternativa, como proposto por Sarmiento e Zacharias (2013). Neste trabalho, as autoras apresentam três jogos diferentes que podem ser utilizados para a promoção de uma alfabetização cartográfica: (1) jogo de dominó; (2) jogo da memória e (3) jogo de quebra-cabeça. De acordo com as autoras, tais jogos viabilizam trabalhar a interpretação e percepção de imagens de satélite em sala de aula (SARMIENTO; ZACHARIAS, 2013).

Por outro lado, o trabalho de Branquinho e Hayakawa (2012) apresenta a utilização de pipas para a obtenção de fotografias aéreas e, assim, propiciar uma visão mais ampla do meio estudado. Segundo os autores, a utilização desse recurso se torna bastante convidativa, uma vez que os alunos participam de todo o projeto, inclusive da confecção das pipas. Na sequência didática apresentada, de enfoque interdisciplinar, diversos conteúdos teóricos e práticos podem ser trabalhados, incluindo-se: origens e desenvolvimento das pipas; história e princípios da fotografia; história e princípios físicos do sensoriamento remoto; noções de cartografia (localização, orientação e escala); confecção de pipas a partir de noções matemáticas; análise da paisagem através da interpretação de fotografias obtidas em campo, entre outros (BRANQUINHO; HAYAKAWA, 2012).

5 Considerações finais

Com base na revisão realizada, pode-se identificar, de um modo geral, que o uso de geotecnologias é um recurso didático que vem crescendo nos últimos anos, e que apresenta um grande potencial como facilitador do processo de ensino-aprendizagem. Apesar desse potencial, grande parte dos trabalhos analisados não trata diretamente do ensino de conteúdos ecológicos, demandando, assim, a necessidade de um estreitamento entre o uso das geotecnologias e o ensino de ecologia, principalmente por meio da capacitação dos professores e/ou alunos dos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas, bem como para a elaboração de guias e tutoriais direcionados para a aplicação das geotecnologias para temas ecológicos, que identificamos abaixo.

Em vários dos trabalhos voltados para a aplicação das geotecnologias em sala de aula foram realizados questionários – a fim de avaliar o conhecimento prévio dos alunos – por meio dos quais se interrogava sobre o que são as geotecnologias e se os alunos já haviam tido contato com essas ferramentas. Nessa perspectiva, observou-se um padrão no qual ferramentas de livre acesso e fácil manipulação como o *Google Earth* eram amplamente citadas pelos alunos. Isso demonstra que as geotecnologias estão intrínsecas ao cotidiano e que, apesar de todos os esforços, elas ainda não se difundiram de forma científica no processo de ensino-aprendizagem de ecologia.

Apesar disso, aplicar o geoprocessamento em práticas de ensino no nível da Educação Básica configura diversas dificuldades, incluindo a falta de recursos – como computadores potentes que suportam os programas necessários. Além disso, aprender a processar dados nos SIGs muitas vezes demanda tempo e dedicação dos professores que, de modo geral, têm uma rotina sobrecarregada. Ademais, produzir uma metodologia na qual o aluno busque seu próprio conhecimento, por meio da aprendizagem significativa, pode ser um tanto quanto difícil para professores de formação mais tradicional.

Mesmo diante de todas as dificuldades, as geotecnologias possuem um grande potencial como ferramenta de ensino, cabendo ao professor adaptar seu uso à sua respectiva realidade. Com base nos trabalhos levantados, foram identificados temas e ferramentas que podem ser utilizados para o processo de ensino-aprendizagem de ecologia, em diferentes níveis escolares – abaixo são citados alguns exemplos:

Uso do *Google Earth* e do *Google Maps* para a identificação de comunidades vegetais, ecossistemas naturais e urbanos e biomas;

1. Uso do *Google Earth* para o ensino dos níveis de organização ecológica: trabalhando com a escala desde o nível de indivíduos até a o nível da biosfera;
2. Uso do *Google Earth* e de imagens de satélites de alta resolução espacial (e.g., *RapidEye* e *CBERS-4/PAN*) para visualização dos padrões de distribuição espacial de populações e comunidades;
3. Uso da ferramenta *Historical Imagery* do *Google Earth* e/ou de série temporal de imagens LANDSAT no *EduSPRING* para o ensino de sucessão ecológica e da dinâmica entre comunidades;
4. Uso da ferramenta *Historical Imagery* do *Google Earth* e/ou de série temporal de imagens LANDSAT no *EduSPRING* para o ensino da avaliação de impactos ambientais em populações, comunidades e ecossistemas;
5. Uso do *EduSPRING* e de imagens LANDSAT, *CBERS* e *RapidEye* para a identificação e reconhecimento de paisagens e ecossistemas;
6. Uso de série temporal de fotografias aéreas antigas para análise de mudanças nos ecossistemas ao longo do tempo.

Referências

- ARAÚJO, U. F.; ARANTES, V. A.; FILHO, H. F. Ensino de sensoriamento remoto através da aprendizagem baseada em problemas e por projetos: uma proposta metodológica. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 14., 2009. *Anais...Natal*, p. 2365-2371, 2009.
- AUSUBEL D. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Porto: Alicerce Editora, 2003.
- BRANQUINHO, E. S.; HAYAKAWA, E. H. Proposta didática de utilização de fotografias aéreas com pipas no ensino de Geografia. *Revista Geografares*, n. 13, p. 69-101, 2012.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Base nacional comum curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: jan. 2022.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- CACHAPUZ, A. *et al.* (Org.). **A necessária renovação do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.
- CARVALHO, I. C. D. H.; LARANJA, R. E. P.; MARQUES, K. F. G. A experiência docente em projeto interdisciplinar de educação ambiental, utilizando as tecnologias de sensoriamento remoto como recurso didático de apoio. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 15., 2011 *Anais...Curitiba*, p. 3316-3323, 2011.
- CARVALHO, M. V. A.; DORNELAS, T. S.; DI MAIO, A. C. Guia do *EduSPRING 5.0* para professores: proposta de auxílio às aulas de Geografia do ensino básico utilizando um SIG brasileiro e gratuito. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 14., 2009. *Anais...Natal*, p. 2389-2396, 2009.
- CAVALCANTE, M. B. As geotecnologias no ensino da geografia no século XXI. *Revista Saber Acadêmico*, v. 12, p. 37-40, 2011.
- CHERRETT, J. M. **Ecological concepts**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1989.
- COSTA, E. S. **Imagens de satélites no auxílio da Educação Ambiental**: o estudo da sub-bacia do Rio Vacacaí-Mirim com alunos da Escola Estadual Professora Margarida Lopes. Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria: UFSM, 2011.
- FILIPPINI ALBA, J. M. Modelagem SIG em agricultura de precisão: conceitos, revisão e aplicações. In: BERNARDI, A. C. C. et al. (Eds.). **Agricultura de precisão**: resultados de um novo olhar. Brasília: Embrapa, 2014.

- FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3. ed. ampl. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- FLORENZANO, T. G.; LIMA, S. F. S.; MORAES, E. C. Formação de professores em geotecnologia por meio de ensino a distância. **Educar em Revista**, n. 40, p. 69-84, 2011.
- FLORENZANO, T. G.; SANTOS, V. M. N. Difusão do sensoriamento remoto através de projetos escolares. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 11., 2003. **Anais...**Belo Horizonte, p. 775-780, 2003.
- FOGAÇA, G. B. et al. A interdisciplinaridade do sensoriamento remoto e a melhoria da qualidade de ensino em ciências no Ensino Fundamental. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 18., 2017. **Anais...**Santos, p. 1627-1634, 2017.
- FONSECA, S. F.; MENDONÇA, G. L. Uso de geoprocessamento em projetos na educação básica. **Revista de Ensino de Geografia**, v. 6, n. 11, p. 5-19, 2015.
- HIGUCHI, M. F. F.; LUQUE, L. Uso de imagens de satélites como linguagem não verbal no ensino de Geografia do Ensino Médio paulista. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 15., 2011. **Anais...** Curitiba, p. 3359-3366, 2011.
- JANZANTTI, P. H. F. et al. O uso do *Google Earth* na Educação Ambiental: áreas contaminadas. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 18., 2017. **Anais...**Santos, p. 1114-1120, 2017.
- KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. Campinas: Papyrus, 2007.
- KRIZEK, J. P. O.; GERALDINO, C. F. G. *Eureka!*, barbas e explosões: concepções de ciência e de cientista no Ensino Fundamental II. **REGRASP**, v. 5, n. 4, p. 84-105, 2020.
- KRIZEK, J. P. O.; MULLER, M. V. D. V. Desafios e potencialidades no ensino de ecologia na Educação Básica. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, v. 14, n. 1, p. 700-720, 2021.
- LAGEOP/UFRJ - Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Sobre o LAGEOP/UFRJ**. Disponível em: <http://www.viconsaga.com.br/lageop/#curiosidade-17>. Acesso em: 01 de fev. de 2022.
- LIMA, S. F. S.; FLORENZANO, T. G. Uso de geotecnologia no estudo do Pantanal na educação básica. SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2., 2009. **Anais...**Corumbá, p. 7-11, 2009.

- LONGLEY, P. A. et al. **Sistemas e ciência da informação geográfica**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- MARQUES DA SILVA, R. et al. Geotecnologias e divulgação do saber: narrativa sobre a criação de portais de conteúdos geográficos e mapoteca digital. **Revista electrónica de recursos en Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales**, n. 146, 2011.
- MOREIRA, M. A. ¿Al final, qué es aprendizaje significativo? **Revista Currículum**, v. 25, p. 29-56, 2012.
- MONTEIRO, J. A.; PAULA, A. A.; FERNANDES JUNIOR, A. N. Fotografia e história: um olhar crítico para o ensino da Ecologia de Paisagens. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 15, n. 2, p. 80-94, 2019.
- NEUMAN, G.; SANTOS, M. R. R. A tecnologia a favor do ensino de geografia: a utilização do software *Google Earth*. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 16., 2013. **Anais...** Foz do Iguaçu, p. 2606-2610, 2013.
- NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- ODUM, E. The emergence of ecology as a new integrative discipline. **Science**, v. 195, p. 1289-1293, 1977.
- ODUM, E.; BARRETT, G. **Fundamentos de ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2015.
- PÉREZ, D. G. *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.
- ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 81-90, 2005.
- SANTOS, J. M. **Avaliação de uma oficina sobre biomas brasileiros junto à licenciandos em Ciências Biológicas, utilizando o sensoriamento remoto como ferramenta**. Dissertação de Mestrado: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2009.
- SANTOS, L. C. M.; BITENCOURT, M. D. Remote sensing in the study of Brazilian mangroves: review, gaps in the knowledge, new perspectives and contributions for management. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 16, n. 3, p. 245-261, 2016.
- SARMIENTO, N. C. C.; ZACHARIAS, A. A. O uso de imagens de satélite no ensino de geografia. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 16., 2013. **Anais...** Foz do Iguaçu, p. 2665-2671, 2013.

SAUSEN, T. M.; COELHO, O. G. W. Projeto EDUCA SeRe - ensino de geografia no Ensino Fundamental e Médio usando sensoriamento remoto. JORNADA DE EDUCAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO NO ÂMBITO DO MERCOSUL, 4., 2004. **Anais...** São Leopoldo, 2004.

SOUZA, K. V.; DORNELLES, L. M. A.; MONSUETO, R. L. sistema de Análise GeoAmbiental: Uma Aplicação para o Ensino Médio. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 14., 2009. **Anais...**Natal, p. 2491-2498, 2009.

Recebido em fevereiro de 2022.
Aprovado em maio de 2022.

Revisão gramatical realizada por: Luciana Cavalcanti Maia Santos
E-mail: luciana.santos@ifsp.edu.br

