TRANSFORMAÇÕES DA CARTOGRAFIA NO CONTEXTO DA GEOGRAFIA

TRANSFORMATIONS OF CARTOGRAPHY IN THE CONTEXT OF GEOGRAPHY

Rafael Silva de Barros [A]
Carla Bernadete Madureira Cruz [A]
Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza [A]
Felipe Gonçalves Amaral [A]

[A] Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Recebido em: 09/01/2025 | 30/01/2025 **DOI:** 10.12957/tamoios.2025.89084
Correspondência para: Rafael Silva de Barros (rafael.barros@igeo.ufrj.br)

Resumo

Representações do espaço e do tempo trazem a possibilidade de compreendermos padrões que nos ajudam a relacionar causalidades, mensurar formas, distribuições e mudanças e, ainda, traçar tendências. Na atualidade, em pleno século XXI, nos vemos imersos em um volume imenso de informações, a maioria de caráter espacial. Neste contexto de Big Data, uma importante e jovem corrente da Geografia se configura e fortalece, a Corrente Geoinformacional. Muitas áreas do conhecimento se voltam para este universo de representação e análise, buscando contribuir com serviços para a sociedade. É preciso se atentar aos conceitos cartográficos para possibilitar análises adequadas com este imenso e cada vez mais facilmente acessível volume de dados geoespaciais. Novos sensores, dados com novas dimensões como a altitude e o tempo, novas ferramentas e tudo isso integrado, também demandando novas formas de acesso e controle de qualidade em relação aos dados adquiridos e informações produzidas. O uso de Infográficos, StoryMaps, Geoportais e Globos Virtuais tem muito a contribuir para facilitar o acesso e entendimento a esse enorme volume de dados. As Cartografias Participativa e Colaborativa contribuem na produção de mapas, inclusive por pessoas não especialistas. São desafios para diversos profissionais, incluindo, ainda, os professores de Geografia.

Palavras-chave: Cartografia; Geoinformação.

Abstract

Representations of space and time bring the possibility of understanding patterns that help us relate causalities, measure shapes, distributions, and changes, and even identify trends. In the 21st century, we find ourselves immersed in an immense volume of information, most of which is spatial in nature. In this context of Big Data, an important and emerging branch of Geography has taken shape and grown stronger: the Geoinformational Approach. Many fields of knowledge turn to this universe of representation and analysis, aiming to contribute services to society. It is essential to pay attention to cartographic concepts to enable appropriate analyses within this vast and increasingly accessible volume of geospatial data. New sensors, data with additional dimensions such as altitude and time, new tools, and their integration also demand new forms of access and quality control regarding the data acquired and the information produced. The use of Infographics, StoryMaps, Geoportals, and Virtual Globes can greatly contribute to facilitating access to and understanding of this enormous volume of data. Participatory and Collaborative Cartographies contribute to map production, even by non-specialists. These are challenges for various professionals, including Geography teachers.

Keywords: Cartography; Geoinformation.

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons BY-NC-SA 4.0, que permite uso, distribuição e reprodução para fins não comerciais, com a citação dos autores e da fonte original e sob a mesma licença.

INTRODUÇÃO

A Geografia está intrinsecamente relacionada à Cartografia, que ajuda a orientá-la, ao permitir que o espaço geográfico seja traduzido em imagens que podem ser analisadas e compreendidas. Esta integração não tem apenas uma dinâmica instrumental; está relacionada a uma visão epistemológica. A Geografia que interpreta as relações espaciais de objetos e fenômenos vê na Cartografia um alicerce que fornece as ferramentas fundamentais para observar e materializar análises. A partir da confecção de mapas, o conhecimento tangível, assim como o conhecimento geográfico, pode ser mais abstrato. Com as dinâmicas espaciais como tema de conversa sobre sustentabilidade, crescimento urbano e populacional, mudanças climáticas etc., a Cartografia destaca sua relevância como base da pesquisa geográfica.

A Cartografia, desde suas origens, nunca foi estática, no entanto, tem sido constantemente atualizada e reformulada de acordo com as demandas da sociedade e do conhecimento geográfico. Hoje, é assistida por avanços tecnológicos, incluindo geotecnologias, que transformaram os meios de coleta, o processamento e a visualização de informações espaciais. Consequentemente, a cartografia deixou de ser apenas uma atividade realizada por especialistas e profissionais. Atualmente está incorporada na vida cotidiana das pessoas através de smartphones e aplicativos baseados em localização. Somos consumidores de representações espaciais, mas também somos produtores aprendendo a criar com tecnologias cada vez mais impressionantes.

Essa mudança amplia tanto o alcance da cartografia quanto sua relevância em diversos domínios da Geografia, incluindo o planejamento urbano, a gestão de recursos naturais, análises políticas e econômicas e mesmo a educação. Além disso, a evolução da ciência da geoinformação e o surgimento de ferramentas interativas, como por exemplo, o uso de globos virtuais, mapas narrativos (storymaps) e geoportais, reforçaram os laços entre a Geografia e a Cartografia. Ambas seguem juntas indo além das barreiras das representações tradicionais em 2D. Observa-se um momento único em que, de fato a Cartografia apoia e dá suporte a Geografia como uma ciência dinâmica e interdisciplinar. Esses avanços destacam não apenas o potencial analítico dessa nova era, mas também uma (renovada) conceituação do papel da cartografia como meio de transformação social e ação coletiva.

O PODER REVOLUCIONÁRIO DA GEOINFORMAÇÃO

A inteligência espacial está relacionada à capacidade de pensar visualmente, unindo posicionamento, geometrias e contexto, e esta capacidade se potencializou e popularizou com a recente evolução geotecnológica.

A humanidade sempre buscou encontrar meios de representar o mundo através de quadros que permitissem a compreensão espacial e a mensuração de objetos ou fenômenos (GOMES, 2017). Essas formas de representação foram fundamentais ao longo de nossa evolução civilizatória na intercomunicação de narrativas, vindo a se consolidar nos principais

registros de informações associadas à localização espacial (CASTIGLIONE, 2021). E isto se deu de forma ampla pelo mundo.

Foram muitos os registros encontrados ao longo da história e que, de certa forma, acabaram por se configurar em marcos, ou padrões, de períodos importantes de nossa trajetória, ressaltando a relevância de algumas descobertas para um melhor conhecimento do mundo. E tudo isto se dá desde a pré-história, embora seja na Antiguidade que se levantam e consolidam conhecimentos fundamentais para o que viria a ser conhecido como Cartografia (CASTIGLIONE, 2021).

A existência destes registros comprova que a preocupação e a necessidade de se conhecer e dominar o espaço vivido são antigas. Saber qual a sua localização, poder se deslocar com segurança e até retornar a determinados lugares, comunicar a existência de perigos, de recursos para a sobrevivência ou proteção, sempre foram demandas importantes que motivaram muitas questões e descobertas. Os estudos sobre estes registros históricos nos traduzem práticas culturais e estratégias de organização de assentamentos dos povos no passado, mesmo antes destes registros adquirirem formas e técnicas mais elaboradas.

Assim, as formas de lidar com a questão espacial e a possibilidade de expandir a nossa visão do mundo, evoluiu com o reconhecimento e avanços do domínio da geoinformação. E como traduzimos hoje esta informação tão peculiar e presente em nosso cotidiano?

A geoinformação é uma informação composta por 3 componentes, sempre presentes, mas que podem ter dimensões distintas: a espacial, a temporal e a descritiva. O domínio desta informação alterou profundamente as formas que temos lidado com o mundo, ressaltando a importância da informação e da inteligência geográficas, e popularizando as demandas sobre o conhecimento do ONDE e do QUANDO (GOODCHILD, 2010). Afinal, através de nossos smartphones estamos cotidianamente acessando aplicativos que reconhecem a geoinformação em atendimento a diferentes funcionalidades, como é o caso do Waze, iFood, Uber, dentre outros, alguns dos quais com demandas bem sutis.

Pode-se dizer que uma das principais mudanças observadas é referente à escala de observação e representação do espaço, ressaltada pela conquista da sua compreensão em termos globais e, até mais do que isso, espaciais (afinal estamos imageando e mapeando outros astros). É fato que atualmente somos inundados por informações de altíssimo detalhe e de imensa abrangência. Algo impensável em um passado relativamente recente.

Hoje o desafio passa a ser o de integrar textos, mapas e imagens de diferentes naturezas, temporalidades, escalas e volumes em nossas análises. O que para diversas pesquisas de caráter geográfico possibilitou uma mudança paradigmática, não só em termos do alcance do que se consegue obter, como da variedade de questões a serem tratadas (BUZAI, 2001). Somos capazes de lidar com um grande detalhamento e com áreas cada vez maiores, contribuindo para demandas de diferentes escalas. Obviamente que tudo isso só foi possível com o avanço tecnológico que transformou as formas de aquisição, armazenamento e processamento de dados, além da disponibilização de informações, fundamental para um maior alcance do conhecimento gerado.

Mas afinal, o que estamos sendo capazes de enxergar? Somos capazes de irmos do micro ao macro, contribuindo com mensurações de ordem de grandeza muito distintas, que podem variar de milímetros a anos-luz. E isto promove avanços em muitas áreas do conhecimento, indo do universo da medicina à astronomia.

É importante frisar que não basta sermos capazes de enxergar e de até delimitar objetos, pois identificá-los e classificá-los é fundamental para que, de fato, possamos avançar em sua interpretação. E é isso que nos leva a novos questionamentos, que acabam por influenciar mais avanços, pois para representar a realidade, de forma que consigamos de fato melhor compreendê-la e medir alguns de seus elementos, são exigidas mudanças de escala e até de pontos de vista. Mas pode ser bem mais do que isso!

Os cartógrafos não apenas representam o mundo, eles o interpretam e esta capacidade de interpretação muda com o tempo. Brotton (2014) mostra como os mapas tanto influenciam quanto refletem a realidade de cada época. Isto se justifica pelo fato de que cada momento e lugar tem seus próprios conhecimentos, técnicas, criatividade e sistemas de poder que vão interferir na percepção e representação da realidade, trazendo versões da mesma.

As representações do espaço e do tempo trazem, portanto, a possibilidade de compreendermos padrões que nos ajudam a relacionar causalidades, mensurar formas, distribuições e mudanças e, ainda, traçar tendências. Na atualidade, cresce, portanto, a relevância da Ciência da Geoinformação (GISCIENCE) que vem promovendo tecnologias associadas a sistemas (GISYSTEMS) que têm transformado significativamente as formas com que lidamos com o mundo e a sociedade (MENEZES et al., 2022). Aproveitar este universo amplo de informações que nos cercam pode ser mais uma estratégia de inclusão e de criação de formas de mediação de conteúdos quando pensamos na sociedade em geral.

Estamos, desta forma, buscando meios de dominar a representação do espaço e do tempo, incorporando diferentes tecnologias de aquisição e processamento de dados. Esta evolução tem possibilitado uma melhor aproximação de dinâmicas variadas de fenômenos naturais ou antrópicos, permitindo o atendimento de demandas de diferentes ordens e emergências.

Reforça-se, ainda, que não estamos mais apenas focados no agora. Queremos entender os processos que nos trouxeram até o momento presente e contribuir para um delineamento representativo das trajetórias, transições e tendências que apontam para o futuro.

A CORRENTE GEOINFORMACIONAL NO SÉCULO XXI

Posso usar a sua localização?

Muito rapidamente nos encontramos imersos em um volume de dados geoinformacionais sem precedentes. Parte desta situação se justifica por nossa quase que completa inserção no mundo virtual e pelo incremento do compartilhamento de dados via Internet, intensificado com o advento da descentralização do armazenamento e processamento de dados na nuvem.

A revolução no século XXI das áreas de nanotecnologia, biotecnologia e geotecnologia, promoveu mudanças radicais nas formas como lidamos com o mundo. A miniaturização de instrumentos ampliou e diversificou as formas de registro de locais de interesse, caminhos e memórias, que agora são oriundos de múltiplas fontes. Temos acesso a essa tecnologia em nossos carros, telefones, relógios e câmeras, e o cidadão comum acaba sendo um importante ator neste processo, funcionando como mais um sensor (GOODCHILD, 2007). Mas esse enorme potencial não traz só vantagens, pois há perigos associados à privacidade e controle. Afinal, é só analisarmos em nossos smartphones quantos e quais aplicativos fazem uso da localização. Eis aqui um interessante inventário que pode ser feito e que abre portas para um debate crítico sobre questões relacionadas à comodidades, segurança e privacidade.

Este panorama atual vem sendo reconhecido como uma importante corrente da Geografia, denominada por Rodriguez (2015) como a Corrente Geoinformacional. Esta área é profundamente associada ao contexto do Big Data, que se constitui nesse universo variado, volumoso e de grande velocidade de produção de dados, a maior parte dos quais georreferenciados, reconhecidos, portanto, como geoinformação (GOODCHILD, 2009).

Neste contexto, o sensoriamento remoto passa a ter um destaque importantíssimo, dado que as diversas imagens adquiridas de forma contínua têm um papel fundamental nesse imenso volume de dados. Afinal, é fácil reconhecer que vivemos em um período marcado pela utilização de sistemas de observação da Terra constituídos por uma grande diversidade de sensores remotos, recentemente associados ao conceito de constelação, que possibilita a revisita cada vez mais frequente a uma mesma área, aumentando a nossa capacidade de percepção de mudanças e de respostas a essas mudanças.

Em aproximadamente 50 anos de registros, fomos capazes de armazenar um volume enorme de dados e informações, em diferentes resoluções, espaciais, espectrais, radiométricas e temporais (JENSEN, 2009). Brotton (2014), em seu livro, ressalta ainda como o modelo atual do espaço virtual orbital possibilitado pelo Google Earth rompeu barreiras, em muitos e diferentes sentidos. Lançado em 2005, o Google Earth, em conjunto com o Google Maps, se configura atualmente como o aplicativo geoespacial mais popular do mundo. Afinal, a diversidade e quantidade de pessoas interessadas em informações espaciais só aumenta.

Mas não é só o sensoriamento remoto o responsável por este crescimento do volume de dados. Informações geográficas produzidas de forma voluntária, que se configuram em dados de caráter não desenhado, e sim orgânico (ou não estruturado), inundam as redes sociais. Estes dados denominados por VGI (Volunteered Geographic Information) podem ser gerados de forma consciente ou inconsciente por parte dos usuários. Podemos ver esta força nas informações relativas às condições de trânsito em aplicativos como o Google Maps e Waze, por exemplo.

Não há dúvidas da importância da nuvem como ambiente de armazenamento e processamento de dados neste contexto. Isto ampliou o compartilhamento e velocidade de produção de informações, nos levando a um mundo mais conectado. E, atualmente, é possível incorporar diferentes tipos de usuários, incluindo os que não precisam ter muitos conhecimentos técnicos, e que podem consumir produtos disponíveis mais elaborados.

Atualmente, estamos vivenciando uma nova revolução impulsionada principalmente pelo desenvolvimento de tecnologias avançadas como a Inteligência Artificial (IA), em suas diferentes nuances (LUDEMIR, 2021). Trata-se do conceito de Indústria 4.0, um novo modelo de produção em que máquinas, ferramentas e processos, estão conectados à Internet através de sistemas ciber-físicos, interagindo entre si e com a capacidade de operar, tomar decisões e se corrigir de forma praticamente autônoma (TESSARINI & SALTORATO, 2018). Apesar das muitas técnicas de aprendizado de máquina terem surgido em meados dos anos de 1950, o nosso arcabouço computacional e de dados era limitado naquela época para a elaboração de modelos mais robustos. O crescimento destas abordagens tem transformado, substancialmente, os modelos de busca e geração de dados geoinformacionais, possibilitando o tratamento de um volume de dados muito grande e de maior complexidade. Neste contexto, cresceu o interesse em aplicações orientadas às análises do comportamento temporal de fenômenos, agilizando a geração de informações fundamentais à tomada de decisão.

Mas não é só a Geografia que está interessada nisso. Muitas áreas do conhecimento se voltam para este universo de representação e análise, reconhecendo a sua importância para a compreensão de padrões espaciais e temporais de fenômenos. Afinal, considerando o volume crescente de dados geoinformacionais disponíveis, ser capaz de transformá-los em serviços para a sociedade se tornou o foco atual de maior relevância.

DA REPRESENTAÇÃO 2D AO 3D: INTEGRAÇÃO DE MAPAS, IMAGENS E TEMPORALIDADE

A disponibilidade de dados tridimensionais ampliou a potencialidade de uso da geoinformação, possibilitando análises mais completas, robustas e, até, imersivas. É preciso, porém, continuar com atenção ao controle de qualidade.

Pontos de Vista, Escala, Sistema de Coordenadas, Projeções Cartográficas e Simbologias

A geografia está quase sempre interessada em analisar e representar fenômenos distribuídos espacialmente e, para isso, faz uso das mais diferentes representações cartográficas (CRUZ & BARROS, 2012). Neste sentido, questões relacionadas tanto à cartografia quanto à geografia precisam ser levadas em conta, nos mais diversos tipos de estudos.

Uma compreensão clara de conceitos e objetos da cartografia é necessária para o profissional geógrafo. Seria impossível pensar em apresentar todos os conceitos relevantes da cartografia, mas alguns deles podem se destacar em boa parte dos estudos geográficos. Uma primeira atenção pode ser dada à questão do ponto de vista, entendido como o olhar sobre o espaço a ser representado. Há muito tempo se discute sobre as dificuldades de mudança de pontos de vista, necessárias ao se analisar o espaço quando observado em um trabalho de campo, e em sua representação em perspectiva vertical a cartografia tradicional. Essa prática, porém, está muito mais dinâmica atualmente e com novas possibilidades ao se dispor de globos virtuais (como o Google Earth e equivalentes) e de uma quantidade crescente de dados

tridimensionais que representam o terreno em níveis de detalhamento cada vez maiores também. Estes recursos possibilitam mudanças de ponto de vista num mundo virtual cada vez mais detalhado em sua representação.

Essa múltipla possibilidade de utilização de variados dados, por sua vez, leva os geógrafos a ampliarem sua atenção ao conceito de escala, que não se refere apenas a uma proporção ou relação de tamanhos entre um elemento do mundo real e seu equivalente numa representação sob a forma de mapa. Escala é mais do que isso, conforme Monmonier (2008), que cita sua relação com a exatidão esperada para o mapa e com o nível de detalhamento que os dados utilizados num certo estudo precisam ter para serem representados adequadamente no mapa de interesse. Ou, ao contrário: é preciso ter certeza de que um mapa (ou qualquer outro dado geoespacial) que se pretenda utilizar na pesquisa tenha a quantidade de detalhes necessária para um estudo na escala desejada. Essa atenção deve ser dada a todos os tipos de dados utilizados, tais como: quantidade de amostras necessárias para uma interpolação; resoluções de insumos de sensoriamento remoto – sejam imagens orbitais, aéreas por aviões ou drone; levantamentos baseados em observações e, ainda, ao se utilizar de mapas preexistentes, no sentido de se analisar suas escalas de construção. Monmonier (2008) também chama a atenção de como a escolha da escala pode distorcer a realidade, levando a uma ou outra interpretação da realidade.

As projeções cartográficas também precisam ser cuidadosamente definidas em função do objetivo do estudo (ou mesmo de uma etapa dele), uma vez que mapas em diferentes projeções apresentam diferentes características e não devem ser usados indistintamente. Por exemplo, se houver interesse em cálculos de áreas, projeções equivalentes devem ser priorizadas; de forma semelhante, se o interesse for em medições de distâncias (em direções específicas), as projeções equidistantes é que são recomendadas. Com a popularização da cartografia digital, é possível fazer conversões entre projeções, possibilitando o uso de uma projeção mais adequada em cada etapa do trabalho. Para atividades de campo, o uso do Sistema de Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator) pode facilitar o desenvolvimento das atividades, medições expeditas etc., pois pode ser utilizado o Sistema de Coordenadas UTM, que utiliza unidades métricas, ao contrário do Sistema de Coordenadas Geográficas, que utiliza grau, minuto e segundo como unidades, num sistema sexagesimal, o que dificulta a realização de cálculos de distância, por exemplo. Dependendo do levantamento de campo, pode ser necessário, ainda, utilizar Coordenadas Polares, quando é necessário se posicionar por ângulos e distâncias.

Outra questão não menos importante, trata do uso de simbologias adequadas nos mapeamentos, bem como sua correta interpretação quando se considera a leitura dos mapas. O uso de símbolos adequados facilita a correta compreensão do mapa, ou seja, facilita a comunicação. Como paralelo, pode-se pensar no exemplo dos ícones utilizados nos sistemas operacionais e aplicativos dos smartphones, que em muito facilitam o uso e tornam mais amigável e natural a localização do que se deseja fazer ou utilizar no equipamento. Não se deve perder de vista que o mapa é uma forma de comunicação e quanto maior a clareza e objetividade, maiores serão as chances de uma eficiente comunicação.

Da Representação Bidimensional ao Tridimensional

Durante muito tempo, desde os primórdios da cartografia, as representações cartográficas eram bidimensionais em sua quase totalidade. A representação das elevações do terreno – quando existia – era apenas qualitativa. Essa caraterística se configurava como mais uma limitação com relação à compreensão das áreas mapeadas e à precisão das representações. No entanto, mapas bidimensionais se consolidaram em função da necessidade de simplificação do mapa e da clareza nas representações (HARLEY, 1989) além, é claro, das limitações tecnológicas vigentes. O autor também chama a atenção para o fato de que estas escolhas para a representação poderiam ser influenciadas por interesses diversos, questões políticas e culturais, em favor do poder dominante.

Com o desenvolvimento científico e tecnológico do final do século XIX e início do século XX, novos equipamentos passaram a ser utilizados também na cartografia, influenciando uma grande mudança no cenário, favorecendo o aumento de precisão nas medições e aquisições de dados em geral, o que refletiu nas representações dos territórios. Ainda na primeira metade do século XX a aerofotogrametria se estabelece e, juntamente com as novas técnicas de levantamento de campo, possibilita a produção de mapas com geometria muito mais controlada, com a possibilidade de representação do relevo de forma quantitativa, num nível de precisão e exatidão inéditos. Algumas décadas mais à frente, com o desenvolvimento da cartografia digital e do geoprocessamento, Modelos Digitais de Elevação (MDEs) oriundos de levantamentos de campo, fotografias aéreas e de imagens orbitais, inicia-se a disseminação de modelos digitais tridimensionais do ambiente (GOODCHILD, 2008), possibilitando uma ampliação das potencialidades da análise espacial. A representação tridimensional do terreno, inicialmente limitada à aerofotogrametria clássica, passa a ser mais disseminada desde a década de 1980, através de pares estereoscópicos de imagens orbitais e, principalmente, desde o fim dos anos 2000, com a popularização dos drones. Novos sensores sendo disponibilizados para uso civil de forma contínua e com maior controle da geometria e a preços menores ampliaram em muito a disponibilidade destes dados. Radares de Abertura Sintética (SAR), possibilitando a geração de dados tridimensionais por radargrametria e por interferometria; LiDARs (Detecção e Varredura por Luz), que permitem medições de distância com grande exatidão e sistemas eficientes de controle de posição e atitude embarcados em drones, possibilitam a geração de grandes quantidades de dados tridimensionais com boa qualidade para os mais diversos estudos, inclusive em áreas cobertas com vegetação.

Ainda no final do século XX, o desenvolvimento e disponibilização de recursos de Realidade Aumentada (RA) e de Realidade Virtual (RV) trouxe a capacidade de imersão interativa nos ambientes digitais tridimensionais, sendo sua aplicação muito ampla, cobrindo as mais diversas áreas. Conforme Milgram & Kishino (1994) destacam, a possibilidade de interação do usuário com o ambiente tridimensional de forma dinâmica, integrando o mundo físico com o virtual, abriu um novo portal de possibilidades. Essas aplicações têm um potencial muito grande na geografia, mas também em múltiplas áreas como arquitetura, engenharias, projetos de infraestrutura urbana, treinamento em situações complexas através de simuladores

etc. Como todos os dados são georreferenciados, sua integração apresenta grande viabilidade, favorecendo desde a aquisição de dados precisos, sua integração, representação e análise, além de permitir a construção de um ambiente de visualização que pode facilitar a tomada de decisões nas mais diversas áreas de monitoramento e intervenção no ambiente, planejamento urbano, além de treinamentos e simulações.

Integração e Sinergia entre Imagens e Mapas

O uso do sensoriamento remoto como fonte de dados importante é uma realidade há várias décadas, e continua em curso na atualidade incorporando parte do cotidiano da população por muitos anos no futuro. Sensores em nível aéreo têm fornecido grandes volumes de dados para a cartografia desde o início do século XX, seja em aplicações militares ou civis, como para a produção de mapas de referência e temáticos. Desde a década de 1970, sensores a bordo de satélites passaram a fornecer grande quantidade de dados também, ocupando uma fatia significativa do mercado, especialmente em aplicações ambientais (CRUZ & BARROS, 2012). Os sensores a bordo de drones passam a fornecer muitos dados, num nível de detalhamento inimaginável (pixel com menos de 1 cm), especialmente a partir da metade da década de 2010. No início da disponibilização dos dados orbitais, havia muita limitação em termos de detalhamento e de geolocalização. Mas desde o começo dos anos 2000 as imagens orbitais passaram a ser disponibilizadas com grande exatidão no posicionamento e se tornaram disponíveis as imagens em alta resolução espacial. Este novo cenário contribuiu em muito para que o uso de insumos e produtos de sensoriamento remoto pudessem ser ampliados tanto na cartografia de referência, para a produção de cartas topográficas, quanto – e principalmente – na cartografia temática, apoiando enormemente na geração dos mais variados mapas temáticos, tais como os de cobertura e uso da terra, de vegetação etc.

Para atender a estas finalidades os insumos de sensoriamento remoto precisam atender a diversos requisitos, dependendo da aplicação. Alguns destes requisitos estão relacionados às resoluções das imagens. Crosta (1992), caracteriza os sensores em função de suas resoluções. A resolução espacial está relacionada ao detalhamento que a imagem gerada consegue representar, através do tamanho dos seus pixels. Estudos em escalas de grande detalhamento costumam exigir imagens com alta resolução espacial, ou seja, com pixels pequenos, que permitem a diferenciação de elementos pequenos no terreno. A resolução espectral refere-se à quantidade de bandas espectrais e sua largura: sensores que registram dados em um maior número de diferentes bandas espectrais apresentam alta resolução espectral e são necessários para vários estudos temáticos que precisam diferenciar alvos que têm comportamento parecido em algumas bandas espectrais, necessitando de bandas em diferentes faixas espectrais para permitir sua identificação e diferenciação de outros alvos. A resolução radiométrica está relacionada à capacidade do sensor de registrar pequenas variações de quantidade de energia que chega até ele, o que também contribui para a diferenciação de alvos. Sensores que podem diferenciar mais variações de energia, identificado por uma maior quantidade de bits ou de tons de cinza, são classificados como de alta resolução radiométrica. A resolução temporal está relacionada ao intervalo de tempo entre duas passagens consecutivas de um sensor em

condições de aquisição de dados sobre um mesmo local. Quanto menor o número de dias entre as passagens – revisita – maior é esta resolução.

É importante destacar que não há resolução mais importante no geral. Para cada aplicação uma delas pode ser a mais importante, mas, normalmente, a definição de qual sensor usar num certo estudo será função de vários fatores, considerando-se todas as resoluções, além do custo de aquisição do dado. No começo dos anos 2000, quando as imagens de alta resolução espacial chegaram ao mercado, esta resolução ficou muito popular. Mas em diversos estudos a resolução espectral pode ser a mais importante, bem como a temporal. Atualmente, muitos estudos estão fazendo uso de séries temporais de imagens orbitais e, neste caso, a resolução temporal é muito importante, pois é preciso usar uma quantidade muito grande de imagens. Dependendo da aplicação, pode ser necessário utilizar imagens diárias para acompanhar um certo fenômeno.

Apesar da caracterização dos sensores como mostrado acima, isto pode não ser suficiente para a decisão por usar imagens deste sensor. Características relacionadas à geolocalização ou à exatidão posicional das imagens são relevantes em diversos estudos, com destaque para os monitoramentos, para as séries temporais, para a cartografia de base. Sendo assim, as imagens precisam ser validadas antes de sua utilização. Imagens de sensores bastante utilizados no mercado, podem merecer a confiança de usuários em função de uma grande quantidade de estudos já terem testado e aprovado aquele produto. Outros insumos, menos utilizados, precisam ser testados para verificar se apresentam exatidão compatível com o especificado pelo PEC (BRASIL, 1984) ou PEC-PCD (EXÉRCITO BRASILEIRO, 2016) para a escala alvo. Santos (2015) traz importantes contribuições para esse tipo de avaliação.

Após o processamento da imagem para geração do produto desejado, é preciso, também, validar este produto. Por exemplo, se for feita uma classificação digital utilizando uma imagem que tenha tido sua geometria validada, ainda é preciso verificar a exatidão temática do produto gerado (por exemplo, um mapa de cobertura e uso da terra). Existem diferentes formas de fazer isto, como visto em Vieira, Mather & Aplin (2004), e um determinado valor de exatidão pode indicar resultados com acertos dentro do limite esperado ou abaixo dele. Congalton & Green (2009) apresentam valores classificados em níveis de aceitação.

Considerando esta série de fatores, a integração entre imagens e mapas pode ser de grande valia para a geografia. A sinergia entre estes produtos possibilitam a análise e o entendimento de fenômenos espaciais. Os mapas contribuem com sua representação estruturada e já interpretada do mundo real, enquanto as imagens possibilitam múltiplas interpretações, representando o terreno com uma quantidade de detalhes caracterizada pelas suas resoluções sendo comum, ainda, oferecer uma maior atualização. De acordo com Goodchild (2008), a combinação desses dois recursos possibilita a geração de produtos cartográficos mais ricos, agregando o que há de melhor nos dois tipos de dados. Essa integração tem muito a contribuir, também, em análises dinâmicas e preditivas que potencializam a tomada de decisão em diferentes escalas.

IMPACTO DA REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA NA COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA PARA A GEOGRAFIA

A revolução digital transformou os mapas de produtos estáticos em portais dinâmicos de conhecimento, permitindo que cada indivíduo explore, compreenda e participe da construção do mundo ao seu redor.

Geovisualização: interatividade e narrativas visuais, do papel ao espaço virtual.

A transição da cartografia tradicional analógica para o ambiente digital revolucionou a forma como a Geografia, enquanto ciência, coleta, analisa, compreende e apresenta os dados com referência espacial. Esse avanço, impulsionado pela revolução tecnológica, trouxe para o campo da Geografia a possibilidade de criar mapas interativos e narrativos, que vão além da simples representação estática de informações espaciais. O termo geovisualização ganha novas nuances com os infográficos, StoryMaps, geoportais e globos virtuais, destacando-se como ferramentas inovadoras que tornam os dados complexos mais acessíveis e compreensíveis.

Allen K. Philbrick, em seu artigo de 1953, introduz o conceito de "visualização" na Cartografia, enfatizando a importância da expressão gráfica que transmite informações de forma eficiente. Ele ressalta que "o ideal de toda expressão gráfica é dizer o máximo com a maior economia de significados". Dessa forma, evidencia-se uma parceria promissora com a Geografia que cresce a cada ano.

Desde então, a geovisualização tornou-se um domínio crucial para a análise e comunicação de dados geoespaciais, atuando como ponte entre a academia e a sociedade. Os usuários começaram a identificar conteúdo e compreender dados complexos de forma simples e clara. Representa uma abordagem onde a Cartografia, SIG, visualização científica e design gráfico trabalham juntos para apoiar uma variedade de domínios de conhecimento. A Geovisualização é o uso de representações visuais interativas para explorar dados geográficos (DENG & WANG, 2017 e promover o raciocínio espacial, apoiando a análise de padrões e relações espaciais dinâmicos, em oposição aos estáticos (MACEACHREN & KRAAK, 2001). Além disso, Slocum et al. (2009) argumentam que a interação com dados espaciais por meio de ferramentas visuais é fundamental para facilitar a compreensão e a descoberta de insights para fenômenos complexos. De acordo com Hegarty et al. (2009), interagir com dados espaciais de forma visual é necessário para compreensão e obtenção de insights sobre fenômenos complexos. A partir disso, vemos que a geovisualização não representa apenas mapas estáticos, mas fornece uma experiência do usuário que envolve a interação e criação de dados. Além disso, segundo Kraak & Ormeling (2010), "a geovisualização de dados geográficos é a transformação dos dados em informação para a tomada de decisões em contextos sociais."

Dessa forma, os avanços recentes na geovisualização representam oportunidades para explorar e analisar dados espaciais em ambientes interativos, combinando eficiência computacional com interfaces amigáveis ao usuário (KRASSANAKIS et al., 2023). Nesse sentido cabe ao presente texto dar destaque a algumas ferramentas estruturantes dessa mudança.

Nesse contexto é possível destacar algumas ferramentas e percursos que permitiram configurar o excelente desempenho observado na área como a performance de infográficos, StoryMaps, geoportais e globos virtuais.

Infográficos

Quando precisamos criar representações visuais de dados e informações capazes de transmitir mensagens complexas de forma clara e atrativa, recorremos aos infográficos. São um meio criativo de comunicar informações com gráficos de forma clara e rápida, deixando as pessoas mais interessadas. A ideia central da ferramenta é integrar em uma mesma representação visual textos, imagens e design gráfico para trazer informação ao leitor e simplificar a percepção de conteúdos aos mais diversos públicos. A capacidade de captar a atenção, engajar e facilitar a memorização, traz benefícios de uso que vão além do uso comercial ou de comunicação social, podendo beneficiar especialmente os contextos educacionais, como no ensino de Geografia.

Segundo Akhmad et al. (2018), a história dos infográficos remonta às pinturas rupestres feitas há cerca de 30.000 anos que já representavam informações de maneira gráfica para a humanidade. Vemos na antiguidade, hieróglifos egípcios, datados de 3.000 a.C., introduzindo símbolos gráficos que formavam uma linguagem visual. Na Idade Média, filósofos como Nicole d'Orseme utilizaram gráficos para explicar conceitos científicos, enquanto Leonardo da Vinci, no século XVI, combinava ilustrações com textos para representar a anatomia humana. No século XVII, Christoph Scheiner cria representações visuais que apresentam os padrões de rotação solar. Posteriormente no século XVIII, William Playfair revoluciona a visualização de dados com a apresentação de novas formas de apresentação focadas em gráficos de linhas, pizzas e barras. Florence Nightingale, considerada uma pioneira da enfermagem moderna e da estatística aplicada, adota gráficos de barras e pizza (notadamente o coxcomb chart, uma variante de gráfico de pizza) para uma reflexão sobre a mortalidade hospitalar no período da Guerra da Crimeia (1853-1856). Esta criação, com a ajuda de imagens, demonstrou claramente que a alta mortalidade dos soldados estava associada a altos níveis de condições precárias nos hospitais militares da época. Mais tarde, Minard, adotando mapas mistos e organogramas, propõe uma linguagem visual inovadora para representação de ocorrências históricas em infográficos, como as consequências da campanha russa de Napoleão, independentemente de sua atualidade. No século 20, Neurath desenvolveu o modelo Isotype, no qual as ideias foram comunicadas através de ícones e imagens de um integracionista elaborado para torná-lo perceptível ao público. Entre as décadas de 1970 e 1990, a disseminação dos infográficos tornou-se mais popular após sua publicação na revista Time Magazine e no jornal USA Today, uma boa forma de simplificar questões difíceis para um espectador.

Com o advento da Internet e o uso de meios digitais, os infográficos tornaram-se ainda mais populares como um instrumento confiável para a aprendizagem. Usos atuais dos infográficos se apresentam desde mapas de sistemas de transporte público até slides em apresentações científicas.

StoryMaps

Os StoryMaps revolucionaram a forma como transmitimos narrativas geográficas e informações espaciais. Representam a integração entre mapas interativos, textos explicativos, imagens, vídeos e outros elementos visuais como parte de uma única experiência digital, que segundo Maceachren (2004) caracteriza a cartografia multimídia. São emotivos e envolventes, tornando-se cada vez mais acessíveis a todos os públicos e faixas etárias. Permitem realizar viagens de campo virtuais ou passeios virtuais, contar histórias e narrativas sobre eventos passados, fenômenos espaciais ou personagens relevantes.

Criado pela empresa americana Esri, o conceito de StoryMap emerge ao combinar dados espaciais com storytelling, trazendo o potencial da narrativa que conecta a dimensão espacial às experiências humanas e ao contexto histórico. Com isso, tornou-se possível transformar mapas estáticos em histórias dinâmicas que capturam a atenção do público e facilitam o entendimento de fenômenos espaciais e ambientais (ALLEN et al., 2018). Além do StoryMap tradicionalmente conhecido e apresentado à comunidade científica, pode-se destacar outros importantes aplicativos que abordam o uso de narrativas cartográficas tais como: StoryMapJS, Atlascine, Trippermap, Maptia, Neatline, Tripline. Esses aplicativos reforçam o aumento real da utilização dessa nova forma de expressão cartográfica.

Dentre as vantagens observadas está a capacidade de combinar dados e narrativas para ampliar a retenção de informações pelo público (WALKER et al., 2020). Para a Geografia destaca-se o uso crescente na educação básica para apresentação de conteúdos e integração com outras disciplinas, bem como na apresentação de resultados de pesquisas.

Assim, os StoryMaps se consolidam como um recurso essencial na era da geoinformação, unindo tecnologia e criatividade para contar histórias sobre diferentes temáticas em variados recortes geográficos. É importante pontuar que o recurso vem de uma construção ligada à área do jornalismo, em que cada vez mais utiliza dados e recursos geoinformacionais para construir suas narrativas e passar de forma espacial notícias e acontecimentos.

Geoportais

O termo formal como conhecemos atualmente referindo-se a Geoportal surge pela primeira vez em 2005, quando os pesquisadores Longley e Maguire o definem como um ambiente web que funciona como uma porta com conexão a uma determinada Infraestrutura de Dados Espaciais - IDE. Os Geoportais são capazes de centralizar e fornecer acesso aos dados geoespaciais de diversas fontes e origens. Servem como um ponto de entrada para usuários acessarem e visualizarem dados geográficos de maneira organizada e pública.

Os Geoportais têm origem no que comumente se chama de Cartografia Web, uma evolução da cartografia digital que, com o advento da Internet, transformou as formas de representar e analisar dados espaciais. Com os geoportais, a interação com os mapas muda significativamente, tanto na tangibilidade — que passa de digital para virtual — quanto no dinamismo, permitindo atualizações em tempo real. Como exemplo, tem-se os mapas voláteis e altamente dinâmicos utilizados para acompanhar o transporte público ou trânsito.

Os Geoportais acompanham a necessidade da era Big Data em pensar o impacto da descoberta, visualização, processamento e armazenamento de dados e como consequência disso enfrentam desafios importantes. Sobre isso cabe destacar a necessidade de aprimorar a usabilidade e a acessibilidade dos geoportais, garantindo que atendam às necessidades de uma ampla gama de usuários. Outro ponto importante trata da continuidade e atualização de dados existentes nos geoportais como um desafio aos gestores e, ainda, a criação de novas funcionalidades que integrem diferentes sistemas, formatos e usuários.

Jiang et al. (2019) indica 4 usuários fundamentais dos Geoportais ao analisar sua complexidade e usos: (1) Apoio a projetos e aplicações geoespaciais específicas; (2) Adoção por organizações internacionais; (3) Agências Governamentais, (4) Investimentos para propósitos comerciais. Alguns exemplos mencionados: Geoportal Internacional INSPIRE, que dá acesso a conjuntos de dados de 34 temas dos estados-membros da União Europeia, ou ainda o Geoportal da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE do Brasil, com dados geoespaciais produzidos pelas mais diversas instituições governamentais brasileiras.

Torna-se cada vez mais comum o uso dessa forma de geovisualização para a apresentação de dados e resultados em diferentes áreas de conhecimento. Dessa forma, muda-se a forma de interação e acessibilidade dos dados, além do uso desses sistemas, subsidiando diversos aplicativos que coordenam nosso dia a dia.

Globos Virtuais

Os Globos Virtuais são ferramentas de geovisualização interativas que oferecem representações tridimensionais da Terra (e em alguns casos de outro corpo celeste), permitindo aos usuários navegar por dados geoespaciais em um ambiente dinâmico e visualmente rico.

Aplicações conhecidas como o Google Earth, NASA World Wind e Cesium permitem a navegação através de imagens de satélite do globo, mapas topográficos e camadas de dados customizados, facilitando uma experiência imersiva de diferentes modos para vários usuários. Plataformas GIS são usadas em diversas áreas, como educação, pesquisa científica, planejamento urbano e análise ambiental, já que permitem que informações geográficas complexas sejam integradas e exibidas em um formato facilmente compreensível e tridimensional.

Dentre as principais vantagens dos globos virtuais podemos mencionar a acessibilidade gratuita para muitos usuários, a capacidade de integrar múltiplos tipos de dados (climáticos, geológicos, históricos, etc.) e o uso como ferramentas educacionais (um dos mais usuais). Em

um ambiente educacional, podem ser usados para ensinar Geografia e Ciências da Terra de maneira "prática", focando nos princípios de aprendizado por descoberta. Na pesquisa científica e planejamento, por exemplo, globos virtuais são renomados para análises de cenários e suporte à decisão — particularmente em estudos ambientais e monitoramento de desastres.

No entanto, eles enfrentam algumas limitações, e precisam aumentar a integração com plataformas Big Data, além da extrema dependência de um bom acesso à Internet. O futuro significará que ferramentas como essas deverão expandir e provavelmente se tornarão mais capazes de trabalhar com Realidade Aumentada e Realidade Virtual e em tempo real — permitindo uma experiência ainda mais imersiva e detalhada. Estas são algumas das novas tendências que podem tornar os globos virtuais ainda mais úteis para a exploração e compreensão do mundo ao nosso redor.

Cartografia participativa/colaborativa: o papel dos usuários na construção de mapas.

A cartografia participativa e colaborativa representa uma transformação na forma como mapas são produzidos e utilizados, colocando os usuários como protagonistas no processo de criação e validação de dados espaciais. Com o avanço das tecnologias digitais e plataformas como OpenStreetMap, a democratização da cartografia permitiu que qualquer pessoa com acesso a um dispositivo conectado pudesse contribuir com informações geográficas. Essas ferramentas possibilitam a coleta e o compartilhamento de dados em tempo real, ampliando o alcance e a relevância dos mapas para atender a demandas específicas, como mapeamentos de desastres naturais, zonas de conflito ou comunidades sub-representadas pela cartografia oficial. Segundo Goodchild (2007), a "geografia voluntária" surge como uma força coletiva poderosa, onde usuários comuns contribuem de forma significativa para o enriquecimento dos bancos de dados geoespaciais.

De acordo com Souto et al. (2021), a cartografia participativa está alinhada à Cartografia Social, pois "os mapas representam a visão de mundo das populações locais e se tornam ferramentas de luta e resistência" (SOUTO; MENEZES; FERNANDES, 2021). Exemplos incluem o mapeamento de territórios indígenas, assentamentos informais e áreas de risco ambiental, onde o objetivo principal é atender às necessidades específicas de quem vive ou depende diretamente desses territórios. Por outro lado, a cartografia colaborativa envolve contribuições voluntárias de um público mais amplo, muitas vezes com pouca ou nenhuma conexão direta com o local mapeado. Essas contribuições podem ser feitas em plataformas digitais abertas, como o OpenStreetMap, em que voluntários adicionam dados geográficos baseados em observações, imagens de satélite ou informações disponíveis. A ênfase está na quantidade, velocidade e alcance global dos dados, permitindo cobrir grandes áreas ou responder rapidamente a emergências, como desastres naturais.

Souto et al. (2021) definem a cartografia colaborativa como "a cartografia 2.0", destacando que ela combina o trabalho de diversos indivíduos, guiados por valores e perspectivas pessoais, para gerar mapas mais amplos e atualizados.

Essas modalidades inovadoras na forma de mapear permitem ampliar as vozes e o conhecimento de comunidades específicas para atender às demandas locais com acesso global. A contribuição descentralizada de voluntários, observada na cartografia colaborativa, amplia o potencial de mapeamento e reconhecimento do espaço por meio de dados globais e acessíveis. Aqui se observam aliados importantes para a Geografia visto que desempenham papéis importantes para democratizar a representação espacial e o preenchimento de lacunas deixadas pela ausência ou baixa oferta de dados com dimensão espacial. Nos cabe aqui reforçar essa importância como pilar para os estudos da Geografia e estimular a ampliação de novos usuários e especialistas na área.

Desafios para a formação dos geógrafos e professores de Geografia

Apesar das transformações trazidas pela revolução tecnológica, os novos aspectos observados na configuração da geovisualização demandam reflexões sobre a formação de geógrafos e professores de Geografia. É preciso pensar percursos que superem os desafios que exigem a introdução de novas habilidades e metodologias presentes nessa vasta era tecnológica.

Habilidades em programação e manuseio de dados não estruturados, incluindo como os dados geoespaciais se apresentam em diferentes formatos, é uma das principais necessidades urgentes. Isso exige que os geógrafos (especialmente os bacharéis) tenham um entendimento mínimo sobre ferramentas como os Sistemas de Informação Geográfica, linguagens de programação (como Python e/ou R) e técnicas de análise de dados que possam ser usadas para processar volumes crescentes de variáveis disponíveis. Essa competência é crucial para incorporar a dimensão espacial na análise de questões complexas, bem como para promover soluções baseadas em evidências.

Além disso, a reintegração da dimensão espacial na educação torna-se um grande desafio. Para os professores de Geografia, isso significa aproveitar o poder de tecnologias como globos virtuais, StoryMaps e geoportais para ajudar os alunos a se envolverem e entenderem melhor as questões geográficas contemporâneas complexas de forma cada vez mais interativa e interdisciplinar. Isso exige pensar e refletir sobre a organização curricular da Geografia permitindo integrar metodologias ativas e ferramentas digitais no processo ensino - aprendizagem. Os alunos devem perceber o quanto a Geografia é o elo central que pode unir, em uma mesma temática ou atividade, diferentes áreas de conhecimento no processo.

Por fim, a necessidade de renovar a formação de geógrafos e professores para enfrentar os desafios da revolução tecnológica precisa ser reexaminada. Ela destaca que instituições educacionais devem revisar continuamente seus cursos para incluir geotecnologias, ciência de dados espaciais e o uso de inteligência artificial na análise geográfica. Também deve ser uma prioridade treinar aqueles que já estão na área, promovendo cursos rápidos de atualização e oficinas práticas que unam teoria e prática. Portanto, os geógrafos e professores estão prontos para combinar inovação com compreensão espacial. Esses precisam de estímulos e aperfeiçoamento constante para que se mantenham sempre atualizados frente às novas tecnologias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cartografia e a geografia compartilham uma relação intrínseca e complementar na compreensão e representação do espaço. Ao longo de sua trajetória, a cartografia tem materializado o conhecimento espacial, traduzindo-o em representações visuais que possibilitam análises, planejamentos e tomadas de decisão, que apoiam as análises geográficas.

No passado, essa relação foi marcada por esforços para explorar, delimitar e compreender o mundo, com mapas que refletiam as visões de mundo e os contextos sociopolíticos de suas épocas. No presente, com a expansão tecnológica, a cartografia transforma informações espacializadas em ferramentas interativas e dinâmicas, como mapas digitais, que representa uma forte democratização do acesso a dados e avanços científicos. A evolução dessa ciência reflete, assim, as transformações sociais, políticas e tecnológicas das sociedades contemporâneas, que embasa de forma mais sua forte relação com a ciência geográfica.

No futuro, as possibilidades oferecidas por tecnologias emergentes, como inteligência artificial, big data e realidade aumentada, prometem revolucionar ainda mais a forma como representamos e analisamos o mundo. Contudo, os desafios éticos e sociais também se intensificam, demandando reflexões críticas sobre inclusão, justiça social e o uso responsável dos dados, trazendo a importância do embasamento espacial e a necessidade da compreensão do espaço.

REFERÊNCIAS

ALLEN, D.; BUTLER, R.; SMITH, M. Story Maps: A Tool for Geographic Storytelling. Journal of Geographic Information Science, 2018.

AKHMAD, R.; SUGANDI, D.; NANDI, N.; RAHMAWATI, R. Infographic design as visualization of geography learning media. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, v. 145, p. 012011, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1088/1755-1315/145/1/012011. Acesso em: 09 jan. 2025.

BRASIL. Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília, DF - 20 de junho de 1984. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm>. Acesso em: 3/1/2025.

BROTTON, J. Uma História do Mundo em Doze Mapas. Editora Zahar, 562 p., 2014.

BUZAI, Gustavo D. Geografía global. El paradigma geotecnológico y el espacio interdisciplinario en la interpretación del siglo XXI. Estudios geográficos, v. 62, n. 245, p. 621-648, 2001.

CASTIGLIONE, L.H.G. Evolução Histórica da Geoinformação. (Prefácio) In: Cartografias do Ontem, Hoje e Amanhã (MENEZES, FERNANDES e CRUZ, org.). Editora Apris. ISBN: 978-65- 250-1919-2. 33 p., 2021.

CONGALTON, R.G.; GREEN, K. Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices. New York: Lewis Publishers, 137p. 2009.

CROSTA, A. P. (1992). Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. Campinas - SP. 170p.

CRUZ, C. M.; BARROS. R. S. Contribution of New Sensors to Cartography. In: Cartography – A Tool for Spatial Analysis. Edited by Bateira, C. 312 páginas. Publicado por InTech, em 17/08/2012. Earth and Planetary Sciences. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/cartography-a-tool-for-spatial-analysis/contribution-of-new-sensors-to-cartography>. 2012. Acesso em 3/1/2025.

DENG, Y., & WANG, Y. A multi-level graph-based approach for geospatial data visualization. International Journal of Geographical Information Science, 31(2), 256-275. 2017.

EXÉRCITO BRASILEIRO. Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV). 2ª ed. Rio de Janeiro: Diretoria de Serviço Geográfico, 2016. Disponível em: https://geoportal.eb.mil.br. Acesso em: 3/1/2025.

GOODCHILD, M. F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. In: GeoJournal, v. 69, n. 4, p. 211–221, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y. Acesso em: 09 jan. 2025.

GOODCHILD, M. F. Geographic information systems and cartographic modeling. In: Environmental Modeling with GIS. Oxford: Oxford University Press, 2008.

GOODCHILD, Michael F. Geographic Information Systems and Science: today and tomorrow. Annals of GIS, 15:1, 3-9, DOI 10.1080/19475680903250715. 2009.

GOODCHILD, Michael F. Twenty years of progress: GIScience in 2010. Journal of spatial information science, v. 2010, n. 1, p. 3-20, 2010.

GOMES, P.C.C. Quadros Geográficos – Uma forma de Ver, uma forma de pensar. Bertrand Brasil, 158 p., 2017.

HARLEY, J. B. Deconstructing the map. In: Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, v. 26, n. 2, p. 1-20, 1989.

HEGARTY, M., SMALLMAN, H. S., STULL, A. T., & CANHAM, M. S. Naive cartography: How intuitions about display configuration can hurt performance. Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, 44(3), 171–186. 2009.

JENSEN. J. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. ISBN: 97885605070601. Publicado por Sadeckgeo, 2009.

JIANG, H.; VAN GENDEREN, J.; MAZZETTI, P.; KOO, H.; CHEN, M. Current status and future directions of geoportals. International Journal of Digital Earth, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1080/17538947.2019.1603331. Acesso em: 9 jan. 2025.

KRAAK, M.-J.; ORMELING, F. Cartography: Visualization of Geospatial Data. 3. ed. London: Routledge, 2010.

KRASSANAKIS, Vassilios; SKOPELITI, Andriani; KESKIN, Merve; CYBULSKI, Paweł. Geovisualization: Current Trends, Challenges, and Applications. Geographies, v. 3, n. 4, p. 801-805, 2023.

LUDERMIR, T. B. Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina: estado atual e tendências. Estudos Avançados, v. 35, n. 101, p. 85–94, jan, 2021.

MACEACHREN, A. M.; KRAAK, M. J. Research challenges in geovisualization. Cartography and Geographic Information Science, v. 28, n. 1, p. 3–12, 2001.

MACEACHREN, A. M. How Maps Work: Representation, Visualization, and Design. Reimpressão. Guilford Publications, 2004. ISBN 9781572300408.

MENEZES, P.M.L.; CRUZ, C.B.M.; FERNANDES, M.C. A Geoinformação na pesquisa em Geografia no contexto do PPGG/UFRJ. Revista Espaço Aberto, PPGG-UFRJ, Rio de Janeiro, nº 2, p. 65-86, 2022.

MILGRAM, P.; KISHINO, F. A taxonomy of mixed reality visual displays. In: IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, v. E77-D, n. 12, p. 1321-1329, 1994.

MONMONIER, M. How to lie with maps. 2. ed. Chicago: University of Chicago Press, 2008.

PHILBRICK, A. K. Principles of Cartographic Method. Geographical Review, v. 43, n. 2, p. 202–225, 1953.

RODRIGUEZ, J.M.M. La etapa contemporânea de la Geografia – la Corriente Geoinformacional (capítulo 10). In: Teoría y Metodología de la Geografía. Editorial Universitária Felix Varela, Havana, 363 p., 2015.

SANTOS, A.P. Controle de Qualidade Cartográfica: Metodologias para avaliação da Acurácia Posicional em Dados Espaciais. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. 172 p. 2015.

SLOCUM, T. A.; MCMASTER, R. B.; KESSLER, F. C.; HOWARD, H. H. Thematic Cartography and Geovisualization. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2009.

SOUTO, R. D.; MENEZES, P. M. L. de; FERNANDES, M. do C. (org.). Mapeamento Participativo e Cartografia Social: aspectos conceituais e trajetórias de pesquisa. Rio de Janeiro: Instituto Virtual para o Desenvolvimento Sustentável – IVIDES.org, 2021. Disponível em: https://jgeotec.com.br/mapeamento-participativo-e-cartografia-social-aspectos-conceituais-e-trajetorias-de-pesquisa/. Acesso em: 9 jan. 2025.

VIEIRA, C.A., MATHER, P.M.; APLIN, P. Assessing the positional and thematic accuracy of remotely sensed data. In: Proceedings XXth Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing: Geo-imagery Bridging Continents, Istanbul, Turkey, pp. 979-984. 2004.

TESSARINI, G.; SALTORATO, P. Impactos da indústria 4.0 na organização do trabalho: uma revisão sistemática da literatura. Revista Produção Online, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 743–769, 2018. DOI:10.14488/1676-1901.v18i2.2967.Disponível em: https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/2967. Acesso em: 3 jun. 2024.

WALKER, R.; JOHNSON, T.; LEE, H. Enhancing Spatial Thinking with StoryMaps. Cartographic Perspectives, 2020.

COMO CITAR ESTE TRABALHO

BARROS, Rafael Silva de; CRUZ, Carla Bernadete Madureira; SOUZA. Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de; AMARAL, Felipe Gonçalves. Transformações da cartografia no contexto da geografia. Revista Tamoios, São Gonçalo, v. 21, n. 1, p. 412-430, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.12957/tamoios.2025.89084. Acesso em: DD MMM. AAAA.