

A validação da Informação Geográfica na Era 4.0

Cidália C. FONTE^{1,2*}

¹ Departamento de Matemática, Universidade de Coimbra, Coimbra

² Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores em Coimbra

(cfonte@uc.pt)

Palavras-chave: Validação de mapas, Exatidão, Qualidade, Informação Geográfica Voluntária

Resumo: A Informação Geográfica (IG) criada tanto por entidades oficiais como por empresas ou instituições deve ser validada. Esta validação tem sido feita em geral através da avaliação da sua exatidão, recorrendo à comparação com dados de referência, supostamente com maior exatidão, obtidos por especialistas. No entanto, esta abordagem é morosa, dispendiosa e pouco prática, ou mesmo não exequível se a informação a validar for criada com muita frequência. A evolução das tecnologias de recolha e processamento de informação geográfica, levando-nos à chamada Era 4.0, implica a alteração das metodologias de validação da informação geográfica, de forma a que esta possa ser feita, se possível, em tempo quase real, ou pelo menos num curto espaço de tempo, com processos tanto quanto possíveis automatizados. Nesta apresentação será feita uma análise das metodologias e abordagens em desenvolvimento para a validação de informação geográfica, incluindo a avaliação da sua exatidão e/ou fiabilidade. Será indicado o papel da Informação Geográfica Voluntária (IGV), da integração de dados provenientes de várias fontes e com diferentes características, sendo feita uma análise das potencialidades e limitações de cada uma das abordagens apresentadas.

1. Introdução

A informação geográfica, designação atribuída toda a informação a que é associada uma localização geográfica, pode ter características muito diversas e corresponder a informação sobre muitos tipos de fenómenos. Entre toda a diversidade deste tipo de informação incluem-se diversos tipos de mapas “tradicionais”, tais como mapas topográficos e mapas temáticos, que incluem, por exemplo, mapas de uso e cobertura do solo, mapas de risco de incêndio, mapas de declives ou mapas de exposição solar. No entanto, realçam-se três fatores que contribuem para uma mudança profunda tanto na criação como na utilização de informação geográfica, nomeadamente:

- massificação da utilização de recetores GNSS (*Global Navigation Satellite System*);
- disponibilidade de imagens de alta resolução espacial para quase todo o planeta com resoluções temporais crescentes;
- a evolução tecnológica associada à Web.

Com a diminuição dos custos e a miniaturização dos recetores GNSS tornou-se possível generalizar a sua utilização, tomando elementar a qualquer cidadão que disponha de um *smartphone* recolher a localização de qualquer fenómeno com exatidões cada vez mais elevadas. Por outro lado, a existência de imagens da superfície terrestre acessíveis a qualquer cidadão através de projetos e plataformas web, como o *Google Earth* (<https://www.google.com/intl/pt-PT/earth/>) ou o *Bing Maps* (<https://www.bing.com/maps/>), permite a observação da Terra como até agora nunca tinha sido possível. Com a possibilidade de os utilizadores da web contribuírem com dados e criarem informação geográfica, este tipo de projetos mudou e vai continuar a mudar a forma dos cidadãos se relacionarem com a informação geográfica. Mais ainda, com o aparecimento da web 4.0 passa a ser possível integrar uma grande quantidade de dados georreferenciados em tempo real, incluindo dados recolhidos por sensores físicos, como, por exemplo, sensores de temperatura, câmaras de vídeo, localização de *smartphones*; com dados disponibilizados pelos cidadãos e com informação mais tradicional, como mapas criados por instituições.

Todos estes desenvolvimentos vão mudar as formas de criar, validar e utilizar a informação geográfica, passando esta a ser dinâmica e nalguns casos até informação disponibilizada em tempo real ou quase real. No entanto, a validação da Informação Geográfica (IG) continuará a ser fundamental, aumentando ainda mais a sua importância devido a sua utilização generalizada para tomar todo o tipo de decisões relacionadas, por exemplo, com economia, segurança, gestão de recursos naturais, entre muitas outras. Esta mudança de paradigma, de mapas a que é associada uma data de produção para informação dinâmica proveniente de diferentes fontes, incluindo os cidadãos, vai necessariamente mudar as metodologias usadas para a sua validação.

A validação de IG pode englobar vários aspetos relacionados com a qualidade da informação, nomeadamente a exatidão posicional, exatidão temática, completude, consistência lógica, consistência temporal e validade temporal (e.g. ISO, 2013; Fonte *et al.*, 2015). Neste artigo não vão ser apresentadas em detalhe as metodologias usadas para validar ou avaliar a qualidade de cada um destes aspetos da qualidade de informação geográfica, mas sim questões gerais relacionadas com as metodologias tradicionais e dados usados para validação deste tipo de informação, e alguns caminhos para a sua validação na Era 4.0.

2. Metodologias tradicionais de validação de informação geográfica

A avaliação da exatidão posicional, temática e completude da IG é habitualmente feita através da comparação da informação em validação com dados de referência com maior exatidão, que podem ser obtidos através de trabalhos de campo, fotointerpretação de imagens georreferenciadas com maior resolução espacial do que as usadas para gerar a informação em validação, ou através da comparação com outros mapas com maior exatidão. Como habitualmente os dados de referência não estão disponíveis para toda a área em validação, é utilizada uma amostra que terá de ser representativa da população em análise (em sentido estatístico). Depois de identificada a localização dos elementos amostrais, é necessário definir para cada um deles o que se designa por estado de referência, ou seja, a verdadeira classe a associar a cada um ou a sua verdadeira localização, se o objetivo for a avaliação da exatidão posicional de um conjunto de entidades (pontuais) (e.g. Stehman, 2009; Radoux *et al.*, 2017; Harding, 2006). No caso de entidades lineares ou áreas existem vários tipos de metodologias que podem ser usadas para fazer a comparação das entidades correspondentes na base de dados em validação e de referência, que não serão desenvolvidas neste artigo (e.g. Gil de la Veja, 2016).

A utilização destas metodologias é demorada e dispendiosa, pois é habitualmente feita por profissionais e requer a criação das amostras, a obtenção dos dados sobre o estado de referência (no caso da avaliação da exatidão temática ou completude,

recorrendo, por exemplo, a matrizes de confusão), ou a real posição dos elementos (no caso de avaliação da exatidão posicional, usando, por exemplo, o Erro Quadrático Médio) (e.g. Devillers e Jeansoulin, 2010; Guptill e Morrison, 1995). Estes fatores fazem com que estas metodologias não sejam aplicáveis em muitas situações no novo paradigma de IG pois: 1) para a utilização da informação em tempo real ou quase real a informação tem de ser validada muito rapidamente e preferencialmente de forma automática; 2) para alguns tipos de fenómenos georreferenciados não é possível ou praticável os dados de referência serem obtidos por profissionais, devido aos elevados custos e ao tempo necessário para a sua obtenção. Além disso, sendo a IG dinâmica, em muitos casos não é possível obter à posteriori dados de referência sobre um fenómeno que ocorreu durante um período limitado de tempo. Assim, é necessário desenvolver novas metodologias, que permitam agilizar a validação da Informação geográfica. Por outro lado, as novas formas de obter IG, nomeadamente a IG disponibilizada por cidadãos (Informação Geográfica Voluntária – IGV) abrem novas possibilidades para a aplicação das metodologias tradicionais, mas também apresentam exigências adicionais.

Nas secções seguintes é abordada a possibilidade de utilizar IGV para validação de mapas criados por profissionais (secção 3) e as várias metodologias que podem ser usadas para a validação de IGV (secção 4). Por fim, são apresentadas algumas conclusões sobre as particularidades da validação da IG na Era 4.0 (secção 5).

3. Validação de informação geográfica criada por profissionais

A validação de informação criada por profissionais é feita também por profissionais usando as metodologias indicadas na secção 2. No entanto, com o desenvolvimento da web 2.0, em que os cidadãos podem contribuir com IGV na web, abriram-se novas possibilidades. As agências oficiais de produção de cartografia podem recorrer aos cidadãos para validar a informação disponível, bem como para identificar alterações ocorridas desde a sua criação, não apenas através de uma notificação, mas inclusivamente através da criação de informação cartográfica, como, por exemplo, a alteração ou criação de polígonos ou linhas correspondentes a entidades alteradas ou novas entidades. A utilização de contribuições voluntárias feitas pelos cidadãos pode permitir recolher:

- alertas que permitam identificar os locais onde existem erros na cartografia;
- contribuições sobre a ocorrência de alterações;
- nomes de locais (toponímia);
- novos dados.

Em Olteanu-Raimond *et al.* (2017a) foram apresentados os resultados de uma estudo feito para identificar se as entidades oficiais de produção de cartografia europeias recorriam ou não à IGV, e em Olteanu-Raimond *et al.* (2017b) são apresentadas experiências e recomendações para o uso de IGV por estas instituições. Da análise feita identificou-se que a maioria das agências oficiais de produção cartográfica europeias recebem dos utilizadores informações sobre erros existentes nos produtos que disponibilizam, mas poucas têm implementados processos de recolha ativa de IGV, nomeadamente identificação de alterações, recolha de nomes de lugares e criação de dados, por exemplo, através de fotointerpretação. De entre as que já dispõem de portais com estas capacidade incluem-se a Finlandesa (*National Land Survey of Finland*), a Francesa (*Institut National de L'Information Géographique et Forestière – IGN*) e a Holanda (*Kadaster*) (Olteanu-Raimond *et al.*, 2017a, 2017b).

Um aspeto a salientar relativo à utilização de IGV pelas agências oficiais, é que esta corresponde habitualmente às entidades geográficas normalmente incluídas nas cartas topográficas, como estradas, edifícios e toponímia, e permite detetar locais onde é necessária a intervenção dos profissionais, com o objetivo de recolher nova informação, corrigir a informação disponibilizada pelos cidadãos, ou validar a nova informação disponibilizada, no sentido de manter a base de dados geográficos o mais atualizada possível. Note-se que toda a IGV recolhida é validada pela instituição de forma a satisfazer as especificações correspondentes a cada produto que incluirá a IGV recolhida. Além disso, é necessário ter em considerações questões relacionadas com licenças de utilização e direitos de autor, uma vez que muita desta informação pode não ser disponibilizada em acesso aberto pelas entidades oficiais (Mooney *et al.* 2017).

Uma outra possibilidade que se abre com o aparecimento da IGV é a sua utilização para validar ou apoiar a validação de mapas criados por profissionais. Esta abordagem pode ser usada em duas perspetivas diferentes: 1) utilizando IGV disponível, ou 2) criando projetos dedicados a este fim, em que a validação é feita pelos cidadãos. No 1º caso os principais problemas que se levantam são a qualidade da IGV usada para validação e a sua localização, uma vez que ao usar-se uma amostra de dados de

referência esta continua a ter de ser representativa de toda a população em análise. Em Stehman *et al.* (2018) apresentam-se as várias abordagens que se podem utilizar para a utilização de IGV para validação de mapas de cobertura de solo, em função das características da amostragem que se pode utilizar quando a IGV existe em locais identificados com uma amostragem probabilística, ou quando os locais onde esta informação está disponível não correspondem a amostragens probabilísticas. Em Fonte e Martinho (2017) apresenta-se a utilização de IGV para obter o estado de referência para a uma amostra de pontos obtida usando uma amostra probabilística e em Fonte *et al.* (2015) apresenta-se uma revisão da utilização de IGV para validação de mapas de uso e cobertura do solo até à data de publicação do artigo. Em qualquer dos casos, a qualidade da IGV usada é fundamental para a sua utilização com sucesso neste tipo de aplicações, pelo que a sua validação é fundamental.

4. Validação da Informação Geográfica Voluntária

A IGV pode ser de muitos tipos, incluindo mapas vetoriais feitos por voluntários, como o *OpenStreetMap* (OSM) (<https://www.openstreetmap.org/>), fotografias ou texto georreferenciados disponibilizados pelos cidadãos, por exemplo em aplicações/redes sociais como o *Twitter* (<https://twitter.com>), *Flickr* (<https://www.flickr.com>), *Facebook* (<https://www.facebook.com>) ou *Foursquare* (<https://pt.foursquare.com>), ou classificação e foto interpretação de imagens aéreas ou de satélite em projetos como os disponibilizados através do *Geo-Wiki* (<https://www.geo-wiki.org>). A validação dos diversos tipos de dados tem naturalmente características diferentes, que depende também do uso que vai ser feito desses dados. No entanto, podem identificar-se alguns processos gerais que podem ser usados para, por um lado, avaliar a fiabilidade da IGV e, por outro lado, permitir recolher dados com maior qualidade. A Figura 1 mostra as várias abordagens que podem ser usadas para avaliar a fiabilidade da IGV.

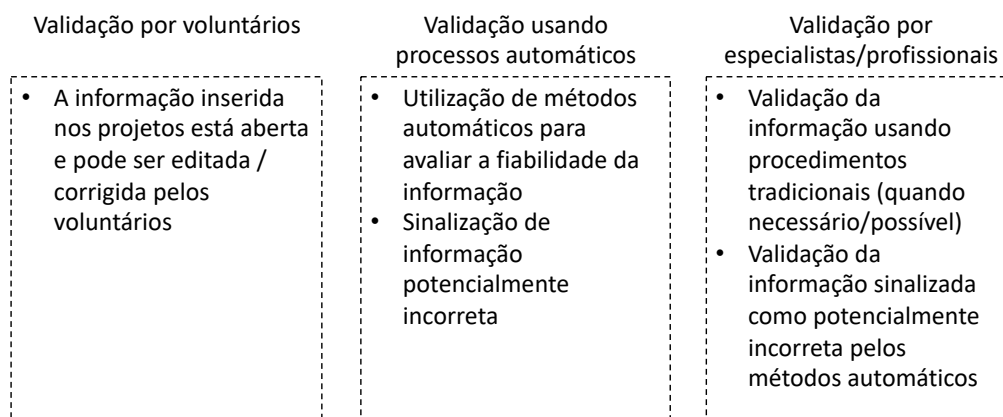


Figura 1 – Abordagens que podem ser usadas no processo de validação de IGV

4.1 Validação feita por voluntários

Uma abordagem usada em *crowdsourcing* para controlar a qualidade dos dados recolhidos é permitir que a própria comunidade controle a qualidade da informação, permitindo a qualquer utilizador reportar erros e até editar e apagar informação inserida por outros utilizadores. Esta abordagem é usada, por exemplo, na *Wikipedia* (<https://pt.wikipedia.org/>) e também no OSM. Esta forma de validar os dados inseridos pelos voluntários não requer habitualmente a intervenção de especialistas e permite corrigir uma grande quantidade de informação incorreta disponibilizada por lapso, desconhecimento ou mesmo vandalismo. No entanto, esta abordagem tem limitações quando aplicada a IGV. Por exemplo, verifica-se que em zonas com pouca população, com populações envelhecidas ou menos favorecidas, ou em locais remotos que despertam menos interesse aos voluntários, os erros podem demorar muito tempo a ser detetados e corrigidos. Por vezes surgem também divergências de interpretação na comunidade de voluntários, sendo nestes casos útil a existência de fóruns de discussão para que seja possível chegar a um consenso sobre, por exemplo, a correta classificação de determinado fenómeno ou a interpretação do que é visível numa imagem de satélite. No entanto, esta abordagem de controlo da qualidade da IGV pode e deve ser complementada com outras formas de validação. Além disso, em muitos projetos de recolha de IGV, por exemplo devido às características do projeto ou aos seus objetivos, esta metodologia não é utilizada.

4.2 Validação com processos automáticos

Nas era da disponibilização de IG em tempo real, ou quase real, será necessário dispor de metodologias que permitam validar automaticamente a informação. Em virtude de não ser possível ter dados de referência que permitam avaliar a exatidão da IGV recolhida, e de a validação por voluntários ter limitações, é necessário desenvolver novas metodologias, tanto quanto possível automáticas, que permitam validar a informação através de indicadores de fiabilidade que podem ser obtidos usando apenas dados internos ou dados provenientes de outras fontes (e.g. Degrossi *et al.*, 2018; Fonte *et al.*, 2017; Senaratne *et al.*, 2016; Antoniou e Skopeliti, 2015).

No primeiro caso os indicadores podem basear-se, por exemplo, na consistência lógica da informação recolhida (em função, por exemplo, da existência de dados sobrepostos com informação diferente, de os objetos ou classes existentes na vizinhança serem compatíveis com a existência de determinado objeto ou atributo, de ser recolhida informação redundante que permita avaliar a concordância das contribuições), em dados sobre a fiabilidade do voluntário que criou a informação (pode ser usada, por exemplo, informação sobre o historial de qualidade das contribuições do voluntário, informação sobre os interesses e experiência do voluntário ou o seu nível de formação), ou em metadados recolhidos durante o processo de recolha de dados (por exemplo, o tempo demorado pelo voluntário a fazer uma classificação, se consultou instruções durante o processo de classificação, a confiança do voluntário na classificação que fez, se esta informação for recolhida, entre outros fatores).

No segundo caso, podem usar-se outras fontes de dados para avaliar a compatibilidade da informação obtida pelas várias fontes de dados, executar processos de análise espacial para avaliar a probabilidade ou possibilidade de a informação reportada ser verdadeira e/ou utilizar inteligência artificial e metodologias de *data mining*. Esta abordagem requer a integração de vários tipos de dados, que podem ter origens e características muito diversas, tais como:

- informação quantitativa sobre variáveis mensuráveis recolhida por sensores físicos, como temperatura ou nível de água num rio;
- imagens recolhidas por satélites, que podem ser classificadas automaticamente de forma a avaliar, por exemplo, a possibilidade da ocorrência de determinada cobertura de solo num local;
- imagens recolhidas por câmaras instaladas no terreno e que fazem a monitorização de, por exemplo, espaços públicos, que podem também ser processadas em tempo real para identificação de “anomalias” e permitam lançar alertas;
- Modelos Digitais de Terreno da zona, permitindo, por exemplo, avaliar se determinado fenómeno pode ser visível a partir do local que em que foi feita a contribuição por voluntários;
- outras fontes de IGV ou dados oficiais que permitam avaliar a concordância da informação em várias fontes.

Os métodos automáticos de validação podem ser usados para validação preliminar durante o processo de recolha de dados, solicitando, por exemplo, ao voluntário a confirmação ou até correção da informação disponibilizada, ou para sinalizar potenciais problemas, que são depois analisados por especialistas. Isto permite dirigir a avaliação especializada para os locais com maior probabilidade de existências de informação incorreta. Este procedimento está atualmente a ser usado no OSM por empresas que contribuem para garantir a qualidade da IG neste projeto (Mapbox, 2018), cujos dados estão disponíveis para utilização aberta e, portanto, a garantia da sua qualidade é um fator importante para todos os utilizadores, que incluem empresas como o Facebook (Patel, 2018) ou a Microsoft (Harpster, 2018).

4.3 Validação feita por especialistas

Alguns tipos de dados disponibilizados pelos cidadãos podem ser validados utilizando as metodologias tradicionais para avaliar a exatidão da IG, nomeadamente a exatidão posicional, temática, completude ou consistência lógica. A IGV correspondente, por exemplo, à localização de ruas ou edifícios pode ser feita recorrendo a dados de referência, que podem ser recolhidos para o efeito ou corresponder a dados oficiais. No entanto, num projeto como o OSM, que recolhe dados de todo o planeta, com um detalhe que nalguns casos é superior ao detalhe existente nos mapas oficiais, estes não podem ser usados como referência em todos os locais, nem para todos os elementos representados, pois: 1) em muitos locais do planeta não existem dados oficiais com o detalhe existente no OSM, 2) não existem mapas oficiais que incluam alguns elementos existente no OSM, nomeadamente para muitos tipos de Pontos de Interesse (POI - *Points of Interest*), como, por exemplo, a localização de caixas multibanco, restaurantes ou locais para abastecimento de combustível, 3) os dados do OSM estão frequentemente mais atualizados do que os dados existentes nos mapas oficiais, uma vez que estão em contante edição pelos cidadãos. A Figura 2 mostra os dados disponíveis no OSM para a cidade de Lisboa e a Figura 3 mostra os dados disponíveis para a cidade da Guarda.



Figura 2 – Informação disponível no OSM para a cidade de Lisboa em 18 de agosto de 2018. © Contribuintes do OpenStreetMap



Figura 3 – Informação disponível no OSM para a cidade da Guarda em 18 de agosto de 2018. © Contribuintes do OpenStreetMap

As Figuras 2 e 3 ilustram uma das características da IGV, e do OSM em particular, que é heterogeneidade da informação e os diferentes níveis de completude existentes. Nestas duas figuras pode-se observar que existem muito menos dados disponíveis para a cidade da Guarda do que para Lisboa, sendo uma característica normal deste tipo de informação que existam mais dados disponíveis (e com maior exatidão) nos locais com mais população, mais densos demograficamente ou com maior utilização do espaço público. No entanto, a avaliação da completude de IGV é mais complexa do que a da informação oficial, pois existem especificações claras nos mapas oficiais que determinam o nível de completude de cada mapa, o que não acontece habitualmente para os projetos de recolha de IGV, o que dificulta o processo de determinação do nível de completude existente em cada região e conseqüentemente a comparação da completude da informação existente para regiões diferentes.

Nalguns projetos são usados dados de controlo criados por profissionais para avaliação da exatidão da informação temática disponibilizada por voluntários, que são depois usados para avaliar a correção dos dados criados pelos voluntários nesses pontos de controlo e permitem avaliar a fiabilidade de cada voluntário. Este procedimento é usado, por exemplo, em projetos como o Geo-Wiki, em que a classificação de imagens de satélite feita por voluntários é comparada com a classificação feita por especialistas em alguns locais usados para controlo, que são obrigatoriamente classificados pelos voluntários antes de iniciarem a classificação de locais onde não existem dados de referência criados por especialistas.

5. Conclusões

O novo paradigma da IG na Era 4.0, em que esta será cada vez mais informação dinâmica, criada com frequência crescente, implica que a sua validação terá necessariamente de ser feita com rapidez, de modo a que possa ser usada em tempo útil. Isto cria novas exigências, mas também novas oportunidades. As metodologias habitualmente usadas para validar a IG, recorrendo a dados de referência para avaliar a exatidão da informação, terão de ser adaptadas, de forma a agilizar processos e usar informação disponível, que poderá incluir informação disponibilizada pelos cidadãos, que atualmente já têm condições para criar informação georreferenciada de grande diversidade e com qualidade. A adicionar à possibilidade dos cidadãos contribuírem com IG voluntariamente (ou por vezes até sem que disso tenham consciência ou até conhecimento) usando, por exemplo, *smartphones* com recetores GNSS ou posicionando eventos ou classificando imagens recolhidas por satélites, câmaras aéreas ou terrestres, acresce o crescente desenvolvimento da Internet das Coisas, que permite obter dados em tempo real de uma grande diversidade de sensores, que poderão ser interligados num sistema de forma a permitir avaliar a concordância de todos os dados disponíveis. A exigência destes sistemas com informação georreferenciada é exigente em termos de validação, pois esta terá de ser feita automaticamente e recorrendo a uma grande diversidade de metodologias que incluem validação pela comunidade, indicadores de fiabilidade baseados em muitos aspetos associados aos dados recolhidos, recolha de dados com redundância e inteligência artificial para extrair informação relevante de todos os dados disponíveis e gerar informação sobre a qualidade da informação.

A utilização de IG democratizou-se nas últimas décadas, com o uso generalizado de informação georreferenciada pela grande maioria da população para os mais diversos fins. Este desenvolvimento extraordinário abre um mundo de oportunidades, sendo, no entanto, a qualidade da informação um fator chave para o seu uso seguro, que se torna cada vez mais importante.

Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) no âmbito da bolsa UID/MULTI/00308/2013.

Referências Bibliográficas

- Antoniou, V.; & Skopeliti, A. (2015). Measures and indicators of VGI quality: An overview. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 23(W5), 345–351.
- Degrossi, L.C.; Albuquerque, J.P.; Rocha, R.S.; Zipf, A. (2018). A taxonomy of quality assessment methods for volunteered and crowdsourced geographic information. *Transactions in GIS* 22 (2), 542-560.
- Devillers, R.; Jeansoulin, R. (2010). *Fundamentals of Spatial Data Quality*. ISTE Publishing. London.
- Fonte, C.C.; Antoniou, A.; Bastin, L.; Estima, J.; Arsanjani, J.; Laso-Bayas, J.; See, L.; Vatseva, R. (2017). *Assessing VGI Data Quality*. Em: *Mapping and the Citizen Sensor*. London. Ubiquity Press.

- Fonte, C. C.; Martinho, N. (2017). Assessing the applicability of OpenStreetMap data to assist the validation of land use/land cover maps. *International Journal of Geographical Information Science* 31, 12: 1 - 19.
- Fonte, C.C., Bastin, L., See, L., Foody, G., Lupia, F., (2015). Usability of VGI for validation of land cover maps. *International Journal of Geographical Information Science* 1–23.
- Gil de la Vega, P.; Ariza-Lopez, F. J.; Mozas-Calvache, A. T. (2016). Models for positional accuracy assessment of linear features: 2D and 3D cases, *Survey Review*, 48:350, 347-360, DOI: 10.1080/00396265.2015.1113027
- Guptill, S.C.; Morrison, J.L. (1995). *Elements of Spatial Data Quality*. Elsevier Science Limited.
- Harding, J. (2010). Vector Data Quality: A Data Provider's Perspective. Em: *Fundamentals of Spatial Data Quality* (ed. Devillers, R., Jeansoulin, R.). ISTE Publishing. London, pp 141-158.
- Harpster, J. (2018). Going to Production with OpenStreetMap at Microsoft. Apresentação feita em State of the Map 2018, Milão. (https://2018.stateofthemap.org/2018/T131-Going_to_Production_with_OpenStreetMap_at_Microsoft/)
- ISO, 2013. ISO 19157 (2013). *Geographic Information – Data quality*.
- Mapbox. Validating OpenStreetMap. <https://www.mapbox.com/mapping/validating-osm/> , consultada em 19 de Agosto de 2018.
- Mooney, P.; Olteanu-Raimond, A-M.; Touya, G.; Juul, N.; Alvanides, S.; Kerle, N. (2017a). Considerations of Privacy, Ethics and Legal Issues in Volunteered Geographic Information. Em: Foody, G, See, L, Fritz, S, Mooney, P, Olteanu- Raimond, A-M, Fonte, C C and Antoniou, V. (eds.) *Mapping and the Citizen Sensor*. Pp. 119–135. London: Ubiquity Press. DOI: <https://doi.org/10.5334/bbf.f>. License: CC-BY 4.0
- Olteanu-Raimond, A.-M.; Hart, G.; Foody, G.; Touya, G.; Kellenberger, T.; Demetriou, D. (2017b). The scale of VGI in map production: A perspective of European National Mapping Agencies. *Transactions in GIS* 21, 74–90. DOI: <https://doi.org/10.1111/tgis.12189>.
- Patel, D. (2018). OSM at Facebook. Apresentação feita em State of the Map 2018, Milão. (https://2018.stateofthemap.org/2018/T078-OSM_at_Facebook/)
- Radoux, J.; Bogaert, P. (2017). Good Practices for Object-Based Accuracy Assessment. *Remote Sensing*, 9, 646.
- Senaratne, H.; Mobasher, A.; Ali, A.L.; Capineri, C.; Haklay, M. (2016). A review of volunteered geographic information quality assessment methods. *International Journal of Geographical Information Science* 1–29.
- Stehman, S.V. (2009). Sampling designs for accuracy assessment of land cover. *International Journal of Remote Sensing*, 30 (20), 5243–5272.
- Stehman, S.; Fonte, C. C.; Foody, G. M., See, L. (2018). Using Volunteered Geographic Information (VGI) in Design-Based Statistical Inference for Area Estimation and Accuracy Assessment of Land Cover. *Remote Sensing of the Environment*. Vol. 212, 47-59.