

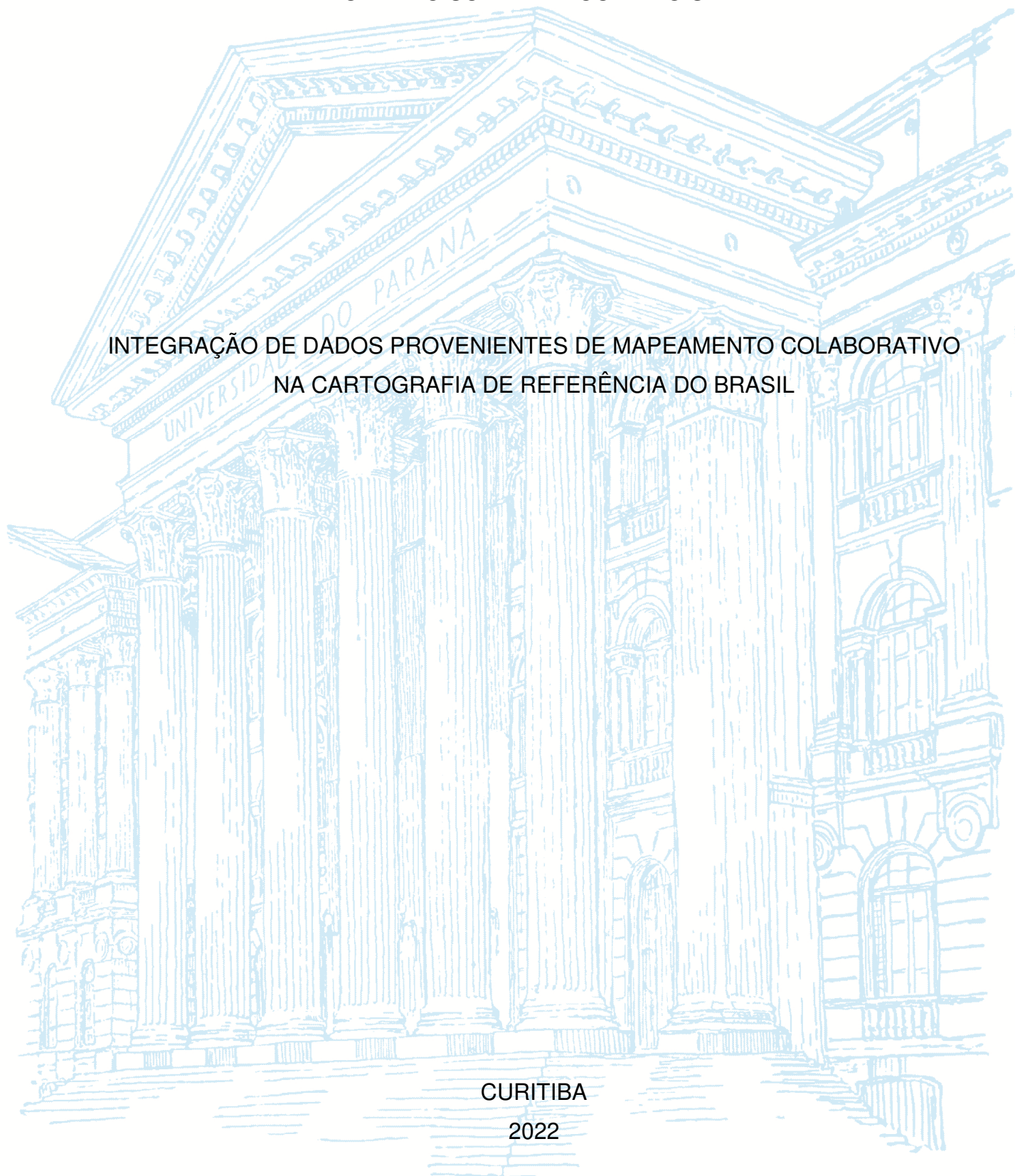
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LEONARDO SCHARTH LOUREIRO SILVA

INTEGRAÇÃO DE DADOS PROVENIENTES DE MAPEAMENTO COLABORATIVO
NA CARTOGRAFIA DE REFERÊNCIA DO BRASIL

CURITIBA

2022



LEONARDO SCHARTH LOUREIRO SILVA

INTEGRAÇÃO DE DADOS PROVENIENTES DE MAPEAMENTO COLABORATIVO
NA CARTOGRAFIA DE REFERÊNCIA DO BRASIL

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências Geodésicas.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Silvana Philippi Camboim

CURITIBA

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Silva, Leonardo Scharth Loureiro

Integração de dados provenientes de mapeamento colaborativo na cartografia de referência do Brasil / Leonardo Scharth Loureiro Silva. – Curitiba, 2022.

1 recurso on-line : PDF.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação Ciências Geodésicas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Silvana Philippi Camboim

I. Automação. 2. Sistema de informação geográfica (VGI). 3. Semântica (Computação). 4. Controle de qualidade – Processamento de dados. I. Camboim, Silvana Philippi. II. Universidade Federal do Paraná. Programa de pós-Graduação em Ciências Geodésicas. III. Título.

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIAS
GEODÉSICAS - 40001016002P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação CIÊNCIAS GEODÉSICAS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **LEONARDO SCHARTH LOUREIRO SILVA** intitulada: **INTEGRAÇÃO DE DADOS PROVENIENTES DE MAPEAMENTO COLABORATIVO NA CARTOGRAFIA DE REFERÊNCIA DO BRASIL**, sob orientação da Profa. Dra. SILVANA PHILIPPI CAMBOIM, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 19 de Julho de 2022.

Assinatura Eletrônica

20/07/2022 11:52:03.0

SILVANA PHILIPPI CAMBOIM

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

20/07/2022 11:57:09.0

ANDREA LOPES IESCHECK

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO
SUL)

Assinatura Eletrônica

20/07/2022 11:25:16.0

JULIA CELIA MERCEDES STRAUCH

Avaliador Externo (ESCOLA NACIONAL DE CIÊNCIAS ESTATÍSTICAS
)

Assinatura Eletrônica

20/07/2022 12:54:34.0

MARCIO AUGUSTO REOLON SCHMIDT

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA)

Dedico este trabalho à Andressa, que compartilhou cada momento dessa caminhada, esteve abraçada comigo nos momentos mais fantásticos e nos mais dramáticos, em uma união incondicional e que do nosso amor resultou a família que para mim é a felicidade plena, e ao Bernardo, que com sua pureza e inocência transformou minha vida para sempre!

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente à memória da minha mãe, Katia, que partiu durante essa caminhada, assim como às memórias das minhas avós Alice e Wanda, e da Terezinha. Quatro mulheres fundamentais na minha vida, na minha formação pessoal e acadêmica, pois tanto incentivaram meus estudos e não puderam ver o fim dessa caminhada. Eu sinto eternas saudades de vocês.

À minha esposa Andressa por todo o amor, e pelo incentivo, apoio e compreensão pelas ausências do início e, principalmente, pelas ausências do final, pois mesmo juntos 24x7 o afastamento dentro de casa foi muito penoso e ao nosso filho, Bernardo, que chegou na reta final, e há 10 meses enche as nossas vidas de amor a cada sorriso.

Ao meu pai, Carlos, e meus irmãos, Bárbara, Lena e Pedro e sobrinhos por sempre estarem ao meu lado, nos momentos difíceis e na alegria, e por não me cobrarem nesse período de tanta ausência minha. Estou voltando.

À minha tia Jane, que mesmo de tão longe me dá tanto *amore e forza!*

À minha ORIENTADORA, Professora Silvana, por toda a sua generosidade, pelo dom de saber compartilhar tanto conhecimento e por me conduzir de uma forma que me deixou sempre muito seguro.

Às Professoras Julia e Andrea e ao Professor Marcio, pelas valiosas contribuições na Qualificação e na Defesa da tese.

Aos professores Silvana, Luciene, Regiane e Ivandro pelas excelentes disciplinas.

À Ivone e ao Maranhão, pela ajuda antes de entrar no doutorado, revisando cuidadosamente minha proposta de estudo.

Aos chefes do IBGE que me apoiaram nesse desafio, Wadih, João Bosco, Patrícia, Maranhão e Leila.

Um agradecimento especial à Leila, chefe e grande amiga, por todo o apoio nos momentos mais difíceis e nos menos também, e por toda a confiança depositada em mim.

Aos amigos e colegas do IBGE, por todas as ajudas e trocas de conhecimento, durante as disciplinas e na pesquisa: Marco Aurélio, Alberto, Damiani, Ludolf, Tiago, Alex, Odair, Viviane, Aline, Taís, Juliane, Jamil, Fernando, Balbi,

Darlan, Evaldo e Rogério. E um especial agradecimento ao Renan, à Ana Resende e ao Jônatas.

Ao Tulio, Kauê e Elias, grandes amigos especiais, sempre com muita parceria e muita troca.

Aos colegas do Labgeolive pela acolhida inicial, pelas trocas e pela parceria: Éverton, Raphael, Caio, Adriana, Flavia, Jaqueline, Vitor e Josemar.

Aos amigos especiais que fiz no segundo semestre, Tulio, Niédja, Idalecio, William e Fabrício.

Aos amigos do EB, Daniel e Ruy, pelas trocas de conhecimento e resenhas.

Aos colegas de outras nações, pela parceria e oportunidade de conviver com culturas diferentes, Idalecio, Ilich, Mario, Caisse, Felipe e Carolina,

Aos colegas do PPGCG pela agradável convivência, Marciano, Leandro, Laís, Edson, Elizabete, Dayane, Livia e Sergio.

À Taís Christ pela grande ajuda emergencial na tradução de um artigo.

Aos queridos familiares e amigos, que não me ajudaram diretamente na produção acadêmica, mas que foram fundamentais em todo o apoio, suporte e carinho nos momentos mais delicados: Tia Lúcia, Tia Jane, Helen, Carlinhos, Tio Luisinho, Mauro, Aninha, Amélia, Bernadete, Anna Clara, Vânia, Alice, Claudinho.

Ao IBGE e à UFF por concederem o afastamento das atividades, sem o que não seria possível chegar ao final, e ao CCT-ENCE, pela compreensão de que o prazo inicial não poderia ser cumprido, infelizmente.

São muitos agradecimentos, mas nessa caminhada encontrei generosidade em tantas pessoas a quem eu extendo a cada uma delas a minha sincera gratidão!

Creio no riso e nas lágrimas como antídotos contra o ódio e o terror.

Charlie Chaplin

RESUMO

O Brasil tem uma extensa área do território com desatualização cartográfica ou inexistência de mapeamento, sobretudo nas maiores escalas previstas para a cartografia de referência. Na etapa inicial da pesquisa foi realizado um inventário para conhecer o grau de cobertura e de atualização do mapeamento no país no qual se verificou que, na escala 1:25.000, apenas 5,5% do país estava mapeado e, nas demais escalas, 1:50.000 e 1:100.000, ainda que somadas alcancem quase a totalidade do território, se confirmou que mais de 60% do mapeamento nessas escalas foram produzidos há mais de trinta anos. Sem perspectivas de mudança nesse cenário, o emprego de dados provenientes de plataformas de mapeamento colaborativo pode ser uma alternativa para minimizar as limitações em tela. Assim, foi traçado como objetivo geral da pesquisa propor um método para realizar a seleção de dados geoespaciais colaborativos, definir critérios de aquisição, verificar os requisitos de qualidade e propiciar a integração documentada desses dados ao mapeamento de referência em escalas pequenas. Para alcançar esse objetivo, em um primeiro momento foi realizado um estudo de compatibilização semântica entre os modelos conceituais do mapeamento de referência, descrito nas ET-EDGV, e o da plataforma colaborativa *OpenStreetMap*. A partir desse resultado foi possível quantificar o potencial de integração para todas as classes das ET-EDGV, tomando como referência a Base Cartográfica Contínua do Estado do Rio de Janeiro, na escala 1:25.000, e consequentemente determinar aquelas com maior potencial. Isso permitiu o direcionamento dos esforços, com foco no grupo de classes que foram quantificadas como de maior potencial, para implementar processos automatizados para importação e integração de informação colaborativa ao mapeamento de referência, contribuição mais relevante de toda a pesquisa. Os resultados alcançados se mostraram altamente positivos, tanto em termos percentuais como em quantidade de feições. Em relação à avaliação da qualidade, também apoiada nos padrões nacionais e internacionais vigentes, foram obtidos resultados bastante satisfatórios. Como conclusão, verificou-se que a utilização de informação geográfica voluntária para atualização e para complementação das bases cartográficas de referência é plenamente viável com resultados expressivos e metodologia validada em termos de qualidade.

Palavras-chave: *OpenStreetMap*. VGI. semântica. qualidade de dados. automatização.

ABSTRACT

Brazil has a large area of territory with outdated cartography or lack of mapping, especially at the larger scales of reference cartography. First, in the research, an inventory was carried out to know the degree of coverage and updating of the mapping in the country, in which it was found that, on a scale of 1:25,000, only 5.5% of the country was mapped and 1:100,000, although together they cover almost the entire territory, it was confirmed that more than 60% of the mapping at these scales was produced more than thirty years ago. With reduced chances of changes in this condition, the use of data from collaborative mapping platforms can be an alternative to minimize limitations in this case. Thus, the main goal of the research was to propose a method to carry out the selection of collaborative geospatial data, define acquisition criteria, verify the quality requirements and provide the documented integration of these data to the reference mapping at small scales. To achieve this objective, initially a study of semantic conflation was carried out between the conceptual models of the reference mapping, described in the ET-EDGV, and that of the collaborative platform OpenStreetMap. In sequence, it was possible to quantify the integration potential for all ET-EDGV feature classes, taking as reference the Continuous Cartographic Base of the State of Rio de Janeiro, on a scale of 1:25,000, and consequently determine those with the greatest potential. This result allowed directing efforts, focusing on the group of classes that were quantified as having the greatest potential, to implement automated processes for importing and integrating collaborative information into reference mapping, the most relevant contribution in the entire research. Results achieved were highly positive, both in terms of percentage and number of features. Regarding the quality assessment, supported by national and international standards, very satisfactory results were also obtained. In conclusion, it was found that the use of voluntary geographic information to update and complement the cartographic reference bases is fully viable with expressive results and a validated methodology in terms of quality.

Palavras-chave: OpenStreetMap. VGI. semantic. data quality. automation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – DIAGRAMA DE CLASSES PARA A CATEGORIA DE INFORMAÇÃO ‘ÁREA VERDE’	30
FIGURA 2 – EXTRATO DO DIAGRAMA DE CLASSES PARA A CATEGORIA DE INFORMAÇÃO ‘SISTEMA DE TRANSPORTE/SUBSISTEMA AEROPORTUÁRIO’	30
FIGURA 3 – EXTRATO DOS CRITÉRIOS PARA AQUISIÇÃO DE FEIÇÕES DA CLASSE ‘PONTE’	32
FIGURA 4 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE VS. UNIVERSO DO DISCURSO	35
FIGURA 5 – ELEMENTOS DA COMPLETUDE: OMISSÃO / COMISSÃO (alterada)	36
FIGURA 6 – RELAÇÃO DE ABRANGÊNCIA ENTRE VGI, CGU E <i>CROWDSOURCING</i>	44
FIGURA 7 – INSTITUIÇÕES FEDERAIS BRASILEIRAS PROVEDORAS DE DADOS PARA O OSM	48
FIGURA 8 – ETIQUETAS PARA AS FEIÇÕES DO TIPO “VIAS TERRESTRES”	58
FIGURA 9 – EXEMPLOS DE LISTAS DE DOMÍNIO DA CLASSE “VIA DESLOCAMENTO”	59
FIGURA 10 – INICIATIVAS INTERNACIONAIS PARA INTEGRAÇÃO DOS MAPEAMENTOS	61
FIGURA 11 – VISÃO GERAL DOS PONTOS DO PROJETO <i>THE NATIONAL MAP CORPS</i>	62
FIGURA 12 – ESPECTRO DE LICENÇAS DA <i>CREATIVE COMMONS</i>	64

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – MATRIZ METODOLÓGICA DE AMARRAÇÃO DA TESE	24
QUADRO 2 – DOCUMENTOS NORMATIVOS DO SISTEMA CARTOGRÁFICO NACIONAL.....	27
QUADRO 3 – EXTRATO DA RELAÇÃO DE CLASSES DE OBJETOS DA CATEGORIA DE INFORMAÇÃO ‘LIMITES E LOCALIDADES’ E SUA REPRESENTATIVIDADE DE ACORDO COM A ESCALA.....	31
QUADRO 4 – EXTRATO DOS CRITÉRIOS PARA AQUISIÇÃO DE OBJETOS SEGUNDO ESCALA E DIMENSÕES DA FEIÇÃO.....	33
QUADRO 5 – ABORDAGENS PARA VALIDAÇÃO DE DADOS VGI	54
QUADRO 6 – MATRIZ CONTRIBUTIVA DE AMARRAÇÃO DA TESE	139

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ANM	- Agência Nacional de Mapeamento
ARP	- Aeronave Remotamente Pilotável
CC	- <i>Creative Commons</i>
CGC	- Coordenação de Geodésia e Cartografia
CGU	- Conteúdo Gerado pelo Usuário ou <i>User-Generated Content</i>
CONCAR	- Comissão Nacional de Cartografia
DP	- Domínio Público
DSG	- Diretoria de Serviço Geográfico
ET-ADGV	- Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais
ET-CQDG	- Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Conjuntos de Dados Geoespaciais
ET-EDGV	- Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais
EUA	- Estados Unidos da América
EuroSDR	- <i>The Spatial Data Research interests of European countries</i>
GPS	- <i>Global Positioning System</i>
HOT	- <i>Humanitarian OpenStreetMap Team</i>
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IG	- Informação geoespacial
IGN	- <i>Institut National de L'information Geographique et Forestière</i>
INDA	- Infraestrutura Nacional de Dados Abertos
INDE	- Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
InSAR	- <i>Interferometric Synthetic Aperture Radar</i>
INSPIRE	- <i>Infrastructure for Spatial Information in Europe</i>
ISO	- <i>International Organization for Standardization</i>
JOSM	- Editor JAVA do <i>OpenStreetMap</i>
LAI	- Lei de Acesso a Informação
LiDAR	- <i>Light Detection And Ranging</i>
LWG	- <i>OSM Licensing Working Group</i> ou Grupo de Trabalho de Licenciamento do OSM
NSDI	- <i>National Spatial Data Infrastructure</i>

ODbL	- <i>Open Database Licence</i>
OGL	- <i>Open Government Licence</i>
ONG	- Organização Não Governamental
OSM	- <i>OpenStreetMap</i>
PBDA	- Portal Brasileiro de Dados Abertos
PEC	- Padrão de Exatidão Cartográfica
PPGCG	- Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
SIG	- Sistema de Informação Geográfica
SCN	- Sistema Cartográfico Nacional
TM	- <i>Tasking Manager</i>
UCL	- <i>University College London</i>
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
UN-GGIM	- <i>United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management</i>
USGS	- <i>United States Geological Survey</i>
VGI	- <i>Volunteered Geographic Information</i> ou Informação Geográfica
Voluntária	

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVOS	21
1.1.1 Objetivo geral	21
1.1.2 Objetivos específicos.....	21
1.2 JUSTIFICATIVA	22
1.3 ESTRUTURA DA TESE	23
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	25
2.1 MAPEAMENTO DE REFERÊNCIA.....	25
2.1.1 Conceitos e histórico	25
2.1.2 Normas e padrões.....	26
2.1.3 Escalas.....	28
2.1.4 Qualidade do mapeamento de referência	33
2.1.4.1 Completude	36
2.1.4.2 Consistência lógica.....	37
2.1.4.3 Acurácia posicional.....	38
2.1.4.4 Acurácia temática	38
2.1.4.5 Acurácia temporal.....	39
2.1.4.6 Usabilidade.....	39
2.2 MAPEAMENTO COLABORATIVO.....	40
2.2.1 Aspectos iniciais e conceituais	40
2.2.2 Plataformas de mapeamento colaborativo	45
2.2.3 Aspectos da qualidade/confiabilidade	49
2.2.4 Fatores motivacionais.....	50
2.2.5 Validação.....	53
2.3 INTEGRAÇÃO DE DADOS COLABORATIVOS	56
2.3.1 Potenciais categorias de informação com vistas à integração	56
2.3.2 Utilização de dados colaborativos em ANM's.....	59
2.3.3 Questões legais.....	62
3 BRAZILIAN NSDI TEN YEARS LATER: CURRENT OVERVIEW, NEW CHALLENGES AND PROPOSITIONS FOR NATIONAL TOPOGRAPHIC MAPPING.....	67

4 AUTHORITATIVE CARTOGRAPHY IN BRAZIL AND COLLABORATIVE MAPPING PLATFORMS: CHALLENGES AND PROPOSALS FOR DATA INTEGRATION.....	82
5 COMO E QUANTO O MAPEAMENTO COLABORATIVO PODE, DE FATO, CONTRIBUIR COM AS BASES GEOESPACIAIS DE REFERÊNCIA?	103
6 INTEGRAÇÃO DE DADOS DE MAPEAMENTO COLABORATIVO AO MAPEAMENTO DE REFERÊNCIA: METODOLOGIA PARA AUTOMATIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE.....	121
7 CONCLUSÕES	138
REFERÊNCIAS.....	144

1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais as atividades humanas têm se tornado dependentes e otimizadas pelo uso de informação geoespacial (IG), que vem experimentando uma crescente diversidade nos contextos de uso da IG (HARDING *et al.*, 2009). Segundo estudos do UN-GGIM, Comitê de Peritos das Nações Unidas sobre o Gerenciamento Global de Informações Geoespaciais (UN-GGIM, 2015) novas tecnologias ou tendências suportadas por IG vêm se consolidando como, por exemplo, *smart cities*, *digital twin cities*, *geomarketing*, aplicações diversas com uso de *drones* e tecnologia *beacon*¹. Seja nas atividades pessoais cotidianas seja no curso de projetos nas organizações privadas, nos planejamentos e operações realizadas nas instituições públicas e governamentais bem como nas pesquisas científicas desenvolvidas em ambiente acadêmico, a IG é um elemento fundamental e estratégico que deve ser considerado na tomada de decisões.

Naturalmente, nas ciências geodésicas essa importância igualmente se observa. A existência de bases cartográficas de referência, precisas, atualizadas e em escala compatível com um determinado trabalho a ser feito, significa um ferramental de grande valia para o conhecimento da realidade da região de interesse de qualquer projeto, ação ou pesquisa, conforme já dito por consagrados autores como Dent, Torguson e Hodler (2009) e Robinson *et al.* (1995). Essas bases constituem-se no insumo básico para consultas espaciais e análises das mais diversas naturezas. Além disso, a disponibilidade de dados cartográficos históricos permite análises espaço-temporais que podem resultar em avaliações das dinâmicas ocorridas naquela região.

No entanto, o Brasil apresenta histórica deficiência em termos de abrangência de dados cartográficos em nível nacional, sobretudo nas maiores escalas previstas no mapeamento topográfico do país. De acordo com Silva e Camboim (2020), a escala 1:25.000, por exemplo, possui cobertura extremamente limitada (cerca de 5,5% do país) incorporada ao Sistema Cartográfico Nacional (SCN). As escalas intermediárias, 1:50.000 e 1:100.000, foram planejadas para serem complementares entre si em abrangência e, conforme os autores citados,

¹ *Beacon* é uma tecnologia que permite a localização de dispositivos móveis em espaços fechados (*indoor*) e a possibilidade de apresentar aos usuários seu posicionamento bem como realizar a oferta interativa de serviços, produtos ou facilidades de maneira personalizada (NEWMAN, 2014).

somadas cobrem 94% do país, porém estão bastante desatualizadas, já que foram produzidas, em sua grande maioria, nas décadas de 1970 e 1980. Não obstante, na inexistência de mapeamentos mais recentes, esses ainda são bastante utilizados. Somente para as escalas 1:250.000 e 1:1.000.000, o país possui bases cartográficas completas e atualizadas, em sua totalidade produzidas de acordo com normas e padrões estabelecidos, integradas a banco de dados geográfico e que fazem parte de um programa de permanente atualização.

O Decreto-Lei nº 243 (BRASIL, 1967), que estabelece as diretrizes e bases da cartografia brasileira, tem como uma de suas definições, as séries de cartas topográficas que compõem a cartografia sistemática terrestre básica. Portanto, com a finalidade de representação do espaço territorial do país, deveriam ser produzidos mapeamentos na escala 1:25.000 até 1:1.000.000, com as devidas escalas intermediárias.

É importante ressaltar que, em razão de ser a maior escala prevista para o mapeamento de referência no Brasil, a escala 1:25.000 é tratada como escala grande no que se refere a cartografia sistemática. No entanto, dadas as características das plataformas de mapeamento colaborativo, que contemplam informações de grande detalhamento, no contexto desta tese, todas as escalas previstas no mapeamento de referência, inclusive a escala 1:25.000, serão consideradas escalas pequenas de representação cartográfica. Sendo essa a maior escala prevista no mapeamento de referência, foi utilizada a Base Cartográfica Contínua do Estado do Rio de Janeiro (IBGE, 2018), na escala 1:25.000, para todas as atividades desta pesquisa.

Ainda que nos últimos anos tenham surgido tecnologias ou ocorrido avanços nas formas de obtenção de dados, como imagens satelitais de resolução submétrica, aquisição de imagens por ARP (Aeronaves Remotamente Pilotáveis, também conhecidas por *drones*), LiDAR, InSAR dentre outras que têm contribuído para oferecer novas opções de produção, que por sua vez possibilitam o aumento da produtividade nos projetos, o Brasil enfrenta problemas de desatualização cartográfica ou inexistência de mapeamento em extensas áreas de seu território.

Além disso, devido às dimensões continentais, o país possui regiões com características bastante heterogêneas. Neste sentido, existe um problema cuja solução não é trivial, tampouco rápida. Ademais, o mapeamento de referência é uma atividade que demanda investimentos significativos e permanentes, e para

impulsionar a produção cartográfica em larga escala, também é necessário um quantitativo considerável de pessoal qualificado.

Diante desse cenário de muitos óbices, uma presumível alternativa para mitigar as limitações dessa realidade é o emprego de dados oriundos de plataformas de mapeamento colaborativo. Goodchild (2007) definiu o termo *Volunteered Geographic Information* (VGI), ou informação geográfica voluntária, que pode ser entendido em uma concepção simplificada como um conjunto de dados geográficos produzidos por pessoas ou organizações não especializadas na produção de dados geoespaciais.

Assim, diante da atualidade e da relevância do tema, entende-se como justificáveis os esforços empreendidos na presente pesquisa por ser necessário investigar as diversas possibilidades de utilização da informação disponível, gratuita e de livre acesso oriunda de esforço voluntário coletivo como forma de alavancar a aquisição de informações atualizadas em grande volume além obter tantas outras existentes em regiões remotas, muitas ainda sem mapeamento.

Ressalta-se também que, historicamente na Cartografia, existia uma divisão bastante evidente entre o produtor e o usuário dos mapas. Com o advento do mapeamento colaborativo, o cidadão pode assumir outra posição e passar a ter protagonismo, a partir do caráter participativo e engajado, eliminando aquela tradicional dicotomia. Ao fazer parte do processo, esse novo produtor ou “*produser*” como denominação proposta por Budhathoki, Bruce e Nedovic-Budic (2008) torna-se colaborador e multiplicador da realidade do seu espaço vivido, pois deixa de ser um mero consumidor passivo da informação geoespacial e passa a contribuir com o compartilhamento e a disseminação do seu conhecimento local expressado em uma estrutura geográfica. Essa perspectiva vem, ainda, suscitar outra reflexão para as instituições produtoras de informação geoespacial, cunhada à medida que a participação cidadã traz à luz demandas por novos produtos cartográficos, mais afetos às necessidades e particularidades de usuários ou grupos que possuam interesses específicos em comum.

Outros importantes fatores destacam-se como pontos positivos tais como a disponibilidade e a massificação da internet a partir do uso de tecnologias móveis cada vez mais acessíveis aos cidadãos. Assim, de uma forma natural, a computação ubíqua em paralelo à tendência de mobilidade para um crescente número de atividades cotidianas pode fazer o cidadão comum transformar-se em uma peça-

chave na Cartografia, sendo provedor ativo e permanente de informação geográfica voluntária. Além disso, essa nova “fonte de dados”, em função de sua capilaridade, por estar espalhado por todo o país e pela sua notável velocidade na atualização da informação geoespacial, pode significar um importante elemento de sinalização, para as agências nacionais de mapeamento (ANM), de quais são as áreas com maior necessidade de direcionamento de seus esforços.

No que se refere a pesquisas acadêmicas, Bravo *et al.* (2015) elencam diversas preocupações em relação à necessidade de investigação com vistas a avaliar, em termos de adequação dos dados e parâmetros de qualidade, e aproveitar a informação voluntária no contexto da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE). Nesse sentido, os autores sublinham algumas lacunas de conhecimento científico que precisam ser pesquisadas, tal como a integração entre informação voluntária e bases oficiais, de modo que esta ocorra com a preservação da qualidade necessária para o mapeamento de referência.

Camboim, Bravo e Sluter (2015) reforçam suas preocupações com a ausência de métodos que permitam medir a confiabilidade de dados de VGI, mas entendem que esse tipo de dado pode ser uma alternativa viável para aumentar a velocidade de atualização da cartografia de referência. Assim, os autores concordam que a VGI pode desempenhar um importante papel nesse processo de integração, sendo fundamental compreender a natureza e os aspectos de qualidade relacionados a ela.

Em relação às ANM no exterior, o aproveitamento de informações geográficas baseadas em contribuições voluntárias tem experimentado alguns casos de sucesso e outros negativos. Uma pesquisa de Olteanu-Raimond *et al.* (2016) apresenta as formas mais usuais de comunicação ou interação entre usuários e agências como alertas sobre erros, inclusão de dados novos, informe de nomes locais, detecção de alterações e interpretação de imagens. Assim, dentre os resultados positivos verificados figuram casos das agências da Holanda, da Finlândia e dos Estados Unidos. Por outro lado, o trabalho cita situações na França e em Portugal que não foram satisfatórias e, dessa forma, podem servir como casos de lições aprendidas visando aperfeiçoamento de métodos.

Diversos autores (SARRETA; MINGHINI, 2021; IVANOVIC *et al.*, 2020; MACHADO, 2020; OLTEANU-RAIMOND *et al.*, 2017; BROVELLI *et al.*, 2016; DORN *et al.*, 2015; SIEBRITZ, 2014; GRASER; STRAUB; DRAGASCHNIG, 2013;

ANAND *et al.*, 2010) têm desenvolvido pesquisas sobre o tema e vêm demonstrando que esse tipo de informação é passível de uso de forma integrada ao mapeamento de referência e que deve ser empregado, sobretudo em áreas com informações desatualizadas ou sem dados. No entanto, é notável que a grande maioria desses estudos possui seu foco em feições ou categorias de informação compatíveis com representação em escala grande e, predominantemente, em cenário urbano.

Destarte, a preocupação com a ausência de métodos científicos em pesquisas relacionadas à efetivação da integração de dados provenientes de plataformas colaborativas em mapeamento de referência endereçou as investigações da presente tese de doutorado em buscas de respostas a esse hiato. Adicionalmente, estenderam-se as atenções para a integração em escalas múltiplas, tais como as previstas no mapeamento topográfico brasileiro.

Existem diversas plataformas ou sistemas que contemplam informações geográficas voluntárias em abundância. Dentre esses, elegeu-se a plataforma do *OpenStreetMap* (OSM), em especial pelo seu grau de maturidade no que concerne à estruturação dos dados, à quantidade de informações e atualizações além da gigantesca multidão de contribuidores no Brasil e em todo o mundo.

O OSM é um projeto criado em 2004, baseado em *crowdsourcing* com objetivo principal de criar um mapa livre e editável de todo o planeta. O projeto criado há quase vinte anos, conta com mais de 8,7 milhões de usuários cadastrados e cerca de 1,3 milhão de efetivos contribuidores que, em média, realizam mais de 3,5 milhões de edições por dia. No Brasil são feitas cerca de 70.000 edições diariamente (NEIS, 2022).

Isto posto, o problema desta pesquisa figura em como definir uma metodologia mensurável, verificável e reproduzível com vistas à integração de informações geográficas voluntárias aproveitáveis no mapeamento de referência para o subconjunto de informações disponíveis na plataforma *OpenStreetMap* com maior potencial para contribuir com o mapeamento topográfico em escala pequena. Nesse escopo, a questão central da pesquisa é que plataformas colaborativas contêm dados geoespaciais em permanente atualização e possuem um grande número de colaboradores, cidadãos dotados dentre outros aspectos de conhecimento geográfico e, possivelmente, esse conhecimento tem potencial de ser integrado ao mapeamento de referência nacional. Diante disso, é endereçada a seguinte hipótese:

Se for desenvolvido um método para selecionar, avaliar a qualidade e importar dados colaborativos relevantes será possível integrar dados colaborativos ao mapeamento de referência de forma automatizada, semanticamente estruturada e documentada.

Dadas as evidências da relevância do tema e diante da oportunidade de valer-se dessa tendência, o presente trabalho teve como propósito investigar essas lacunas, no intuito de comprovar de forma científica e estruturada que os dados fornecidos por usuários voluntários, após as devidas análises e validações, podem ser de alguma forma, integrados ao mapeamento de referência do país.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é propor uma metodologia para realizar a seleção de dados geoespaciais colaborativos, definir critérios de aquisição, verificar os requisitos de qualidade e propiciar a integração documentada desses dados ao mapeamento de referência em escalas pequenas.

1.1.2 Objetivos específicos

- I. Realizar o diagnóstico da situação atual do mapeamento topográfico de referência do Brasil;
- II. Desenvolver um método que defina os critérios para seleção, verificação e aquisição de geometrias e atributos que serão considerados com vistas à integração ao mapeamento de referência;
- III. Determinar as feições e atributos constantes da plataforma *OpenStreetMap*, que face à disponibilidade e correspondência semântica entre os modelos conceituais e características de aquisição, têm maior potencial de integração às bases de referência;
- IV. Implementar fluxos automatizados para integração e documentação de dados disponíveis no *OpenStreetMap* e realizar a avaliação da qualidade (completude, acurácia posicional e acurácia temática) das feições importadas.

1.2 JUSTIFICATIVA

As avaliações de feições típicas de mapeamento em escala grande bem como a representação de informação geoespacial em áreas urbanas ou suburbanas com grande densidade demográfica, têm sido bastante exploradas (BRÜCKNER *et al.*, 2021; ELIAS *et al.*, 2020; ZHOU; LIN, 2020; ZHOU, 2017; MOBASHERI *et al.*, 2017; HECHT; KUNZE; HAHMANN, 2013; NEIS; ZIELSTRA; ZIPF, 2011). Os autores citados, além de inúmeros outros, têm apresentado possibilidades bastante satisfatórias a respeito da avaliação e da integração de dados colaborativos, em geral para cidades. Assim, o tema tem sido amplamente pesquisado pela comunidade científica, porém entende-se que faltam estudos para realidades mais similares à do Brasil, em especial pela questão do mapeamento de referência ser de escala pequena.

No que se refere aos estudos de integração de dados colaborativos nas agências nacionais de mapeamento, Machado e Camboim (2019) e Olteanu-Raimond *et al.* (2016) citam pelo menos dez países (Alemanha, Canadá, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Grécia, Reino Unido, Sérvia e Suécia) cujas agências nacionais ou regionais de mapeamento fazem algum tipo de aproveitamento de dados fornecidos por usuários voluntários em suas bases e essas experiências, ainda que aplicadas de maneira diversa das características da cartografia brasileira, podem servir como bons exemplos para a nossa realidade.

Destarte, a presente pesquisa apresenta-se diante de alguns desafios menos explorados em recentes pesquisas como: a identificação de feições pertinentes a representação em escalas pequenas, a compatibilização entre os modelos semânticos do *OpenStreetMap* e das especificações técnicas brasileiras, a diferenças de potencial de contribuição em cada classe do mapeamento e, ainda, a necessidade de avaliar a geração de metadados em nível de feição e atributo.

Considerando que modificar a realidade do país, em termos do alcance de cobertura cartográfica atualizada, pelo menos a curto/médio prazo, será bastante difícil, em função da limitação de recursos e da redução da capacidade produtiva das instituições oficiais de mapeamento face à diminuição dos seus quadros de pessoal, este trabalho também tem como finalidade apresentar parâmetros e

reflexões para uma mudança nos paradigmas da construção de bases de referência no Brasil.

Por fim, outra razão para esta pesquisa ter viés de integração de dados geográficos oriundos de plataformas de mapeamento colaborativo à cartografia de referência em escala pequena justifica-se pelo autor ser servidor do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), instituição corresponsável pela cartografia brasileira, e atuar na Coordenação de Geodésia e Cartografia (CGC), setor diretamente responsável pela produção das bases cartográficas de referência no Brasil. Além disso, desde 2016, mapeamento colaborativo é um dos temas tratados como assunto estratégico definido pela presidência do IBGE, que vem direcionando esforços internos com a criação de grupo de trabalho e realização de seminários e projetos piloto.

1.3 ESTRUTURA DA TESE

Na reunião do colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, realizada em 12 de setembro de 2019, foi confirmada a possibilidade de elaboração de teses de doutorado estruturadas em formato de artigos. Desta forma, optou-se por estruturar esta tese neste formato.

O capítulo 2 – Referencial teórico – dedica-se à fundamentação basilar para a compreensão dos temas tratados na pesquisa, no que tange ao mapeamento de referência, assim como os aspectos fundamentais sobre informação geográfica voluntária e integração desses dados ao mapeamento de referência.

Os capítulos 3 e 4 são compostos por artigos já publicados.

Os capítulos 5 e 6 são compostos por artigos que ainda serão submetidos a revistas científicas após a apreciação desta tese pelos membros da Banca Examinadora.

O capítulo 7 contém as conclusões da tese, com as considerações finais, as principais contribuições, as limitações e sugestões para trabalhos futuros.

O QUADRO 1, a seguir, apresenta a matriz metodológica de amarração (COSTA; RAMOS; PEDRON, 2019) com uma visão geral dos quatro artigos desta tese, seguindo a ordem dos capítulos em que estão organizados, contendo os problemas, os objetivos, as justificativas e o método de cada um.

QUADRO 1 – MATRIZ METODOLÓGICA DE AMARRAÇÃO DA TESE

Questão central: As plataformas colaborativas contêm dados geoespaciais em permanente atualização e possuem um grande número de colaboradores, cidadãos dotados dentre outros aspectos de conhecimento geográfico e, possivelmente, esse conhecimento tem potencial de ser integrado ao mapeamento de referência nacional.					
Objetivo geral: Propor um método para realizar a seleção de dados geoespaciais colaborativos, definir critérios de aquisição, verificar os requisitos de qualidade e propiciar a integração documentada desses dados ao mapeamento de referência em escalas pequenas.					
Título	Problema	Objetivo	Justificativa	Método	Status
Brazilian NSDI ten years later: current overview, new challenges and propositions for national topographic mapping.	Qual a disponibilidade de mapeamento de referência no Brasil após dez anos de implantação da INDE?	Analisar a evolução da cobertura do mapeamento de referência e apresentar propostas para enfrentar futuros desafios.	Necessidade de conhecer o estágio vigente do mapeamento de referência nacional	Inventário cartográfico a partir de mapas índices, portal da INDE, BDGEx e catálogos de metadados.	Publicado BCG 2020
Authoritative cartography in Brazil and collaborative mapping platforms: challenges and proposals for data integration.	Como identificar no conjunto de dados existentes no <i>OpenStreetMap</i> , que não estão presentes no mapeamento de referência, quais têm potencial para serem integradas?	Descrever os desafios e apresentar proposta e testes experimentais de um método para integrar dados de plataformas colaborativas e cartografia de referência.	Necessidade de criar uma metodologia para comparar e selecionar os dados do <i>OpenStreetMap</i> que sejam excedentes ao dados de referência.	Identificação de compatibilidade semântica entre os modelos conceituais, seleção de categorias e experimentos iniciais de integração.	Publicado BCG 2020
Como e quanto o mapeamento colaborativo pode, de fato, contribuir com as bases geoespaciais de referência?	Quanto os dados existentes no <i>OpenStreetMap</i> podem contribuir com o mapeamento de referência e quais informações possuem mais potencial para integração?	Avaliar quantitativamente o potencial de integração de dados colaborativos do <i>OpenStreetMap</i> em todas as classes do mapeamento de referência do Brasil.	Necessidade de quantificar o potencial de cada classe do mapeamento de referência para receber informações colaborativas.	Revisão e ampliação de compatibilização semântica prévia e valoração do potencial de integração para cada classe do mapeamento de referência.	A submeter
Integração de Dados de Mapeamento Colaborativo ao Mapeamento de Referência: Metodologia para Automatização e Avaliação da Qualidade.	Como integrar as informações voluntárias com maior disponibilidade no <i>OpenStreetMap</i> ao mapeamento de referência?	Definir uma metodologia para integração automatizada de dados disponíveis no <i>OpenStreetMap</i> a uma base de referência na escala 1:25.000.	Necessidade de atualizar e complementar o mapeamento de referência a partir de novas tecnologias ou fontes de dados.	Implementação de um fluxo automatizado para seleção, análise e importação de dados colaborativos e realizar a avaliação da qualidade dos dados adquiridos.	A submeter

FONTE: O autor (2022).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem como intuito apresentar uma base científica a partir dos conceitos mais relevantes para o desenvolvimento do trabalho da presente pesquisa, realizada a partir de uma revisão de literatura, que propiciou uma linha de raciocínio construída pelo conhecimento de autores que abordaram partes do problema sob investigação.

2.1 MAPEAMENTO DE REFERÊNCIA

2.1.1 Conceitos e histórico

Mapeamento de referência é aquele composto por produtos cartográficos elaborados sem uma finalidade específica e que tem como objetivo básico prover uma base cartográfica que suporte e permita aplicações generalizadas, em função da precisão geométrica e tolerâncias permitidas pela escala, de acordo com definição do IBGE (1999). De uma maneira geral, na literatura, ainda também tem sido usualmente nominado de mapas topográficos e conforme reforçado por Kent e Hopfstock (2018), esses mantêm sua posição única de autoridade entre os produtos cartográficos, graças à precisão científica assim como reflexo da sua autoria e produção, em geral a cargo de instituições governamentais, sejam as militares sejam as agências nacionais de mapeamento, ou ambas, como no caso do Brasil.

Assim, Kent e Hopfstock (2018) resumem que os mapeamentos de referência armazenam e oferecem informações topográficas de grande a pequenas escalas e propiciam uma estrutura de referência espacial para dados diversos sobre a Terra e seus recursos, e que servem a múltiplos propósitos como planejamento e gerenciamento de infraestruturas, suporte a explorações, meio ambiente, análises demográficas, planejamentos militares, atividades recreativas e tantas outras utilizações.

Um grande número de países possui seus mapeamentos topográficos nacionais bem estabelecidos, isto é, com ampla cobertura de seus territórios e com atualizações frequentes. Alguns desses tiveram sua cartografia de referência iniciada há mais de 100 anos através de agências nacionais de mapeamento criadas para este fim, como por exemplo, a Suíça (WIGLEY, 2019), Estados Unidos

(SLUTER; MENDONÇA, 2015) e Reino Unido (OLIVER, 2007). Outros tiveram seu desenvolvimento mais recente, porém não menos consolidado, como no caso de Nova Zelândia (BLICK, 2009), Eslovênia (PETROVIC, 2006), Finlândia (JAKOBSSON; ILVES, 2016), China (WU *et al.*, 2014), dentre muitos outros. Além de sua função precípua, pesquisas reforçam a importância e a necessidade de mapeamentos topográficos, em especial como componentes indispensáveis às Infraestruturas de Dados Espaciais (VEGT, VAN HELVERT; DIJKSTRA, 2019; SLUTER; CAMBOIM, 2009) que, cada vez mais, são implementadas tanto em nível estadual e nacional, como em alguns casos, em nível regional (ou transnacional), como ferramenta de suporte a tomada de decisão por entes governamentais e das sociedades de modo geral.

2.1.2 Normas e padrões

Toda a produção do mapeamento topográfico de referência deve ser desenvolvida sob respaldo de normas, padrões e especificações técnicas, que sendo seguidos garantirão o controle dos processos e, por consequência, proporcionarão produtos em conformidade em termos de qualidade. Nesse sentido, Machado e Camboim (2019) afirmam que pelo fato do mapeamento de referência ser a base para a produção de outras informações, os critérios adotados em relação a esses dados devem ser extremamente rigorosos, com o intuito de reduzir a propagação de erros aos produtos finais.

No que se refere ao Brasil e ao Sistema Cartográfico Nacional, a normatização para a produção de mapeamento está em uso desde 1975, quando da publicação da primeira edição do Manual Técnico de Convenções Cartográficas - T34-700 (DSG, 1998). Atualmente, sob encargo da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG), estão em vigor ou previstos os demais documentos normativos, conforme QUADRO 2, homologados pela Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR), que atualmente teve suas atividades interrompidas.

QUADRO 2 – DOCUMENTOS NORMATIVOS DO SISTEMA CARTOGRÁFICO NACIONAL

TÍTULO	VERSÃO	ANO	REFERÊNCIA
ET-ADGV – Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais	3.0	2018	DSG, 2018a
ET-EDGV – Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais	3.0	2018	DSG, 2018b
ET-PCDG – Especificação Técnica para Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais	2	2016	DSG, 2016b
ET-RDG – Especificação Técnica para Representação de Dados Geoespaciais	em elaboração	-	conforme nota ²
T34-700 (1ª Parte) – Convenções Cartográficas – Normas para o emprego dos símbolos	2	1998	DSG, 1998
T34-700 (2ª Parte) – Convenções Cartográficas – Catálogo de símbolos	2	2000	DSG, 2000
ET-CQDG – Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Conjuntos de Dados Geoespaciais	1	2016	DSG, 2016a
Perfil MGB – Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil	2.0	2021	IBGE;DSG, 2021

FONTE: O autor (2022).

À semelhança do que ocorre no âmbito nacional, normas técnicas são amplamente adotadas pelas instituições responsáveis pela produção de informação geoespacial em nível internacional.

No que concerne aos Estados Unidos da América, a *United States Geological Survey* – USGS, organização governamental também responsável pela produção e publicação de informação geoespacial naquele país, possui uma publicação que descreve as técnicas, métodos e demais aspectos referentes à produção e organização dos dados de sua base cartográfica de referência denominada *US Topo: Maps for America*, bem como da qualidade dos produtos (DAVIS *et al.*, 2019).

² Essa norma encontra-se em elaboração e, conforme orientação disponível em https://bdgex.eb.mil.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=84&catid=60&Itemid=356&lang=pt, deve ser utilizado o Manual T-34-700.

A diretiva INSPIRE que desde 2007 estabeleceu a criação de uma Infraestrutura Europeia de Informações Geográficas, determina que seus trinta e cinco Estados-Membros da Comunidade Europeia produzam, organizem e disponibilizem os dados e geosserviços em conformidade com princípios e regras comuns, que foram documentadas a partir de um modelo conceitual genérico das especificações dos dados que compõem a iniciativa INSPIRE (INSPIRE, 2009).

2.1.3 Escalas

É importante destacar que, apesar dos mapeamentos de referência serem divididos em séries de pequenas e grandes escalas, o conceito de mapeamento topográfico independe da sua escala de representação. Para a ANM francesa, IGN (2019), um mapa topográfico é um mapa em escala reduzida que representa o relevo determinado pela altimetria e os desenvolvimentos humanos de uma região geográfica de maneira precisa e detalhada em um plano horizontal.

Os mapeamentos de referência são, para a maioria dos países, divididos em escalas regulares e fixas que vão desde a escala 1:1.000 até a escala 1:1.000.000. Essa variação pode depender de fatores que envolvem as normas cartográficas próprias, as capacidades técnica e econômica até as próprias dimensões do território a ser representado.

Na Holanda, por exemplo, mesmo sendo um país de pequenas dimensões (possui 41.500 km², equivalente a cerca de 95% da área do Estado do Rio de Janeiro), o *the Netherlands' Kadaster*, organização responsável pela cartografia naquele país, produz mapas que vão desde a escala 1:10.000 até a escala 1:1.000.000 (STOTER *et al.*, 2013).

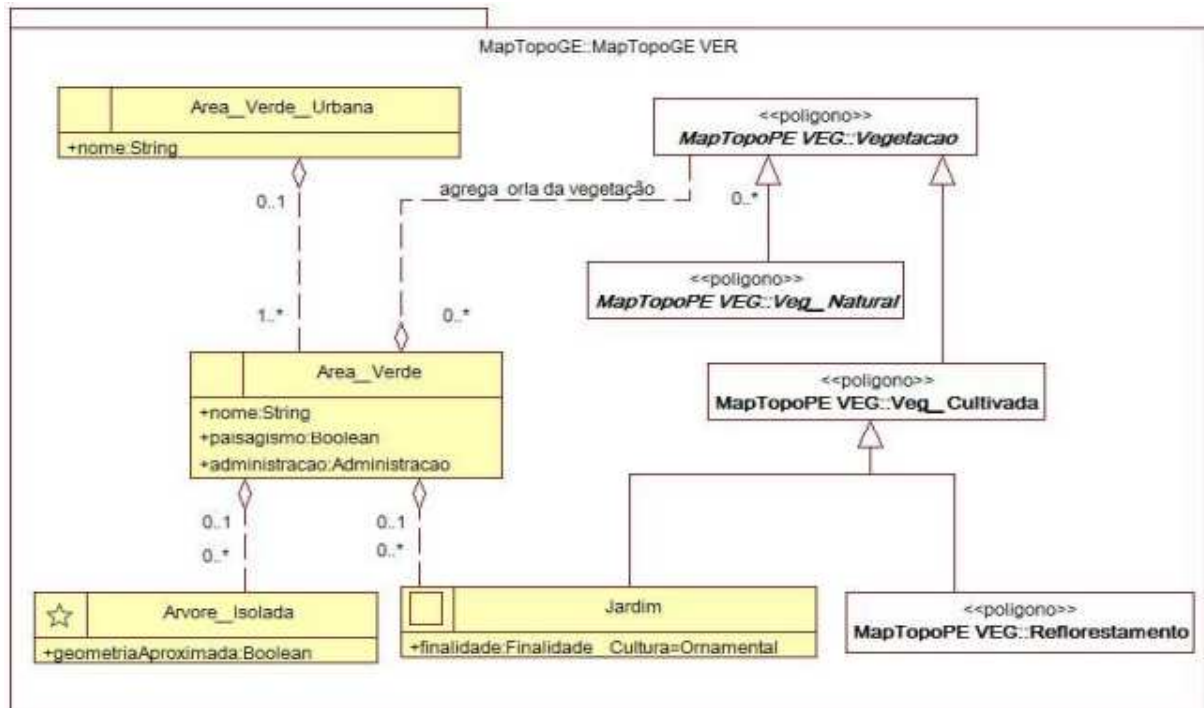
Na China, país de dimensões continentais (9,6 milhões km², área 13% maior que o Brasil), o mapeamento topográfico em nível nacional está compreendido entre as escalas 1:50.000 (integralmente coberto) a 1:4.000.000 e, ainda, cada província é responsável por produzir o mapeamento de sua área na escala 1:10.000 (NASG, 2012).

No caso do Brasil (área de 8,5 milhões km²), o Sistema Cartográfico Nacional prevê uma subdivisão em Mapeamento Sistemático em Pequenas Escalas (1:25.000 a 1:250.000) e Mapeamento Sistemático em Grandes Escalas (1:1.000 a 1:10.000) (DSG, 2018b) e o panorama do estado do mapeamento de referência no

Brasil foi tratado no artigo que consta do capítulo 3. Apesar disso, somente as escalas classificadas como pequenas são objeto de mapeamento pelas instituições produtoras de mapeamento de referência. Embora as ET-EDGV considerem as escalas 1:10.000 a 1:1.000 como mapeamento de referência, as grandes escalas, cujo termo refere-se à representação de feições com alto nível de detalhamento (MACHADO; CAMBOIM, 2019), são eventualmente objeto de trabalho em nível estadual ou municipal.

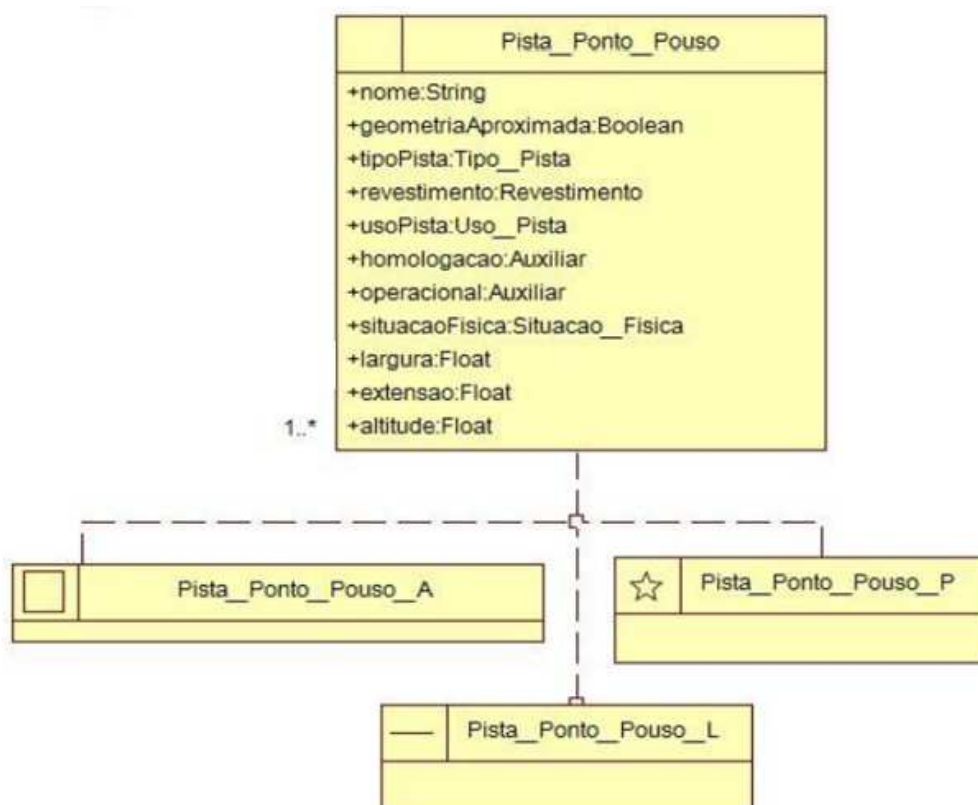
As ET-EDGV apresentam o catálogo de objetos utilizado para descrever a semântica do mapeamento de referência do Brasil, com o objetivo de padronizar as estruturas de dados geoespaciais vetoriais oficiais produzidos para compor as bases cartográficas (DSG, 2018b). A modelagem conceitual do espaço geográfico brasileiro é, de modo simplificado, dividida em categorias de informação, também compreendido como pacotes de informações geográficas, conforme ilustrado nas FIGURAS 1 (visão geral de toda a categoria 'Área Verde') e 2 (visão detalhada de parte da categoria 'Sistema de Transporte/Subsistema Aeroportuário'), e classes de objetos, que são agrupamentos de dados geoespaciais com características e comportamento comuns, conforme o QUADRO 3 (DSG, 2018b).

FIGURA 1 – DIAGRAMA DE CLASSES PARA A CATEGORIA DE INFORMAÇÃO ‘ÁREA VERDE’



FONTE: DSG (2018b)

FIGURA 2 – EXTRATO DO DIAGRAMA DE CLASSES PARA A CATEGORIA DE INFORMAÇÃO ‘SISTEMA DE TRANSPORTE/SUBSISTEMA AEROPORTUÁRIO’



FONTE: DSG (2018b)

QUADRO 3 – EXTRATO DA RELAÇÃO DE CLASSES DE OBJETOS DA CATEGORIA DE INFORMAÇÃO 'LIMITES E LOCALIDADES' E SUA REPRESENTATIVIDADE DE ACORDO COM A ESCALA

Classe Código na RCO	1:1.000	1:10.000	1:25.000	1:50.000	1:100.000	1:250.000
Aldeia_Indigena 1.4.4	C	C	C	C	C	C
Area_Densamente_ Edificada 1.4.5	X	X	X	X	X	X
Area_Especial 1.4.6	NI	NI	NI	NI	NI	NI
Area_Politico_Adminis- trativa 1.4.7	NI	NI	NI	NI	NI	NI
Area_Pub_Militar 1.4.8	X	X	X	X	X	X
Area_Urbana_Isolada 1.4.9	X	X	-	-	-	-
Capital 1.4.10	C	C	C	C	C	C
Cidade 1.4.11	C	C	C	C	C	C
Distrito 1.4.12	X	X	-	-	-	-
Localidade 1.4.13	C	C	C	C	C	C
Município 1.4.14	X	X	X	X	X	X
Nome_Local 1.4.15	X	X	X	X	X	X

FONTE: Adaptado de DSG (2018b).

No quadro anterior, a letra X indica que a classe deve ser adquirida naquela escala, sem prejuízo das limitações dimensionais previstas na ET-ADGV e o traço (-) indica que não deve ser adquirida. A letra C indica que a classe é do tipo Complexo e, por consequência, sua materialização é realizada pelas geometrias das suas classes agregadas. A expressão NI significa que a classe não é instanciável.

A ET-ADGV tem como objetivo padronizar e orientar o processo de aquisição dos vários tipos de dados geoespaciais vetoriais descritos na modelagem das ET-EDGV em função da escala do produto final. Assim, de acordo com as dimensões dos objetos, existe um critério para definir qual primitiva geométrica (ponto, linha ou área) o atributo geometria será adquirido além de outras regras e considerações topológicas. É importante salientar que, todavia, os critérios não podem ser definitivamente rígidos apenas em função da escala, principalmente ao consideramos que o espaço geográfico brasileiro é deveras heterogêneo. Neste

contexto, a título de exemplo, em um produto na escala 1:50.000, não é adequado representar um posto de combustível no centro urbano de uma capital de estado, porém pode ser interessante que esse mesmo tipo de feição esteja representado às margens de um trecho de rodovia isolada no interior do país (DSG, 2018a).

A FIGURA 3 ilustra um exemplo das regras para aquisição das feições, a(s) primitiva(s) geométrica(s) possível(is) e seus relacionamentos espaciais com as demais classes. Esse exemplo mostra um tipo de classe cujas feições podem ser representadas por qualquer um dos três tipos de primitivas geométricas.

FIGURA 3 – EXTRATO DOS CRITÉRIOS PARA AQUISIÇÃO DE FEIÇÕES DA CLASSE 'PONTE'

Classe	Código	Geometria
Ponte	1.8.12	★ – □
Método	Ilustração	
Obra de arte cuja finalidade é permitir a transposição de um curso d'água. Regras: 1) Primitiva geométrica do tipo ponto ou linha ou área conforme descrito na Tabela 1; 2) A primitiva geométrica área só é usada nas classes maiores que 1:25.000; 3) Quando na primitiva geométrica linha ou área, sobreposto por um objeto derivado de Via_Deslocamento, essa via deve estar contida na ponte; 4) Se um objeto da classe Trecho_Duto cruza um curso d'água sem necessidade de uma estrutura auxiliar (ponte), então a ponte não é adquirida. Atributos obrigatórios: 1) geometriaAproximada = V F 1) modalUso = Multivalorado: - Aeroportuário - Rodoviário - Ferroviário - Metroviário 2) matConstr = - Desconhecido - Multivalorado: Alvenaria Concreto Fibra Madeira Metal Rocha Outros 3) operacional = Desconhecido Sim Não 4) situacaoFisica = Desconhecida Abandonada Destruída Construída Em construção Construída, mas em obras 5) necessitaManutencao = Desconhecido Sim Não 6) nrPistas: preencher		

FONTE: Adaptada de DSG (2018a).

O QUADRO 4 mostra um extrato dos critérios para aquisição de objetos conforme as escalas previstas nas ET-EDGV, em termos das dimensões mínimas da feição na própria escala, que vão definir o tipo de primitiva geométrica (área, linha ou polígono) a ser empregado.

QUADRO 4 – EXTRATO DOS CRITÉRIOS PARA AQUISIÇÃO DE OBJETOS SEGUNDO ESCALA E DIMENSÕES DA FEIÇÃO

Código	Classe	Escalas	A	L	P
			s ≥ (mm²)	D ≥ (mm)	
1.3.2	Banco_Areia	todas	4	-	-
1.3.3	Barragem	todas	12,5	0,8	X
1.3.4	Canal	todas	d ≥ 0,8 mm	10	-
1.3.6	Comporta	1-25	-	0,8	X
1.3.7	Corredeira	1-100	d ≥ 0,8 mm	2	X
1.3.8	Dique	todas	12,5	5	X
1.3.9	Fonte_Dagua	1-100	-	-	X
1.3.10	Foz_Maritima	todas	-	0,8	X
1.3.11	Ilha	todas	4	-	X
1.3.12	Massa_Dagua	todas	d ≥ 0,8 mm	-	-
1.3.13	Quebramar_Molhe	todas	d ≥ 0,8 mm	5	-
1.3.14	Queda_Dagua	todas	-	0,8	X
1.3.15	Recife	todas	4	-	X
1.3.16	Rocha_Em_Agua	1-50	4	-	X
1.3.17	Sumidouro_Vertedouro	todas	-	-	X
1.3.18	Terreno_Sujeito_Inundacao	todas	25	-	-
1.3.19	Trecho_Drenagem	todas	-	10	-
1.3.20	Vala	todas	d ≥ 0,8 mm	10	-
1.4.5	Area_Densamente_Edificada	10-250	25	-	-

FONTE: Adaptada de DSG (2018a).

2.1.4 Qualidade do mapeamento de referência

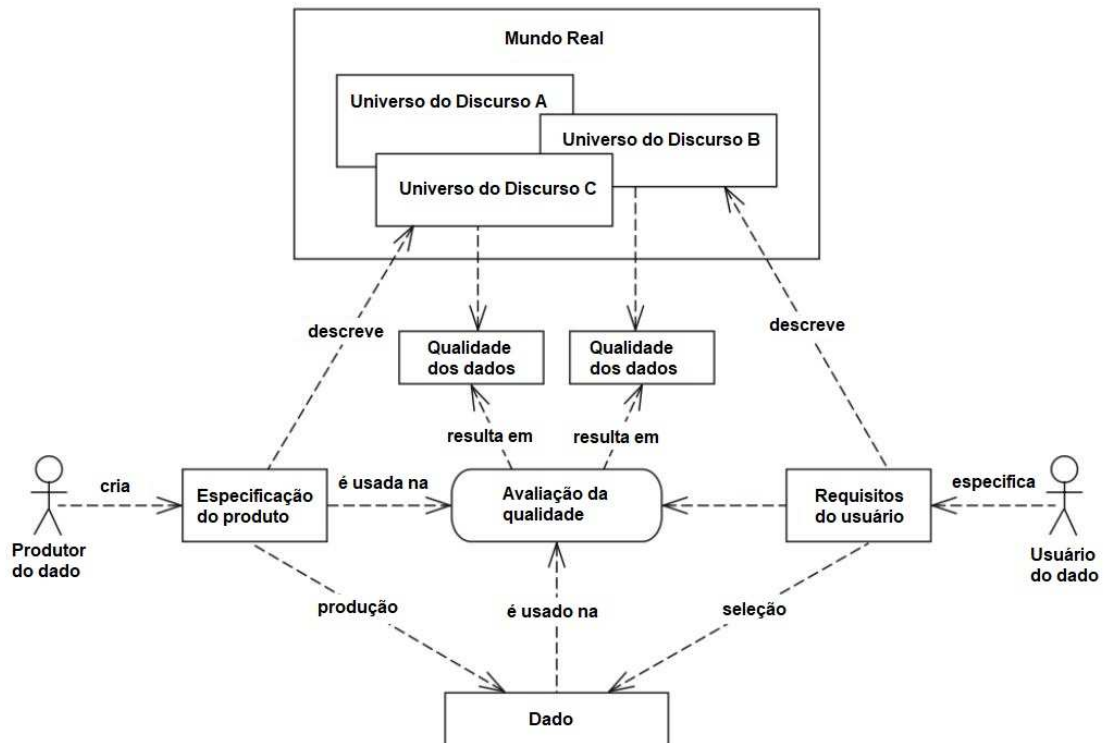
As informações sobre a qualidade de um determinado conjunto de dados geoespaciais disponível são essenciais para o processo de seleção de dados, em que o valor desses dados está diretamente relacionado à sua qualidade. Um usuário de dados geoespaciais pode ter vários conjuntos de dados para escolher e, portanto, ter a necessidade de comparar a qualidade desses conjuntos para determinar qual melhor atende aos requisitos de sua aplicação específica (ISO, 2013).

O objetivo de descrever a qualidade dos dados geoespaciais é facilitar a comparação e seleção do conjunto de dados mais adequado às necessidades ou requisitos de um usuário. Dessa maneira, descrições completas da qualidade de um conjunto de dados contribuem para promover e incentivar o compartilhamento, o intercâmbio e o uso de conjuntos de dados apropriados (ISO, 2013).

Esse entendimento é reforçado no Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil (CONCAR, 2011) no qual se afirma que é necessária a existência de padrões de metadados consolidados e estruturados com vistas a identificar a qualidade da informação geográfica e subsidiar a análise do usuário quanto à adequação as suas aplicações.

Assim, em uma concepção contemporânea e em especial no contexto das informações geoespaciais, o conceito de qualidade de dados pode ter diferenças a depender do ponto de vista, ou seja, se considerado em relação aos produtores ou aos usuários de dados. Isso nos conduz à ideia do “universo do discurso”, bastante explorada por ISO (2013), como pode ser observado na FIGURA 4, em que o conjunto de dados perfeito é aquele que corresponde à especificação do produto, na visão do produtor, ou aos requisitos do usuário, sob a ótica desse. Em suma, a qualidade de um conjunto de dados pode ser entendida como quão bem ele representa o universo do discurso.

FIGURA 4 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE VS. UNIVERSO DO DISCURSO



FONTE: Adaptada de ISO (2013).

Conforme dito por Servigne, Lesage e Libourel (2006), os produtores precisam aderir aos padrões de qualidade porque isto confere um grau de certificação aos dados por eles produzidos e, por outro lado, os usuários desejam dispor de dados cuja qualidade seja adequada às suas necessidades. Os autores sublinham, ainda, a necessidade de existência de bases cartográficas de referência para que essas sirvam como base de comparação em um processo de verificação da qualidade de um conjunto de dados em consideração.

As categorias que descrevem a qualidade posicional e semântica de dados de um conjunto de informações geográficas estão descritas na norma ISO 19157:2013 (ISO, 2013), que embasou as redações da Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais - ET-CQDG (DSG, 2016a) e do manual técnico de Avaliação da Qualidade de Dados Geoespaciais (IBGE, 2019). Destarte, além da relevante justificativa da necessidade de bases de referência, devidamente avaliadas conforme estabelecido pelos citados documentos, a seguir, são abordados os parâmetros da qualidade de dados espaciais:

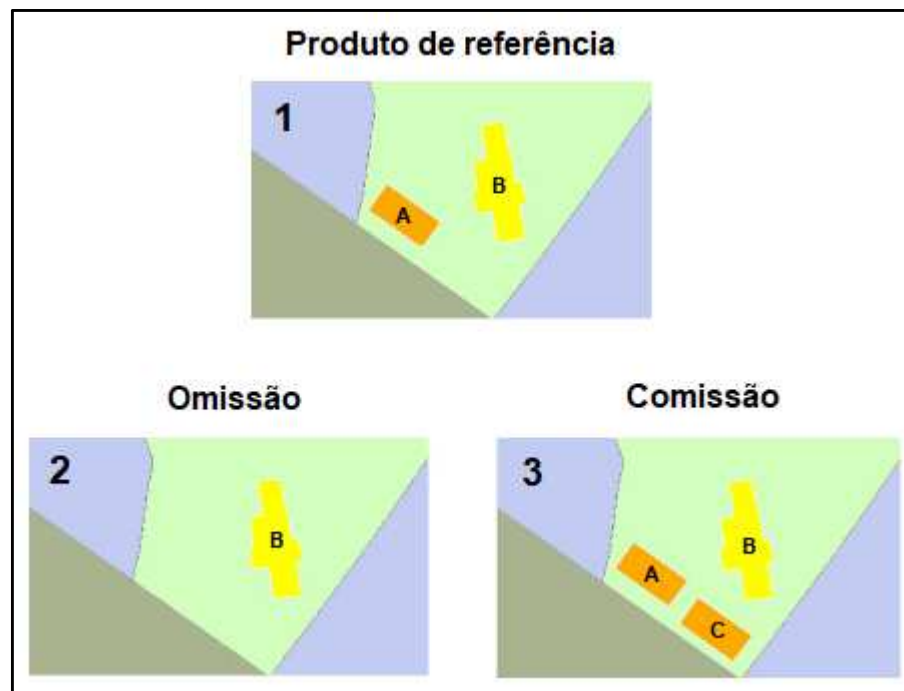
2.1.4.1 Completude

O termo completude ou completeza é aquele que se relaciona com a categoria da qualidade que trata da ausência ou do excesso de feições, seus atributos e relacionamentos no modelo cartográfico que representa a realidade, conforme a pertinência da escala de determinado conjunto de dados (ISO, 2013; DSG, 2016a; IBGE, 2019).

O conceito de completude é dividido em dois elementos: omissão, quando há feições existentes na realidade, mas ausentes no conjunto de dados espaciais, e comissão, quando há ocorrências no produto além da realidade percebida na escala. (IBGE, 2019).

A FIGURA 5 apresenta de modo bastante simplificado os elementos da completude. A ilustração 1 mostra um determinado produto considerado como de referência contendo as feições A e B devidamente representáveis na escala. Um segundo produto, conforme a ilustração 2 deveria conter as duas feições, porém a ausência da feição A configura um caso de “omissão”. Por outro lado, a ilustração 3 traz as mesmas feições A e B à semelhança da ilustração 1 e ainda uma feição adicional C, que denota a ocorrência de “comissão”.

FIGURA 5 – ELEMENTOS DA COMPLETUDE: OMISSÃO / COMISSÃO (alterada)



FONTE: Adaptada de DSG (2016a).

Em se tratando de estudos para integração de dados geográficos oriundos de plataformas colaborativas, é importante destacar que essa categoria da qualidade será a de maior destaque no presente trabalho. Assim, quando feita a comparação dos dados existentes nas plataformas de mapeamento colaborativo com as bases cartográficas de referência, percebe-se nessas, uma grande quantidade de omissões que serão solucionadas com os dados colaborativos, porém, há de se ter cautela com a incorporação de dados em excesso (comissão) uma vez que pode ocorrer, em determinadas regiões, aquisição de vetores em superabundância em decorrência da inexistência de preocupação com a escala por parte dos usuários não especialistas.

2.1.4.2 Consistência lógica

A consistência lógica é a categoria da qualidade que se refere ao atendimento das regras lógicas do modelo de dados em termos de estrutura, dos atributos e de suas relações (DSG, 2016a).

De acordo com a norma ISO 19157:2013 (ISO, 2013), a consistência lógica possui quatro elementos da qualidade:

- Consistência conceitual, que analisa a aderência do conjunto de dados geoespaciais às regras do modelo conceitual;
- Consistência de domínio, que verifica o preenchimento dos atributos de acordo com valores previstos para cada campo;
- Consistência de formato, que confere o nível em que os dados são armazenados em concordância com a estrutura física do conjunto de dados;
- Consistência topológica, que avalia a correção das características topológicas explicitamente estabelecidas para o conjunto de dados geoespaciais;

Em geral, os problemas relacionados a erros de consistência topológica são verificados através de inspeções de validação topológica, que visam identificar inconsistências nas geometrias e conectividades intra e entre classes, conforme o modelo de dados (IBGE, 2019).

2.1.4.3 Acurácia posicional

Acurácia posicional é a categoria da qualidade que avalia o quão precisa é a posição de uma determinada feição em um conjunto de dados espaciais em relação à sua real posição.

Conforme afirma Ariza-López (2002), a componente posicional sempre foi considerada como um aspecto definidor e fundamental da qualidade de todo produto cartográfico, uma vez que a posição afeta a geometria, a topologia e os aspectos temáticos que representam os dados espaciais. Todavia, o autor em uma abordagem mais recente (ARIZA-LÓPEZ *et al.*, 2017) ampliou o entendimento de que a acurácia posicional é também primordial para que se consiga a interoperabilidade de produtos e serviços geoespaciais.

De acordo com ISO (2013) e IBGE (2019) os elementos da acurácia posicional são:

- Acurácia posicional absoluta ou externa: proximidade entre os valores de coordenadas observadas no produto cartográfico e os valores de coordenadas de seu homólogo considerado como verdadeiro;
- Acurácia posicional relativa ou interna: proximidade entre os valores de coordenadas observadas com a posição relativa de outras feições geográficas no conjunto de dados e suas respectivas posições aceitáveis ou consideradas como verdadeiras; e
- Acurácia posicional de dados em grade: proximidade da posição de uma grade de dados, ou seja, na estrutura matricial, com o valor aceitável ou considerado como verdadeiro.

2.1.4.4 Acurácia temática

A acurácia temática é aquela que se relaciona com a correta interpretação das feições e dos atributos bem como sua inclusão de acordo com as classes existentes no modelo conceitual (DSG, 2016a). Essa categoria está classificada em três elementos:

- Correção da classificação: comparação da representação da classe de feições e/ou seus atributos, no universo da discussão, com a realidade de terreno ou dados de referência (ISO, 2013; IBGE, 2019);
- Correção dos atributos não quantitativos: verificação se um atributo não quantitativo está correto ou não; e
- Acurácia dos atributos quantitativos: proximidade do valor de um atributo quantitativo com um valor conhecido ou aceito como verdadeiro.

2.1.4.5 Acurácia temporal

A acurácia temporal é a medida da qualidade que se refere à exatidão da componente temporal de dados geoespaciais.

Segundo a norma ISO 19157:2013 (ISO, 2013), a categoria acurácia temporal possui três elementos da qualidade de dados:

- Acurácia de uma medida de tempo: proximidade de um atributo temporal com os valores aceitos ou conhecidos como verdadeiros;
- Consistência temporal: coerência na ordem de eventos quando relatados; e
- Validade temporal: validade dos dados ou geometrias em relação ao tempo.

2.1.4.6 Usabilidade

A usabilidade é a categoria da qualidade baseada nos requisitos dos usuários. Segundo a norma ISO 19157:2013 (ISO, 2013), todos os elementos de qualidade podem ser usados para avaliar a usabilidade. A avaliação da usabilidade também pode ser baseada em requisitos específicos dos usuários que não podem ser descritos usando os elementos de qualidade descritos anteriormente. Nesse caso, o elemento de usabilidade deve ser usado para descrever informações específicas de qualidade sobre a adequação de um conjunto de dados a uma aplicação específica ou a conformidade com um conjunto de requisitos (ISO, 2013).

De acordo com Harding *et al.* (2009), para entender os requisitos dos usuários destacados no parágrafo anterior é importante identificar os tipos de

usuários. Do ponto de vista da usabilidade da informação geoespacial, os usuários podem ser particularizados em grupos mais amplos: administradores de sistemas, desenvolvedores, especialistas ou usuários avançados, especialistas de domínios (temas) e usuários gerais. Cada usuário de um dos grupos tem um papel diferente, um nível de conhecimento e uma frequência de uso em relação à IG, e assim, esses aspectos juntos influenciam sua experiência na usabilidade da IG.

A norma ISO 19157:2013 (ISO, 2013) recomenda que ao utilizar a categoria usabilidade, devem ser empregados todos os descritores de elementos de qualidade de dados, como medida, método de avaliação e resultados, e ainda, definir as medidas de qualidade aplicadas em conformidade com a norma, a fim de fornecer detalhes precisos sobre a avaliação.

2.2 MAPEAMENTO COLABORATIVO

2.2.1 Aspectos iniciais e conceituais

Para que seja possível uma reflexão sobre mapeamento colaborativo, é necessário analisar como a evolução das tecnologias o tornou possível. Em poucas décadas, os avanços da internet nos permitiu sair da simples relação entre a página da *web* e o usuário, que tinha apenas a opção de consumir o conteúdo disponibilizado, em uma via de mão única, para uma relação de interatividade. Com isso, os *sítes* passaram a oferecer novas funcionalidades e maior interação, quando surgiu a possibilidade de usuários acessarem informações armazenadas em banco de dados de um servidor ou, até mesmo, adicionar informações a essas bases. A partir do aumento da capacidade de tráfego de dados e da velocidade através da banda larga, foram desenvolvidos *blogs* e *wikis* cujos conteúdos puderam ser acessados e editados por outros usuários, promovendo a soma de esforços e alavancando as formas de colaboração em diversos sentidos. Com o surgimento de dispositivos móveis, *notebooks*, *tablets*, *smartphones* e câmeras de aventura, capazes de transportar as informações a qualquer local, foi dado um novo salto na circulação de informação descentralizada. Assim, sob o ponto de vista técnico-computacional, foi o surgimento da *Web 2.0* que possibilitou a concepção do mapeamento colaborativo (GOODCHILD, 2007), através da informação geográfica voluntária.

Outro aspecto que não se pode negligenciar é que, ao contrário da produção cartográfica, que possui custos cada vez mais crescentes, a informação voluntária é obtida a um custo muito baixo. A atividade de campo para a coleta de informações, atributos e topônimos, tecnicamente conhecida por reambulação, é bastante demorada e significativamente custosa, dessa forma, a possibilidade de minimizar despesas com esse tipo de atividade pode contribuir para a adaptação dos recursos orçamentários dos projetos de mapeamento a realidades cada vez mais limitadas. Nesse contexto, Martins Junior *et al.* (2016) propõem metodologia para emprego de VGI no processo de reambulação, pois consideram que o processo tradicional de reambulação encontra-se obsoleto, e que por isso novas práticas devem ser discutidas para modernizá-lo, já que cada vez mais a informação geográfica é mais dinâmica e rapidamente produzida e absorvida pelos indivíduos.

Diferentemente do mapeamento tradicional, produzido por instituições e profissionais especialistas, o mapeamento colaborativo possui o foco no usuário. Assim, como afirma Goodchild (2007) passamos a ter um novo tipo de sensor: o homem, livre para circular pelo planeta, equipado unicamente com seus cinco sentidos e inteligência, para compilar e interpretar as informações locais. Essa rede de sensores, hoje, possui mais de 7 bilhões de componentes.

Outro fator que impulsionou as diversas ações de mapeamento colaborativo foi a percepção de que frequentemente os dados cartográficos oficiais não estão disponíveis ou estão desatualizados. Soma-se a isso, o fato de que não raro, o conteúdo disponibilizado não está acompanhado dos respectivos metadados, o que impede a recuperação de informações essenciais a análises e pesquisas. Conforme reforça Goodchild (2007), apesar dos numerosos esforços, é uma tarefa difícil sensibilizar os responsáveis pela geração de dados geográficos a fornecerem a documentação adequada. Mesmo em serviços populares como *Google Earth*, nem sempre é possível identificar a data de obtenção de determinada imagem de sua base. Assim, tantas pessoas tornam-se usuários voluntários, motivados pela oportunidade de criar e publicar VGI, mesmo sem qualquer incentivo econômico e, mais ainda, dispostos a dedicar grande quantidade de tempo.

Esse esforço traz o entendimento formulado por Segaran (2007) no qual a inteligência coletiva significa a combinação de comportamentos, preferências ou ideias de um grupo de indivíduos com o propósito de criar novos conhecimentos, baseado no sentido de que a inteligência está distribuída em toda a parte e que o

saber está na humanidade, o que cada vez mais pode ser explorado com o desenvolvimento das tecnologias de comunicação e disseminação de conteúdo.

Tavares *et al.* (2016) consideram o mapeamento colaborativo como uma evolução cartográfica, na qual os próprios usuários, de forma voluntária, são os autores das informações compartilhadas, tornando-se agentes produtores da realidade, que expõem ao mundo sua percepção individual, *on line* e em tempo real, contribuindo para um conhecimento local, mesmo sem ter domínio especializado. Nesse sentido, Meneguette (2012) enfatiza que “o poder do mapeamento não está mais sendo controlado pelos cartógrafos profissionais ou por especialistas em SIG.”

Segundo esse raciocínio, dois aspectos devem ser considerados:

- O usuário como ponto central na produção, utilização e atualização dos mapas e bases cartográficas; e
- A possibilidade de geração de mapas pelo público por meio de usuários não especialistas.

Neste momento também é relevante delimitar as diversas terminologias que comumente são empregadas nas pesquisas e trabalhos relacionados a mapeamento colaborativo. Cooper, Coetzee e Kourie (2018) entendem que VGI, conteúdo gerado pelo usuário, *crowdsourcing*, ciência cidadã (*citizen science*) e neogeografia não possuem o mesmo significado e embora entre eles exista algum nível de sobreposição, cada um desses conceitos tem suas próprias características.

Martins Junior (2018) pesquisou os termos citados além de outros correlatos sobre o tema que se destacam na literatura científica e particularizou esses conceitos como segue apresentado adiante.

A sigla VGI vem de Informação Geográfica Voluntária que é a tradução do termo em língua inglesa *Volunteered Geographic Information* utilizado pela primeira vez por Goodchild (2007), como um caso particular do conceito de conteúdo gerado pelo usuário (CGU). Cooper, Coetzee e Kourie (2018) chamam a atenção para que o termo deve estar ligado à coleta de dados por pessoas que venham a compartilhar informação geográfica em qualquer momento ou qualquer lugar de forma intencional ou até mesmo inconsciente através de seus sensores portáteis. Martins Junior (2018) descreve VGI como sendo a informação geográfica em projetos de natureza colaborativa, que vão desde uma simples coleta de dados geográficos até a atualização dinâmica de uma base cartográfica oficial de um país.

A expressão Conteúdo Gerado pelo Usuário vem do original *User-Generated Content* (UGC), empregado inicialmente por Figallo e Rhine (2001), e é uma das que possui mais dificuldades de se obter um consenso para seu significado. Suas características mais comumente aceitas são a disponibilização ao público através da internet e que a sua produção é realizada por pessoas comuns sem relações profissionais naquele assunto (COOPER, COETZEE; KOURIE; 2018). Outro aspecto central é que os usuários costumam classificar e recomendar o conteúdo. Sua primeira associação com a cartografia foi feita por Farman (2010).

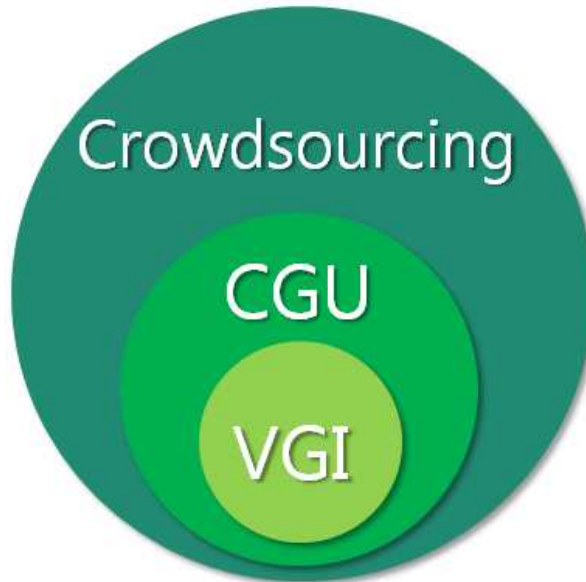
Uma palavra utilizada com bastante frequência é *crowdsourcing*, que a princípio não encontra nem requer alguma tradução para a língua portuguesa. É uma derivação do termo *outsourcing* (terceirização), isto é, passar a produção para terceiros, de modo que o *crowdsourced* “terceiriza para a multidão”, transação que pode ou não envolver compensação financeira. Esse termo foi criado por Howe (2006) cujo principal princípio é a utilização do talento latente de uma multidão, que leva a redução de custos de tarefas ou trabalhos, que delimitavam as possibilidades entre os amadores e os profissionais. Seu primeiro uso relacionado à cartografia foi feito por Basiouka e Potsiou (2012). Cooper, Coetzee e Kourie (2018) reforçam as principais características associadas ao termo, como o emprego de esforço coletivo para o desenvolvimento de softwares de código aberto por comunidades virtuais ou a contratação de mão-de-obra a baixo custo para a realização de tarefas simples e repetitivas através da internet. Uma pesquisa de Estellés-arolas e González-ladrón-de-guevara (2012) reuniu quarenta definições de *crowdsourcing* utilizadas entre 2006 e 2011 e os autores entendem que:

“*Crowdsourcing* é um tipo de atividade participativa e on-line na qual uma pessoa ou organização propõe a um grupo de indivíduos com diversificado conhecimento, heterogeneidade e número, por meio de uma chamada aberta e flexível, a realização voluntária de uma tarefa. A realização da tarefa, de complexidade e modularidade variáveis, e na qual a multidão deve participar oferecendo seu trabalho, dinheiro, conhecimento e/ou experiência sempre traz benefícios mútuos. O usuário receberá a satisfação de um determinado tipo de necessidade, que pode ser econômica, social, auto-estima ou desenvolvimento de habilidades individuais, ao passo que o *crowdsourcer* obterá e utilizará, em proveito próprio, o que o grupo de usuários trouxe ao empreendimento.”

A FIGURA 6 apresenta um diagrama de abrangência, considerando uma relação gradativa e de especialização, entre os termos tratados anteriormente, de maneira que se identifica que a informação geográfica voluntária é um tipo

específico de CGU e que ambos estão contextualizados em uma atividade mais ampla denominada *crowdsourcing*.

FIGURA 6 – RELAÇÃO DE ABRANGÊNCIA ENTRE VGI, CGU E *CROWDSOURCING*



FONTE: O autor (2022).

O termo *Citizen Science* ou Ciência Cidadã foi introduzido por Irwin (1995) com o intuito de elucidar questões referentes às interações ciência-sociedade-política em busca de maior embasamento para os tomadores de decisão. Sua utilização inicial na cartografia foi feita por Bradley e Clarke (2011). Martins Junior (2018) associa seu emprego em plataformas como *OpenStreetMap* e *National Map Corps* cujos objetivos são a construção de bases geoespaciais por meio da inteligência geográfica dos cidadãos ainda que estes tenham diferentes tipos de formação acadêmica. Cooper, Coetzee e Kourie (2018) abordam aspectos mais amplos como a acessibilidade do público à ciência, educação para compreensão da ciência, bases legais e as contribuições do público.

Outro termo bastante difundido é a Neogeografia, que originalmente foi empregado em um contexto cartográfico, em 2006 por Andrew Turner, que o descreveu como a “Nova Geografia” que envolve pessoas criando e usando seus próprios mapas, personalizados a partir da combinação de um conjunto de ferramentas existentes. É o compartilhamento de informação geolocalizada com outras pessoas, a construção de novos contextos e a transmissão da compreensão através do conhecimento local (TURNER, 2006). Para Cooper, Coetzee e Kourie

(2018) esse termo é o que exige maior cuidado em sua utilização, pois não pode trazer uma equivocada impressão de que neogeografia significa apenas a utilização de dados geográficos de uma forma além do tradicional.

Os termos citados trazem à luz discussões sobre novos paradigmas no trato da informação geoespacial e, principalmente, o conhecimento coletivo, tema que foi explorado por Surowiecki (2005) em seu livro intitulado “A sabedoria das multidões”. Na obra, o autor defende que a partir de uma evidência matemática presume-se que um grupo grande e diversificado de pessoas independentes satisfaz as quatro condições que caracterizam as multidões sábias:

- Diversidade de opinião, pois cada pessoa deve ter alguma informação privada ou particular, ainda que seja apenas uma característica interpretativa e excêntrica dos fatos conhecidos;
- Independência, uma vez que a opinião das pessoas não é determinada pelas opiniões dos que estão ao redor;
- Descentralização, visto que as pessoas podem se especializar e utilizar o conhecimento local; e
- Agregação, pois existe algum mecanismo capaz de transformar julgamentos privados em uma decisão coletiva.

2.2.2 Plataformas de mapeamento colaborativo

A partir da década de 2000 surgiram serviços na internet que passaram a fornecer informações geográficas e georreferenciadas de forma abundante e ostensiva. A maior parte deles apoia-se em esforços voluntários e, por isso, esses projetos de mapeamento colaborativo e, em geral, de código aberto estão estruturados para estimular o empoderamento da comunidade e garantir que dados de qualidade e sem vieses, estejam disponíveis para todos, independentemente de sua origem, status social ou posição na estrutura de poder de uma sociedade (PANEK; NETEK, 2019).

Existem inúmeras plataformas ou serviços que se preocupam com a retratação de eventos ou temas específicos a partir de contribuições voluntárias, logicamente com suporte geográfico. Podem ser citados, a título de exemplos, os

seguintes sites: Fruitmap³ (identificação de árvores frutíferas em cidades e centros urbanos); e-bird⁴ (ocorrência de avistamento de aves); Wheelmap⁵ (locais com acessibilidade para cadeiras de rodas); Onde tem tiroteio⁶ (informes sobre tiroteios e falsas blitzes); Fogo Cruzado⁷ (notificações de disparo de armas de fogo). Esse tipo de serviço não será abordado no presente trabalho.

Muitas são as plataformas ou sistemas disponíveis para recebimento e disponibilização de informação voluntária eminentemente de caráter ou preocupação cartográfica. Essas plataformas têm sido disponibilizadas ao longo dos últimos anos como *OpenStreetMap*⁸ (lançado em 2004), *Wikimapia*⁹ (2006), *Google Map Maker* (2008, descontinuado e incorporado ao *Google Maps*¹⁰ em 2017), *Here Map Creator*¹¹ (2012), *Street Complete*¹² (2016) e *Canvis.app*¹³ (2017).

Dado o seu grau de maturidade, a sua aceitação junto à comunidade científica, a sua consolidação pela massiva adesão de milhões de colaboradores por todo o mundo bem como por ser livre e desenvolvido em código aberto, a plataforma *OpenStreetMap* foi escolhida para os testes, análises e propostas desta pesquisa. Portanto, doravante no presente trabalho, quando houver alusão a plataformas de mapeamento colaborativo, as mesmas estarão se referindo ao *OpenStreetMap* ou simplesmente OSM.

O projeto *OpenStreetMap* começou em agosto de 2004, quando o programador britânico Steve Coast graduado em Ciência da Computação na *University College London (UCL)* quis experimentar um receptor GPS que ele havia comprado e seu *notebook* com Linux. Ele usou um *software* chamado GPS Drive, que utilizou mapas do *Microsoft MapPoint* e isso levou à quebra das condições da licença. Não querendo violar os direitos autorais desses mapas, ele buscou encontrar alguma alternativa. Feito isso, Steve Coast descobriu que não havia fontes de dados de mapeamento disponíveis que ele pudesse incorporar ao *software* de

³ Disponível em: <https://www.fruitmap.org/>

⁴ Disponível em: <https://ebird.org/home>

⁵ Disponível em: <https://wheelmap.org/search>

⁶ Disponível em: <https://www.ondetemtiroteio.com.br/>

⁷ Disponível em: <https://fogocruzado.org.br/>

⁸ Disponível em: <https://www.openstreetmap.org/>

⁹ Disponível em: <http://wikimapia.org/>

¹⁰ Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>

¹¹ Disponível em: <https://mapcreator.here.com/>

¹² Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=de.westnordost.streetcomplete&gl=US>

¹³ Disponível em: <https://canvis.app/>

código aberto sem quebrar as condições de licenciamento ou ter que pagar grandes quantias por isso (BENNET, 2010).

Coast percebeu, então, que ele mesmo poderia desenhar seu próprio mapa e o projeto nasceu. Depois de apresentar suas idéias em eventos de código aberto em Londres, ele descobriu que outros entusiastas tinham ideias semelhantes, mas a maioria não tirava seus projetos do papel. Uma vez persuadidos a participar, o *OpenStreetMap* estava em funcionamento (BENNET, 2010).

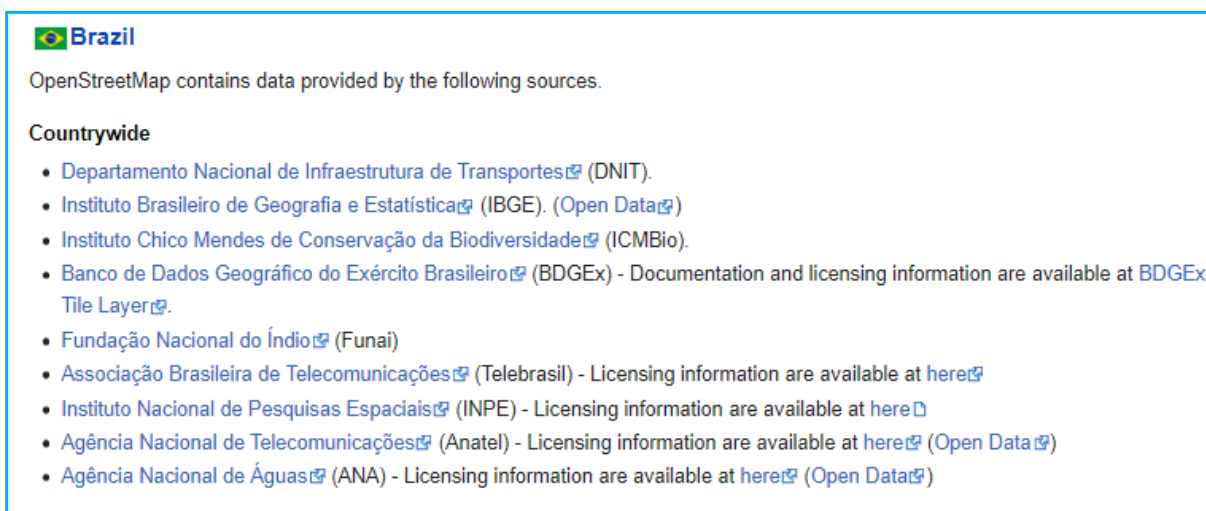
A princípio, houve algumas dificuldades como ter de enfrentar certo ceticismo por parte de cartógrafos tendo em vista a precisão dos GPS de navegação, equipamentos utilizados inicialmente. Também havia críticas, pois alegavam que seria necessária uma infraestrutura complexa para um projeto de grande escala e que o banco de dados seria extremamente grande (BENNET, 2010).

O projeto *OpenStreetMap* possui mais de 15 anos de existência e a quantidade de participantes continua evoluindo de forma constante. Atualmente é a maior, mais diversa, mais completa e mais atualizada base de dados geoespacial do mundo (FONTE *et al.*, 2018). Em junho de 2022, o OSM ultrapassou os 8,7 milhões de usuários cadastrados e cerca de 1,3 milhão de efetivos contribuidores que, em média, realizam mais de 3,5 milhões de edições por dia (NEIS, 2022), mantendo assim, a base de dados permanentemente atualizada e revista. No Brasil são feitas cerca de 70.000 edições diariamente (NEIS, 2022).

Além dos milhões de contribuidores individuais, instituições governamentais em mais de cem países localizados em todos os continentes permitem oficialmente que seus dados sejam incluídos na plataforma do *OpenStreetMap*. Todavia o próprio OSM deixa claro que isto não implica que esses provedores de dados endossem, forneçam garantia ou aceitem qualquer responsabilidade sobre os dados que constem na plataforma (OSM, 2022a).

No Brasil, diversas instituições são provedoras de dados por meio de autorização específica ou por serem considerados dados abertos. A FIGURA 7 apresenta a lista de instituições federais. Existem ainda, 32 instituições estaduais, municipais ou acadêmicas que cedem dados para carga no *OpenStreetMap*. (OSM, 2022a).

FIGURA 7 – INSTITUIÇÕES FEDERAIS BRASILEIRAS PROVEDORAS DE DADOS PARA O OSM



FONTE: OSM (2022a).

Mais recentemente, outra figura vem ganhando destaque no âmbito do *OpenStreetMap*: os editores corporativos, que são mapeadores contratados por empresas e possuem como atividade profissional a edição do OSM. Anderson, Sarkar e Palen (2019) mostram que nos últimos anos a participação dos colaboradores corporativos cresceu assustadoramente e, como exemplo, identificaram que de 2014 a 2018 apenas dez empresas foram responsáveis por mais de 17 milhões de edições na plataforma, sendo que dessas, 9 milhões concentraram-se apenas em 2018. Dentre as empresas avaliadas estão algumas gigantes globais como *Apple*, *Microsoft*, *Mapbox*, *Facebook*, e outras grandes empresas regionais como *Grab* (Cingapura) e *Telenav* (Estados Unidos), sendo que a maioria delas possui um grupo com dezenas de funcionários exercendo essa atividade até equipes maiores como da *Apple* com mais de 300 integrantes. Esse fenômeno conta com o apoio da *OSM Foundation* que, em novembro de 2018, publicou diretrizes para orientar os grupos envolvidos em atividades de edição organizada, no sentido de promover a transparência, a abertura e, principalmente, o envolvimento e interação dessas corporações com usuários das comunidades locais (ANDERSON; SARKAR; PALEN, 2019).

É importante trazer à pauta uma reflexão de que a atuação efetiva dessas empresas na plataforma *OpenStreetMap* passou a representar uma mudança de paradigma na concepção do projeto, uma vez que altera o entendimento inicial de que o OSM era uma base de dados unicamente mantida e desenvolvida por

usuários não especialistas, pois cada vez mais vem admitindo um caráter menos amador, transformando-se em uma base de dados com contribuições, edições e validações realizadas por pessoas que se dedicam profissionalmente à essa tarefa.

2.2.3 Aspectos da qualidade/confiabilidade

Como acontece em qualquer discussão sobre a qualidade ou a incerteza de uma informação geográfica, é adequado que se enquadre a discussão sobre os dados de informação voluntária no campo das estatísticas espaciais. (ZHANG e GOODCHILD, 2002).

Goodchild e Li (2012) sugerem que sejam adotados procedimentos destinados a controlar a qualidade durante as fases de aquisição e compilação dos dados geoespaciais. Nesse sentido, indicam que a VGI deve passar por mecanismos de triagem para determinar a probabilidade de que a informação seja verdade, e que se tome as medidas adequadas para aceitá-la, questioná-la ou rejeitá-la.

Haklay (2010), em sua pesquisa, verificou que diferentemente de um conjunto de dados geoespaciais disponibilizado por uma ANM, no qual é esperado que os erros estejam distribuídos aleatoriamente, em relação aos dados VGI, os erros podem estar concentrados conforme as contribuições de determinados colaboradores, de modo que a indicação de qualidade pode estar associada a questões individuais. O autor levanta ainda uma questão sobre a possibilidade de que em áreas cobertas por múltiplos colaboradores a qualidade dos dados poderá ser maior.

Em pesquisa realizada por Haklay *et al.* (2010), os autores mostraram que a Lei de Linus se aplica ao conjunto de dados do *OpenStreetMap* e acreditam que o mesmo entendimento pode ser válido em relação à VGI de maneira geral. Como parte das conclusões, entendem que quanto maior a quantidade de colaboradores melhor a acurácia posicional dos dados, de forma que a partir de 15 contribuintes por km² a precisão torna-se muito boa. Além disso, é possível considerar indicadores de qualidade de dados espaciais que sejam intrínsecos ao próprio conjunto de dados, sem o uso de um conjunto de dados de referência, por exemplo. A Lei de Linus é um desses indicadores possíveis.

Outro importante desafio reside no fato de que devido à natureza do VGI, esse tipo de dado não pode necessariamente ser avaliado no momento da contribuição. A qualidade dos dados espaciais é subjetiva, ou seja, a qualidade dos dados depende do usuário, do objetivo e do contexto em que são utilizados. Portanto, o colaborador não pode avaliar a qualidade de sua contribuição isoladamente. Em vez disso, o usuário deve avaliar a qualidade com base no objetivo e contexto pretendidos e documentá-los nas informações fornecidas pelo colaborador sobre os dados (COOPER *et al.*, 2011)

Dito isto, o VGI é altamente interdisciplinar, combinando fatores sociais, econômicos e tecnológicos dentro do domínio geoespacial e seu resultado é o registro do espaço e dos fenômenos com base naquilo que os cidadãos consideram importante. Assim, a incerteza, preconceitos e ruídos nos dados podem nunca ser totalmente eliminados. Em vez disso, precisamos entender, modelar e lidar com esses problemas para que o VGI possa ser usado com eficiência (ANTONIOU *et al.*, 2017).

2.2.4 Fatores motivacionais

Motivação pode ser definida como aquela força interna ou intrínseca de um indivíduo que o empurra ou o impulsiona para satisfazer seus desejos ou necessidades básicas (YORK, 1976). Maslow em seus estudos sobre motivação afirma que quanto mais intensa a necessidade de uma pessoa, mais forte será sua motivação, contudo a partir do momento que tal necessidade é satisfeita, cessam-se as razões do estímulo, extinguindo-se, por conseguinte a sua motivação (MASLOW, 1954).

Segundo Martins Junior (2018), o estudo da motivação pode ser caracterizado a partir de duas correntes bem definidas, porém não excludentes entre si, quais sejam as teorias de Maslow e de Herzberg. Maslow (1954) tratou a motivação de modo generalizado e a classificou conforme a “Hierarquia de Necessidades”. Já o estudo de Herzberg, Mausner e Snyderman (1959), mais voltado para a psicologia do trabalho, dividiu a motivação em duas classes interdependentes (“Fatores Motivadores” e “Fatores de Higiene”). No que tange ao aspecto motivacional, Herzberg, Mausner e Snyderman distinguem motivações como de ordem intrínseca e extrínseca.

Na motivação intrínseca não há necessidade de recompensas, visto que esse é um tipo de motivação constante, que reside no sujeito, sendo, portanto aquele relacionado à felicidade e à realização pessoal. Budhathoki, Nedovic-Budic & Bruce (2010) enumeram diversos fatores de razão intrínseca como exemplos, aprendizado, enriquecimento pessoal, liberdade de expressão e diversão.

Fatores internos são, portanto, aqueles inerentes ao indivíduo que o levam a iniciar ou manter sua participação em projetos colaborativos, como altruísmo, egoísmo, coletivismo e idealismo.

Segundo Coleman, Georgiadou e Labonté (2009), altruísmo é o fator interno que se manifesta no sentido de contribuição puramente para o benefício de outros, sem qualquer promessa de ganho ou melhoria da própria situação pessoal. Exemplos de atitudes consideradas altruístas são a preocupação com as necessidades do projeto e a confiabilidade dos instrumentos de colaboração.

A partir dos estudos de Clary *et al.* (1998), egoísmo é o fator interno mais ligado às preocupações defensivas ou seja, de autoproteção. Em alguns casos, os indivíduos se voluntariam para escapar de sentimentos negativos. Exemplos de atitudes consideradas egoístas são a preocupação com a própria imagem e a reputação pessoal dentro do projeto.

Martins Junior (2018) destaca o coletivismo como um fator interno decorrente da transformação do altruísmo, a partir do aumento da interação usuário-comunidade e do desenvolvimento de iniciativas para aumentar o número de usuários, contribuições e a qualidade das mesmas. Exemplos de atitudes coletivistas são a interação com a comunidade e a preocupação com a eficácia e a reciprocidade das contribuições.

O autor discute ainda o idealismo como um fator cada vez mais importante no momento em que a sociedade apresenta crescente preocupação em temas como desastres naturais, crises humanitárias ou representatividade na internet, com posicionamentos e opiniões indo do nível local ao global. Exemplos de atitudes idealistas são as expressões de ideologias políticas e sociais.

Por outro lado, a motivação extrínseca é aquela desencadeada a partir de fatores externos ao indivíduo como aqueles que se mobilizam a realizar determinada tarefa mediante a oferta de recompensas. Neste sentido, Budhathoki, Nedovic-Budic e Bruce (2010) apontam outros inúmeros fatores de natureza extrínseca como exemplos, reciprocidade, reputação, retorno financeiro e *networking*.

Fatores externos são aqueles que influenciam os indivíduos de maneira diversa da forma intrínseca, e por isso, não dependem do usuário para sua ocorrência. São mais afetos, portanto, às questões políticas, sociais e econômicos que surgem na comunidade ou sociedade que os usuários estão inseridos. São exemplos de fatores externos os desastres naturais, as crises humanitárias e as epidemias que influenciam na mobilização de pessoas com o intuito de cooperar com regiões atingidas.

Outros exemplos de fatores externos são as *mapping parties* ou mapatonas que segundo Coetzee *et al.* (2018) é uma maratona de mapas que consiste em um esforço colaborativo, geralmente realizado por um grupo de pessoas que se reúnem visando a coleta de dados cartográficos, por meio de mapeamento remoto, em geral onde os dados do *OpenStreetMap* são escassos ou inexistentes. Assim, esses eventos, além de sua finalidade precípua de mapear coletivamente áreas com alguma demanda específica, proporcionam a atração de novos participantes bem como mantêm ou renovam os estímulos de colaboradores experientes.

Outro tipo de fator externo é o financeiro, que resulta em informação geoespacial fornecida mediante remuneração, ou seja, mapeamento a partir de colaboradores que recebem pagamentos. Trabalhos nesse sentido são apresentados por Walter, Laupheimer e Fritsch (2016), Hecht, Wendt e Behnisch (2018) e Anderson, Sarkar e Palen (2019).

No que se refere especialmente aos colaboradores de VGI, Fritz, See e Brovelli (2017) recomendam que para compreender as motivações dos voluntários e como elas podem diferir entre os participantes, é necessário recorrer previamente a uma classificação de acordo com fatores como seu conhecimento sobre o tema e o seu grau de participação. Coleman, Georgiadou e Labonté (2009) classificam os colaboradores de um modo simplificado, por meio de um espectro que vai desde o que chamam de neófitos (usuários entusiastas novatos), passando por amadores iniciantes e experientes, trabalhadores profissionais até autoridades no assunto.

Em outro ponto de vista, Heipke (2010) aborda a ideia de *crowdsourcers* em que grupos de pessoas que socialmente reúnem um dado vínculo podem possuir diferentes necessidades e, portanto terem motivações distintas. Neste sentido, os grupos identificados durante um *workshop* da ONG EuroSDR são:

- *map lovers* ou amantes de mapas;
- *casual mappers* ou mapeadores eventuais;

- *experts* ou especialistas;
- *media mappers* ou mapeadores de campanhas ou competições;
- *passive mappers* ou mapeadores passivos (via dispositivos);
- *open mappers* ou mapeadores livres; e
- *mappers on demand* ou mapeadores por pagamento;

No último grupo citado, incluímos então os editores corporativos, que conforme citados (vide 2.2.2) possuem a motivação para contribuir associada diretamente à atividade remunerada. No entanto, essa atividade vem assumindo uma estratégica interação entre os editores corporativos e os voluntários individuais. Anderson, Sarkar e Palen (2019) exploram análises de que, em geral, a maioria dos colaboradores prefere editar mapas já iniciados, ainda que tenham pouquíssimas informações, do que começar a mapear uma região “do zero”. Assim, surge o conceito de “semeadura do mapa” em que os usuários corporativos criam a primeira versão do mapa em determinadas regiões, em geral apenas com a rede viária, para despertar interesse na grande massa de usuários comuns.

2.2.5 Validação

Em geral, nos mapeamentos de referência o processo de validação está diretamente relacionado à metodologia de avaliação da qualidade. Os aspectos mais comuns para os processos de verificação de qualidade são as avaliações da consistência lógica, da completude e das acurácias posicional e temática. Segundo IBGE (2019) algumas avaliações de consistência lógica podem ser automatizadas, de modo que é possível realizar inspeções completas. Por outro lado as demais avaliações, na maioria dos casos, precisam ser feitas por amostragem.

A utilização das metodologias tradicionais de validação costuma ser demorada e dispendiosa, pois habitualmente é feita por profissionais e requer a criação de amostras e obtenção de dados de referência para as avaliações (FONTE, 2018). A autora salienta que as novas formas de aquisição de informação geoespacial, em especial a VGI, abrem novas possibilidades para a aplicação das metodologias tradicionais, mas também apresentam exigências adicionais.

Segundo Fonte (2018), quando se trata de VGI, a validação dos dados tem características diferentes de acordo com o uso que vai ser feito desses dados. Isso

resulta em uma questão quanto aos processos que podem ser utilizados tanto para avaliar a confiabilidade dos dados quanto para adquirir dados com maior qualidade. Fonte (2018) apresenta três abordagens que podem ser utilizadas para validação de dados VGI, conforme o QUADRO 5.

QUADRO 5 – ABORDAGENS PARA VALIDAÇÃO DE DADOS VGI

Validação por voluntários	Validação usando processos automáticos	Validação por especialistas/profissionais
A informação inserida nos projetos está aberta e pode ser Editada ou corrigida pelos voluntários.	Utilização de métodos automáticos para avaliar a confiabilidade da informação	Validação da informação usando procedimentos tradicionais (quando necessário e/ou possível)
	Sinalização de informação potencialmente incorreta	Validação da informação sinalizada como potencialmente incorreta pelos métodos automáticos

FONTE: Adaptado de FONTE (2018).

Em relação à validação feita por voluntários, Fonte (2018) afirma que é uma abordagem bastante utilizada em projetos de *crowdsourcing*, como *Wikipedia* ou *OSM*, de forma que a própria comunidade faz o controle da qualidade da informação adicionada. No entanto, a autora ressalta que essa abordagem possui limitações quando aplicada a VGI, já que em algumas regiões com pouca população ou de menor interesse, os erros podem demorar bastante tempo para serem identificados e corrigidos. De todo modo, há o entendimento de que esse tipo de validação pode e deve ser complementada com outras formas de validação.

Em função das limitações existentes para a validação por usuários, Fonte (2018) indica a necessidade de desenvolvimento de novas metodologias com o intuito de efetuar validações baseadas em processos automáticos. Assim, esse tipo de validação pode ser realizado somente com dados internos ou a partir da integração de vários tipos de dados, com origem e características diversas. Existe ainda outra abordagem que trata de métodos automáticos de validação durante os processos de aquisição do dado, quer seja para solicitar confirmação da informação quer seja para sinalizar potenciais problemas que deverão ser analisados por especialistas. Esse tipo de procedimento permite direcionar uma validação mais criteriosa em locais com maior probabilidade de discrepâncias.

Por fim, as metodologias tradicionais de validação realizadas por profissionais especialistas em comparação com dados de referência, que conforme pesquisa de Fonte (2018) permitem avaliar a exatidão posicional, temática, completude e consistência lógica. Como óbice a essa abordagem, o fato de que não raro os dados do OSM possuem mais detalhes que os mapas oficiais, ou que em muitas regiões não há mapeamento de referência ou que estes são mais antigos que os dados do OSM.

No que se refere ao projeto *OpenStreetMap*, Mooney e Minghini (2017) afirmam que, na prática, não existe um conjunto único de métricas ou critérios com base nos quais o OSM possa ser avaliado, de maneira a satisfazer toda a sorte de usuários, levando-se ainda em conta, a diversidade de possíveis aplicações. Todavia, os autores ressaltam que a comunidade OSM reconhece a importância da qualidade dos dados e, por isso, uma ampla gama de ferramentas e aplicações vem sendo desenvolvida para tratar desse aspecto na plataforma.

Em relação ao esforço pessoal, o OSM conta com um grupo de voluntários experientes que verificam os dados da plataforma para garantir que esses estejam mais completos e precisos quanto possível. Assim, muitos dos usuários destinam a maior parte do seu tempo nas tarefas de validação das informações introduzidas ou alteradas pelos demais contribuidores. Os usuários que se disponibilizam como validadores são automaticamente classificados em níveis de experiência a partir de sua atividade pregressa na plataforma e podem realizar tarefas de validação destinadas ao nível em que são designados.

Estão disponíveis para os usuários validadores do OSM algumas formas de realizar a verificação dos dados, o que pode ser feito através de ferramentas como *Tasking Manager* (TM) e *JOSM Validator*.

O *Tasking Manager*, é uma ferramenta de mapeamento desenvolvida pelo *Humanitarian OpenStreetMap Team* (HOT), com o propósito de dividir o projeto de mapeamento em tarefas menores que podem ser concluídas rapidamente com várias pessoas trabalhando na mesma área (HOT, 2019). Assim, o TM apresenta aos usuários as áreas com necessidade de serem mapeadas e aquelas que precisam de validação. Inicialmente, o *Tasking Manager* foi concebido para que as tarefas de mapeamento fossem direcionadas e distribuídas entre usuários individuais em contextos de emergências ou outros cenários humanitários, e a partir

da incorporação das funcionalidades de validação, a ferramenta também passou a contribuir para o aprimoramento da consistência do mapeamento.

O *JOSM Validator* é um Editor JAVA do *OpenStreetMap* que verifica e corrige dados inválidos que foram incorporados ao OSM ou que estão sendo adicionados no próprio editor do mapa. O validador verifica e corrige uma ampla variedade de problemas, incluindo erros topológicos, polígonos não fechados e áreas sobrepostas (OSM, 2019b).

Adicionalmente, há outras iniciativas promovidas por grupos de usuários engajados, como exemplo, o de estudantes e docentes de um laboratório da *George Washington University*, que criaram o projeto *Youth Mappers Validation Hub*, no intuito de contribuir com áreas previamente definidas pelo HOT e que possuam demanda por validação (YOUTH MAPPERS, 2019). Outros exemplos são os treinamentos realizados em conferências internacionais, regionais ou locais da comunidade de usuários, nos quais são realizadas mapatonas ou projetos humanitários correlatos como o da organização *Missing Maps*.

Além das iniciativas e das aplicações específicas, existem *plugins*, *scripts* ou outras ferramentas mais simples que também permitem verificar erros ou corrigir falhas diversas que tenham sido cometidas durante as tarefas de mapeamento ou edições: *Squaring building corners*, para ortogonalizar polígonos de edificações; *Keep right*, para detecção de erros de geometria, topologia, duplicações, ausência ou inconsistências de etiquetas; *Overpass turbo*, que minera dados em amplas áreas em busca de erros de digitação ou problemas relativos a pontos de interesse; OSMOSE, que é o acrônimo de *OpenStreetMap Oversight Search Engine*, provavelmente a ferramenta de controle de qualidade mais completa, com capacidade de detecção e correção de dezenas de tipos de problemas; dentre outros como *OSM Inspector*, *DeepOSM* e *MapRoulette*.

2.3 INTEGRAÇÃO DE DADOS COLABORATIVOS

2.3.1 Potenciais categorias de informação com vistas à integração

Considerando que informações geoespaciais oriundas de plataformas de mapeamento colaborativo podem ser utilizadas para complementar e atualizar os

mapeamentos de referência, uma relevante avaliação trata da identificação das categorias de informação com maior potencial de integração.

Pesquisas iniciais desenvolvidas por Bortolini *et al.* (2018) e Bortolini *et al.* (2020) exploraram a compatibilização semântica entre os modelos conceituais do mapeamento de referência do Brasil, segundo as ET-EDGV/ADGV, e do *OpenStreetMap* com a finalidade de identificar as categorias constantes nos dois modelos. Foram levadas em conta, ainda, as limitações relativas ao processo de aquisição de feições por VGI que pudessem frustrar os requisitos de qualidade na obtenção dessas informações para o mapeamento de referência além das questões legais no que se referem às camadas de informação são de atribuição do Estado. O tema foi tratado de forma mais aprofundada no artigo que consta do capítulo 5.

No modelo conceitual do OSM, as feições do mundo real são descritas através de propriedades chamadas de “etiquetas” (*tags*) ou atributos que por sua vez são apresentados na plataforma por uma combinação de uma “chave” (*key*) e um “valor” (*value*). Como exemplo dessa forma de representação, a FIGURA 8 apresenta as principais etiquetas utilizadas para a representação de vias terrestres.

FIGURA 8 – ETIQUETAS PARA AS FEIÇÕES DO TIPO “VIAS TERRESTRES”

Chave	Valor	Elemento	Descrição	Desenho	Foto
Estradas					
Estas são as principais etiquetas para a rede de estradas. Classificam-se desde a mais importante até à menos importante.					
highway	motorway		Autoestrada (ou oficialmente no Brasil: rodovia e por vezes como via expressa) é uma via de acesso restrito a veículos motorizados e de alta velocidade, normalmente sob pagamento, com 2 ou mais faixas de trânsito e 1 faixa de acostamento/berma, com um separador central (raíles, blocos em cimento, simples faixa em terra), sem cruzamentos ou obstruções (semáforos, lombadas/lombas, etc.) Os cruzamentos com outras vias são desnivelados através de túneis ou pontes, por isso não são utilizados semáforos.		
highway	trunk		Via expressa ^(Brasil) ou via rápida ^(Portugal) : são estradas importantes que não são autoestradas. Geralmente têm separador central (opcional) e não são de acesso pago. Tal como as autoestradas são reservadas a veículos motorizados.} • Brasil: • Portugal: usar em Itinerários Principais (IP) e Itinerários Complementares (IC).		
highway	primary		Estrada primária : liga grandes cidades, normalmente com duas pistas/faixas de rodagem, uma em cada sentido. Normalmente as faixas não têm barreira/separador central. • Brasil: usar em estradas federais e estaduais. Quando rural, costuma ser pavimentada, com apenas uma faixa por sentido e possui acostamento. • Portugal: usar em Estradas Nacionais (EN).		
highway	secondary		Estrada secundária : o próximo conjunto de vias mais importantes no sistema de um país. (Geralmente ligando cidades menores e povoados.) Em área rural: Rodovia pavimentada (asfalto, concreto, blocos de pedra ou outra pavimentação firme) que não preenche os requisitos de rodovia primária. Em área urbana: via coletora, de velocidade média (≥ 40 km/h), pavimentada (asfalto, concreto, blocos de pedra ou outra pavimentação firme), geralmente de pista simples, com preferência sobre vias terciárias, que forma a malha secundária de circulação entre bairros, ou a malha principal de circulação em cidades pequenas; pode ou não ter canteiro central (mapear as duas vias paralelas, se tiver). • Brasil: • Portugal: usar em Estradas Regionais (ER).		

FONTE: Adaptada de OSM (2019c).

No exemplo em questão, a comparação das feições do OSM, apresentadas na FIGURA 8, poderá ter correspondências nos atributos previstos para a classe “Via deslocamento”, como nos domínios referentes aos códigos 3.29 (jurisdição) e 3.150 (tipo via) e, conforme a FIGURA 9.

FIGURA 9 – EXEMPLOS DE LISTAS DE DOMÍNIO DA CLASSE “VIA DESLOCAMENTO”.

3.29 Jurisdicao<<codeList>>	
Nome/Valor	Descrição
Jurisdicao	Indica a jurisdição aplicada.
Desconhecida	Valor desconhecido
Internacional	
Federal	
Estadual/ Distrital	
Municipal	
Propriedade particular	Localizada em propriedade particular, cuja responsabilidade é do proprietário do imóvel.

3.150 Tipo_Via <<codeList>>	
Nome/Valor	Descrição
Tipo_Via	Indica o tipo da via.
Autoestrada	Via de tráfego rápido, com todos os acessos controlados, sem cruzamento de nível e destinada exclusivamente a veículos motorizados, com revestimento sólido (asfalto, concreto ou calçamento), com um mínimo de quatro faixas, apresentando separação física entre as pistas de tráfego, representável em escala ou não.
Beco	Rua estreita e curta, às vezes sem saída, e pouco própria para o trânsito, viela.
Ligação entre pistas	-
Logradouro	Qualquer espaço público de circulação de pessoas, veículos e mercadorias, como avenidas, ruas, praças, jardins, parques, etc, reconhecido pela administração de um município ou pela comunidade local, associada a um nome de conhecimento geral.
Rodovia	Via destinada principalmente ao tráfego de veículos providos de pneus, que atravessa uma extensão territorial, ligando duas ou mais localidades.
Servidão	É a passagem permitida através do terreno ou propriedade de outros, que foi outorgada por quem loteou originalmente o terreno ou combinada entre as partes. Pode ser só "de boca" ou constar na escritura que será compulsória a livre passagem através do terreno.
Trecho de entroncamento	Conjunto de elementos agregados que compõem acessos inter-relacionados, como por exemplo, um trevo rodoviário ou uma rotatória.
Outros	Outros tipos de vias de deslocamento.

FONTE: Adaptada de DSG (2018b).

2.3.2 Utilização de dados colaborativos em ANM's

A possibilidade de utilização de dados provenientes de plataformas de mapeamento colaborativo por ANM vem sendo objeto de pesquisa há alguns anos. O primeiro estudo de caso com a base de dados do *OpenStreetMap* em comparação com uma base cartográfica de referência ocorreu com dados do *Ordnance Survey*, a ANM do Reino Unido (HAKLAY, 2010).

Ao longo dos anos, muitos outros autores como Graser, Straub e Dragaschnig (2013), Dorn, Törnros e Zipf (2015), Brovelli *et al.* (2016) e Olteanu-Raimond *et al.* (2017) têm desenvolvido pesquisas com resultados satisfatórios acerca da qualidade dos dados VGI trazendo à comunidade científica uma visão encorajadora no sentido de viabilidade de integração dessa fonte de informação ao

mapeamento de referência, sobretudo em áreas com informações desatualizadas ou sem dados.

Como na maioria dos casos as iniciativas de aproveitamento de dados VGI em ANM ainda são incipientes, as principais modalidades de interação entre usuários colaboradores e agências de mapeamento são (OLTEANU-RAIMOND *et al.*, 2017):

- Alertas sobre erros: *Ordnance Survey* (Reino Unido);
- Inclusão de dados novos sobre temas restritos: *National Land Survey of Finland* (Finlândia) e *Bundesamt für Kartographie und Geodäsie* (Alemanha);
- Aceite de nomes locais: *Instituto Geografico Nacional* (Espanha) e *Institut National de L'Information Geographique et Forestière* (França);
- Detecção de alterações: *Kadaster* (Holanda) e *Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération Suisse* (Suíça); e
- Interpretação de imagens: *Hellenic Cadastre* (Grécia).

Em pesquisa realizada por Machado e Camboim (2019) é apresentado um quadro que resume diversas experiências internacionais em ANM no que se refere às iniciativas para integração de dados de mapeamento colaborativo às bases de referência de dados geoespaciais, conforme apresentado na FIGURA 10.

FIGURA 10 – INICIATIVAS INTERNACIONAIS PARA INTEGRAÇÃO DOS MAPEAMENTOS

	País	Alemanha ¹	Alemanha ²	Bélgica ³	Canadá ⁴	Chipre ⁵	Espanha ⁶	Estados Unidos ⁷	Finlândia ⁸	França ⁹	Grã-Bretanha ¹⁰	Grécia ¹¹	Groelândia ¹²	Irlanda ¹³	Irlanda do Norte ¹⁴	Islândia ¹⁵	Itália ¹⁶	Lefônia ¹⁷	Lituânia ¹⁸	Noruega ¹⁹	Países Baixos ²⁰	Portugal ²¹	Romênia ²²	Sérvia ²³	Suécia ²⁴	Suíça ²⁵
FERRAMENTAS	Escopo*	R	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	N	N	N	N	N	R	N
	Escala Urbana**	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Atualização Cartográfica***	✓	✓	✓	A	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Utilização de Metadados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Questões Legais				✓					✓																
	Comunicado de Alerta				✓		✓	✓	✓	✓	✓					✓				✓	✓			✓		✓
	Deteção de Mudanças				✓		✓	✓	✓	✓											✓			✓		
	Coleta de Novos Dados****	O	O		G			✓	✓	✓		O												O		
	Nomes Vernaculares*****	GN	GN				✓				✓	GN												GN	✓	
	Fotointerpretação									✓		✓														
	Tablet																				✓					✓
	Celular								✓	✓											✓					✓
	Web Based Tool							✓	✓		✓										✓					✓
	Game						✓																			
	Feedback							✓													✓					✓
	Cópia do Mapa							✓		✓																
	Treinamento							✓																		

* N – Nacional; R – Regional; ** 1:10.000 1:5.000 1:1.000; *** A – Anual; **** G – Google Maps; O – OpenStreetMap; ***** GN – Geonames.

Nome da Instituição

¹ Federal Agency for Cartography and Geodesy

² Bavarian Agency for Surveying and Geographical Information

³ National Geographic Institute of Belgium

⁴ Center for Topographic Information

⁵ Lands and Surveys of Cyprus

⁶ National Geographic Institute of Spain

⁷ United States Geological Survey

⁸ National Land Survey of Finland

⁹ National Institute for Geographic Information and Forestry

¹⁰ Ordnance Survey of Great Britain

¹¹ Hellenic Military Geographical Service

¹² Asiatq – Greenland Survey

¹³ Ordnance Survey Ireland

¹⁴ Land and Property Services, Northern Ireland

¹⁵ National Land Survey of Iceland

¹⁶ Bruno Kessler Foundation

¹⁷ Latvian Geospatial Information Agency

¹⁸ National Land Service

¹⁹ Norwegian Mapping Authority

²⁰ National Agency for Cadastre and Land Registration

²¹ Direção Geral do Território

²² National Agency for Cadastre and Land Registration

²³ Republic Geodetic Authority

²⁴ Mapping, Cadastral and Land Registration Authority

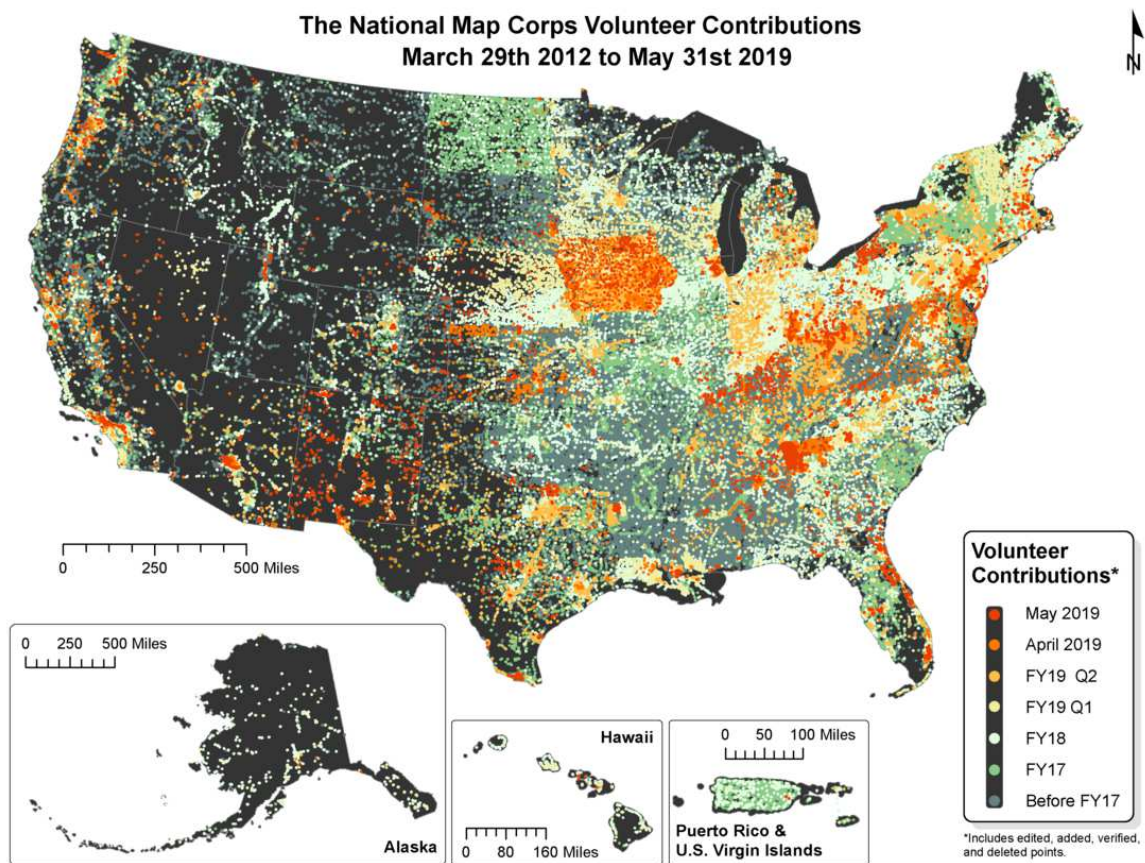
²⁵ Federal Office of Topography-Swissstopo

FONTE: Machado e Camboim (2019).

Além dos casos citados, o *United States Geological Survey*, a ANM dos EUA experimenta uma iniciativa de bastante sucesso chamada de *The National Map Corps*. O projeto teve início em 2012 e em sete anos contemplava mais de 400.000 informações encaminhadas por voluntários cadastrados, sendo 25% desse montante, recebido ao longo de 2018 (USGS, 2019). O projeto foi concebido para receber apenas feições pontuais que representam edificações de interesse público e

após validação as informações são integradas à base cartográfica de referência. A FIGURA 11 apresenta uma visão geral das contribuições recebidas no âmbito do projeto.

FIGURA 11 – VISÃO GERAL DOS PONTOS DO PROJETO *THE NATIONAL MAP CORPS*



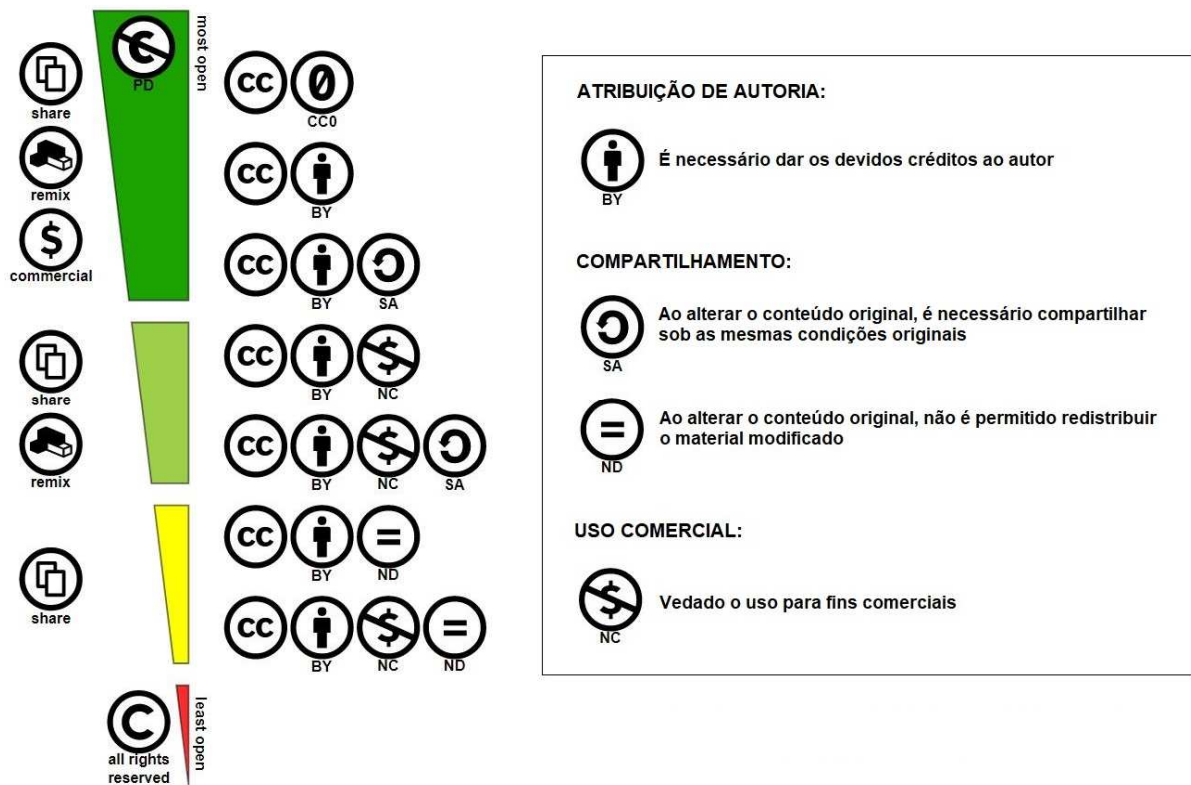
FONTE: USGS (2019).

2.3.3 Questões legais

O acesso, o uso, a edição, a distribuição, o compartilhamento, a veiculação e a comercialização de dados, trabalhos culturais, obras criativas e demais tipos de conteúdo, em todo ou em parte, produzido ou organizado por pessoas ou instituições, em geral, é disciplinado por algum tipo de licença. Assim, os conjuntos de dados geoespaciais enquadram-se nessa situação e, por consequência, devem estar regidos por uma licença específica.

Um dos tipos de licenças mais utilizados são aquelas estabelecidas pela organização não governamental *Creative Commons* (CC), que tem seu foco na elaboração e manutenção de licenças livres. Obras, trabalhos e manifestações culturais como músicas, livros, artes plásticas, fotografias, artes cênicas, dentre muitos outros exemplos, em geral estão condicionados a esse tipo de licença pública de direitos autorais, que apresenta seis principais tipos de licenciamento. Embora também possam estar incluídos nesse mesmo conceito, dados cartográficos ou bancos de dados geográficos, no entanto, possuem especificidades, no que se refere à produção e ao uso, que requerem um olhar diferente para esse assunto, como será tratado mais à frente nesta seção.

Em muitos casos, o conteúdo está disponível sob a licença CC0 (*Creative Commons* 1.0) que concede ao teor do trabalho o domínio público, no qual o autor renuncia a todos os seus direitos sob as leis de direitos autorais, em qualquer parte do mundo. Na prática, isso permite que se copie, modifique, distribua ou execute o trabalho, ainda que seja para fins comerciais, sem a necessidade de se pedir autorização tampouco de atribuição da autoria (CREATIVE COMMONS, 2019). A partir dessa licença, que é a mais aberta em um espectro de licenças previstas pela *Creative Commons*, são possíveis diversas combinações relativas à atribuição, ao compartilhamento e ao uso assim como em relação à questão comercial, conforme apresentado na FIGURA 12.

FIGURA 12 – ESPECTRO DE LICENÇAS DA *CREATIVE COMMONS*

FONTE: Adaptada de CREATIVE COMMONS (2019).

O Decreto Presidencial nº 8.777 (BRASIL, 2016), instituiu a Política de Dados Abertos do Poder Executivo Federal, que determina a publicação de dados contidos em bases de dados de órgãos e entidades da administração pública federal direta, autárquica e fundacional, sob a forma de dados abertos. Essa legislação complementa a Lei nº 12.527 (BRASIL, 2011), que regula o acesso a informações através da Lei de Acesso a Informação (LAI) e a Instrução Normativa nº 4 (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2012) que criou a Infraestrutura Nacional de Dados Abertos (INDA). Com base nesses instrumentos legais e normativos, além de outros, os conjuntos de dados geoespaciais produzidos pelas ANM no Brasil estão disponíveis abertamente. Entretanto, não foram identificadas, nas páginas e áreas de *download* ou metadados da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército e do IBGE, informações explícitas a respeito das licenças sob as quais os dados geoespaciais estão disponíveis.

O Portal Brasileiro de Dados Abertos (PBDA)¹⁴, que inclui dados geoespaciais produzidos pelo IBGE traz a informação de que todo o seu conteúdo está submetido à licença CC-BY-SA 3.0. Por outro lado, a Resolução nº 2 (CGINDA, 2017) que aprova os Termos de Uso de dados abertos do citado PBDA orienta que as condições de uso devem ser verificadas nos metadados correspondente a cada conjunto de dados. Dessa forma, não está claro se os dados estão disponíveis sob a licença CC-BY-SA ou CC0/Domínio Público (DP).

Os dados do OSM estavam disponíveis até julho de 2012 (OSM, 2022d) sob a licença CC-BY-SA. Atualmente a licença é a *Open Database Licence* (ODbL) 1.0 (OPEN DATA COMMONS, 2019), que se trata de uma licença que possui duas premissas básicas:

- A atribuição da autoria, por parte dos “© Contribuidores do OSM”, a qualquer uso público do banco de dados ou trabalhos produzidos a partir do conjunto original de dados; e
- A manutenção dos termos de uso, uma vez que qualquer redistribuição ou aprimoramento dos dados deverá permitir à comunidade acesso ao banco ou conjunto de dados adaptado os mesmos direitos assegurados pela licença original dos dados OSM.

Assim, a licença do OSM oferece plena liberdade para compartilhar os dados (copiar, distribuir e usar), para criar (produzir trabalhos a partir dele) e para adaptar o banco de dados (modificar, transformar e construir) (OPEN DATA COMMONS, 2019).

É necessário destacar um importante fato relacionado à incompatibilidade de licenças. Em 2010, o *Ordnance Survey* (OS), agência nacional de mapeamento do Reino Unido passou a disponibilizar seus dados geoespaciais em uma plataforma chamada *OS Open Data* (ORDNANCE SURVEY, 2019). Isso fez com que fosse iniciado um debate entre a Fundação OSM, através de seu Grupo de Trabalho de Licenciamento (LWG), e o *Ordnance Survey* acerca da possibilidade de incorporação dos dados disponibilizados por aquele órgão à plataforma do *OpenStreetMap*. Naquela época, os dados do OS estavam licenciados segundo a *OpenData Licence* (OSM, 2022e) que apresentava restrições que impediam o uso

¹⁴ Disponível em: <http://dados.gov.br/organization/instituto-brasileiro-de-geografia-e-estatistica-ibge>

na plataforma OSM. Após longa tratativa, que durou quase cinco anos, o *Ordnance Survey* alterou sua licença em 2015 (ORDNANCE SURVEY, 2015) para a *Open Government Licence* (OGL), versão 3.0 (THE NATIONAL ARCHIVES, 2019). A partir desse movimento, ambas as licenças, OGL v.3.0 e ODbL, passaram a ter compatibilidade (OSM, 2022f; OSM, 2022g).

É fundamental ter em mente que não há completa compatibilidade entre os tipos de licenças comumente adotadas no Brasil (ODbL, CC-BY-SA e CC0/DP). Destarte, as tratativas para integração de dados VGI e de referência deverão perpassar, além das óbvias e necessárias questões técnicas, por adaptações de uma, de outra ou de ambas para que eventuais restrições das licenças de uso não inviabilizem a utilização, a alteração e a redistribuição desses dados.

3 BRAZILIAN NSDI TEN YEARS LATER: CURRENT OVERVIEW, NEW CHALLENGES AND PROPOSITIONS FOR NATIONAL TOPOGRAPHIC MAPPING

Esse artigo foi publicado no Boletim de Ciências Geodésicas em 2020, conforme as páginas seguintes.

BRAZILIAN NSDI TEN YEARS LATER: CURRENT OVERVIEW, NEW CHALLENGES AND PROPOSITIONS FOR NATIONAL TOPOGRAPHIC MAPPING

Dez anos de INDE: panorama atual, novos desafios e proposições para o mapeamento topográfico nacional

Leonardo Scharth Loureiro Silva¹ - ORCID: 0000-0002-9226-6775

Silvana Philippi Camboim¹ - ORCID: 0000-0003-3557-5341

¹ Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba - Paraná, Brasil.

E-mail: scharth.leo@gmail.com, silvanacamboim@gmail.com

Received in 15th April 2020

Accepted in 26th September 2020

Abstract:

Cartographic data represents the main and basic component of a Spatial Data Infrastructure. SDI, in turn, has the role of supporting, with strategic information, the most diverse political and economic actions, in the management and planning of public actions. Thus, this work aims, initially, to present an overview of cartography in Brazil through the analysis of the evolution of topographic mapping coverage in the country. For each of the main scales used, a coverage map was created. The analyzes reflect three different periods (until 1997, between 1998 and 2007, after 2008) in order to relate how and to what degree, the creation of Brazilian National SDI (in 2008) had an impact on the mapping production in the country. Given the current panorama, as a final objective, this paper aims at to present proposals to leverage the coverage of this reference data. One of them is the use of new data sources such as Volunteered Geographic Information, especially in areas with outdated mapping or without mapping, as has already been used in some countries. Another proposition is to share the responsibility of mapping through partnerships with other levels of government, which would result the decentralization and the optimization of cartographic production.

Keywords: INDE; SDI; VGI; Authoritative mapping; Mapping coverage; Geospatial information;

Resumo:

Os dados cartográficos representam o componente básico e principal de uma Infraestrutura de Dados Espaciais. As IDEs, por sua vez, têm o papel de apoiar, com informações estratégicas, as mais diversas ações políticas e econômicas, na gestão e no planejamento das ações públicas. Assim, este trabalho visa, inicialmente, apresentar uma visão geral da cartografia no Brasil por meio da análise da evolução da cobertura cartográfica topográfica no país. Para cada uma das principais escalas utilizadas, foi criado um mapa de cobertura. As análises refletem três períodos distintos (até 1997, entre 1998 e 2007, após 2008) para relacionar como e em que grau a criação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (em 2008) impactou a produção cartográfica no Brasil. Diante do panorama atual, como objetivo final, o presente artigo visa apresentar propostas para aumentar a cobertura desses dados de referência. Uma delas é a utilização de novas fontes de dados, como as Informações Geográficas Voluntárias, principalmente em

How to cite this article: SILVA, L. S. L.; CAMBOIM, S. P. Brazilian NSDI ten years later: current overview, new challenges and propositions for national topographic mapping. *Bulletin of Geodetic Sciences*. 26(4): e2020018, 2020.



This content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

áreas com mapeamento desatualizado ou sem mapeamento, como já vem sendo utilizado em alguns países. Outra proposta é compartilhar a responsabilidade do mapeamento por meio de parcerias com outros níveis de governo, o que resultaria na descentralização e na otimização da produção cartográfica.

Palavras-chave: INDE; IDE; Mapeamento colaborativo; Mapeamento de referência; Cobertura do mapeamento; Informação geoespacial;

1. Introduction

The importance of maps and geospatial information as a tool of public management, territorial planning, education, sustainable development, national sovereignty and social policies is unquestionable. Topographic maps maintain their status of authority among cartographic products, as Kent and Hopfstock (2018) emphasize. According to the United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management – UN-GGIM (2015), funding in geospatial information is worthwhile and will generate returns beyond the investment made in it. Spatial Data Infrastructures (SDIs) represent the set of technologies, policies and institutional arrangements that provide management, availability and access to spatial data. Thus, SDIs play a key role in the integration of these components of a framework designed to treat and manage geospatial information in several aspects, from design to use and distribution.

A recent study has shown that since SDI's are constituted by interrelated components, they must be considered together (Borba 2017). Among them, the users, who should be the main focus of any modern SDI, and the information (data and metadata) which consists in its fundamental framework and constitutes its database. In this sense, effectively available, complete, updated and standardized topographic charts, at different scales are essential for an efficient implementation of an SDI (Sluter and Camboim 2009). Moreover, researches ensure that a catalog of geospatial metadata is fundamental for the search and identification of information about the spatial data set, and so it is one of the essential components of an SDI, and can be considered its core (Silva 2015).

In Brazil, The National SDI (in Portuguese, “Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais” or INDE) is the legal framework for the management and treatment of geospatial information. Established by a presidential decree in November, 2008 (Brasil 2008), at that moment, it represented the possibility of a new paradigm for the cartographic production in the country in particular, which would imply in actions to stimulate the increase of mapping coverage, optimized use of public budgets – avoiding, for example, duplicity of efforts – and in the adoption of better documented workflows. Because of its importance, after a decade of the INDE's implementation, many analyses and evaluations can be carried out, as well as considerations and other issues about this period. Thus, among the various components of this infrastructure, the available data are addressed in more detail in this work. Its main objectives are: (a.) to analyze the evolution of the topographic authoritative mapping coverage and (b.) to contribute with proposals of future challenges.

This paper presents a historical overview of topographic mapping in Brazil and analyzes the topographic authoritative mapping coverage in three distinct periods: 1) a time prior to the implementation of INDE, before 1997; 2) from 1998 to 2007; 3) its evolution along ten years, from 2008 to 2018, both in terms of coverage and in the different scales used. This analysis was carried out based on the information contained in the INDE's metadata catalog service as well as in the national mapping agencies index maps.

Drawing from the analysis carried out, it becomes evident that there is a great demand for updating or new mapping according to the modern standards established by CONCAR, acronym in Portuguese for National Commission of Cartography. This is a fundamental problem for the fulfillment of one of INDE's main objectives (CONCAR 2010), since without the authoritative mapping it loses its original purpose and will turn into an initiative that will hardly achieve the desired effectiveness.

The understanding of the current situation regarding the availability of authoritative cartographic data is included in the analysis carried in this work. It directs possible planning actions that may contribute to change this reality. In particular, actions to maintain public funding and increase government efforts that may lead INDE to evolve into a higher level of effectiveness.

Finally, this paper aims to contribute to the reduction of the gaps in geospatial information existing in the country by presenting some alternative propositions and future challenges. One of them is the possibility of integrating crowdsourcing data, also known as Volunteered Geographic Information (VGI), into the INDE's database. This kind of data can be obtained through several platforms such as OpenStreetMap, Google Maps, HERE Map Creator, among others. The OpenStreetMap platform presents more potential at this time because it is the most used worldwide and because it provides the possibility of relating the semantic standard of authoritative maps with the semantic standard of data available in that collaborative platform. It seems clear that this is a source of information that should be increasingly studied due to the great potential of using, crossing and integrating.

2. A brief historical overview about topographic mapping in Brazil

The first mapping actions in Brazil began back in the colonial era (16th century) and extended to the period of the Empire (19th century). These activities were developed especially due to the needs of the Portuguese Crown, originated by the exploratory navigations and those generated by the consequent territorial occupation of the colonized lands. From the independence of Brazil in 1822, until the first half of the twentieth century, other isolated initiatives contributed to the mapping of some regions of the country, and a substantial part of these activities counted on the collaboration of countries such as Austria and Germany (Archela 2007).

As cited by Sluter et al. (2018) the Brazilian territory had its first aerophotogrammetric survey performed by the United States Air Force – USAF – from 1942 to 1943, with 1:60,000 scale photographs in the 1:60,000 scale. The availability of this photogrammetric coverage allowed for a cooperative agreement between the Brazilian government and the USAF in the 1970s, which resulted in the mapping of about 60% of the Brazilian land in the 1:50,000 and 1:100,000 scales. This mapping effort meant a great development of the national cartography, which occurred mainly between 1974 and 1985. Santos and Castiglione (2014) point out that in just five years, from 1977 to 1982, the Cartography Dynamization Program (PDC) reached about 27% of the country's total area. Although it was an intense period, such as the 1992 production, which was equal to twice the area of Germany, but in terms of Brazil, this meant only 9% of the territory.

However, it is important to highlight that the cartographers and photogrammetrists who came to Brazil from Austria, Germany, and the United States of America introduced techniques and methods that were developed for the realities of their countries, that is, with differences in several aspects such as cultural and historical evolution, urban and rural landscapes, land use and occupation. Moreover, these approaches were not always suitable for Brazilian urban and natural environments (Sluter et al. 2018).

Furthermore, the standards imported from other countries were, for a long time, restricted to small-scale topographic mapping (1:25,000 – 1:1,000,000 scales). As emphasized by Sluter and Camboim (2009), in addition to the lack of standards for larger scales, not the entire country is mapped at those larger scales. More critical than that, though is the fact that with the exception of the continuous cartographic base in the 1:250,000 scale, Brazil, has never had a topographic mapping program that included a process for updating official maps. Additionally, the authors point out that the existing Brazilian topographic mapping all derives from photogrammetric surveys. Thus, maps at smaller scales are not produced by cartographic generalization. Consequently, these two authors corroborate Archela's (2007) work in that, due to a number of factors of different natures, there is a cartographic void at various scales and in most of that existing topographic mapping in Brazil is outdated.

The history of cartography in Brazil accompanies the turbulences of national politics and economy, often suffering fragmentation and interruptions in every change of government. From Machado's (2017) perspective, the evolution was slow along the years, but with a trajectory of technological development and increasing performance. Nevertheless, the analysis of national cartography carried out by the two main institutions that share the responsibility for authoritative topographic mapping in Brazil shows that both institutions have actually made efforts to improve this panorama and follow the evolution of the world in terms of technologies and dissemination of geospatial information, in spite of the difficulties described above.

However, despite the difficulties regarding factors of coverage and updating of the mapping, a very favorable aspect of authoritative cartography in Brazil is that it can be accessed by any citizen, on the websites of the producing institutions or on the INDE's GeoPortal.

Access to all cartographic products under the responsibility of IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics), as shown in the coverage maps throughout this article, is free of charge, with an open and unrestricted license on its website (IBGE 2020). Regarding the geospatial data produced by DSG (Directorate of Geographic Service - Brazilian Army), access to raster format files is allowed after a registration at its geoportal. On the other hand, products in vector format have greater access restrictions, which become more rigid as the scale of the maps increases, so that, in general, the download of this data is only allowed for government users (DSG 2020). Finally, on the INDE's GeoPortal, geospatial data and its metadata are cataloged, stored and available with free access to users (INDE 2020).

3. Methodology

To carry out this work, it was sought, in particular, to establish an overview of the fundamental framework of an SDI, which are the authoritative maps. For this purpose, the authoritative topographic mapping in Brazil was characterized regarding the following aspects: the scales of the mapping; the main actors in the production process; effectively mapped areas; and the period of its execution. This characterization was performed from the smallest detail scale (1:250,000) to the one with the greatest detail (1:25,000) among those featuring in the national cartographic system.

Thus, in order to compare the evolution of this most important component in relation to time, and especially in the first decade since the creation of INDE, a picture of the availability of the authoritative maps was made in three periods: the maps produced and available for more than 10 years prior to the implementation of INDE (prior to 1997); those referring to the immediately previous ten years (from 1998 to 2007); and a current panorama, in the year of the INDE's ten years anniversary (2018), with the data generated as of 2008.

Information about cartographic coverage was obtained from several sources such as: digital index map of Brazil; army geographic database; INDE's portal and metadata catalog; and compilation of various mapping projects produced in partnerships with other federal or state organizations.

The main objective of the 1:250,000 scale mapping is to serve as a cartographic reference for planning, monitoring and territorial management actions, as well as updating information on the country's natural resources, as IBGE indicates on its website (IBGE 2017).

Until 1997, cartography in the 1:250,000 scale was composed by 401 traditional topographical sheets, i.e. printed or PDF format sheets whose mapped area was delimited by a surrounding polygon of 1°30' longitude by 1° latitude. These sheets were almost all produced in the 1980s, compiled from large scale charts, when existing, or otherwise by aerophotogrammetric processes. This represented coverage of 72.9% of the total number of 550 sheets intended for this scale, as shown in Figure 1.

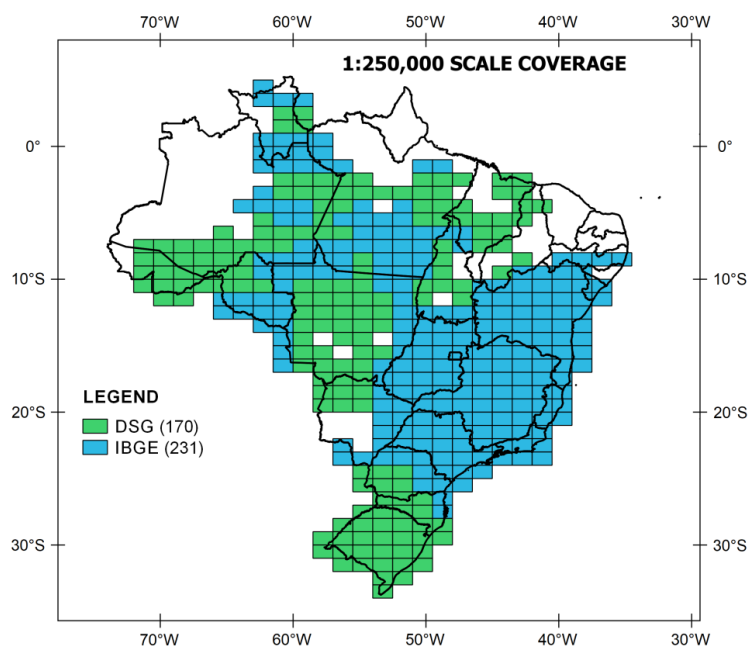


Figure 1: Mapping coverage for the 1:250,000 scale until 1997.

In 1998, the production of the traditional charts in this scale was discontinued. From 2008 onwards, cartographic representation followed a concept of continuous cartographic base, and mapping became a digital, continuous and integrated product. Therefore, it became more modern and compatible with digital applications and geographical information systems, since its data modeling follows the standards according to the established vector geospatial data structure. Thus, a simplified overview of the current Continuous Cartographic Base in the 1:250,000 scale (known as BC250) is shown in Figure 2. It is the first and only scale of the basic terrestrial mapping covering the whole national territory. In addition, IBGE maintains a permanent updating program of this continuous cartographic base that is made available to the society, free of charge, both in Shapefile format and for use in POSTGIS database.

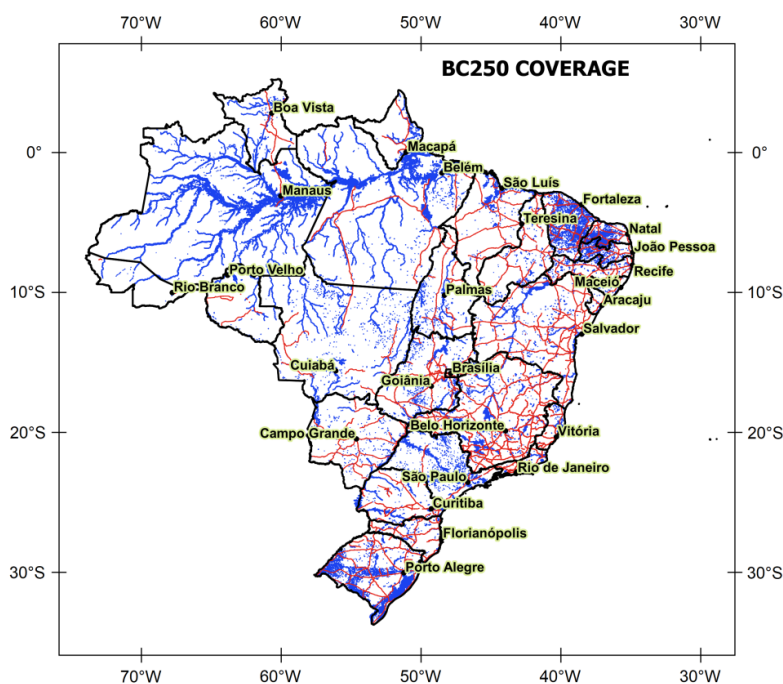


Figure 2: IBGE's BC250 simplified overview (2017 version).

The other mapping scales constitute the reference bases through cartographic representations of natural and artificial geographic features of the earth's surface and their respective geographical names (IBGE 2019). Thus, the sheets of charts in 1:100,000, 1:50,000 and 1:25,000 scales comprise the authoritative topographic mapping of the country. Due to the size of the country, production capacity and different characteristics of urban occupation, population density and natural conditions, the 1:100,000 and 1:50,000 scales were planned to be complementary, that is, most part of the country has cartographic coverage on one scale or another. Figure 3 shows mapping coverage in the 1:100,000 – 1:25,000 scales according to mapping agency and Figure 4 presents mapping period. The mapping percentage available in each three scales and the percentages referring to the period are shown in Table 1.

Table 1: Mapping coverage and period of mapping of Brazilian territory by official topographic maps at the 1:100,000-1:25,000 scales.

Scale	Foreseen sheets	Sheets available	Coverage	Mapped before 1997	Mapped from 1998 to 2007	Mapped after 2008
1:100,000	3,043	2,443	80.3%	67.2%	1.6%	31.2%
1:50,000	11,796	3,115	26.4%	60.7%	1.5%	37.8%
1:25,000	43,379	2,378	5.5%	22.2%	9.1%	68.7%

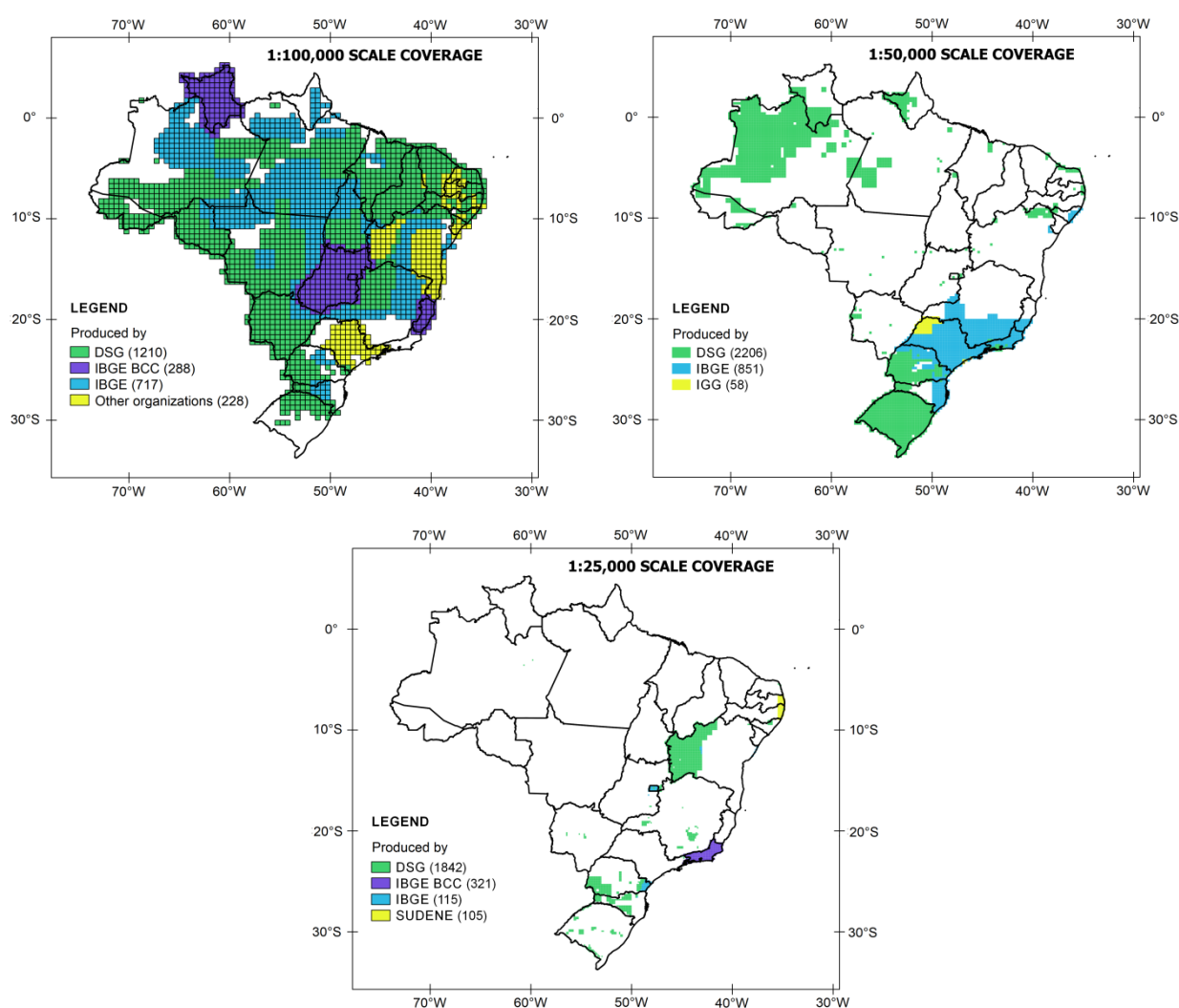


Figure 3: Mapping coverage for the 1:100,000–1:25,000 scales according to mapping agency.

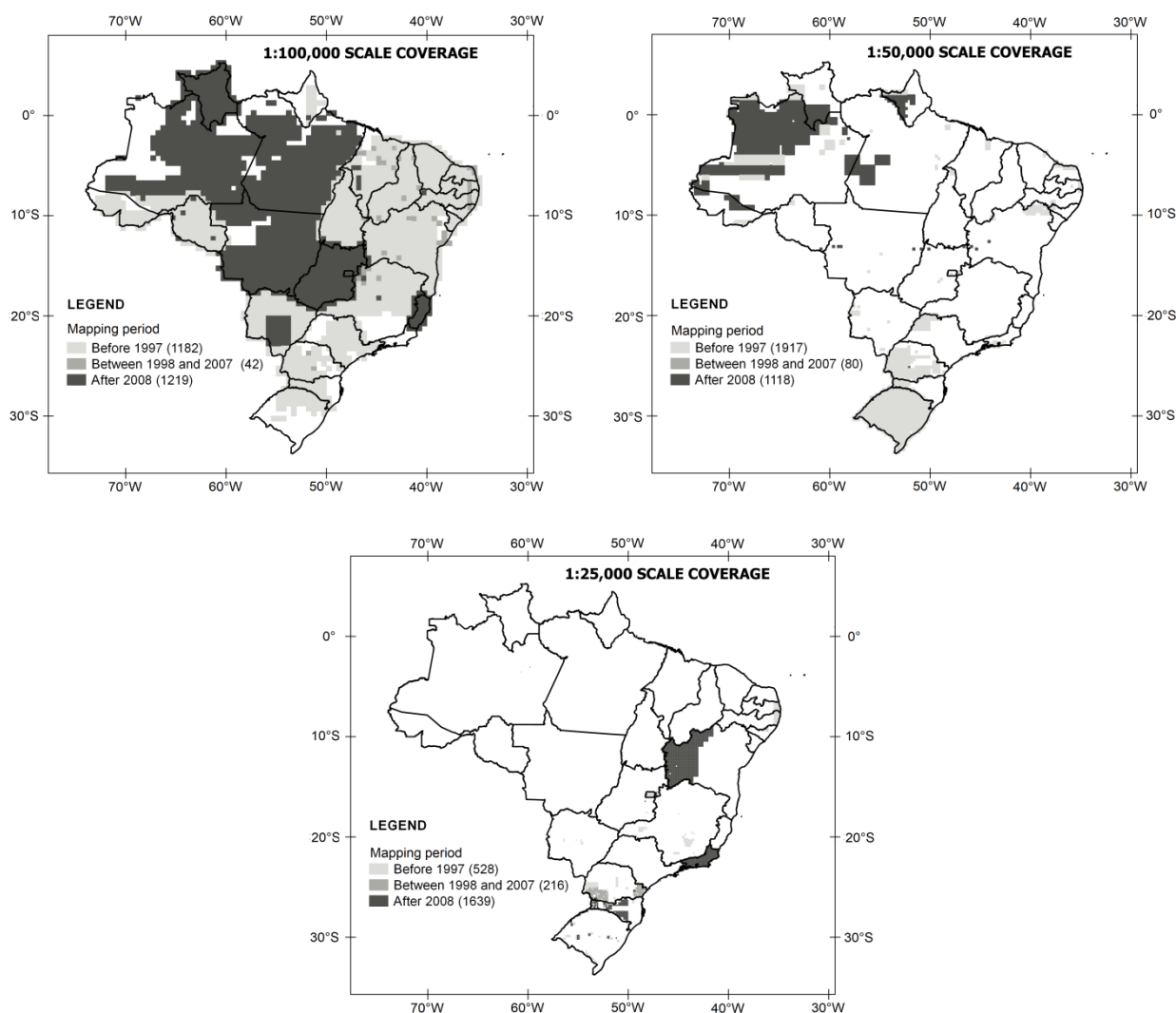


Figure 4: Mapping coverage for the 1:100,000–1:25,000 scales according to period of mapping.

As previously mentioned, mapping in the 1:100,000 scale had a great advance in the 1970s and 1980s, period of intense development of authoritative mapping in analogical format by aerophotogrammetric processes. In the ten years prior to the INDE's implementation, production at this scale was insignificant. Since 2008, a great rhythm of production has been resumed, with many sheets being concluded by the Directorate of Geographic Service – DSG (a Brazilian Army technical unit) through the Radiografia da Amazônia Project (Amazon's Radiography), executed by SAR (Synthetic Aperture Radar) images (Correia et al. 2010) and IBGE, which produced continuous cartographic bases (BC) for three States (Espírito Santo, Goiás and Roraima), by extracting features from satellite images.

As in the aforementioned scale, the 1:50,000 scale mapping had most of its development parallel to the 1:100,000 scale, in the 1970s and 1980s, with the production being carried out using the same process. From 1998 to 2007, quantity was quite insignificant. Similarly, as of 2008, there was a resumption of the production of cartography in this scale, in a project developed by the Directorate of Geographic Service in the Radiografia da Amazônia Project.

The 1:25,000 scale mapping has always had a very limited coverage, since the mapping process by aerophotogrammetry is very costly, particularly in this scale. Thus, until 1997 the percentage of coverage in this scale was about 1% in analogical charts. From 1998 to 2007 the production also did not stand out. After 2008, two projects (In the West Region of the State of Bahia, performed by the Directorate of Geographic Service and the continuous cartographic base of the State of Rio de Janeiro, by the IBGE) provided a discrete increase in the

coverage, which is currently around 5% of the territory.

Figure 5 presents the quantities of mapping sheets produced by decades and according to the scale.

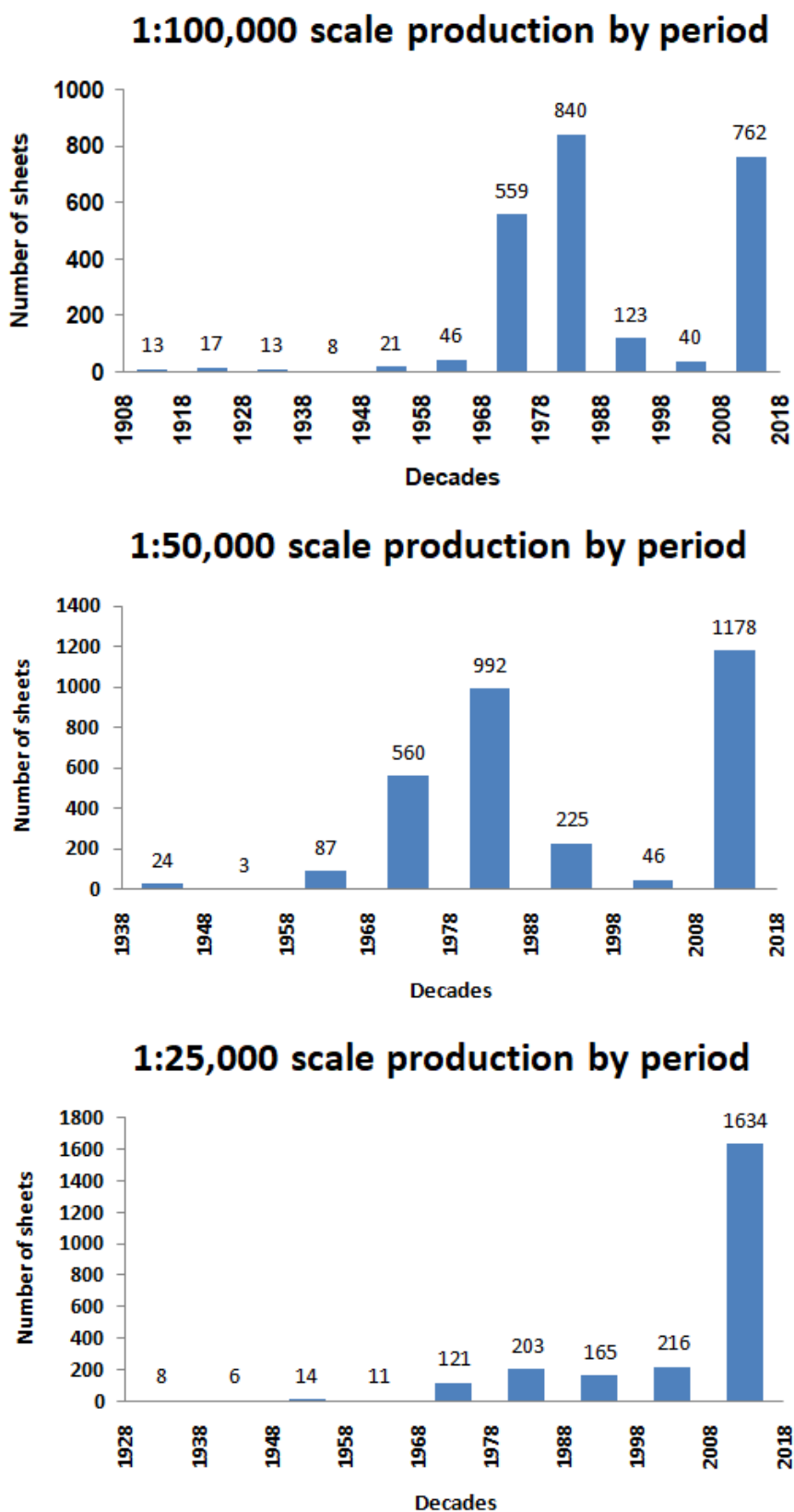


Figure 5: Mapping production according to scales and decades.

The merge of the cartographic coverage of the 1:100,000, 1:50,000 and 1:25,000 scales represents a total of 94.2% of the entire national territory. With this scenario, the percentage of area mapped in the last ten years is around 49% of the total mapped area, in the sum of the three scales, according to Figure 6.

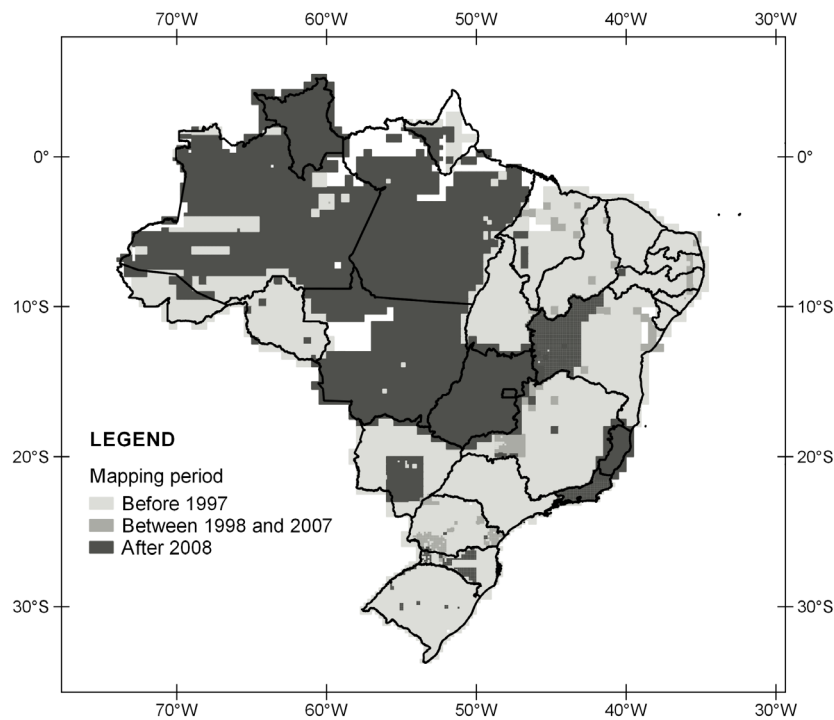


Figure 6: Merge of the scales according to the mapping period of the products.

It is important to highlight that the sum of the coverage of the three scales presented in Table 1 exceeds 100%. In contrast, Figure 6 shows some areas with no topographic mapping. This situation occurs because some regions have mapping performed on duplicity of scales, thus confirming the existence of the cartographic void.

The difficulty of having a complete, updated and multi-scale reference mapping is certainly not exclusive to Brazil. Other countries with a history and evolution with some degree of similarity face similar situations. Then, in order to draw a parallel with the reality of some countries, information about the general situation of cartography and spatial data infrastructures in developing countries, such as Argentina, Chile, Colombia and India, is presented.

Argentina, whose cartographic activity is the responsibility of the Instituto Geográfico Nacional, has complete coverage only for the 1:250,000 scale, in analogical maps, in a project started in 1997. For the 1:100,000 and 1:50,000 scales it has partial coverage (about 70%) and most of it was produced in the 1980s. From the decade of 2010, Argentina started to produce mapping structured in geographic database aiming at the implantation of a national SDI. Existing data is available free of charge (IGN 2020).

In relation to Chile, the cartography is produced by the Instituto Geográfico Militar and the country has an extensive mapping coverage. Chile has complete coverage for mapping on a 1:250,000 scale, produced between the 1980s and 1990s and this material is available on the SDI portal (IDE Chile 2020). Regarding the larger scales, the country has mapped 97% of its territory on the 1:50,000 scale, produced between 1970 and 2015, which is available in vector format and 11% of its extension on the 1:25,000 scale, produced more than 35 years ago and updated between 2012 and 2018. However, it is important to note that, with the exception of the 1:250,000 scale, the other geospatial data are sold by the institution (IGM 2020).

Colombia, since 2020, began to provide access to all geospatial data produced by the organization responsible

for official cartography in the country, Instituto Geográfico Augustín Codazzi, in a digital, free and open license. Thus, in its geoportal it is possible to download vector data, in 1:25,000, 1:100,000 and 1:500,000 scales, whose bases were updated in 2017, 2018 and 2016, respectively, and cover the whole country (IGAC 2020).

India, an emerging economy country that integrates the BRICS with Brazil, also has an extensive territory. Its national mapping agency, Survey of India, has the Open Series Map project, which makes available in vector format, free of charge, all of its topographic mapping on the 1:50,000 scale, which comprises more than 90% of its territory (SOI 2020).

4. Discussions

One of the objectives of this paper was to discuss the evolution of the mapping coverage, by comparing its situation in three moments: ten years before (until 1997) the implementation of the INDE (Brazilian National Spatial Data Infrastructure); the moment of its implementation (2008); and the present moment (until the end of 2018).

The construction of this scenario was not such a simple task. The cataloging of the metadata of the cartographic collection presents several inconsistencies in filling, such as incomplete data as well as dates and other divergent information.

The findings of this study shown that over the last ten years there has been a significant increase in geospatial information and, in fact, it was considerably higher than in the previous period. However, due to the great size of the Brazilian territory and the reduced funding for this activity for decades, a period of great scarcity of mapping was experienced, which caused what we can call a huge cartographic gap.

From the retrospectives carried out, it was possible to identify in Figure 5 an analogous situation between the 1:50,000 and 1:100,000 scales, which had a great evolution in the 1970s and 1980s, followed by a period of stagnation over the next two decades. Only after 2008, mapping in these scales was resumed, thus presenting considerable advances in the last ten years. In contrast, mapping in the 1:25,000 scale has always been quite restricted and only in the last decade has its development been consolidated. Even so, the total area of the country mapped at this scale is still reduced and does not reach 6% of the territory.

It is necessary to emphasize that until the end of the 90s mapping activities were based basically on photogrammetric processes, which, in spite of being a very costly process, it was the only technique available and economically viable. With new alternative technologies for mapping - such as airborne radar images - being developed at lower costs, with better resolution imagery, solving the technical difficulties related to the Amazon region, it was possible to carry out projects in the last decade which culminated in the increase of mapping coverage.

A finding of this work is that although the amount of geospatial information generated in the last decade has been considered satisfactory, it is perceived that there is a need to maintain or increase this rhythm, since the demand for updated, complete and various scales mapping is very large. As is the case of new trends or technologies supported by geospatial information, such as smart cities, drones, public policies, drones, scientific researches etc. Thus, it is fundamental that governmental funding in this area be maintained or even expanded.

As mentioned in the introduction, the availability of authoritative map data is a key element for the Spatial Data Infrastructures. This statement can also be verified with the INDE data access indexes. The increase of available data in the INDE has, consequently, increased the number of accesses and downloads of information. This finding allows us to understand and justify the existence of a SDI, first because the data is fundamental and has to be available, and secondly because it has been increasingly attending to user's needs.

In this same way, it is important to emphasize that the production of geospatial information has a very high cost. Because of this, an irrefutable way to justify the high funding required in this area, is to make this data increasingly

transparent, accessible and shared, allowing for the broad generation of knowledge and support for governance actions. Thus, it is important that Brazil seeks to approach positive examples from countries like Colombia and India, as presented in this paper.

An important factor of advanced production is related to changes in production platforms. In the past, analogical processes slowed down the workflow and mapping activities was segmented into smaller areas. Currently, based on a more modern concept, mapping projects are carried out in a GIS environment; data is stored in powerful databanks; available information has associated metadata and cartographic features are represented on continuous bases. All of these characteristics make mapping processes faster and more reliable and therefore less susceptible to errors.

The evolution of the mapping percentage in the last decade was not only due to the implementation of the NSDI, but also to a combination of aforementioned factors such as modernization of cartographic techniques, technological evolution and diversification, lower cost processes, in addition to greater involvement of mapping agencies in partnerships dedicated to the generation of geoinformation. The existence of a SDI by itself does not lead to increased cartographic production, which is due to a combination and evolution of technical factors as well as the sum of efforts between the organizations involved. For instance, organizations responsible for mapping or for providing a certain category of information making their data available updated and standardized in the INDE. This kind of decentralization represented a huge step in mapping process, by sharing responsibilities, so that each of several organizations have become the providers of the information on the subjects in which they are experts. In this sense, it is fundamental that the number of organizations that join INDE increases and that their participation takes place effectively, in order to facilitate the obtaining of updated and more complete data.

Given the current situation of the authoritative map coverage in Brazil, it is suggested to planning the integration with new data sources. The use of VGI can be a great advance, especially for areas with outdated information or without mapping. Bortolini et al. (2018) explored the potentialities and constraints that contribute to the degree of use possibility associated with each category of geographic information. Machado (2020) proposed the semantic compatibility between the conceptual models of the OSM and the Brazilian authoritative cartography. Other researchers (Graser, Straub and Dragaschnig 2013; Dorn, Törnros and Zipf 2015; Brovelli et al. 2016) have studied and discussed this topic and the authors have demonstrated that this type of information is reliable and compatible for integrated use with the authoritative mapping, and that it should be used, especially to fill a gap in areas where cartography is outdated or non-existent. Olteanu-Raymond et al. (2017) point out several countries that use collaborative information, integrating it in some way with authoritarian mapping, such as France, Finland and Germany (new data collection), Sweden (place names), Netherland and Switzerland (change detection).

Another important proposition deals with the mapping partnerships with Brazilian States and Municipalities. Over the last few years, some state or municipal Secretariats of Planning and of Environment have promoted mapping actions to support their governmental activities. Thus, these secretariats have sought partnerships with the national mapping agencies, which have allowed a significant increase in cartographic data availability. In the last 10 years, at least 15 partnerships of this type were carried out in Brazil, in addition to 8 independent projects by state governments. Similar situations are successfully experienced in other countries such as Australia (Geoscience Australia 2018) and USA (USGS 2020a; USGS 2020b) which establish partnerships with organizations at different government levels to support mapping actions.

5. Conclusions

This work also aimed at presenting propositions to leverage the authoritative cartographic data coverage. Nowadays, there is availability of increasingly abundant geospatial data, coming from multiple sources including Volunteered Geographic Information. On the other hand, the availability of data in a country as extensive as Brazil

occurs heterogeneously, both in terms of quantity and quality. Generalization, multi-scale applications and flexible mapping products should be exhaustively investigated. These concepts need to be researched, since they consider two important approaches such as big data and dynamic representations.

As seen in the discussion section, due to the constant difficulties of the federal government in supporting continuous mapping projects, this kind of partnership or the own initiatives of the state governments have been presented as excellent alternatives, which have provided the production of updated cartographic bases. This scenario has contributed to solve the problem of lack of progress in cartographic production and it is very important that it be continued.

As future challenges, it is necessary to consider how to adapt the INDE to a new perspective, whose conception is closer to the demands of the users. So, it is very relevant that the users, as other fundamental component of an SDI, realize that their effective participation must be part of INDE's evolution. Moreover, current trends show that user-centric design is a continuous and non-return way for SDIs.

A noteworthy limitation of this work is the lack of other pieces of research related to the subject. As the INDE is a recently created initiative, the 10-year anniversary of its creation and the preparation of a commemorative event for this remarkable date provided the idea of establishing a panorama of its current situation and making the present analyses in order to evaluate the effectiveness of its implementation.

Finally, it is important to remark that the implementation of the INDE contributed to the possibility of great advances in terms of mapping coverage of the Brazilian territory, which is highlighted by the analyzes presented in this work. However, this article presents elements to understand the current reality of cartography in Brazil, which has been experiencing incomplete and outdated mapping for decades, a fact that implies difficulties and losses in actions related to the development of the country, such as in the planning and management of several sectors and activities.

ACKNOWLEDGMENT

We are especially grateful to Ana Cristina da Rocha Bérenger Resende for the complete revision of the English version.

AUTHOR'S CONTRIBUTION

Leonardo Scharth Loureiro Silva wrote the manuscript and carried out the experiments. Silvana Philippi Camboim contributed to the methodological structuring and to the revision of the final version.

REFERENCES

- Archela, R. S. 2007. Evolução Histórica da Cartografia no Brasil - Instituições, formação profissional e técnicas cartográficas. *Revista Brasileira de Cartografia*, 59(03), pp.213-23.
- Borba, R. L. R. 2017. *Ecossistema para infraestrutura de dados espaciais híbrida, coproduzida, colaborativa, convergente e compartilhável*. PhD thesis. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Bortolini, E. Silva, L. S. L. Machado, A. A. Paiva, C. A. Camboim, S. P. 2018. Potenciais categorias de informações

geográficas do mapeamento colaborativo para o Oficial. In: *X Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas*. Curitiba, Brazil, 6-8 Jun 2018.

Brasil. 2008. Decreto nº 6.666, de 27 nov 2008. *Institui, no âmbito do Poder Executivo Federal, a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), e dá outras providências*. Available at: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6666.htm> [Accessed 20 August 2018].

Brovelli, M. A. Minghini, M. Molinari, M. E. Zamboni, G. 2016. Positional accuracy assessment of the OpenStreetMap buildings layer through automatic homologous pairs detection: the method and a case study. In: *XXIII ISPRS Congress*. Prague, Czech Republic, 12-19 Jul 2016.

CONCAR – Comissão Nacional de Cartografia. 2010. *Plano de Ação para Implantação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais*. Rio de Janeiro.

Correia, A. H. Rosa, R. A. S. Vieira, P. R. Silva, R. R. 2010. Projeto Radiografia da Amazônia: Metodologia de aerolevantamentos SAR (Bandas X e P) e apoio de campo. In: *XXIV Congresso Brasileiro de Cartografia*. Aracaju, Brazil, 16-20 May 2010.

Dorn, H. Törnros, T. and Zipf, A. 2015. Quality Evaluation of VGI Using Authoritative Data – A comparison with land use data in Southern Germany. *ISPRS International Journal of Geoinformation*, 4(3), pp.1657-71.

DSG – Diretoria de Serviço Geográfico. 2020. Geoportal do Exército Brasileiro – Acesso ao BDGEx. Available at: <<https://bdgex.eb.mil.br/portal/bdgex-1/permissoes-acesso>> [Accessed 19 July 2020]

Geoscience Australia. 2018. Chapter Seven: Geoscience Australia Report On Performance. Available at: <<https://publications.industry.gov.au/publications/annualreport201718/geoscience-australia/chapter-seven-geoscience-australia-report-on-performance/>> [Accessed 06 April 2020].

Graser, A. Straub, M. and Dragaschnig, M. 2013. Towards an Open Source Analysis Toolbox for Street Network Comparison: Indicators, Tools and Results of a Comparison of OSM and the Official Austrian Reference Graph. *Transactions in Gis*, 18(4), pp.510-26.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. BC250 – Documentação técnica geral. Available at: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2017/informacoes_tecnicas/Documentacao_bc250_v2017.pdf> [Accessed 13 March 2019]

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. Folhas topográficas – sobre. Available at: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/cartas-e-mapas/folhas-topograficas/15809-folhas-da-carta-do-brasil.html?=&t=saiba-mais>> [Accessed 13 March 2019].

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. Download - Geociências. Available at: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>> [Accessed 19 July 2020].

IDE Chile – Infraestrutura de Datos Geoespaciales. 2020. Geoportal de Chile – Visor de Mapas. Available at: <<http://www.geoportal.cl/visorgeoportal/>> [Accessed 19 July 2020].

IGAC – Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2020. Geoportal – Datos Abiertos. Available at: <<https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-cartografia-y-geografia>> [Accessed 21 July 2020].

IGM – Instituto Geográfico Militar. 2020. Venta de Productos IGM. Available at: <<https://www.igm.cl/ventasweb.php?venta2=A>> [Accessed 19 July 2020].

IGN – Instituto Geográfico Nacional. 2020. Información Geoespacial. Available at: <<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/InformacionGeoespacial/Introduccion>> [Accessed 19 July 2020].

INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Geoespaciais. 2020. O portal brasileiro de dados geoespaciais – SIG BRASIL. Available at: <<https://www.inde.gov.br/>> [Accessed 19 July 2020].

Kent, A. J. and Hopfstock, A. 2018. Topographic Mapping: Past, Present and Future. *The Cartographic Journal*, 55(4), pp.305-08.

Machado, A. A. 2017. *Comparação entre o mapeamento de referência do Brasil e da Grã-Bretanha*. Academic work.

Universidade Federal do Paraná.

Machado, A. A. 2020. *Compatibilização semântica entre o modelo de dados do OpenStreetMap e a Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV)*. PhD thesis. Universidade Federal do Paraná.

Olteanu-Raimond, A.-M. Laakso, M. Antoniou, V. Fonte, C. C. Fonseca, A. Grus, M. Harding, J. Kellenberger, T. Minghini, M. Skopeliti, A. 2017. VGI in National Mapping Agencies: Experiences and Recommendations. In: G. Foody, L. See, S. Fritz, P. Mooney, A.-M. Olteanu-Raimond, C. C. Fonte, V. Antoniou, eds. 2017. *Mapping and the Citizen Sensor*. Londres: Ubiquity Press, 2017. pp.299-326.

Santos, C. J. B. and Castiglione, L. H. G. 2014. A atuação do IBGE na evolução da cartografia civil no Brasil. *Terra Brasiliis (Nova Série)*, 3.

Silva, R. L. 2015. Metadados Geoespaciais: O Coração de uma IDE. In: *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR*. João Pessoa, Brazil, 25-29 Apr 2015.

Sluter, C. R. and Camboim, S. P. 2009. The National Topographic Mapping as an Indispensable Database for a Brazilian National Spatial Data Infrastructure (NSDI). In: *Proceedings of the XXIV International Cartographic Conference*. Santiago, Chile, 15-21 Nov 2009.

Sluter, C. R. Camboim, S. P. Iescheck, A. L. Pereira, L. B. Castro, M. C. Yamada, M. M. Araújo, V. S. 2018. A proposal for topographic maps symbols for large-scale maps of urban areas in Brazil. *The Cartographic Journal*, 55(4) pp.362-77.

SOI – Survey of India. 2020. Availability of Open Series Maps. Available at: <[http://www.surveyofindia.gov.in/pages/display/189-download-open-series-maps\(osm\)](http://www.surveyofindia.gov.in/pages/display/189-download-open-series-maps(osm))> [Accessed 19 July 2020].

UN-GGIM - United Committee of Experts on Global Geospatial Information Management. 2015. Future trends in geospatial information management: the five to ten year vision. 2nd ed. Available at:<<http://ggim.un.org/knowledgebase/Attachment1759.aspx?AttachmentType=1>> [Accessed 19 August 2018].

USGS – United States Geological Survey. 2020a. National Geospatial Program - Partners. Available at:<<https://www.usgs.gov/core-science-systems/national-geospatial-program/partners>> [Accessed 06 April 2020].

USGS – United States Geological Survey. 2020b. Federal Agency Partnerships. Available at: <<https://www.usgs.gov/core-science-systems/ngp/user-engagement-office/agency-partner>> [Accessed 06 April 2020].

4 AUTHORITATIVE CARTOGRAPHY IN BRAZIL AND COLLABORATIVE MAPPING PLATFORMS: CHALLENGES AND PROPOSALS FOR DATA INTEGRATION

Esse artigo foi publicado no Boletim de Ciências Geodésicas em 2021, conforme as páginas seguintes.

AUTHORITATIVE CARTOGRAPHY IN BRAZIL AND COLLABORATIVE MAPPING PLATFORMS: CHALLENGES AND PROPOSALS FOR DATA INTEGRATION

Cartografia de referência do Brasil e dados provenientes de plataformas de mapeamento colaborativo: desafios e propostas para integração

Leonardo Scharth Loureiro Silva¹ - ORCID: 0000-0002-9226-6775

Silvana Philippi Camboim¹ - ORCID: 0000-0003-3557-5341

¹ Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba - Paraná, Brasil.
E-mail: scharth.leo@gmail.com, silvanacamboim@gmail.com

Received in 30th June 2020

Accepted in 29th November 2020

Abstract:

Brazil has a large area with missing or outdated mapping on the largest scales of its authoritative mapping. The use of data from collaborative mapping platforms appears as an alternative that may contribute to minimizing this problem, either by updating or completing the mapping coverage in Brazil, as proposed or performed by some National Mapping Agencies abroad. The present work aims to analyze a methodology to provide accurate and documented integration of volunteered geographic information and the Brazilian authoritative mapping. The proposal starts with the semantic compatibility between the conceptual models adopted in both official cartography and OpenStreetMap platform. The research continues with the identification of object classes with the most significant potential for integration. Finally, we developed some experiments to evaluate and validate the OSM data integration process in a 1:25,000 scale cartographic database. Even in regions with a recent mapping, the results of the preliminary assessment indicate the potential for an increase of about 52% and 16% of features in the 'road system' category, which suggests a very promising method for use in areas with missing or outdated mapping, and its applicability to other categories.

Keywords: VGI; Authoritative mapping; OpenStreetMap; Cartographic updating; Semantic compatibility; NMA.

Resumo:

O Brasil tem uma grande área com mapeamento desatualizado ou sem cobertura cartográfica nas maiores escalas de seu mapeamento de referência. O uso de dados de plataformas colaborativas de mapeamento figura como uma alternativa que pode contribuir para minimizar esse problema, seja através da atualização seja na complementação da cobertura do mapeamento no Brasil, conforme proposto ou realizado por algumas Agências Nacionais de Mapeamento no exterior. O presente trabalho tem como objetivo analisar uma metodologia para fornecer uma integração acurada e documentada das informações geográficas voluntárias ao mapeamento de referência brasileiro. A proposta tem início na compatibilização semântica entre os modelos conceituais adotados na cartografia oficial e

How to cite this article: SILVA, L.S.L.; CAMBOIM, S.P. Authoritative cartography in Brazil and collaborative mapping platforms: challenges and proposals for data integration. *Bulletin of Geodetic Sciences*. 27(spe): e2021003, 2021.



This content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

na plataforma OpenStreetMap, passa pela identificação das classes de objetos com maior potencial para a integração e, finalmente, apresenta experimentos iniciais para avaliar e validar o processo de integração de dados OSM em um banco de dados cartográficos na escala 1:25.000. Mesmo em regiões com mapeamento recente, os resultados da avaliação preliminar indicam potencial para incremento de 52% e 16% nas feições da categoria 'sistema rodoviário', o que sugere um método promissor para uso em áreas com mapeamento desatualizado ou sem mapeamento, além de sua aplicabilidade a outras categorias.

Palavras-chave: VGI; Mapeamento de referência; OpenStreetMap; Atualização cartográfica; Compatibilidade semântica; Agências Nacionais de Mapeamento.

1. Introduction

More and more, human activities have become dependent and are optimized by the use of geospatial information (GI), which results in increasing diversity in the contexts of GI use (Harding et al. 2009). Both in daily personal activities and in the course of projects in private organizations, in the planning and operations carried out in public and governmental institutions as well as in scientific research, GI is a fundamental and strategic element that must be considered in decision-making.

Naturally, in the geodetic sciences this importance is also observed. The existence of accurate and updated authoritative cartographic bases, in a scale compatible with the specific uses, means an indispensable framework for understanding the reality of the region of interest of any project, action or research. Thus, these bases are the essential input for spatial analysis and the most varied studies about activities or facts that occurred in a given geographic space. Besides, the availability of historical cartographic data allows spatio-temporal analysis that can result in evaluations of the dynamics that have happened in a region.

However, Brazil has a historical deficiency in the coverage of cartographic data in its territory, noticeable in the larger scales established for the national topographic mapping. According to Silva and Camboim (2020), the 1:25,000 scale, for example, has hugely limited coverage (about 5.5% of the country) incorporated into the National Cartographic System. The intermediate scales, 1:50,000 and 1:100,000, when combined, cover 94% of the country, but on the other hand, mostly produced more than 40 years ago. Only for the scales 1:250,000 and 1:1,000,000, the country has complete and updated cartographic coverage, entirely produced following established norms and standards, integrated into a geographic database and part of a continuous updating program.

Despite Brazilian National Mapping Agencies increased the production of mapping at 1:25,000, 1:50,000 and 1:100,000 scales, in the recent years, Brazil still has a large area that needs cartographic updating and many others without mapping at the largest scales. In addition, its territory has regions with very heterogeneous characteristics, which requires specific planning for different types of mapping projects. To change this scenario, political and economic arrangements are necessary, with significant and permanent funding as well as a considerable number of qualified staff to be involved in the production.

Because of this scenario with many problems, a feasible alternative to the limitations of this current reality is the use of data from collaborative mapping platforms. Goodchild (2007) defined the term Volunteered Geographic Information (VGI), which can be understood in a simplified view, as a set of geographical data generated by people or organizations not specialized in geospatial data production.

Other important factors that stand out as positive points are the availability and widespread use of the internet through the use of mobile technologies increasingly accessible to citizens. Thus, ubiquitous computing in parallel with the trend of mobility for several daily activities can make ordinary citizens become a key player in Cartography, as an active and permanent provider of VGI. Furthermore, this new "data source", due to its diffusion, its spread

everywhere and for its terrific speed in updating geospatial information, it can mean an important element of communication of the areas that are most in need for the NMA efforts.

The use of geographic information based on voluntary contributions has experienced some successful approaches worldwide. Research by Olteanu-Raimond et al. (2017b) presents the most usual forms of communication or interaction between users and European mapping agencies such as alerts about errors, new data inclusion, reporting of local names, change detection and image interpretation.

Some positive results were verified, for instance, in the Netherlands, Finland and Switzerland agencies. In these NMAs, error alert tools or other applications to send volunteered information were developed, which after analysis and validation have resulted in changes in the organizations' databases (Olteanu-Raimond et al. 2017a; Olteanu-Raimond et al. 2017b). Also, as a successful example, USGS, the North American NMA, has an auspicious crowdsourcing project, TNMCorps. This project counts with a numerous network of volunteers who collect and edit a defined list of points of interest for the organization. It has already reached the expressive mark of 400,000 points, and a large part of these points has been validated and integrated into the US national topographic database (USGS 2019; Korris, Niknami and McCartney 2017).

Some reports, like those about Portugal, add challenging situations that can be understood as lessons learned from implementation in other countries (Olteanu-Raimond et al. 2017b).

Several authors (Coleman 2012; Sester et al. 2014; Basiouka, Potsiou and Bakogiannis 2015; Olteanu-Raimond et al. 2017b), over the past number of years, have been evaluating experiences, initiatives and potentialities to integrate VGI with authoritative mapping as well as the use of VGI in official mapping projects. There are also studies dealing with the combination of social media geographic information (SMGI) with authoritative data (Albuquerque et al. 2015; Massa and Campagna 2016). These findings show that geospatial data producers can use all these source of data, especially in areas with outdated information or missing data.

In the same approach, there is a large variety of studies involving the quality assessment by comparing OSM data with authoritative datasets in sundry countries, such as United Kingdom (Haklay 2010), France (Girres and Touya 2010), Austria (Graser, Straub and Dragaschnig 2013), Germany (Hecht, Kunze and Hahmann 2013; Dorn, Törnros and Zipf 2015), Iran (Forghani and Delavar 2014) and Italy (Brovelli et al. 2016; Brovelli et al. 2017; Fonte et al. 2018). Hence, in particular, the assessment of positional accuracy and completeness of VGI has been widely studied in the last years.

Among the several works mentioned, two of them stand out as the precursors in the comparative evaluations between OpenStreetMap and authoritative mapping. Haklay (2010) analyzed the quality of OSM datasets in the UK by evaluating positional and attribute accuracy, completeness and consistency. He used the buffer zone method to compare linear features and calculated the overlapping of homologous lines. Girres and Touya (2010) performed a more extensive set of evaluations in eight quality elements for OSM data in several France regions. In the assessment of linear features, they used Hausdorff distance and the average distance.

This paper's proposal contains some aspects that overlap with previous works, such as the importance of making semantic compatibility between the official and VGI models and using the buffer zone for comparison between homologous lines. On the other hand, the most remarkable difference between the previous and the present work is that, in this article, OSM data are not compared with another dataset considered the ground truth. The core idea is to identify the data represented in OSM that are not present in the reference database. These are treated as potential data to be integrated into the official mapping, important information in countries with inadequate authoritative mapping coverage, such as Brazil and other developing countries. Another particular aspect is that most of the studies cited were focused on object classes or features compatible with representation on large scales, especially street or road networks and buildings. This is another significant difference in the present work, whose comparison datasets are in the context of smaller scale maps, since there is not much availability of the scale ranges from 1:25,000 and larger in Brazil.

Interoperability issues (Al-Bakri and Fairbairn 2012) and semantic compatibility (Machado, 2020) have also been investigated to the handling of the heterogeneity between authoritative and collaborative data models. This is a significant step in the integration of VGI with official mapping and, consequently, Spatial Data Infrastructures (SDIs). Al-Bakri and Fairbairn (2012) affirm that the most crucial problem of heterogeneity in spatial datasets comes from the lack of semantic and structural correspondences of the data from distinct sources.

In general, authority datasets have well-established, documented and rigid semantic characteristics while collaborative platforms have a free and flexible aspect. Bordogna et al. (2016) describe the architecture of an SDI for creating, mapping and managing full interoperable VGI. It is vital to solving these issues to make SDIs more modern and closer to the needs of users. Mooney and Corcoran (2011) believe that the generation of knowledge from multiple sources, including VGI, can play a crucial role in building a more accessible SDI.

SDI was initially conceived as an environment to support the coordination, integration, exchange and sharing of data and spatial metadata that mainly served the public sector. Harvey and Tulloch (2006) describe in their research that as the SDI concept and implementation matured, issues that could impair SDI were identified. Despite the availability of technologies and concepts, political and governance actions became the biggest obstacles. Thus, as over the years, conceptual changes in SDI have been shaped. These changes have resulted in new generations of SDI with the opening of new opportunities. Johnson (2017) describes potential spatial data management models that meet the philosophy of services based on open data and integration of VGI. In this sense, the author includes key areas of research such as the development and implementation of user-editing interfaces and evaluation of the data received by government through any type of data curation. Finally, Johnson (2017) suggests that the sustainability of this strategy aimed at user participation must rely on both the continued engagement of volunteers and continued support by government.

Borba et al. (2015) state that in the context of SDIs, applying open initiatives means removing social, technical, technological, financial and legal barriers. Moreover, open initiatives encourage and facilitate the sharing and updating of information. Coetzee et al. (2013) reinforce that crowdsourcing and mobile technologies are having an evolutionary impact on SDIs and draw attention to the need is evident for further consideration of the future roles of standards and ontologies in assuring the integration of data sources for cartographic analysis and presentation. Borba et al. (2015) propose a contemporary infrastructure (SDI-Co), in which three principles for this new architecture are considered: open and transparent initiatives; a culture of participation, and the concept of inverse injection of spatial data. In this context, VGI data should not necessarily be seen as competition for authoritative data produced within an SDI initiative, but rather as an ally (Coetzee et al. 2013).

In the present work, from the proposed methodology, initial experiments were carried out for two municipalities (Valença and Petrópolis), both in the State of Rio de Janeiro, Brazil. The activities resulted in a semantic compatibility link between the ET-EDGV (DSG 2018b) – The Technical Specification for Vector Geospatial Data Structure, in Brazilian authoritative mapping – and OSM models, the identification of elements of the collaborative platform with the most significant potential to be incorporated into small scale authoritative mapping and the coverage and quality analyses of the possible data for integration. Thus, based on the results, this study aimed to describe challenges and present proposals for integrating data from collaborative mapping platforms with the authoritative mapping in Brazil.

It is essential to point out that, although data quality comparison confronting VGI data with authoritative databases is reasonably frequent in research, this paper brings a different approach. Here, the core focus is on finding gaps in the official data that VGI could fill, using case studies experiments to identify the main challenges and potentialities in the process. This perspective is important to create a methodology reproducible throughout the mapping of the country, considering the diversity of Brazilian authoritative mapping, that on a small scale, ranging from 1:25,000 to 1:250,000, is frequently outdated and available in absolutely heterogeneous environments (Silva and Camboim 2020).

There are several platforms or systems that provide volunteered geographic information in abundance. For this work, the OpenStreetMap (OSM) platform was chosen mainly for its degree of maturity regarding the structuring

of data, for its acceptance with the scientific community and for the whopping crowd of contributors in Brazil and worldwide. The OSM project, created in 2004, has more than 7 million registered users (October 2020) and around 1.1 million effective contributors who, on average, carry out more than 4.5 million changesets per day (OSMstats 2020), therefore keeping the database permanently updated and revised.

In addition to the millions of individual contributors, government institutions in about sixty countries (OSM 2020a), located on all continents, officially allow their data to be included on the OpenStreetMap platform. However, the OSM makes it clear that this does not imply that these data providers endorse, provide guarantees or accept any responsibility for the data contained in the platform.

Examples like these can be illustrated in bulk imports to OSM from official databases such as TIGER/Line in USA (U.S. Census Bureau 2002) and The Open Database of Buildings in Canada (Statistics Canada 2020). The TIGER data, produced by the US Census Bureau, includes many geographic features, especially the roads, which were imported into OSM in 2007 and 2008 and were important in populating, at that time, the nearly empty map of the United States (OSM 2020b). The Building Canada 2020 is a database of building footprints covering virtually all of Canada that contains about 11.8 millions polygon geometries in all Canadian ten provinces and three territories. This dataset is licensed by Microsoft in an open data license and was imported to OSM in 2018 and 2019 (Microsoft 2020). Despite its relevance and its recognized quality, for the purpose of the proposed methodology, this source of data is not under investigation, since in principle, they are already part of authoritative data.

More recently, another player has been highlighted in the context of OpenStreetMap: corporate editors, who are employees of companies and whose professional activity is editing data in OSM. Anderson, Sarkar and Palen (2019) show that in recent years the participation of corporate editors has grown dramatically, and part of this trend are some global giants such as Apple, Microsoft, Mapbox, Facebook and other large regional companies such as Grab (Singapore) and Telenav (United States).

The inclusion of government data, as well as the effective performance of large companies on the OpenStreetMap, represented a paradigm shift in the concept of OSM. This is due to the change in the initial understanding that the OSM was a database exclusively developed and maintained and by non-expert users. And more and more it is admitting a less amateur style, turning into a database with information from official sources and contributions, editions and validations carried out by people who are professionally dedicated to this task. These findings further reinforce the importance of studies aimed at using this type of content.

2. Methodology

2.1 Semantic compatibility between OSM and ET-EDGV

Semantic compatibility is the first step to make the use of this type of data feasible. It aims to make a semantic link between the features present in the OpenStreetMap system with one of the 225 object classes present in ET-EDGV (as detailed in the end of this section). So, in this process, the objective was to identify the individual characteristics of each type of OSM element, through the combination of “key” and “value”, and eventually the attributes in “tag”, and its correlation to the authoritative mapping data model described in ET-EDGV 3.0 version, as the examples shown in Table 1.

Table 1: Example of semantic compatibility between OSM and ET-EDGV

OpenStreetMap			ET-EDGV 3.0	
key	value	tag	Code	Class
highway	motorway	-	1.13.2	Trecho Rodoviário
highway	residential	-	2.2.27	Trecho Arruamento
boundary	administrative	admin_level = 8	1.4.11	Cidade
boundary	administrative	admin_level = 9	1.4.12	Distrito
power	tower	-	1.1.13	Torre Energia
natural	water	lake	1.3.12	Massa D'água

Semantic compatibility is an operation that identifies and documents the relationships between distinct data models. So, it ends up being a non-trivial task. An example of this is that the same combination of 'key + value' in the OSM can be related to different classes, so that the correspondence, in this case, needs additional information, the 'tag', to be defined. In addition, since data models are not necessarily concerned with the scale of representation, it is essential to keep in mind that elements represented on OSM may not find compatibility with the 1:25,000 and smaller scales that are the scope the national reference mapping in Brazil and of this study.

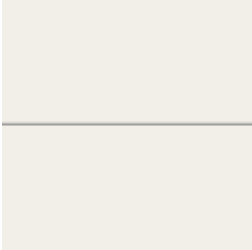
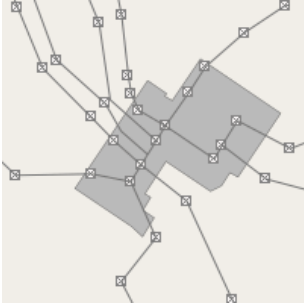
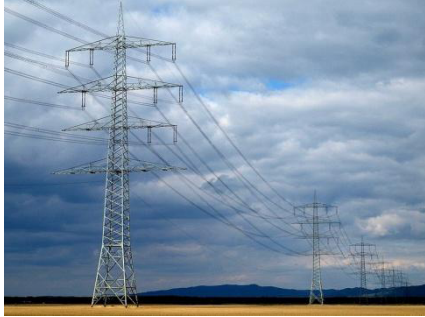
We present in Tables 2 and 3 some examples of information about geographic objects that allow understanding the semantic link between the data models.

Table 2: Information about 'Trecho_Energia' class, in ET-EDGV 3.0

Code	Geometry	Description
1.1.15	line	Physical environment where the process of transmission and distribution of electricity is carried out.
Class		Figure
Trecho_Energia		

Source: Adapted and Translated to English, from DSG (2018a; 2018b).

Table 3: Information about ‘power=line’ tag, in OpenStreetMap Wiki

Tag	Element	Description
power=line	 way	High-voltage power lines used for power transmission, usually supported by towers or pylons.
Style	Mapnik	Figure
		

Source: Adapted from OSM (2020a).

Considering that the OSM is a map for global use, it is essential to highlight the difficulty in establishing a semantic structure and forms of classification and representation that suit the most diverse characteristics present on such a geographically, culturally, historically and economically heterogeneous planet.

The semantic compatibility between the models was a subject widely explored by Machado (2020). The author highlights that the conceptual model of the OSM is very well documented, illustrated and dynamic and emphasizes that the structure of the OSM is a contemporary example of the application of collective intelligence, given the information management and its platform mapping structure. However, as emphasized by Vandecasteele and Devillers (2015), if on the one hand, the platform makes it possible to describe geographic objects in a rich way that meets local specificities, on the other hand, it creates semantic heterogeneities, since it allows a diversity of attributes or possible tags to describe the same object.

ET-EDGV, the Brazilian mapping data structure, based on OMT-G model, is defined in a more rigid and centralized way, approved by instances such as the former National Cartography Commission (CONCAR). Information producers mainly represented this committee, and the resulting data models are not very flexible. For example, there is a 9-year gap between versions 2 and 3 of ET-EDGV (2008 and 2017, respectively). ET-EDGV aims to standardize the official vectorial geospatial data structures of reference produced to compose cartographic bases related to the scales ranging from 1:1,000 to 1:250,000.

2.2. Selection of potential categories for integration

Considering that geospatial information from collaborative mapping platforms can be used to update authoritative mappings, a relevant aspect concerns the identification of which object classes present the most significant potential for integration.

The first approach is quantitative. The categories with more features added to the OSM can contribute more significantly to fill the gaps in the official mapping. It is important to highlight that the official base used in the experiments, covering the State of Rio de Janeiro, on scale 1:25,000, is considered one of the most updated in the country, made available in 2018.

Figure 1 shows a comparison between the features of the categories of information related to “roads” (Fig. 1a) and “hydrography” (Fig. 1b) for the municipality of Petrópolis, State of Rio de Janeiro. In the figure, the maps on the left represent objects of authoritative mapping and, on the right, elements of OpenStreetMap.

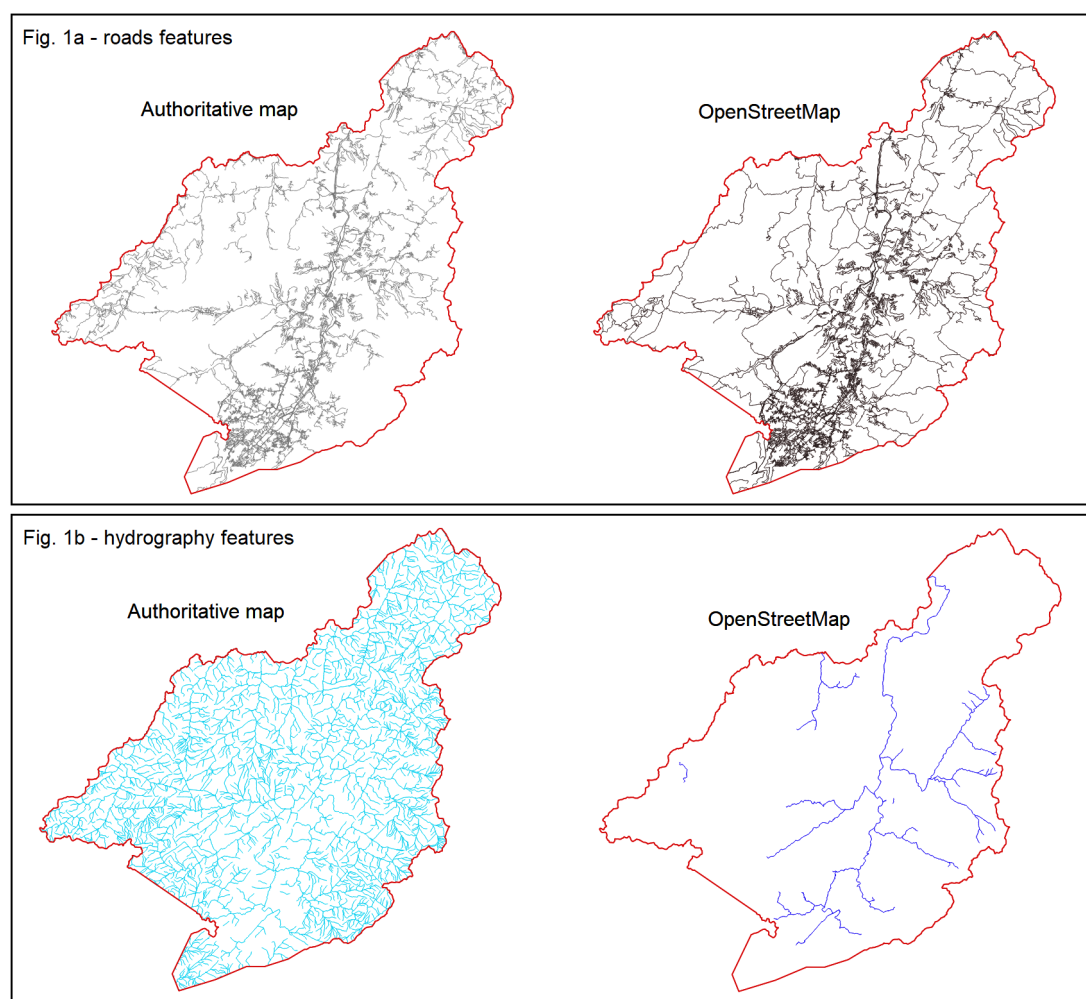


Figure 1: Comparison of the quantity of features in authoritative map and OSM.

From the illustrations in Figure 1, it can be seen that the category related to roads in the OSM has a large number of features represented (about 100% of quantitative equivalence with authoritative mapping, as quantitative presented in Table 7), while the category related to hydrography has few objects (about 9% of quantitative equivalence). The difference between these patterns in the OSM can be directly related to the way data is acquired and the use of the platform, for navigation purposes, for example.

This approach, more focused on determining the potential for integration concerning the representativeness of some categories, requires a preliminary analysis for each region of interest, since, due to the nature of the collaborative platform, the number of features present can be heterogeneous.

Another approach regarding the potential for integration is that made by Machado (2020) who proposes a method based on the semantic alignment between the ontologies of OSM and ET-EDGV 3.0, in which have tried to identify the key concepts and descriptions, values and labels of the collaborative platform and their correspondence in the structure of categories, classes, attributes and domain values of the authoritative mapping.

Through the cited study, among the eighteen categories of ET-EDGV, Machado (2020) identified results of high, medium, low or no percentages of semantic alignment, which give rise to some conclusions discussed below.

For categories composed of artificial features, located predominantly in urban areas, generally related to transportation, buildings, energy or communications, there is an abundance of data in the OSM, which results in high alignment between the models. Those categories related to natural features, which require technical knowledge or specific technologies to map, results in a medium or low alignment. And finally, there are classes whose definition is the responsibility of the government, for which there is low or no alignment.

The limitations related to the process of acquiring features by VGI, which may not have the quality requirements expected for the authoritative mapping, must be taken into account, in addition to the legal issues regarding the layers that are the responsibility of public sector, such as boundaries or Geodetic Control Points.

Taking into account the potential for integration based on expectation due to the high quantitative equivalence, reinforced by the analysis of the semantic alignment index, the classes 'Streets' (Trecho Arruamento) and 'Roads' (Trecho Rodoviário) of the authoritative mapping and the OpenStreetMap key 'highway' were chosen for the preliminary investigation of the proposed methodology.

2.3 Data manipulation and integration

Two study areas were defined to evaluate the proposed method, the municipalities of Valença and Petrópolis, which belong to the IBGE's continuous vector cartographic base (called in Portuguese Base Cartográfica Contínua) of the State of Rio de Janeiro, at 1:25,000 scale (IBGE 2018).

IBGE is the NMA co-responsible for authoritative mapping in Brazil and produced this authoritative cartographic base from photogrammetric coverage in 2006 and 2007 and updated by satellite images in 2018. This is the most up-to-date and largest-scale mapping available in Brazil.

In summary, the proposed methodology consists of the following steps.

- (a) Download elements of 'highway' key from OpenStreetMap;
- (b) Data acquisition of layers with 'line' geometry from the 'Streets' (Trecho Arruamento) and 'Roads' (Trecho Rodoviário) classes of the authoritative mapping;
- (c) Buffer generation, to serve as a positional uncertainty in comparison with the vectors from the OSM;
- (d) Comparison of the OSM vectors with the positional uncertainty (buffer) of the homologous lines in the authoritative mapping, to identify the coincidences and differences between them;
- (e) Separation of OSM vectors that are not present in the authoritative base and
- (f) Validation of the candidate features for integration.

Figure 2 highlights the two municipalities used and allows the identification of the study areas and the understanding of its representativeness in relation to the context of the entire country.

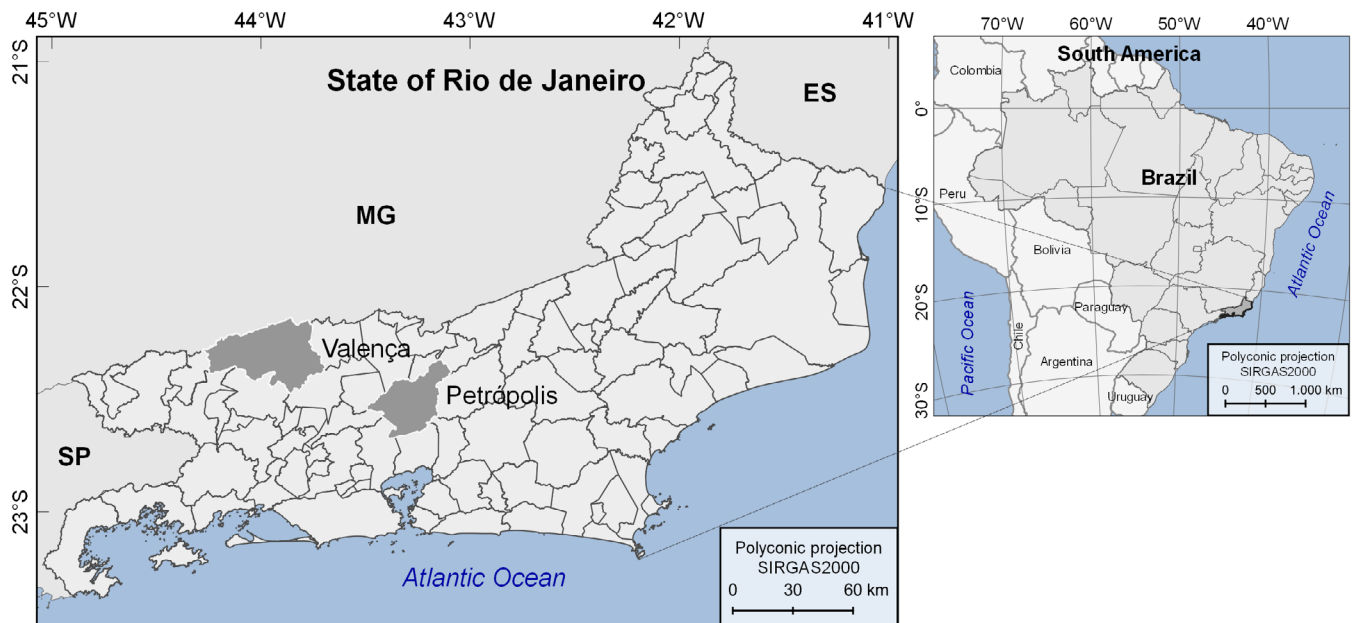


Figure 2: Study areas.

For the first area of interest (the municipality of Valença) the OpenStreetMap vectors that represent the features of the roads were acquired and identified on the platform by the key 'highway', as shown in Figure 3. The Coordinate Reference System is Universal Transverse Mercator (UTM), zone 23 (EPSG 31983). The total length of these vectors of the roads in that municipality is about 1,200 km.

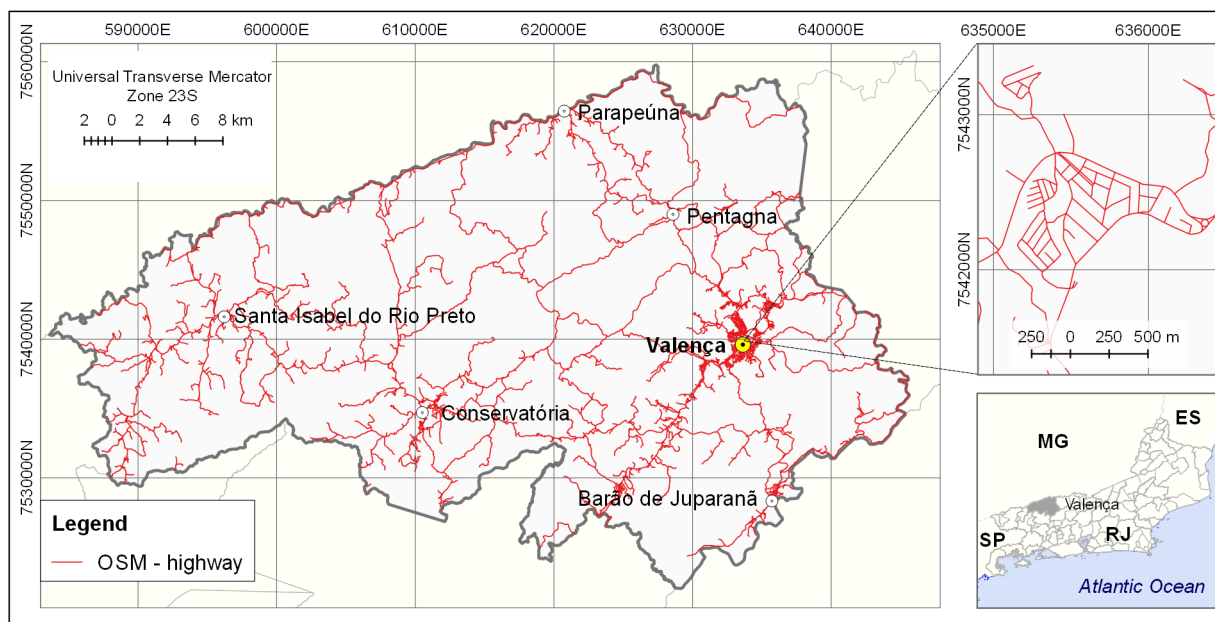


Figure 3: Features of the 'highway' from OpenStreetMap, for the municipality of Valença.

For the same study area, the vectors of the 'line' type geometry of the layers referring to the 'Streets' (Trecho Arruamento) and 'Roads' (Trecho Rodoviário) classes of continuous vector cartographic base of the State of Rio de Janeiro, in the 1:25,000 scale, were obtained as shown in Figure 4. The data were projected to Universal Transverse Mercator (UTM), zone 23 (EPSG 31983), to lead to the sequence of operations. The total length of these vectors of the roads in that municipality is about 2,040 km.

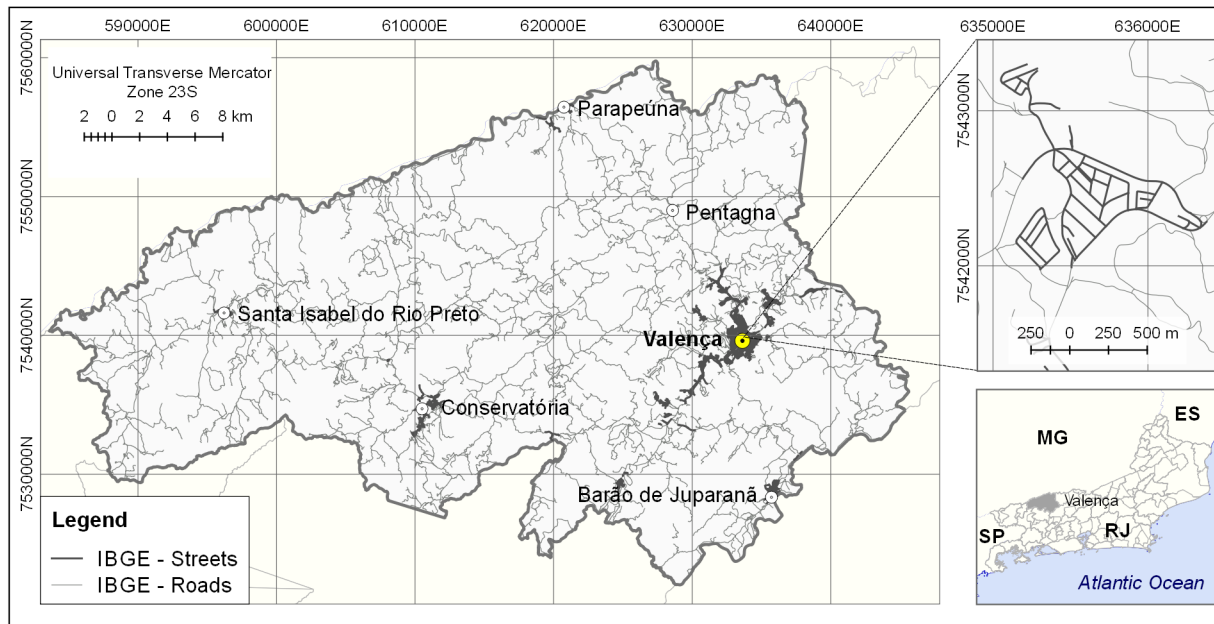


Figure 4: Features selected from 'Streets' and 'Roads' classes in the reference base, for the municipality of Valença.

The next step was the creation of a buffer of 1 mm on the mapping scale (corresponding to 25 meters) to serve as a range of uncertainty in comparison with the vectors coming from the OSM. This method is similar to the simple buffer method proposed by Mozas and Ariza (2011) and Santos (2015). The buffer size (25 m) was suggested based on findings of research by Haklay (2010) and Graser, Straub and Dragaschnig (2013) that found better results for 20 m buffers. Considering that those works were carried out to compare reference bases at larger scales, in this research we chose a slightly larger buffer for more flexibility. The sequence in the three progressive scenarios can be identified in Figure 5, respectively in windows A, B and C.

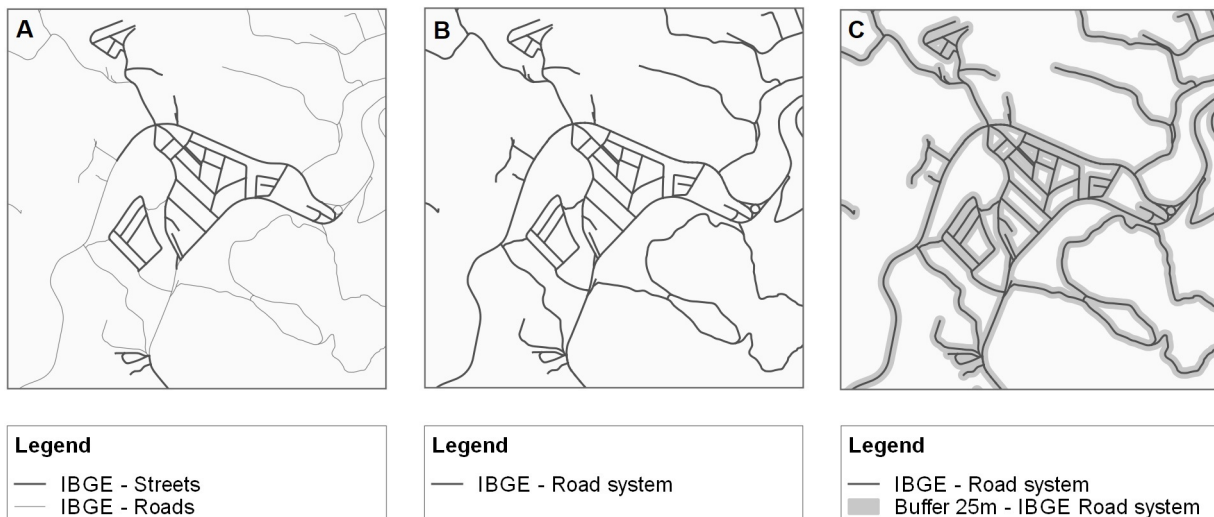


Figure 5: Separated layers (A), merged layers (B) and buffer of features in the authoritative map (C).

In the next step, vectors from OpenStreetMap were compared with vectors present in the authoritative base to identify the features that were present in both databases and those that were only present in the OSM. Figure 6 presents an example, in an enlarged view, that allows the identification and distinction between these two situations, that means, when the features of the OSM (represented in red) coincide with the buffer (represented in gray) or when there is no correlation with the authoritative mapping.

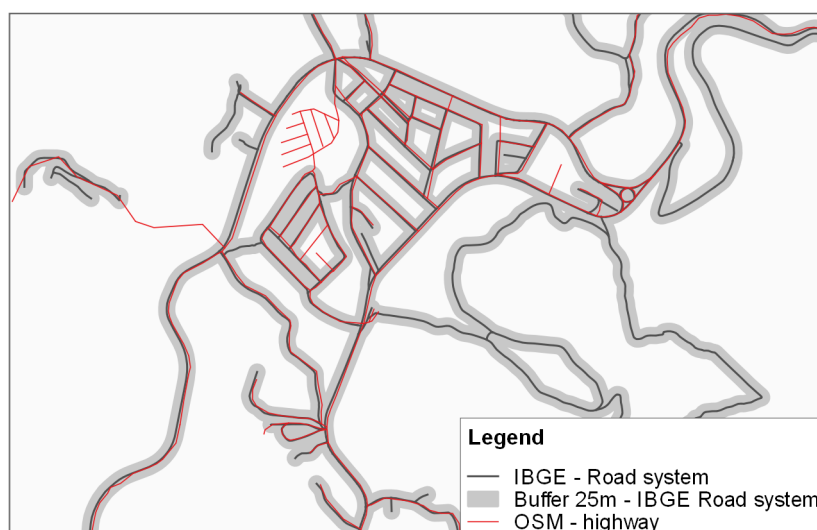


Figure 6: Correlations and differences between the authoritative map and OpenStreetMap.

In the next step, we selected the features from OpenStreetMap not represented in the authoritative database (vectors in red, not coincident with the buffer in gray), therefore classified as candidate data for integration. Figure 7 shows all vectors of the OSM that are not present in the authoritative base in the area of the municipality of Valença. These vectors have a total of about 94 km in length.

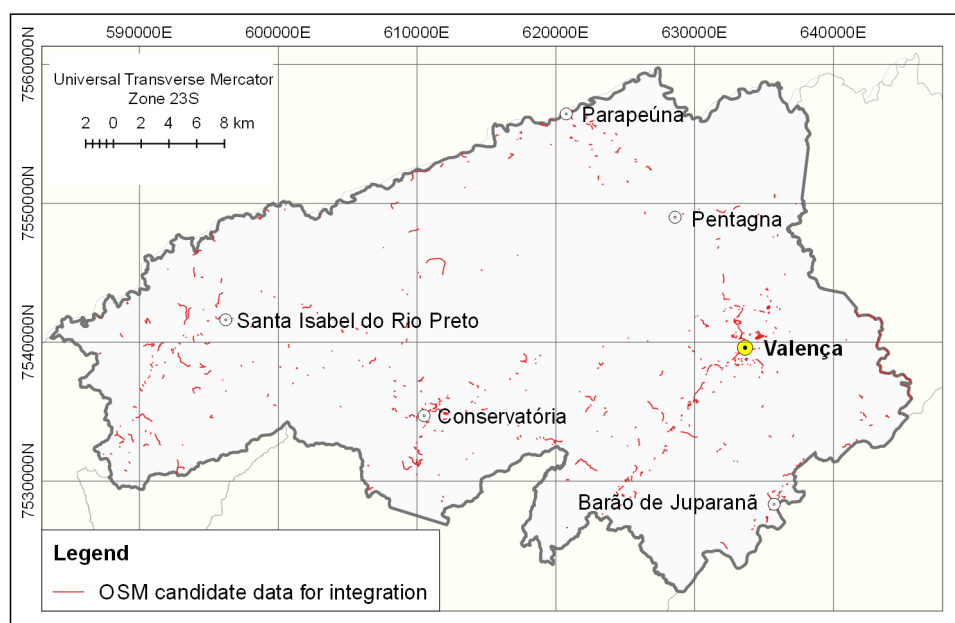


Figure 7: OSM highway vectors not present in the authoritative base.

The next phase was the validation of the candidate vectors for integration. For this task, we used the vectors of the tracking paths of IBGE's workforce in the 2017 Agricultural Census. In this project, the workers recorded in navigation GNSS receivers all the routes that they passed through the activities of the Census in 2017. Therefore, a large updated and reliable dataset of roads was obtained, which made it possible for comparison and validation of VGI. In this step, a buffer of the distance equivalent to 1 mm on the mapping scale (corresponding to 25 meters) was also considered for the intersection of homologous features. Figure 8 exemplifies the validation process carried out, in which, part of the elements of OSM coincides with the buffer of IBGE Census tracking paths, and another part does not. The sum of the length of the coincident vectors is about 49 km that represents 52% of tested roads.

Thus, by the proposed methodology, we can observe that the coincident elements have consistent quality and may be integrated with the authoritative mapping.

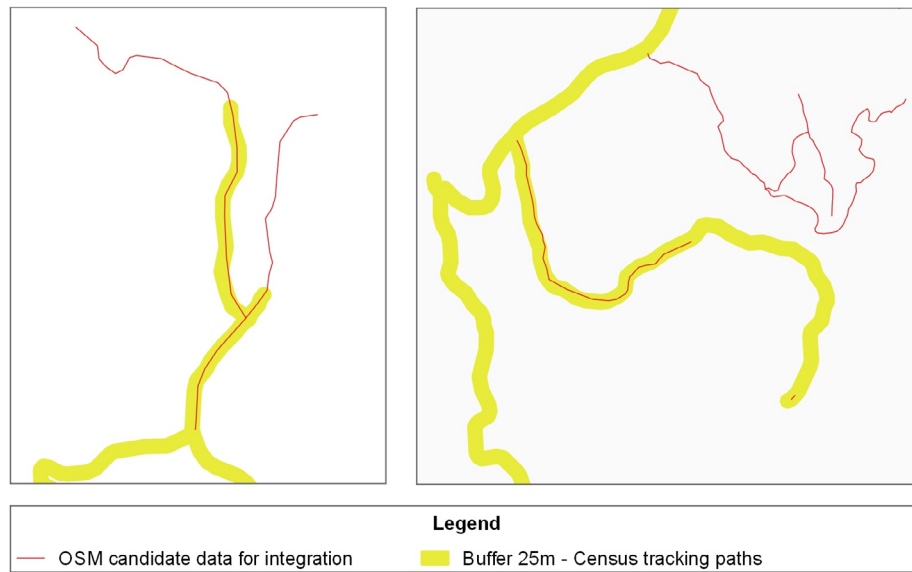


Figure 8: Validation process of OSM vectors based on comparison with Census tracking paths.

The same proposed methodology was carried out similarly for the municipality of Petrópolis, and the results for both study areas are presented in the following section.

3. Results and Discussions

As a result of the first part of the evaluation, Table 4 presents the quantitative length of roads vectors on the authoritative mapping (IBGE) and the collaborative platform (OSM), the differences between them and what percentage of these data has potential for acquisition after basic validation.

Table 4: Quantitative and percentage of features for Valença and Petrópolis

Municipality of Valença			
Element	Length (km)	Percentage (%)	Compared to
Road system (Authoritative map IBGE)	2.042,092	-	-
Highway (OSM)	1.200,163	58,8	IBGE Road system
OSM highway no present in IBGE	94,344	4,6	IBGE Road system
Candidate data of OSM validated by Census tracking paths	49,463	52,4	OSM highway no present in IBGE
Municipality of Petrópolis			
Element	Length (km)	Percentage (%)	Compared to
Road system (Authoritative map IBGE)	1.901,244	-	-
Highway (OSM)	1.898,830	99,9	IBGE Road system
OSM highway no present in IBGE	254,280	13,4	IBGE Road system
Candidate data of OSM validated by Census tracking paths	42,195	16,6	OSM highway no present in IBGE

Due to the quantities presented in Table 4, it was possible to verify that the representativeness of the elements of the roads of the OpenStreetMap in relation to the analogous content in the authoritative mapping, reaches almost 59% of the quantity in length for the municipality of Valença. Among the elements of the OSM, about 94 km of highway are not present in the authoritative base, which could mean an increase of 4.6% of this type of feature. For the municipality of Petrópolis, that the representativeness of the elements of the roads in the OpenStreetMap in relation to the analogous content in the reference base reaches almost 100% of the quantity in extension. Among the elements of the OSM, about 254 km are not present in the authoritative base, which could mean an increase of 13.4% of this type of feature.

As the municipality of Valença has a small urban area, there was a massive difference in the proportion of vectors that can be acquired in the rural area (95.4%) in relation to the urban area (4.6%). Furthermore, it is important to consider that most of the tracking paths of census took place in rural areas, because it was the region most visited by interviewers in the census. There is a significant difference when this analysis, according to Tables 5, distinguishes the elements of the roads belonging to urban and rural areas. The validation with this kind of data would be possible for about 18% of urban roads and 54% of rural roads. This analysis shows that more than 52% (Table 4) of those elements candidates for acquisition were validated by the tracking paths resulting from the census activities.

Since the municipality of Petrópolis has a large urban area, there was a much smaller proportion difference between the vectors that can be acquired in the rural area (63.6%) compared to the urban area (36.4%). Nevertheless, according to Table 5, the elements of the roads belonging to urban areas and subject to validation with this resource would be about 8% of urban roads and 21% of rural roads. In contrast to the evaluation for Valença, a much less significant quantity (16.6%- Table 4) of elements that were candidates for the acquisition was obtained, which could be validated by the tracking paths resulting from census activities.

Table 5: Quantitative and percentage of OSM highway no present in IBGE road system

Valença - Rural area			
Element	Length (km)	Percentage (%)	Compared to
Rural OSM vectors no present in IBGE	90,062	95,4	OSM highway no present in IBGE (94,344 km)
Candidate data of OSM validated by Census tracking paths	48,681	54,0	Rural OSM vectors no present in IBGE
Valença – Urban area			
Element	Length (km)	Percentage (%)	Compared to
Urban OSM vectors no present in IBGE	4,282	4,6	OSM highway no present in IBGE (94,344 km)
Candidate data of OSM validated by Census tracking paths	0,782	18,3	Urban OSM vectors no present in IBGE
Petrópolis – Rural area			
Element	Length (km)	Percentage (%)	Compared to
Rural OSM vectors no present in IBGE	161,792	63,6	OSM highway no present in IBGE (254,280 km)
Candidate data of OSM validated by Census tracking paths	34,489	21,3	Rural OSM vectors no present in IBGE
Petrópolis – Urban area			
Element	Length (km)	Percentage (%)	Compared to
Urban OSM vectors no present in IBGE	92,488	36,4	OSM highway no present in IBGE (254,280 km)
Candidate data of OSM validated by Census tracking paths	7,706	8,3	Urban OSM vectors no present in IBGE

The availability of data from the roads on OpenStreetMap showed off is quite significant, with examples of almost 60% (Valença) and 100% (Petrópolis) of the amount of length of roads present in the authoritative base. As the analysis was focused on OSM data that are not present in the authoritative database, potential increases of 4.6% and 13.4% in the length of roads in this category were calculated for the municipalities of Valença and Petrópolis, respectively. The difference found may be related to the hypothesis that regions with more population and more tourism activities should receive more contributions to collaborative platforms, endorsing the findings of previous studies as Neis, Zielstra and Zipf (2013). Concerning the validation process, it was identified, as expected, that, due to the existence of more data on the tracking paths of the census in rural regions, the validation of the roads from this dataset was more successful in municipalities with a higher proportion of rural areas, as in the case of Valença. However, the legal characterization of rural and urban spaces in Brazil still has many divergences in its understanding and in the definition itself.

In many cases, the most common data sources for validation processes can be large geospatial datasets generated for specific projects or activities (such as the Agricultural Census or school transport network), cartographic data at local or state administrative level, or features identification in orthophotos or high resolution satellite images. Another possibility to be considered is the validation from data confirmation by expert and qualified users with a high reputation in collaborative mapping projects

Analyzes and considerations presented here were based on a sample of tests. Given the various possibilities surrounding the subject, they address us to discussions and challenges that are presented below.

Although the evaluations were carried out for the extension of only two municipalities and compared with the dataset of only one state (Rio de Janeiro) that represents about 0.5% of the country, we consider that the potential that these results may be even higher in the other regions of the country. This is due to the fact that in this case, the reference database is a recent mapping, on the scale of 1:25,000 and updated in the year 2018. When compared with the reality of the country, it is observed that the availability of such an updated and detailed dataset is an exception, according to Silva and Camboim (2020) that calculated that only 5.5% of Brazil's territory is mapped on the 1:25,000 scale, and in this scale, about 68% were less than 12 years old.

Given this reality, there is an excellent opportunity to extend the specific findings of this research to a much larger area and quite diverse scenarios, since most of the country is mapped on smaller scales (1:50,000 and 1:100,000) and, mostly (more than 60%) at least 20 years of age. Additionally, the situation of other developing countries is in Brazil's economy, and these reflections can help to think about integration in a broader global context than previous research.

The findings of this work can be synthesized in a SWOT analysis in order to classify strengths, weaknesses, opportunities and threats, as well as to correlate the challenges and proposals that resulted from this methodology, according to Table 6.

Table 6: SWOT analysis

Strengths	Weakness
Promote the inclusion of local knowledge and public participation	Some classes of objects have few features
Assist in data generation in places where there is a lack of information	Some classes of objects have limitations for VGI acquisition
Make it easier to update mapping with higher frequency and speed	Validation depends on the availability of data for this purpose or potentially costly processes
Use the development of artificial intelligence and other tools available for collaborative mapping	Need to individualize feature metadata and maintain real-time automated integration between databases
Opportunities	Threats
Can indicate regions in more urgent need for mapping	Disinterest in integrating VGI data or using it in SDI
May encourage the development of local SDIs and active communities in VGI	Traditionally marginalized or low-data areas in official maps also often have few contributors to
Alternative means for validating VGI data may arise	VGI may compromise SDI frameworks by not respecting interoperability standards and limitations
It may favour integration with other governmental entities	The transfer of responsibility of mapping to society can lead to unavailability of resources for this purpose even worse by the government
Potential positive synergies between the OSM community and official data producers	Little knowledge about users' motivations and little action in fostering expansion and improvement of contributions

Performing a complex and as challenging task as integrating VGI and authoritative data, from bases with so many heterogeneities, in a country with continental dimensions needs a lot of planning. In this way, the SWOT analysis represents a tool to address future research and assist strategic planning for governmental actions that may guide future steps.

This SWOT analysis was developed based on the Brazilian reality, however, it is quite possible that it is also suitable for some nations in a similar situation, especially those developing countries.

4. Conclusion

From the analysis of the promising experiments carried out, it is possible to affirm that the proposed methodology is feasible for its purpose of complementing and updating the reference bases in the country from easily accessible and low-cost content. As collaborative systems do not have a uniform number of contributions it is understood that for each region, the potential for increment may vary for each class as well as for each mapping scale.

As challenges for expanding the present methodology, further studies are needed to assess the quality parameters of the data selected for integration, to attest their compatibility with the quality of the authoritative mapping. Another challenge regards the definition of cartographic generalization processes since the features from the collaborative platforms are acquired in a variety of ways, with different precision and, therefore, may need to be adapted to be represented on a defined scale.

As proposals for data integration studies, it is suggested that the research be extended to the other classes belonging to the authoritative mapping, and the potential for integration for each of them should be evaluated in detail, according to the criteria presented in section 2.2.

Additionally, because of the diversity of object classes, as well as the intention to proceed with data integration for the whole country, it is suggested to define protocols for the validation of the acquirable data, from different types and different data sources.

In a global view, SDIs initially came to bring the idea of standardization, openness and transparency to the creation and access to geospatial data, mainly those produced by the government. Over time, technology has expanded this vision to encompass all citizens as potential mappers and holders of the knowledge of their local reality. The challenge now is to create methods so that synergy between these communities can result in an understanding of the territory in a more agile, accurate and consistent. Thus, developing countries such as Brazil can have at their disposal spatial information that is so necessary for a complex, dynamic territorial management reality and with a series of social and environmental issues to address.

ACKNOWLEDGMENT

This article results from the initial part of the doctoral research carried out by Leonardo Scharth Loureiro Silva under the supervision by Silvana Philippi Camboim, which culminated in February 2020 in the defense of research qualification for the future thesis.

We thank Thais Christ for the linguistic review on an earlier version of the paper.

AUTHOR'S CONTRIBUTION

Leonardo Scharth Loureiro Silva wrote the manuscript and carried out the experiments. Silvana Philippi Camboim contributed to the methodological structuring and to the revision of the final version.

REFERENCES

- Al-Bakri, M. and Fairbairn, D. 2012. Assessing similarity matching for possible integration of feature classifications of geospatial data from official and informal sources. *International Journal of Geographical Information Science*, 26(8), pp.1437–56.
- Albuquerque, J. P. et al. 2015. A geographic approach for combining social media and authoritative data towards identifying useful information for disaster management. *International Journal of Geographical Information Science*, 29(4), pp.667–89.
- Anderson, J. Sarkar, D. and Palen, L. 2019. Corporate Editors in the Evolving Landscape of OpenStreetMap: A Close Investigation of the Impact to the Map & Community. In: *Proceedings of the Academic Track at the State of the Map 2019*. Heidelberg, Germany, 21-23 Sep 2019.
- Basiouka, S. Potsiou, C. and Bakogiannis, E. 2015. OpenStreetMap for cadastral purposes: an application using VGI for official processes in urban areas. *Survey Review*, 47(344), pp.333–41.
- Borba, R. L. R. et al. 2015. Uma proposta para a nova geração de infraestrutura de dados espaciais. *Revista Brasileira de Cartografia*, 67(6), pp.1145–66.
- Bordogna, G. et al. 2016. Semantic Interoperability of Volunteered Geographic Information based on Contextual Knowledge. In: *AGILE 2016*. Helsinki, Finland, 14-17 Jun 2016.

- Brovelli, M. A. et al. 2016. Positional accuracy assessment of the OpenStreetMap buildings layer through automatic homologous pairs detection: the method and a case study. In: *XXIII ISPRS Congress*. Prague, Czech Republic, 12-19 Jul 2016.
- Brovelli, M. A. et al. 2017. Towards an Automated Comparison of OpenStreetMap with Authoritative Road Dataset. *Transactions in GIS*, 21(2), pp.191-206.
- Coetzee, S. et al. 2013. Sharing and Coordinating SDI in the Age of Crowdsourcing and Mobile Technologies. In: *26th International Cartographic Conference*. Dresden, Germany, 25-30 Aug 2013.
- Coleman, D. J. 2013. Potential Contributions and Challenges of VGI for Conventional Topographic Base-Mapping Programs. In: D. Z. Sui, S. Elwood and M. F. Goodchild, eds. 2013. *Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice*. Springer Netherlands. pp.245-263.
- Dorn, H. Törnros, T. and Zipf, A. 2015. Quality Evaluation of VGI Using Authoritative Data – A comparison with land use data in Southern Germany. *ISPRS International Journal of Geoinformation*, 4(3), pp.1657-71.
- DSG – Diretoria do Serviço Geográfico. 2018a. *ET-ADGV 3.0 – Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais*. [online] Available at: <<http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/inde2?id=140>> [Accessed 25 October 2019].
- DSG – Diretoria do Serviço Geográfico. 2018b. *ET-EDGV 3.0 – Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais*. [online] Available at: <<http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/inde2?id=139>> [Accessed 25 October 2019].
- Fonte, C. C. et al. 2018. Classification of Building Function using available sources of VGI. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Delft, The Netherlands, 1-5 Oct 2018.
- Forghani, M. and Delavar, M. R. 2014. A Quality Study of the OpenStreetMap Dataset for Tehran. *ISPRS International Journal of Geoinformation*, 3(2), pp.750-63.
- Girres, J.-F. and Touya, G. 2010. Quality Assessment of the French OpenStreetMap Dataset. *Transactions in GIS*, 14(4), pp.435–59.
- Goodchild, M. F. 2007. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *Geojournal*, 69(4), pp.211-21.
- Graser, A. Straub, M. and Dragaschnig, M. 2013. Towards an Open Source Analysis Toolbox for Street Network Comparison: Indicators, Tools and Results of a Comparison of OSM and the Official Austrian Reference Graph. *Transactions in GIS*, 18(4), pp.510-26.
- Haklay, M. 2010. How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37(4), pp.682–703.
- Harding, J. et al. 2009. Usable geographic information – what does it mean to users? In: *Proceedings of the AGI GeoCommunity'09*. Stratford-upon-avon, United Kingdom, 22-24 Sep 2019.
- Harvey, F. and Tulloch, D. 2006. Local-government data sharing: Evaluating the foundations of spatial data infrastructures. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), pp.743-68.
- Hecht, R. Kunze, C. and Hahmann, S. 2013. Measuring Completeness of Building Footprints in OpenStreetMap over Space and Time. *ISPRS International Journal of Geoinformation*, 2013(2), pp.1066-91.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2018. *IBGE launches 2018 version of continuous vector cartographic base of Rio de Janeiro*. [online] Available at: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/en/agencia-press-room/2185-news-agency/releases-en/21578-ibge-lanca-a-versao-2018-da-base-cartografica-vetorial-continua-do-estado-do-rio-de-janeiro-2>> [Accessed 15 October 2020].
- Johnson, P. A. 2017. Models of direct editing of government spatial data: challenges and constraints to the acceptance of contributed data. *Cartography and Geographic Information Science*, 44(2), pp.128-38.
- Korris, E. Niknami, L. and McCartney, E. 2017. Assessment of Volunteered Geographic Information Data Quality in The National Map Corps Project of the US Geological Survey (USGS). In: M. Leitner, J. J. Arsanjani, eds. 2017. *Citizen Empowered Mapping. Geotechnologies and the Environment*, vol 18. Springer, Cham.

- Machado, A. A. 2020. *Compatibilização semântica entre o modelo de dados do OpenStreetMap e a Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV)*. PhD thesis. Universidade Federal do Paraná.
- Massa, P. and Campagna, M. 2016. Integrating Authoritative and Volunteered Geographic Information for spatial planning. In: C. Capineri, M. Haklay, H. Huang, V. Antoniou, J. Kettunen, F. Oostermann, R. Purves, eds. 2016. *European Handbook of Crowdsourced Geographic Information*. Ubiquity Press, London, pp.401-18.
- Microsoft. 2020. *Canadian Building Footprints*. [online] Available at: <<https://github.com/Microsoft/CanadianBuildingFootprints>> [Accessed 3 Nov 2020].
- Mooney, P. and Corcoran, P. 2011. Can Volunteered Geographic Information Be a Participant in eEnvironment and SDI? In: J. Hřebíček, G. Schimak and R. Denzer, eds. 2011. *Environmental Software Systems. Frameworks of eEnvironment*, vol 359. Springer, Heidelberg.
- Mozas, A. T. and Ariza, F. J. 2011. New method for positional quality control in cartography based on lines. A comparative study of methodologies. *International Journal of Geographical Information Science*, 25(10), pp.1681-95.
- Neis, P. Zielstra, D. and Zipf, A. 2013. Comparison of Volunteered Geographic Information Data Contributions and Community Development for Selected World Regions. *Future Internet*, 5, pp.282-300.
- Olteanu-Raimond, A.-M. et al. 2017a. The Scale of VGI in map production: a perspective on European National Mapping Agencies. *Transactions in GIS*, 21(1), pp.74-90.
- Olteanu-Raimond, A.-M. et al. 2017b. VGI in National Mapping Agencies: Experiences and Recommendations. In: G. Foody, L. See, S. Fritz, P. Mooney, A.-M. Olteanu-Raimond, C. C. Fonte, V. Antoniou, eds. 2017. *Mapping and the Citizen Sensor*. London: Ubiquity Press, 2017. pp.299-326.
- OSM – OpenStreetMap, 2020a. *Wiki, Contributors*. [online] Available at: <<https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Contributors#Others>> [Accessed 17 May 2020].
- OSM – OpenStreetMap, 2020b. *Wiki, TIGER*. [online] Available at: <<https://wiki.openstreetmap.org/wiki/TIGER>> [Accessed 3 Nov 2020].
- OSMstats, 2020. *Statistics of the free wiki world map*. [online] Available at: <<https://osmstats.neis-one.org/>> [Accessed 10 Oct 2020].
- Santos, A. P. 2015. *Controle de qualidade cartográfica: Metodologias para avaliação da acurácia posicional em dados espaciais*. PhD thesis. Universidade Federal de Viçosa.
- Sester, M. et al. 2014. Integrating and Generalising Volunteered Geographic Information. In: D. Burghardt, C. Duchêne, W. Mackaness, eds. 2014. *Abstracting Geographic Information in a Data Rich World: Methodologies and Applications of Map Generalisation*. Cham: Springer International Publishing, 2017. pp.119-55.
- Silva, L. S. L. and Camboim, S. P. 2020. Brazilian NSDI ten years later: Current overview, new challenges and propositions for national topographic mapping. *Bulletin of Geodetic Sciences*, 26(4): e2020018.
- Statistics Canada. 2020. *The Open Database of Buildings*. [online] Available at: <<https://www.statcan.gc.ca/eng/lode/databases/odb>> [Accessed 3 November 2020].
- U.S. Census Bureau. 2002. *The UA Census 2000 TIGER/Line Files Technical Documentation*. Washington, DC.
- USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. 2019. *Volunteers collect and edit over 400K structure points*. [online] Available at: <<https://www.usgs.gov/news/volunteers-collect-and-edit-over-400k-structure-points>> [Accessed 9 October 2020].
- Vandecasteele, A. and Devillers, R. 2015. Improving Volunteered Geographic Information Quality Using a Tag Recommender System: The Case of OpenStreetMap. In: J. J. Arsanjani, A. Zipf, P. Mooney, M. Helbich, eds. 2015. *OpenStreetMap in GIScience: Experiences, Research and Applications*. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Springer, Cham, pp.59-80.

Erratum

On all pages where it reads:

Boletim de Ciências Geodésicas, 27(1)

Should read:

Boletim de Ciências Geodésicas, 27(spe)

Bulletin of Geodetic Sciences, 27(spe): e2021007, 2021

**5 COMO E QUANTO O MAPEAMENTO COLABORATIVO PODE, DE FATO,
CONTRIBUIR COM AS BASES GEOESPACIAIS DE REFERÊNCIA?**

O artigo a seguir será submetido a uma revista científica.

Como e Quanto o Mapeamento Colaborativo Pode, de Fato, Contribuir com as Bases Geospaciais de Referência?

How and How Much Can Collaborative Mapping Actually Contribute with Reference Geospatial Databases?

Leonardo Scharth Loureiro Silva, Silvana Philippi Camboim

Resumo: Em um contexto mundial de imensa geração de dados, em 2001 surgiu o conceito de *Big Data*, no intuito de orientar os desafios de lidar com uma quantidade expressiva de informações. Essa mesma ótica também se aplica à crescente e abundante disponibilidade de informações geospaciais colaborativas, como aquelas que compõem o *OpenStreetMap*. Em contraposição, o mapeamento de referência brasileiro apresenta limitações em seu conjunto de dados, em aspectos como cobertura e atualização. Desta forma, este trabalho teve como objetivos avaliar como os dados de mapeamento colaborativo disponíveis no *OpenStreetMap* podem contribuir com a cartografia de referência do Brasil e quantificar o potencial de integração dessas informações colaborativas ao mapeamento de referência. O trabalho iniciou na compatibilização semântica entre os modelos conceituais dos mapeamentos colaborativo e de referência, prosseguiu na avaliação e classificação do potencial de integração e resultou na definição das informações colaborativas com maior potencial para serem integradas ao mapeamento de referência brasileiro. Foram feitas considerações sobre as potencialidades e limitações de todas as classes de objeto acerca da possibilidade de receber dados colaborativos. Os principais resultados foram a definição do valor de potencial de integração para cada classe prevista nas ET-EDGV e o consequente estabelecimento de uma lista de classes cujos esforços de integração devem ser priorizados. Por fim, são apresentadas considerações e sugestões para uma futura revisão das ET-EDGV para a consolidação de um modelo de estrutura que contemple informações de interesse mais próximo da sociedade.

Palavras-chave: Big data. *OpenStreetMap*. VGI. Integração. Conflação semântica.

Abstract: In a global context of massive data generation, in 2001, the concept of Big Data emerged to guide the challenges of dealing with an expressive amount of information. This same perspective also applies to the growing and abundant availability of collaborative geospatial information, such as those that make up the *OpenStreetMap*. In contrast, the Brazilian reference mapping presents limitations in its dataset in aspects such as coverage and update. Thus, this work aimed to evaluate how the collaborative mapping data available on *OpenStreetMap* can contribute to the Brazilian reference cartography and quantify the potential of integrating this collaborative information into the reference mapping. The work initiated with the semantic compatibilisation deepening between the conceptual models of the collaborative and reference mappings continued in evaluating and classifying the integration potential. It resulted in the definition of collaborative information with more significant potential to be integrated into the Brazilian reference mapping. Furthermore, it discussed the potential and limitations of all object classes regarding the possibility of receiving collaborative data. The main results were establishing the value of integration potential for each class contemplated in the ET-EDGV and elaborating a list of classes whose integration efforts should be prioritised. Finally, considerations and suggestions are presented for a future revision of the ET-EDGV to consolidate a model structure that includes information of closer interest to Society.

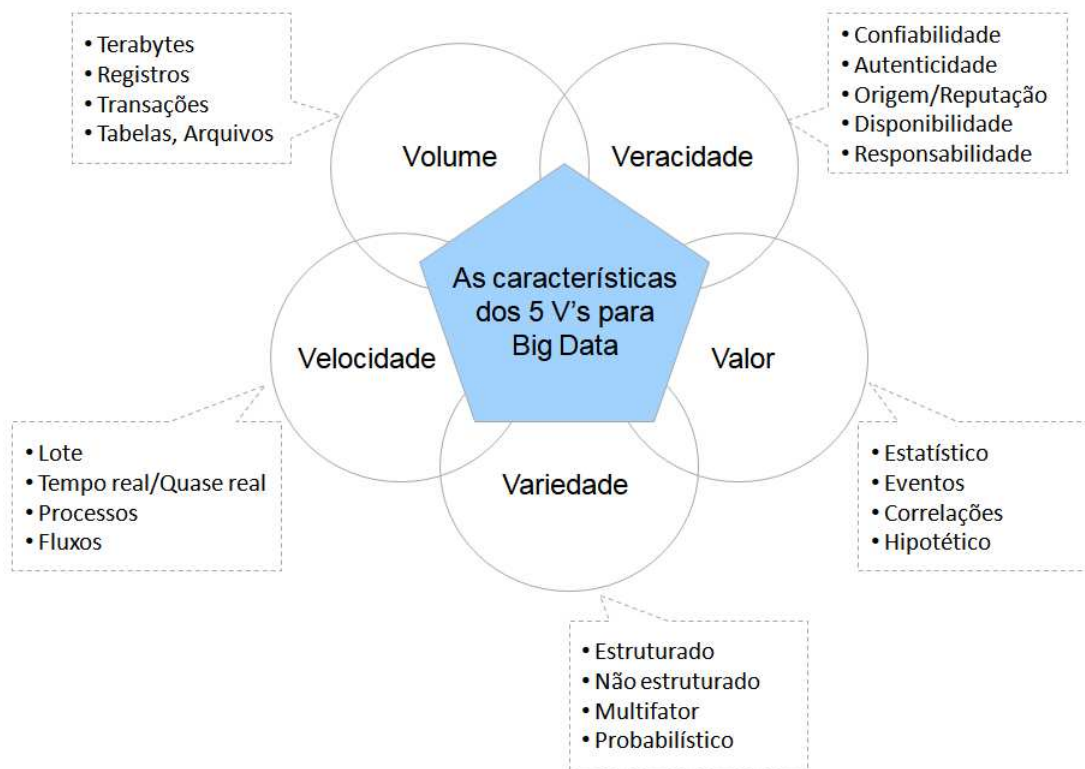
Keywords: Big data. *OpenStreetMap*. VGI. Integration. Semantic conflation (checar).

1 INTRODUÇÃO

A humanidade gera cada vez mais informação digital em um cenário de alcance e velocidade crescentes. Organizações que analisam e mensuram o consumo de dados na internet estimam que, ao final de 2021, cerca de 4,9 bilhões de pessoas (63% da população mundial) possuíam acesso à internet, sendo que 92,6% desses se conectavam à rede através de dispositivos móveis (STATISTA, 2022; DOMO, 2022). Ao longo de 2021, a produção de dados digitais no mundo foi calculada em 79 Zettabytes (STATISTA, 2021) o que daria uma média diária de 41 gigabytes para cada internauta no planeta.

Nessa conjuntura, naturalmente, todo o imenso volume de dados produzidos e armazenados na internet, que abrangem diversas áreas do conhecimento e possibilidades de uso, podem ser classificados como estruturados, não estruturados ou semiestruturados (SHABANA; SHARMA, 2019). Sob essa ótica, no início do século XXI, ao vislumbrar o esgotamento das formas tradicionais de gerenciar dados, Laney (2001) propôs uma nova abordagem para orientar os desafios ao lidar, analisar e tomar decisões, a partir de três dimensões: volume, velocidade e variedade. Surgia então, o conceito de *Big Data*. Alguns anos depois, mais duas características, veracidade e valor, foram adicionadas ao conceito inicial (ISHWARAPPA; AHURADHA, 2015; HADI *et al.*, 2015), chegando aos 5V's. Assim, não raro essas cinco características e aspectos relacionados são utilizados para se referir a *Big Data*, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Características e aspectos do Big Data.



Fonte: Adaptada de Hadi *et al.* (2015).

O surgimento do big data apresenta um apelo à ação para os cartógrafos. Novas fontes de informação geoespacial estendem os limites do que e como mapeamos. Portanto, torna-se um desafio para os cartógrafos, encontrar uma maneira de usar *Big Data* geoespacial para fazer mapas que importem, que despertem interesse ou que gerem respostas sobre problemas que têm amplos impactos para a sociedade e para o meio ambiente (ROBINSON *et al.*, 2017). Também é importante ressaltar que, nos últimos anos, houve uma intensificação de aplicações e serviços centrados nos usuários ou em sua localização, nos quais a componente geográfica é fundamental como pedidos de refeições e compras, contratação de transportes de passageiros ou ofertas de e-commerce baseadas em geolocalização. Essa tendência faz parte do que se chama de Fase 3 do Big Data ou Big Data 3.0 (BANU; YAKUB, 2020; LEE, 2017).

Adicionalmente, o amadurecimento de plataformas de mapeamento colaborativo, como o

OpenStreetMap, tem propiciado a disseminação de uma inesgotável quantidade de informação geográfica voluntária. Machado (2020) concluiu que a estrutura do *OpenStreetMap* é uma prova contemporânea da aplicação da inteligência coletiva, face ao nível de gestão e organização da plataforma, através da estrutura dos dados, do modelo conceitual e do mapeamento propriamente dito.

Assim sendo, os conceitos e abordagens que tratam sobre *Big Data* podem, evidentemente, ser correlacionados com a abundante disponibilidade de dados geoespaciais colaborativos, como aqueles que compõem o *OpenStreetMap*, em especial, em um contexto de integração desses dados às bases cartográficas de referência. Não obstante, é fundamental considerar que o aspecto mais relevante ao lidar com *Big Data* não é a grande quantidade de informações propriamente dita, mas as análises que geram conhecimento a partir delas.

O *OpenStreetMap* vem sendo há muito tempo objeto de diversos estudos relacionados com cartografia oficial ou de referência. Com muita frequência, a completude dos dados colaborativos é avaliada (BRÜCKNER *et al*, 2021; BROVELLI; ZAMBONI, 2018; CHEHREGHAN; ABBASPOUR, 2018; NASIRI *et al*, 2018; MOBASHERI; ZIPF; FRANCIS, 2018) assim como a acurácia posicional (WU *et al*, 2020; ZHANG; LEUNG; MA, 2019; BROVELLI; ZAMBONI, 2018; ZHOU, 2017).

Também têm sido pesquisadas abordagens sobre qualidade intrínseca (PAIVA; CAMBOIM, 2022; MARTINI; KUPER; BREUNIG, 2019; MINGHINI; FRASSINELLI, 2019; BARRON; NEIS; ZIPF, 2014), acurácia temporal (JUHÁSZ, 2021; RAIFER *et al.*, 2019; MINGHINI; BROVELLI; FRASSINELLI, 2018) e consistência lógica (ZACHAROPOULOU; SKOPELITI; NAKOS, 2021; HASHEMI; ABBASPOUR, 2015), além de estudos em temas mais específicos como uso e cobertura da terra (FONTE *et al*, 2020; VIANA; ENCALADA; ROCHA, 2019; ZHOU; JIA; LIN, 2019; ESTIMA; PAINHO, 2015), mapeamentos de assentamentos precários, também conhecidos como favelas (BORTOLINI; CAMBOIM, 2019; ALBUQUERQUE *et al*, 2018), aspectos sobre toponímia (DANIEL; MÁTYÁS, 2022; MACHADO *et al*, 2021; CARRARO, 2021; ANTONIOU; TOUYA; RAIMOND, 2016) e correlações semânticas (LUDWIG; ZIPF, 2019; NOVACK *et al.*, 2019; ESTIMA; PAINHO, 2013).

A despeito de uma grande diversidade de temas de estudos, abordagens e análises percebeu-se uma lacuna científica no que se refere à identificação das feições voluntárias disponíveis nas plataformas de mapeamento colaborativo com maior potencial para serem integradas às bases de referência. Desta forma, o presente trabalho visa preencher esse hiato, tendo como objetivo central a avaliação do potencial de integração de dados colaborativos do *OpenStreetMap* em todas as classes de objetos presentes no modelo conceitual brasileiro, as Especificações Técnicas para a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais – ET-EDGV (CONCAR, 2017) e a determinação daquelas com maior potencial.

Isto posto, buscamos respostas para as seguintes perguntas:

- Sendo a plataforma *OpenStreetMap* um exemplo de *Big Data* com dados semiestruturados, como os dados de mapeamento colaborativo disponíveis nessa plataforma podem contribuir com o mapeamento de referência do Brasil?
- Dentre as informações geoespaciais disponíveis no *OpenStreetMap*, quanto existe de potencial, em cada uma delas, para a integração ao mapeamento de referência?

O trabalho inicia na compatibilização semântica entre os modelos conceituais dos mapeamentos colaborativo e de referência, isto é, o alinhamento de todas as classes de objetos das ET-EDGV e as *tags* correspondentes no *OpenStreetMap*, prossegue na avaliação e classificação do potencial de integração das *tags* e, por fim, resulta na definição das informações colaborativas com maior potencial para serem integradas ao mapeamento de referência brasileiro.

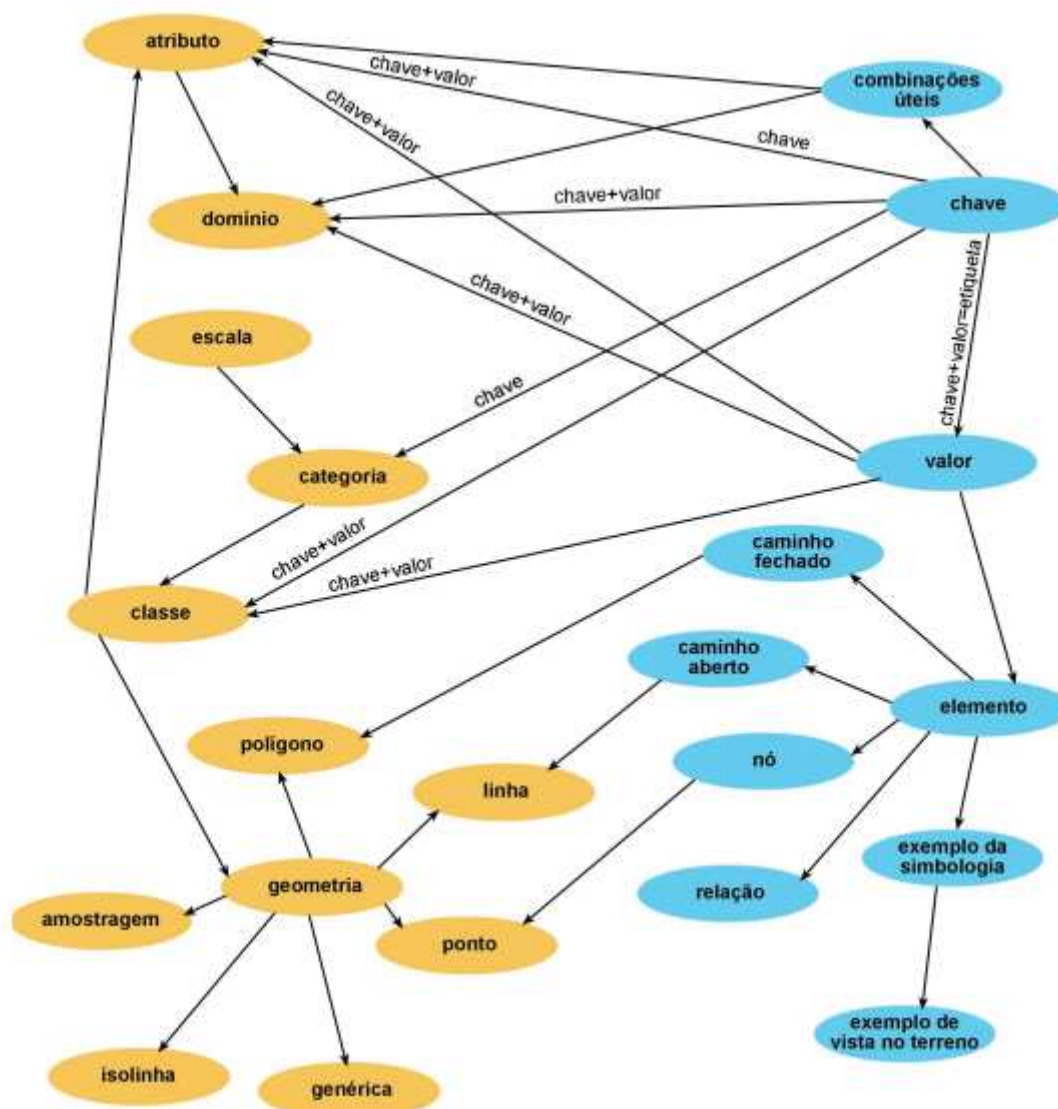
2 COMPATIBILIZAÇÃO SEMÂNTICA

Essa etapa da pesquisa envolveu o estudo da estrutura de organização e classificação dos dados correspondentes às feições mapeadas no *OpenStreetMap* e, similarmente, uma revisão pormenorizada de todas as categorias de informação e classes de objetos integrantes da versão 3.0 das ET-EDGV, com o objetivo de identificar as correlações semânticas existentes entre os modelos conceituais de mapeamento na

plataforma colaborativa e no mapeamento de referência brasileiro.

A tarefa foi realizada com base nos resultados da tese de doutorado de Machado (2020) que propôs um método de alinhamento semântico entre ambos os modelos conceituais e as suas interrelações nos diversos aspectos, conforme a Figura 2, e demonstrou sua aplicabilidade em algumas das categorias de informação do mapeamento de referência. Importante destacar que a Figura 2 mostra que as correspondências entre *OpenStreetMap* e ET-EDGV nem sempre são diretas, podendo a relação de uma classe, categoria ou atributo ser feita a partir de uma chave, de um valor ou da combinação deles, isto é chave + valor, também chamada de etiqueta ou *tag*.

Figura 2 – Correspondência entre os elementos dos modelos conceituais da ET-EDGV 3.0 e *OpenStreetMap*.

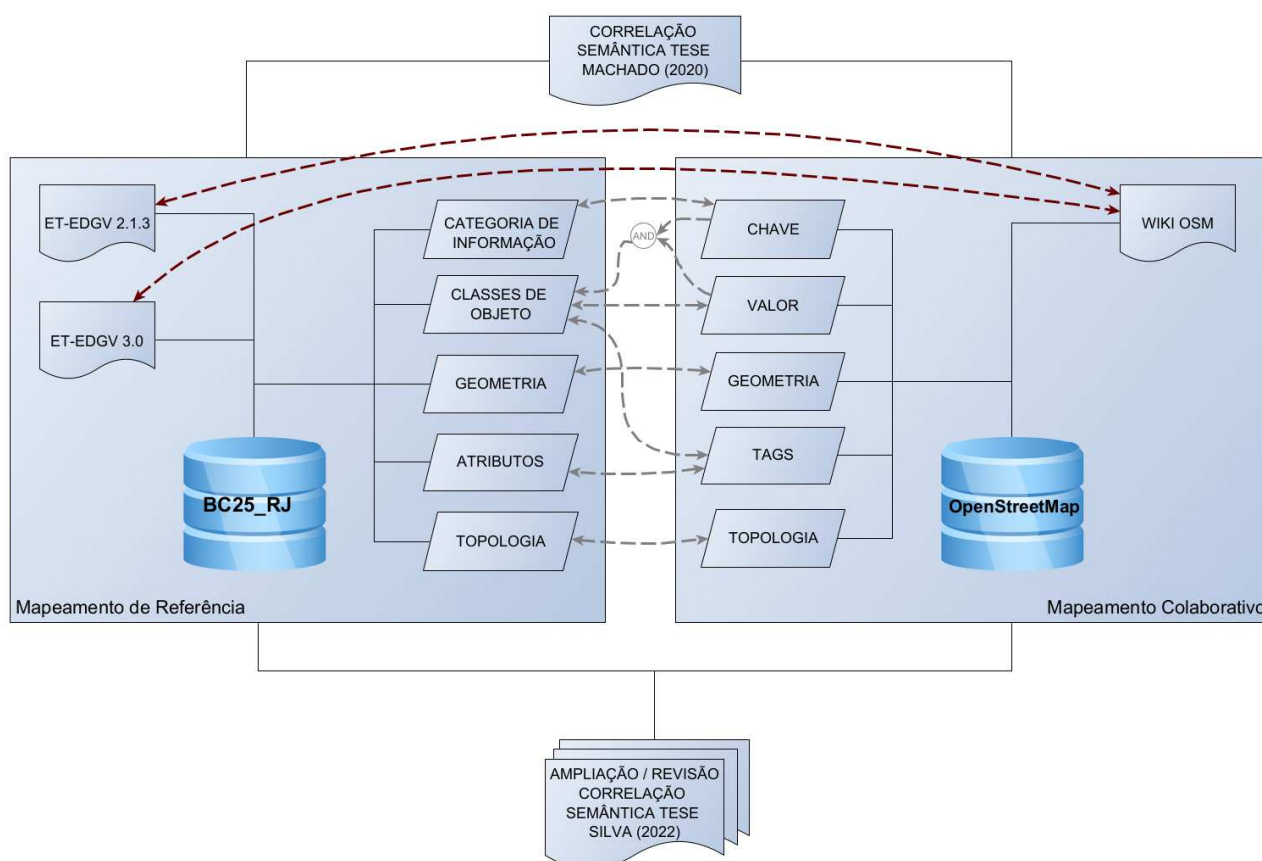


Fonte: Machado (2020).

Desta forma, o presente trabalho foi realizado à luz de uma perspectiva complementar, com foco no mapeamento em pequena escala, isto é, na escala 1:25.000 e menores, conforme previsto no Sistema Cartográfico Nacional. Além disso, nesta pesquisa, o trabalho de alinhamento semântico proposto por Machado (2020) foi revisado, atualizado e ampliado, alcançando todas as 19 categorias de informação e as 225 classes de objetos¹ das ET-EDGV, versão 3.0. A Figura 3 ilustra a organização e o fluxo metodológico referente aos componentes principais envolvidos nessa tarefa.

¹ A modelagem prevê 220 classes, porém cinco são duplicadas na categoria CBGE, totalizando 225 classes.

Figura 3 – Ampliação e revisão da correlação semântica.



Elaboração: Os autores (2022).

O modelo de dados da plataforma *OpenStreetMap* contempla cerca de 2.000 *tags* (WIKIOSM, 2022a) que podem ou não corresponder a classes de objetos do mapeamento terrestre de referência ou a seus atributos, conforme previsto nas ET-EDGV. Sendo assim, a análise do conjunto das *tags* existentes resultou em um trabalho extenso e minucioso, realizado para que o alinhamento semântico contemplasse as diversas possibilidades de correspondência entre os modelos conceituais. A compatibilização semântica proposta neste trabalho foi organizada em uma planilha e está disponível em <https://github.com/LeoScharth>.

Além das correspondências diretas ou naturais, há, por exemplo, a possibilidade de mais de uma *tag* corresponder a uma mesma classe de objeto, ou ainda, uma única *tag* ser compatível com classes distintas, conforme os exemplos apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Exemplos de casos de correspondências múltiplas.

Correlação semântica			
OpenStreetMap		ET-EDGV 3.0	
Chave	Valor	Categoria	Classe
power	generator	Energia e comunicações	Aerogerador
		Energia e comunicações	Est. Geradora de En. Eletrica
		Energia e comunicações	Hidrelétrica
		Energia e comunicações	Termelétrica
natural	water	Hidrografia	Canal/Vala
		Hidrografia	Massa d'água
		Hidrografia	Queda d'água
		Hidrografia	Trecho de Drenagem
building	hospital	Edificações	Edificação de Saúde
amenity	hospital		
amenity	clinic		
railway	station	Sistema de Transporte / Subsistema Ferroviário	Estação Ferroviária
railway	stop		
railway	platform		

Adicionalmente, é importante destacar que o *OpenStreetMap* é um sistema em constante evolução, de modo que ao longo do tempo, os *status* das *tags* podem sofrer alterações, isto é, elas podem ser abandonadas, desencorajadas ou descartadas, assim como podem ser mantidas em uso ou utilizadas “de facto”, ou, ainda, novas *tags* podem ser submetidas a um processo de aprovação no âmbito da comunidade de usuários (WIKIOSM, 2022b). Em decorrência, dado o dinamismo do *OpenStreetMap* é importante que o alinhamento semântico seja mantido ao longo do tempo, também de forma colaborativa.

3 RESULTADOS

3.1 Classificação do potencial de integração

Com a compatibilização semântica concluída foi possível fazer a análise do potencial de integração de feições do *OpenStreetMap* às classes do mapeamento de referência. Para essa atividade foi escolhido o produto cartográfico de referência mais completo e em maior escala disponível no país, a Base Cartográfica Contínua do Estado do Rio de Janeiro, na escala 1:25.000, BC25_RJ (IBGE, 2018). Embora essa base tenha sido produzida a partir de um levantamento fotogramétrico realizado há mais de 15 anos (entre 2005 e 2006), as atividades de reambulação, ocorridas entre 2008 e 2009, foram bastante completas, o que a levou a ser considerada a base mais adequada para este trabalho, dado o seu nível de detalhamento.

A tarefa consistiu em importar do *OpenStreetMap* cada *tag* alinhada semanticamente e comparar com o conjunto de dados disponíveis na BC25_RJ para a classe de objetos correspondentes. Esse procedimento de importação foi realizado no ambiente do *software* QGIS através do complemento (*plugin*) QuickOSM (TRIMAILLE, 2021) que separa os dados da *tag* de interesse do *OpenStreetMap* em camadas separadas de acordo com geometria do tipo ponto, linha ou polígono, o que facilita sobremaneira a análise, bem como apresenta as informações adicionais das feições em forma de tabela de atributos, similarmente ao conteúdo da base de referência.

A classificação do potencial é uma proposta original desta pesquisa, realizada a partir de uma metodologia de classificação baseada em critérios estabelecidos pelos autores. Dessa forma, entende-se que diante da lacuna existente sobre esse tópico, este trabalho torna-se uma contribuição científica para o tema.

A classificação foi realizada separadamente conforme as categorias de informação das ET-EDGV, versão 3.0, em que cada classe de objeto foi valorada de 3 a 0 (do maior para o menor potencial de integração) conforme o percentual de feições adquiríveis em relação às feições existentes na base cartográfica, ou seja, com possibilidade de serem integradas ao mapeamento de referência. Houve ainda uma classificação como ‘NA’ nas hipóteses em que não se aplica, isto é, em que não há possibilidade de alinhamento semântico. Os casos em que foi atribuída a classificação NA decorreram de diversas situações, como impertinência de escala, ausência de feição ou de classificação no *OpenStreetMap* correspondente à classe de objeto ou quando a classe é do tipo Complexo ou Não Instanciável e o alinhamento é feito nas classes agregadas. A título de exemplo, constam no Quadro 2 alguns casos e as justificativas para essa classificação.

Quadro 2 – Exemplos de casos em que o alinhamento semântico não se aplica.

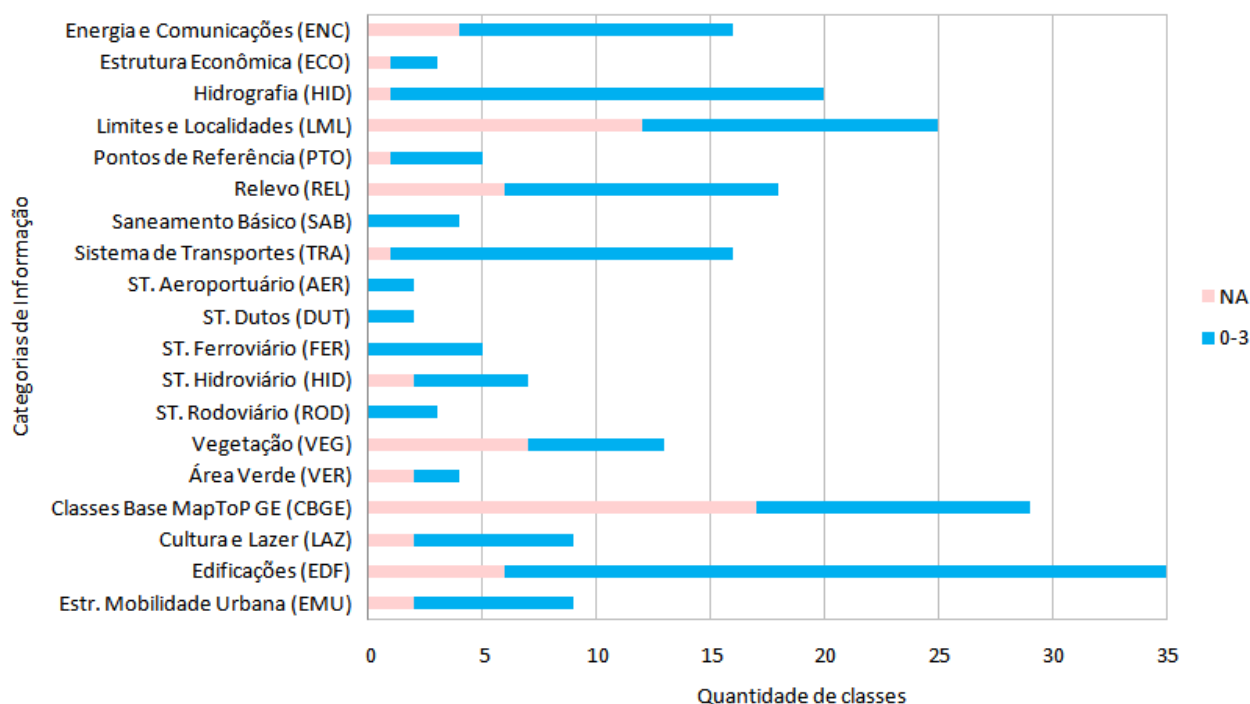
Classe	Justificativa
ENC - Complexo Gerador de Energia Elétrica	Classe do tipo Complexo. Alinhamento realizado nas classes agregadas.
PTO - Estação de Medição de Fenômenos	
LAZ - Complexo Desportivo	
TRA - Obra de Arte Viária	Classe do tipo Não Instanciável. Alinhamento realizado nas classes agregadas.
ECO - Equipamentos Agropecuários	A classe não é representada na escala 1:25.000 e menores.
VER- Jardim	
CBGE - Área Habitacional	
EMU - Elevador	
EMU - Poste de Sinalização	
HID - Foz Marítima	
	Não há feições desse tipo no <i>OpenStreetMap</i> .

Classe	Justificativa
LML - Aglomerado Rural de Extensão Urbana	Não há feições com essa classificação no <i>OpenStreetMap</i> .
REL - Curva de Nível	
HDV - Obstáculo à navegação	
CBGE - Delimitação Física	
VEG - Caatinga	
VEG - Cerrado	

Elaboração: Os autores (2022).

A Figura 4 apresenta um panorama geral das categorias de informação, por quantidade de classes, com a classificação em que não se aplica (NA) e aquelas em que foi atribuído um valor para o potencial de integração.

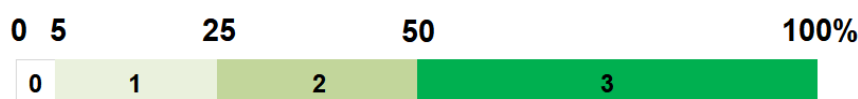
Figura 4 – Panorama geral das categorias de informação.



Elaboração: Os autores (2022).

Assim, conforme mostra a Figura 5, se a quantidade de feições colaborativas adquiríveis for de até 5% em relação ao existente na base de referência a integrar, o potencial foi classificado como nível 0. Se a quantidade estiver entre 5% e 25%, o potencial foi classificado como nível 1. Entre 25% e 50% como nível 2 e acima de 50% como nível 3. Esse critério consistiu em uma valoração *a priori*, que de acordo com determinadas especificidades, como espacialização das ocorrências, notabilidade das feições, detalhamento de atributos, dentre outras circunstâncias, possibilitaram a alteração no valor do potencial atribuído inicialmente pelos percentuais.

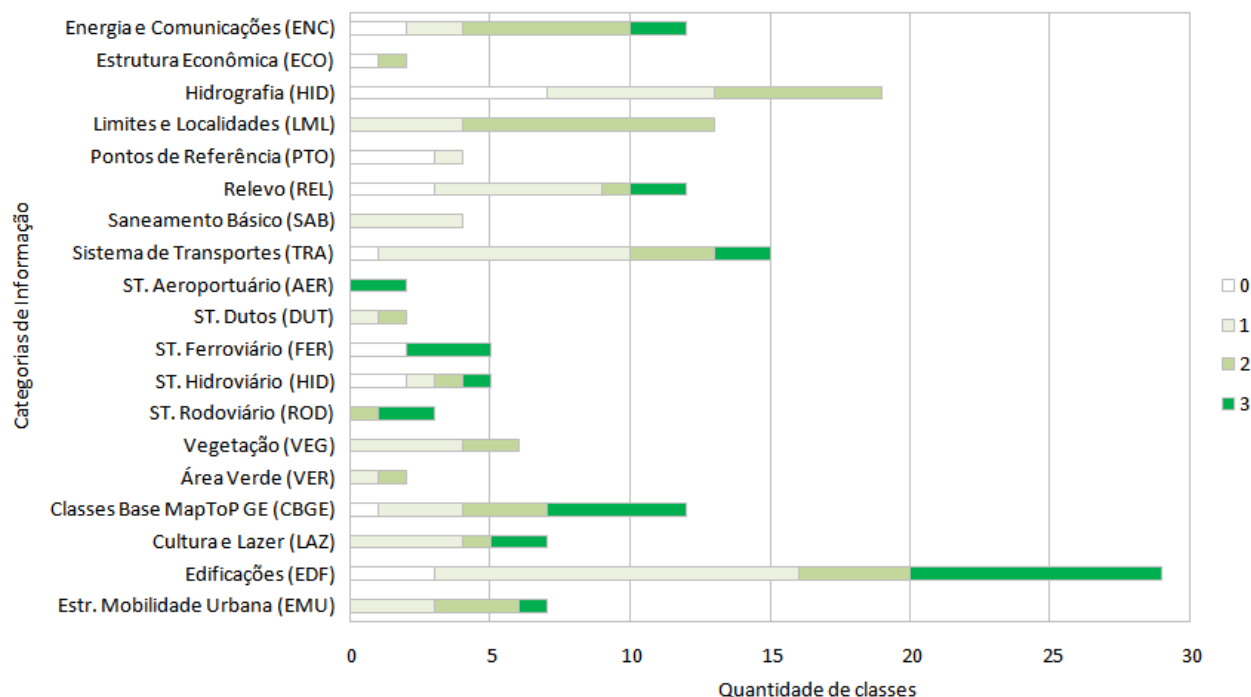
Figura 5 – Faixas de valoração do potencial de integração.



Elaboração: Os autores (2022).

De acordo com os critérios estabelecidos na Figura 5, todas as classes de objetos previstas nas ET-EDGV foram valoradas. A Figura 6 apresenta a quantidade de classes em cada faixa de classificação de potencial valoradas de 0 a 3.

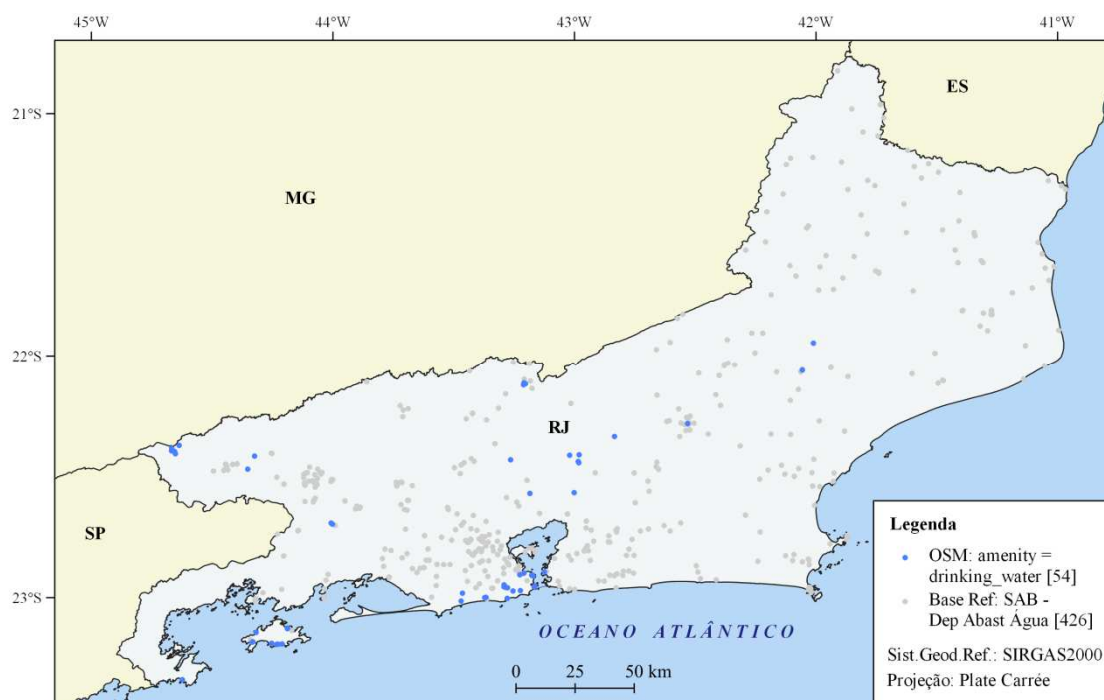
Figura 6 – Quantidade de classes por faixa de valoração.



Elaboração: Os autores (2022).

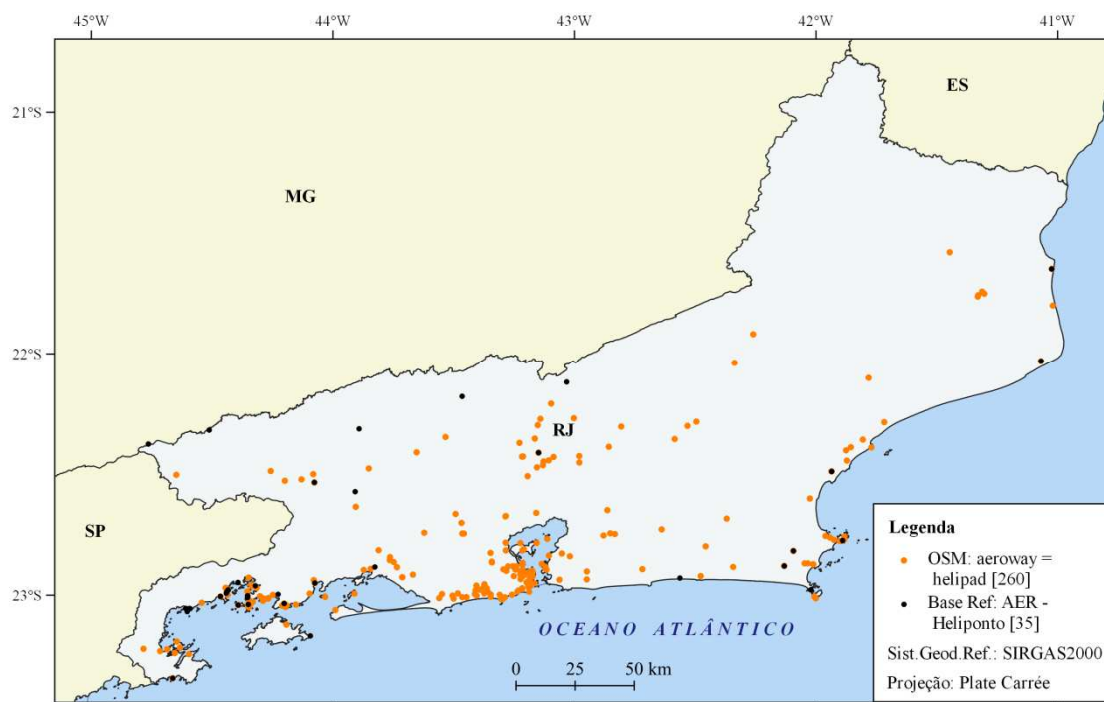
Para ilustrar espacialmente a valoração das classes de objetos, segundo o critério descrito na Figura 5, são apresentadas as Figuras 7 e 8 com as os valores de potencial de integração atribuídos como 1 e 3, respectivamente. Na Figura 7, destaca-se o baixo potencial já que há poucas feições no *OpenStreetMap* quando comparado com a quantidade de feições presentes na base de referência. Na Figura 8, ocorre o inverso.

Figura 7 – Exemplo de classe com potencial de integração valorado na faixa 1 (menor potencial de integração).



Elaboração: Os autores (2022).

Figura 8 – Exemplo de classe com potencial de integração valorado na faixa 3 (maior potencial de integração).



Elaboração: Os autores (2022).

Considerando que o *OpenStreetMap* é uma base cartográfica colaborativa que não possui homogeneidade em termos de cobertura, quantidade e detalhamento das contribuições, o potencial ora atribuído pode ser variável conforme a região de estudo e as bases cartográficas de referência existentes e, por isso, pode não se adequar à realidade para regiões distintas e diferentes escalas do mapeamento.

3.2 Potencialidades e limitações

Considerando todo o conjunto de dados geoespaciais disponíveis no *OpenStreetMap*, além dos aspectos da quantidade e da distribuição espacial das informações, é essencial compreender outros fatores que podem determinar as potencialidades e as restrições envolvidas em uma metodologia para integração de dados colaborativos ao mapeamento de referência.

Bortolini *et al.* (2018) e Bortolini *et al.* (2020) apresentaram abordagens iniciais sobre o tema, frutos do mesmo grupo de pesquisa, em que descreveram, de maneira mais generalista, as categorias em que há bastante informação colaborativa e que, por meio de possíveis sinergias, podem resultar em grande potencial de contribuição com o mapeamento de referência como sistema de transportes, edificações, energia e comunicações e estrutura econômicas, além dos nomes geográficos. Os autores também identificaram aquelas categorias de informação que, por outro lado, possuem limitações para que uma plataforma de mapeamento colaborativo seja uma fonte de informações com possível potencial para integração. Dentre as limitações apontadas destacam-se os seguintes exemplos: a necessidade de conhecimento técnico para a aquisição de feições da categoria hidrografia; a exigência de tecnologias específicas para aquisição, como nas classes do relevo; classificações muito específicas como na vegetação; as questões de cunho legal como nas categorias de pontos de referência e limites e localidades.

As seções seguintes apresentam considerações sobre as observações mais significativas realizadas nesta pesquisa ao longo da avaliação de potencial de integração para o conjunto de todas as classes das ET-EDGV.

3.2.1 CLASSES COM MAIOR POTENCIAL

De uma forma geral, as classes que possuem maior potencial de integração são aquelas mais afetadas ao dia a dia das pessoas e, em especial, daquelas que fazem parte da comunidade de contribuidores do *OpenStreetMap* ou que, por alguma razão, pertencem às classes que foram alvo de grandes cargas de dados em lote.

Na categoria Energia e Comunicações (ENC), as classes de maior destaque foram Grupo de Transformadores e Torre de Energia. Os grupos de transformadores são as subestações de energia e correspondem a feições grandes e bastante visíveis no cenário urbano. As torres de energia se relacionam diretamente com as linhas de transmissão e, pela notável quantidade de elementos existentes, foram alvo de importação em massa. Ambas são classes importantes no sistema de transmissão de energia elétrica. Além dessas, as classes Aerogerador e Trecho de Energia também possuem muitos dados na área de interesse.

Em relação à categoria Hidrografia (HID), apenas a classe Ilha possui grande quantidade de informações com potencial de integração, o que denota que esse tipo de feição possui forte ligação com o conhecimento local bem como pelo fato de ser uma referência geográfica relevante, no caso nas regiões costeiras, incluindo ainda a importância do topônimo já que a grande maioria delas possui o nome geográfico associado.

Na categoria Limites e Localidades (LML) os maiores potenciais foram identificados nas feições associadas às questões ambientais, ou seja, nas classes referentes aos limites de áreas protegidas, reservas naturais, parques e unidades de conservação. A representação dessas áreas possui bastante apelo para diversos segmentos da sociedade, sendo uma justificativa para o seu alto grau de aparição no *OpenStreetMap*.

No que se refere à categoria Relevo (REL), elementos fisiográficos naturais como pico, morro e praia apresentaram bastante destaque. Constatou-se que o registro das feições notáveis do relevo como pico e morro estão bastante relacionados às atividades de montanhismo, que contam com muitos contribuidores. Além disso, as praias dizem respeito a uma feição muito ligada ao conhecimento local e por ser uma feição muito notável na paisagem.

A categoria ST/Subsistema Aeroportuário (AER) possui as informações dos aeródromos, sendo basicamente pistas de pouso e helipontos. As pistas de pouso já estão bastante representadas nas bases de referência de modo que não há muito a contribuir, diferentemente do que ocorre em relação aos helipontos, e que no *OpenStreetMap* possui uma grande quantidade de feições mapeadas, constituindo assim, um grande potencial para integração.

Para as categorias ST/Subsistema Ferroviário (FER) e ST/Subsistema Hidroviário (HDV) as classes com maior destaque foram aquelas relacionadas aos serviços de passageiros, as Estações Ferroviária e Metroviária no Subsistema Ferroviário e Atracadouro Terminal no Subsistema Hidroviário.

A categoria ST/Subsistema Rodoviário (ROD) possui a classe Trecho Rodoviário que corresponde à classe mais básica em termos de expansão urbana, já que representa as vias. Dessa forma, é uma classe em constante atualização e, portanto, uma das classes mais importantes e de maior potencial quando se trata de integração entre mapeamento colaborativo e mapeamento de referência, em especial pela rapidez em que as novas vias são incorporadas ao *OpenStreetMap*.

Em relação às Classes Base do Mapeamento Topográfico em Grande Escala (CBGE), algumas classes possuem conjuntos de informações muito completos no *OpenStreetMap* como Cemitério, Estacionamento, Praça e Trecho Arruamento. É importante ressaltar que essas são feições de fácil identificação e aquisição e, também por serem locais de interesse coletivo, tornam-se referência para a navegação e, por isso, possuem bastante representatividade nas bases colaborativas com grande potencial de integração.

Na categoria Cultura e Lazer (LAZ) foi identificado muito destaque nas classes relacionadas às atividades desportivas, o que indica forte relação com o conhecimento local e identidade do lugar, com muitas feições nas classes Campo e/ou Quadra, Complexo Desportivo ou de Lazer e Pista de Competição.

A categoria Edificações (EDF) é uma das que possui maior potencial de integração. Depois das vias, as edificações são as feições mais populares no *OpenStreetMap*, estando a maior parte delas ligadas a serviços de utilidade pública ou habitação. Assim, as classes com maior destaque foram Edificação de saúde, Edificação rodoviária, Edificação de comércio ou serviços, Edificação ou construção portuária, Posto de combustível, Edificação de polícia, Posto de polícia rodoviária federal e Representação diplomática.

Para a categoria Estrutura de Mobilidade Urbana (EMU) as classes com maior potencial foram Ciclovias e Escadarias muito ligadas às alternativas não motorizadas de deslocamento urbano e às questões de acessibilidade, ainda que não estejam contempladas na base de referência estudada.

3.2.2 CLASSES COM MENOR POTENCIAL

Algumas classes não se mostraram tão viáveis para integração como a expectativa inicial, seja por já terem muitas feições mapeadas seja pela dificuldade de aquisição da informação.

Na categoria Energia e Comunicações (ENC) as classes Hidrelétrica e Termelétrica não tiveram quantidade significativa de feições adicionais em relação à base de referência, uma vez que a maior parte dessas estruturas já compõem o mapeamento de referência, tendo portanto pequeno potencial de integração.

As categorias Estrutura Econômica (ECO), Saneamento Básico (SAB) e ST/Subsistema Dutos (DUT), de igual maneira, não possuem bom potencial de integração, porém pelo fato de terem pequena quantidade de informações colaborativas, o que em parte está relacionado com o pouco conhecimento do público em geral da localização das atividades de extração mineral e de saneamento bem como das localizações dos dutos, muitas vezes subsuperficiais ao terreno.

Com relação à categoria Relevo (REL) foi identificado que há poucos registros desses elementos, o que pode estar relacionado ao grande número de ocorrências, dificuldade para se localizar feições desse tipo ou, ainda, desinteresse por parte dos contribuidores pelo tipo de classe, tendo, portanto, baixo percentual de representação no *OpenStreetMap*.

A categoria Sistema de Transporte (TRA), de maneira geral, possui muitas feições nas bases de referência e, portanto, tem menor potencial percentual para integração.

Nas categorias Vegetação (VEG) e Área Verde (VER) foram encontrados poucos dados capazes de serem integrados tendo como importante observação a pequena extensão em áreas delimitadas, já que o montante de áreas vegetadas é muito grande.

3.2.3 LIMITAÇÕES

A pesquisa permitiu algumas observações no que tange às limitações quanto à obtenção de informações geoespaciais a partir de fontes colaborativas, muitas delas em contraposição ao que inicialmente

se poderia supor.

De uma forma geral, identificou-se que as feições da categoria Hidrografia (HID) apresentaram baixo potencial para a integração. É importante destacar que essa classe é umas das mais relevantes para a representação cartográfica já que os seus elementos, em conjunto com a altimetria, são aqueles responsáveis pela caracterização mais marcante do espaço geográfico. Contudo, além de já estarem massivamente representadas nas bases cartográficas de referência, a aquisição da geometria, por vezes, é uma tarefa com maior grau de dificuldade, seja pela extensão do elemento, seja pelas condições de identificação nos insumos de imagens disponíveis.

A categoria Limites e Localidades (LML) é um exemplo que reforça a condição de que algumas categorias ou classes possuem fortes limitações para contribuição com o mapeamento de referência na medida em que suas informações estão relacionadas ao aspecto legal, isto é, refletem conteúdo cujas definições, sejam de geometria, sejam de nomes, são baseados em leis, como os limites municipais ou os nomes das estruturas territoriais.

De igual modo, a categoria Pontos de Referência (PTO) inclui classes como Ponto de referência geodésico topográfico e Marco de limite que se referem a pontos cuja determinação ou medição são de competência de órgãos oficiais de mapeamento, bem como podem estar localizados em locais de difícil acesso, tendo, portanto, menor probabilidade de integrarem as bases colaborativas.

A categoria Vegetação (VEG) tem uma grande limitação envolvida em função da classificação das classes dessa categoria. É importante destacar que o *OpenStreetMap* é um mapeamento cuja modelagem foi concebida para uma cobertura global, isto é, baseado em características que buscam atender de forma mais genérica diversas regiões do globo. Dessa forma, classificações tão específicas existentes no Brasil como caatinga, campinarana e cerrado, não poderiam encontrar correspondência na modelagem do *OpenStreetMap*.

Em relação à categoria Classes Base do Mapeamento Topográfico em Grande Escala (CBGE) há algumas limitações relacionadas ao fato de que muitas de suas classes, por serem relativas ao mapeamento urbano, estão previstas apenas para escalas grandes (1:10.000 ou maiores) e, portanto, fora do escopo desta pesquisa, ou não encontrem correspondência na modelagem do *OpenStreetMap*. Adicionalmente, nessa categoria há classes duplicadas de outras categorias mais típicas do mapeamento em pequena escala.

3.3 Identificação das classes

Este trabalho apresenta como principal resultado a identificação das classes de objetos da base de referência pesquisada com maior potencial de integração, isto é, de receberem dados provenientes da plataforma de mapeamento colaborativo *OpenStreetMap*.

A partir do critério estabelecido para valoração do potencial de integração na seção 3, foram relacionadas, no Quadro 3, as classes com o maior valor “3”, o maior definido, ou com o valor “2” somado a alguma condição notável. Dessa forma, sugere-se que em futuros trabalhos, os esforços de integração entre bases de referência e dados colaborativos sejam empreendidos inicialmente nessas classes.

Quadro 3 – Classes de objeto com maior potencial de integração.

Código EDGV 3.0	Classe de Objeto	Principais tags correspondentes
1.1.1	Aerogerador	generator:source=wind
1.1.8	Grupo_Transformadores	power=substation
1.1.13	Torre_Energia	power=tower
1.1.15	Trecho_Energia	power=line
1.6.10	Elemento_Fisiografico_Natural	natural=peak; natural=beach
1.6.13	Pico	natural=peak (pico e morro)
1.8.7	Funicular	railway=funicular
1.8.12	Ponte	bridge=yes (duplicada na classe código 2.2.21)
1.9.1	Complexo_Aeroportuario	aeroway=helipad
1.9.2	Pista_Ponto_Pouso	aeroway=helipad
1.11.2	Estacao_Ferroviaria	railway=station; railway=stop; railway=platform; public_transportation=station
1.11.3	Estacao_Metroviaria	railway=station; public_transportation=station
1.11.5	Trecho_Ferrovuario	railway=tram

1.12.1	Atracadouro_Terminal	man_made=pier
1.13.2	Trecho_Rodoviario	highway=*
1.13.3	Via_Deslocamento	highway=*
2.2.17	Estacionamento	amenity=parking
2.2.23	Praca	leisure=park
2.2.27	Trecho_Arruamento	highway=*
2.3.2	Campo_Quadra	leisure=pitch
2.3.4	Complexo_Desportivo_Lazer	leisure=sport_centre
2.4.6	Edif_Comerc_Serv	shop=mall; tourism=hotel
2.4.11	Edif_Constr_Portuaria	amenity=ferry_terminal
2.4.18	Edif_Industrial	building=industrial
2.4.20	Edif_Policia	amenity=police
2.4.25	Edif_Rodoviaria	amenity=bus_station; barrier=toll_booth
2.4.27	Edif_Saude	amenity=hospital; amenity=clinic
2.4.30	Posto_Combustivel	amenity=fuel
2.4.34	Posto_Policia_Rod_Federal	police=traffic_police
2.4.35	Representacao_Diplomatica	office=diplomatic; diplomatic=consulate
2.5.8	Terminal_Hidroviario	amenity=ferry_terminal

Elaboração: Os autores (2022).

No Quadro 4, a seguir, é apresentado um índice completo da classificação do potencial para todas as classes da ET-EDGV.

Quadro 4 – Índice completo da classificação do potencial de integração.

Energia e Comunicações (ENC)							Sistema de Transporte/Subsistema Hidroviário (HDV)									
1.1.1	2	1.1.2	2	1.1.3	0	1.1.4	2	1.12.1	3	1.12.2	0	1.12.3	0	1.12.4	NA	
1.1.5	NA	1.1.6	NA	1.1.7	2	1.1.8	3	1.12.5	NA	1.12.6	2	1.12.7	1			
1.1.9	1	1.1.10	NA	1.1.11	1	1.1.12	2	Sistema de Transporte/Subsistema Rodoviário (ROD)								
1.1.13	3	1.1.14	0	1.1.15	2	1.1.16	NA	1.13.1	2	1.13.2	3	1.13.3	3			
Estrutura Econômica (ECO)							Vegetação (VEG)									
1.2.1	NA	1.2.2	2	1.2.3	0			1.14.1	1	1.14.2	NA	1.14.3	NA	1.14.4	1	
Hidrografia (HID)							1.14.5	NA	1.14.6	1	1.14.7	2	1.14.8	NA		
1.3.1	2	1.3.2	0	1.3.3	2	1.3.4	1	1.14.9	NA	1.14.10	NA	1.14.11	2	1.14.12	1	
1.3.5	1	1.3.6	0	1.3.7	0	1.3.8	0	1.14.13	NA							
1.3.9	1	1.3.10	NA	1.3.11	2	1.3.12	2	Área Verde (VER)								
1.3.13	1	1.3.14	1	1.3.15	0	1.3.16	0	2.1.1	1	2.1.2	NA	2.1.3	2	2.1.4	NA	
1.3.17	0	1.3.18	2	1.3.19	2	1.3.20	1	Classes Base do Map. Topog. em Grandes Escalas (CBGE)								
Limites e Localidades (LML)							2.2.1	1	2.2.2	NA	2.2.3	NA	2.2.4	NA		
1.4.1	NA	1.4.2	NA	1.4.3	NA	1.4.4	NA	2.2.5	NA	2.2.6	NA	2.2.7	NA	2.2.8	NA	
1.4.5	NA	1.4.6	NA	1.4.7	NA	1.4.8	1	2.2.9	2	2.2.10	NA	2.2.11	NA	2.2.12	NA	
1.4.9	NA	1.4.10	1	1.4.11	1	1.4.12	NA	2.2.13	NA	2.2.14	2	2.2.15	NA	2.2.16	NA	
1.4.13	NA	1.4.14	2	1.4.15	1	1.4.16	2	2.2.17	3	2.2.18	NA	2.2.19	0*	2.2.20	NA	
1.4.17	NA	1.4.18	2	1.4.19	NA	1.4.20	2	2.2.21	3*	2.2.22	NA	2.2.23	3	2.2.24	NA	
1.4.21	2	1.4.22	2	1.4.23	2	1.4.24	2	2.2.25	2	2.2.26	2*	2.2.27	3	2.2.28	3*	
1.4.25	2							2.2.29	1*							
Pontos de Referência (PTO)							Cultura e Lazer (LAZ)									
1.5.1	NA	1.5.2	0	1.5.3	1	1.5.4	0	2.3.1	1	2.3.2	3	2.3.3	NA	2.3.4	3	
1.5.5	0							2.3.5	1	2.3.6	NA	2.3.7	2	2.3.8	1	
Relevo (REL)							2.3.9	1								
1.6.1	1	1.6.2	0	1.6.3	0	1.6.4	1	Edificações (EDF)								
1.6.5	NA	1.6.6	NA	1.6.7	0	1.6.8	1	2.4.1	1	2.4.2	NA	2.4.3	NA	2.4.4	0	
1.6.9	NA	1.6.10	3	1.6.11	1	1.6.12	NA	2.4.5	1	2.4.6	3	2.4.7	NA	2.4.8	2	
1.6.13	3	1.6.14	2	1.6.15	NA	1.6.16	NA	2.4.9	1	2.4.10	2	2.4.11	3	2.4.12	1	
1.6.17	1	1.6.18	1					2.4.13	1	2.4.14	0	2.4.15	1	2.4.16	0	
Saneamento Básico (SAB)							2.4.17	NA	2.4.18	1	2.4.19	1	2.4.20	3		
1.7.1	1	1.7.2	1	1.7.3	1	1.7.4	1	2.4.21	2	2.4.22	1	2.4.23	2	2.4.24	1	
Sistema de Transporte (TRA)							2.4.25	3	2.4.26	1	2.4.27	3	2.4.28	1		
1.8.1	1	1.8.2	1	1.8.3	1	1.8.4	1	2.4.29	NA	2.4.30	3	2.4.31	1	2.4.32	NA	
1.8.5	2	1.8.6	1	1.8.7	3	1.8.8	NA	2.4.33	1	2.4.34	3	2.4.35	3			
1.8.9	0	1.8.10	2	1.8.11	1	1.8.12	3	Estrutura de Mobilidade Urbana (EMU)								
1.8.13	1	1.8.14	2	1.8.15	1	1.8.16	1	2.5.1	2	2.5.2	2	2.5.3	NA	2.5.4	2	
Sistema de Transporte/Subsistema Aeroportuário (AER)							2.5.5	NA	2.5.6	1	2.5.7	1	2.5.8	3		
1.9.1	3	1.9.2	3					2.5.9	1							
Sistema de Transporte/Subsistema Dutos (DUT)																
1.10.1	1	1.10.2	2					Legenda: 0 sem potencial 1 potencial baixo 2 potencial médio 3 potencial alto							* classe duplicada NA não se aplica	
Sistema de Transporte/Subsistema Ferroviário (FER)																
1.11.1	0	1.11.2	3	1.11.3	3	1.11.4	0									
1.11.5	3															

4 CONCLUSÕES

O mapeamento de referência brasileiro possui deficiência de cobertura e atualização. Silva e Camboim (2020) apresentaram um panorama da situação nas três escalas principais do mapeamento, 1:25.000, 1:50.000 e 1:100.000 e constataram que apenas 5,5% do país estava mapeado na maior dessas escalas. Nas outras duas escalas, menos de 40% da área do mapeamento possuíam até 10 anos de produzido.

Dessa forma, o país vivencia uma perspectiva desanimadora para alteração dessa situação, em especial, pela escassez de recursos destinados à cartografia de base. Sendo assim, o mapeamento colaborativo se apresenta como alternativa para a obtenção de informações geoespaciais, quer seja para atender regiões não mapeadas, quer seja para fins de atualização.

Partindo dessa premissa, este trabalho teve como objetivo quantificar o potencial de integração de dados colaborativos do *OpenStreetMap* ao mapeamento de referência. A partir da revisão e ampliação da compatibilização semântica entre os modelos conceituais proposta por Machado (2020) foi alcançado o segundo objetivo através da determinação do potencial para integração para todas as classes de objetos das ET-EDGV.

Em função de toda a análise pormenorizada realizada nas categorias de informação previstas no mapeamento de referência nacional, foram identificados aspectos e considerações que podem ser escopo de futuras avaliações pelos órgãos responsáveis pelo Sistema Cartográfico Nacional. Assim sendo, sugere-se uma revisão das ET-EDGV para o estabelecimento de um modelo de estrutura que contemple informações de interesse mais próximo da sociedade. Neste sentido, sugere-se que essa estrutura de dados seja simplificada, para evitar a duplicidade de classes bem como seja reavaliada a pertinência da manutenção de classes dos tipos complexa, genérica, convencional e não instanciável.

Sugere-se ainda, uma reavaliação da categoria Classes Base do Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas, pois essa categoria é composta por classes de variadas naturezas, ao contrário das demais que compõem as ET-EDGV, cujo modelo é multiescalar e, portanto, não é adequada a existência de uma categoria limitada a escalas específicas. Além disso, na versão vigente, existem classes nessa categoria em duplicidade com outras.

Sugere-se, por fim, que o alcance do presente estudo seja ampliado para outras regiões do país e para mapeamentos em escalas menores, em especial para regiões com menos contribuições colaborativas, a fim de se avaliar os potenciais de integração para cenários distintos.

Este trabalho visou trazer uma contribuição científica para os processos de integração de dados colaborativos ao mapeamento de referência tendo como foco principal analisar a representatividade e encontrar as correspondências semânticas de todo o *Big Data* geoespacial disponível no *OpenStreetMap*, ações fundamentais e predecessoras para a automatização dos processos de integração.

Referências

- ALBUQUERQUE, J. P.; YEBOAH, G.; PITIDIS, V.; ULBRICH, P. Slum health mapping as catalyst for a collaborative agenda for research, practice, local citizens and volunteers. In: STATE OF THE MAP, 2018, Milan, Italy. **Proceedings of State Of The Map 2018**. Milan: SlumMapping, 2018.
- ANTONIOU, V.; TOUYA, G.; RAIMOND, A. M. Quality analysis of the Parisian OSM toponyms evolution. In: CAPINERI, C.; HAKLAY, M.; HUANG, H.; ANTONIOU, V.; KETTUNEN, J.; OSTERMANN, F.; PURVES, R. **European Handbook of Crowdsourced Geographic Information**, London: Ubiquity Press, 2016. p. 97–112. DOI: 10.5334/bax.h.
- BANU, A.; YAKUB, M. Evolution of Big Data and Tools for Big Data Analytics. **Journal of Interdisciplinary Cycle Research**, [S.L.], v. 12, n. 10, p. 309-316, 2020.
- BARRON, C.; NEIS, P.; ZIPF, A. A Comprehensive Framework for Intrinsic OpenStreetMap Quality Analysis. **Transactions In GIS**, [S.L.], v. 18, n. 6, p. 877-895, 23 dez. 2013. DOI: 10.1111/tgis.12073.
- BORTOLINI, E.; CAMBOIM, S. P. Mapeamento Colaborativo de Favelas com a Plataforma Openstreetmap. In: COLOMBO, V. P.; BASSANI, J.; TORRICELLI, G. P.; ARAÚJO, S. A. (Org.). **Mapeamento**

- Participativo: Tecnologia e Cidadania.** 1ed. São Paulo: Editora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2019, v. 1, p. 53-61.
- BORTOLINI, E.; SILVA, L. S. L.; MACHADO, A. A.; PAIVA, C. A.; CAMBOIM, S. P. Potenciais Categorias de Informações Geográficas do Mapeamento Colaborativo para o Mapeamento Oficial. In: COLÓQUIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS, X, 2018, Curitiba. **Anais do X Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas.** Curitiba: UFPR, 2018.
- BORTOLINI, E.; SILVA, L. S. L.; ELIAS, E. N. N.; CAMBOIM, S. P.; SCHMIDT, M. A. R. Sinergias entre a produção dos dados geoespaciais de referência oficiais e colaborativos: uma proposição de eixos potenciais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS, II, [S.L.], 2020.
- BROVELLI, M.; ZAMBONI, G. A New Method for the Assessment of Spatial Accuracy and Completeness of OpenStreetMap Building Footprints. **ISPRS International Journal Of Geo-Information**, [S.L.], v. 7, n. 8, p. 289, 24 jul. 2018. DOI: 10.3390/ijgi7080289.
- BRÜCKNER, J.; SCHOTT, M.; ZIPF, A.; LAUTENBACH, S. Assessing shop completeness in OpenStreetMap for two federal states in Germany. **Agile: GIScience Series**, [S.L.], v. 2, p. 1-7, 4 jun. 2021. DOI: 10.5194/agile-giss-2-20-2021.
- BUDHATHOKI, N. R.; BRUCE, B.; NEDOVIC-BUDIC, Z. Reconceptualizing the role of the user of spatial data infrastructure. **GeoJournal**, [S.L.], v. 72, n. 3-4, p. 149-160, 29 jul. 2008. DOI: 10.1007/s10708-008-9189-x.
- CARRARO, V. Naming Jerusalem on OpenStreetMap. **Jerusalem Online**, [S.L.], p. 87-109, 2021. DOI: 10.1007/978-981-16-3314-0_5.
- CHEHREGHAN, A.; ABBASPOUR, R. A. An evaluation of data completeness of VGI through geometric similarity assessment. **International Journal Of Image And Data Fusion**, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 319-337, 11 ago. 2018. DOI: 10.1080/19479832.2018.1504825.
- DANIEL, N.; MÁTYÁS, G. Citizen science characterization of meanings of toponyms of Kenya: a shared heritage. **GeoJournal**, [S.L.], p. 1-23, 16 abr. 2022. DOI: 10.1007/s10708-022-10640-5.
- DOMO. Data Neves Sleeps 9.0. **How much data is generated every minute?** American Fork, 2020. Disponível em: <<https://web-assets.domo.com/blog/wp-content/uploads/2021/09/data-never-sleeps-9.0-1200px-1.png>>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- COMISSÃO NACIONAL DE CARTOGRAFIA (CONCAR). **Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV 3.0).** Brasília: NORMA CARTOGRÁFICA BRASILEIRA, 2017. Disponível em: <https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/edgv/ET-EDGV-3_0_210518.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- ESTIMA, J.; PAINHO, M. Exploratory analysis of OpenStreetMap for land use classification. **Proceedings of the Second ACM SIGSPATIAL International Workshop on Crowdsourced and Volunteered Geographic Information**, GEOCROWD '13. November, 2013. p. 39-46.
- ESTIMA, J.; PAINHO, M. Investigating the Potential of OpenStreetMap for Land Use/Land Cover Production: a case study for continental portugal. **Lecture Notes In Geoinformation And Cartography**, [S.L.], p. 273-293, 2015. DOI: 10.1007/978-3-319-14280-7_14.
- FONTE, C. C.; PATRIARCA, J.; JESUS, I.; DUARTE, D. Automatic Extraction and Filtering of OpenStreetMap Data to Generate Training Datasets for Land Use Land Cover Classification. **Remote Sensing**, [S.L.], v. 12, n. 20, p. 3428, 19 out. 2020. DOI: 10.3390/rs12203428.
- HADI, H. J.; SHNAIN, A. H.; HADISHAHEED, S.; AHMAD, A. H. BIG Data and Five V's Characteristics. **International Journal of Advances in Electronics and Computer Science**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 16-23, jan. 2015. ISSN: 2393-2835.
- HASHEMI, P.; ABBASPOUR, R. A. Assessment of Logical Consistency in OpenStreetMap Based on the Spatial Similarity Concept. **Lecture Notes In Geoinformation And Cartography**, [S.L.], p. 19-36, 2015. DOI: 10.1007/978-3-319-14280-7_2.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Agência de notícias. **IBGE lança a versão 2018 da base cartográfica contínua do Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/21571-ibge-lanca-a-versao-2018-da-base-cartografica-vetorial-continua-do-estado-do-rio-de-janeiro>>. Acesso em: 21 jun. 2022.

- ISHWARAPPA; ANURADHA, J. A Brief Introduction on Big Data 5Vs Characteristics and Hadoop Technology. **Procedia Computer Science**, [S.L.], v. 48, p. 319-324, 2015. DOI: 10.1016/j.procs.2015.04.188.
- JUHÁSZ, L. Towards understanding the temporal accuracy of OpenStreetMap: A quantitative experiment. In: Minghini, M., Ludwig, C., Anderson, J., Mooney, P., Grinberger, A.Y. (Eds.). **Proceedings of the Academic Track at the State of the Map 2021 Online Conference**, July, 2021, p. 19-22. DOI: 10.5281/zenodo.5112236.
- LANEY, D. **3D Data Management**: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety. Application Delivery Strategies. 2001. Disponível em: <<http://blogs.gartner.com/doug-laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- LEE, I. Big data: dimensions, evolution, impacts, and challenges. **Business Horizons**, [S.L.], v. 60, n. 3, p. 293-303, May, 2017. DOI: 10.1016/j.bushor.2017.01.004.
- LUDWIG, C.; ZIPF, A. Exploring regional differences in the representation of urban green spaces in OpenStreetMap. **Proceedings of the Geographical and Cultural Aspects of Geo-Information: Issues and Solutions**, AGILE 2019 Workshop, Limassol, Cyprus, June, 2019.
- MACHADO, A. A.; ELIAS, E. N. N.; SILVA, L. S. L.; CAMBOIM, S. P.; SCHMIDT, M. A. R. Informação Geográfica Voluntária: o Potencial das Ferramentas Colaborativas para a Aquisição de Nomes Geográficos. **Revista Brasileira de Geografia**. v. 66, n. 2. p. 239-253. jul/dez, 2021.
- MACHADO, A. A. **Compatibilização Semântica entre o Modelo de Dados do Openstreetmap e a Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV)**. 210 f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.
- MARTINI, A.; KUPER, P. V.; BREUNIG, M. Database-Supported Change Analysis and Quality Evaluation of Openstreetmap Data. **ISPRS Annals Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences**, [S.L.], v. -2/5, p. 535-541, 29 maio 2019. Copernicus GmbH. DOI: 10.5194/isprs-annals-iv-2-w5-535-2019.
- MINGHINI, M.; BROVELLI, M. A.; FRASSINELLI, F. An Open Source Approach for the Intrinsic Assessment of the Temporal Accuracy, Up-To-Dateness and Lineage of Openstreetmap. **The International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences**, [S.L.], v. -4/8, p. 147-154, 11 jul. 2018. DOI: 10.5194/isprs-archives-xlii-4-w8-147-2018.
- MINGHINI, M.; FRASSINELLI, F. OpenStreetMap history for intrinsic quality assessment: is osm up-to-date?. **Open Geospatial Data, Software And Standards**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 1-17, 9 set. 2019. DOI: 10.1186/s40965-019-0067-x.
- MOBASHERI, A.; ZIPF, A.; FRANCIS, L. OpenStreetMap data quality enrichment through awareness raising and collective action tools—experiences from a European project. **Geo-Spatial Information Science**, [S.L.], v. 21, n. 3, p. 234-246, 3 jul. 2018. DOI: 10.1080/10095020.2018.1493817.
- NASIRI, A.; ABBASPOUR, R. A.; CHEHREGHAN, A.; ARSANJANI, J. J. Improving the Quality of Citizen Contributed Geodata through Their Historical Contributions: the case of the road network in openstreetmap. **ISPRS International Journal Of Geo-Information**, [S.L.], v. 7, n. 7, p. 253, 28 jun. 2018. DOI: 10.3390/ijgi7070253.
- NOVACK, T.; GRINBERGER, A. Y.; SCHULTZ, M.; ZIPF, A.; MOONEY, P. The Geographical and Cultural Aspects of Geo-Information: An Introduction. **Proceedings of the Geographical and Cultural Aspects of Geo-Information: Issues and Solutions**, AGILE 2019 Workshop, Limassol, Cyprus, June, 2019.
- PAIVA, C. A.; CAMBOIM, S. P. Inference of positional accuracy of collaborative data from intrinsic parameters. **Transactions In GIS**, [S.L.], v. 00, p. 1-16, 04 mar. 2022. DOI: 10.1111/tgis.12913.
- RAIFER, M.; TROILO, R.; KOWATSCH, F.; AUER, M.; LOOS, L.; MARX, S.; PRZYBILL, K.; FENDRICH, S.; MOCNIK, F-B.; ZIPF, A. OSHDB: a framework for spatio-temporal analysis of openstreetmap history data. **Open Geospatial Data, Software And Standards**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 1-12, 8 abr. 2019. DOI: 10.1186/s40965-019-0061-3.
- ROBINSON, A. C.; DEMŁAR, U.; MOORE, A. B.; BUCKLEY, A.; JIANG, B.; FIELD, K.; KRAAK, M-J.; CAMBOIM, S. P.; SLUTER, C. R. Geospatial big data and cartography: research challenges and opportunities for making maps that matter. **International Journal Of Cartography**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 32-60, 13 mar. 2017. DOI: 10.1080/23729333.2016.1278151.

- SHABANA, M.; Sharma, K. V. A Study on Big Data Advancement and Big Data Analytics. **Journal of Applied Science and Computations**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 4099-4107, jan. 2019.
- SILVA, L. S. L.; CAMBOIM, S. P. Brazilian NSDI Ten Years Later: current overview, new challenges and propositions for national topographic mapping. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 26, n. 4, p. 1-14, 2020. DOI: 10.1590/s1982-21702020000400018.
- STATISTA. Demographics & Use. **Number of internet users worldwide from 2005 to 2021**. Hamburg, 2021. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/273018/number-of-internet-users-worldwide/>>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- STATISTA. Demographics & Use. **Global digital population as of April 2022**. Hamburg, 2022. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/617136/digital-population-worldwide/>>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- TRIMAILLE, E. QGIS Python Plugins Repository. **QuickOSM**, versão 1.17.1. 2021. Disponível em: <<https://plugins.qgis.org/plugins/QuickOSM/>>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- VIANA, C. M.; ENCALADA, L.; ROCHA, J. The value of OpenStreetMap Historical Contributions as a Source of Sampling Data for Multi-temporal Land Use/Cover Maps. **ISPRS International Journal Of Geo-Information**, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 116, 28 fev. 2019. DOI: 10.3390/ijgi8030116.
- WIKIOSM. Wiki. **Category:Tag descriptions**. [S.L.], 2022a. Disponível em: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Category:Tag_descriptions>. Acesso em: 29 mai. 2022.
- WIKIOSM. Wiki. **Tag status**. [S.L.], 2022b. Disponível em: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Tag_status>. Acesso em: 29 mai. 2022.
- WU, H.; LIN, A.; CLARKE, K. C.; SHI, W.; CARDENAS-TRISTAN, A.; TU, Z. A comprehensive quality assessment framework for linear features from Volunteered Geographic Information. **International Journal Of Geographical Information Science**, [S.L.], p. 1-22, 12 out. 2020. DOI: 10.1080/13658816.2020.1832228.
- ZACHAROPOULOU, D.; SKOPELITI, A.; NAKOS, B. Assessment and Visualization of OSM Consistency for European Cities. **ISPRS International Journal Of Geo-Information**, [S.L.], v. 10, n. 6, p. 361, 25 May, 2021. DOI: 10.3390/ijgi10060361.
- ZHANG, W-B.; LEUNG, Y.; MA, J-H. Analysis of positional uncertainty of road networks in volunteered geographic information with a statistically defined buffer-zone method. **International Journal Of Geographical Information Science**, [S.L.], v. 33, n. 9, p. 1807-1828, 29 abr. 2019. DOI: 10.1080/13658816.2019.1606430.
- ZHOU, Q. Rethinking the Buffering Approach for Assessing OpenStreetMap Positional Accuracy. **Advances In Cartography And Giscience**, [S.L.], p. 435-448, 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-57336-6_30.

6 INTEGRAÇÃO DE DADOS DE MAPEAMENTO COLABORATIVO AO MAPEAMENTO DE REFERÊNCIA: METODOLOGIA PARA AUTOMATIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE.

O artigo a seguir será submetido a uma revista científica.

Integração de Dados de Mapeamento Colaborativo ao Mapeamento de Referência: Metodologia para Automatização e Avaliação da Qualidade

Integration of Collaborative Mapping Data to Reference Mapping: Methodology for Automation and Quality Assessment

Leonardo Scharth Loureiro Silva, Silvana Philippi Camboim

Resumo: A cartografia de referência de um país é fundamental para o planejamento das políticas públicas e, portanto, para as ações do Estado. Na contramão de melhor eficiência nas ações de planejamento e gestão, o Brasil carece de mapeamento de referência de ampla cobertura nas maiores escalas e conta com parte significativa do mapeamento nacional disponível produzido há décadas. Assim sendo, para tentar minimizar esse difícil quadro, devem ser buscadas fontes alternativas de dados para a atualização e complementação do mapeamento nacional. Neste sentido, as informações geográficas voluntárias se apresentam como alternativa real e de baixo custo para as atividades de atualização de mapeamento de referência. Desta forma, este trabalho teve como objetivos desenvolver um fluxo metodológico para automatização da seleção, análise e importação de dados colaborativos para uma base de referência e avaliar a qualidade dos dados colaborativos adquiridos para validação do processo de integração. Tais processos foram implementados no modelador gráfico do QGIS, trazendo dados do *OpenStreetMap*, com a incorporação de geometrias dos elementos e de atributos de acordo com o padrão brasileiro das ET-EDGV. Foram alcançados resultados excelentes tanto em termos percentuais como em quantidade de feições. Em relação à avaliação da qualidade, também apoiada nos padrões nacionais e internacionais vigentes, foram obtidos resultados bastante satisfatórios. Como conclusão, verificou-se que a utilização de informação geográfica voluntária para atualização e para complementação do mapeamento de referência é plenamente viável com resultados expressivos e metodologia validada em termos de qualidade.

Palavras-chave: *OpenStreetMap*. VGI. Mapeamento oficial. Atualização cartográfica. Controle de qualidade.

Abstract: A country's reference cartography is essential for public policy planning and, therefore, state activities. However, in the opposite direction of better efficiency in planning and management actions, Brazil lacks reference mapping of broad coverage at the larger scales and relies heavily on the available national mapping produced decades ago. Therefore, to minimize this challenging situation, alternative data sources must be sought to update and complement the national mapping. In this sense, the voluntary geographic information presents as a real and low-cost alternative for reference mapping updating activities. Thus, this work aimed to develop a methodological flow for automating the selection, analysis and import of collaborative data for a reference base and evaluate the quality of collaborative data acquired for validation of the integration process. Such processes were implemented in the QGIS graphic modeller, retrieving data from *OpenStreetMap* and incorporating element geometries and attributes according to the Brazilian standard ET-EDGV. The results were excellent in terms of percentage and amount of features. Furthermore, the results were quite successful regarding the quality assessment, supported by the national and international standards applicable. In conclusion, it was verified that using voluntary geographic information to update and complement the reference mapping, especially in developing countries like Brazil, is entirely feasible with expressive results and validated methodology in terms of quality.

Keywords: *OpenStreetMap*. VGI. Official mapping. Cartographic updating. Quality control.

1 INTRODUÇÃO

A cartografia de referência de um país é fundamental para o planejamento das políticas públicas e, portanto, é um arcabouço básico para as ações do Estado nas áreas de infraestrutura, saúde, educação, segurança, governança ambiental, promoção social dentre outras. O exemplo mais notável dessa essencialidade, nos últimos anos, se apresentou nas operações logísticas no enfrentamento da pandemia de Covid-19, para a distribuição de vacinas de maneira contínua, proporcional e igualitária por todo o território nacional (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021). Nesse caso, para maior eficiência do plano nacional de vacinação contra a Covid-19, em um país com múltiplas realidades, as informações geoespaciais e as soluções de geoprocessamento compuseram o suporte para as estratégias de microplanejamento da operação (ROCHA *et al.*, 2021).

Entretanto, na contramão do alcance de melhor eficiência nas ações de planejamento e gestão, o Brasil carece de mapeamento de referência de ampla cobertura nas maiores escalas e, igualmente preocupante, conta com parte significativa do mapeamento nacional disponível produzido há décadas, conforme inventário da cobertura cartográfica realizado por Silva e Camboim (2020). Assim sendo, para tentar minimizar esse difícil quadro, devem ser buscadas fontes alternativas de dados que possam ser utilizadas para a atualização e complementação do mapeamento nacional, sobretudo em uma conjuntura de recursos escassos para a cartografia.

Neste sentido, as informações geográficas voluntárias se apresentam como alternativa real e de baixo custo para as atividades de atualização de mapeamento de referência. Ivanovic *et al.* (2020) e Van Winden, Biljecki e Spek (2016) identificaram como dados de trajetos de GPS podem sinalizar necessidade de atualizações dos dados geográficos de referência em áreas de expansão. Liu *et al.* (2015) estudaram como mapear rodovias não existentes nos mapas de referência a partir de dados do *OpenStreetMap*. Em outra ótica, Sarretta e Minghini (2021) concluíram que conjuntos de dados de referência, em geral mais homogêneos e de maior precisão, e dados voluntários, tipicamente mais atualizados e detalhados, podem ser complementares em busca de benefícios mútuos para melhoria de ambas as bases.

Tendo em vista o grau de maturidade da plataforma *OpenStreetMap*, tanto em quantidade de informações como nas correspondências semânticas entre os modelos conceituais (SILVA; CAMBOIM, 2022 – a submeter; MACHADO, 2020) além dos numerosos e frequentes estudos sobre aplicações diversas, em especial aquelas sobre comparações com dados geoespaciais oficiais (MAHABIR *et al.*, 2017; BROVELLI *et al.*, 2016; DORN; TÖRNROS; ZIPF, 2015; ARSANJANI *et al.*, 2015) elegeu-se essa plataforma para as pesquisas sobre integração de informação geográfica voluntária ao mapeamento de referência brasileiro, como forma de atualização cartográfica e atendimento a regiões não mapeadas.

Uma vez que foram identificadas as informações geográficas voluntárias com maior potencial de integração ao mapeamento de referência (SILVA; CAMBOIM, 2022 – a submeter) este trabalho teve como objetivo principal a definição de uma metodologia automatizada para integração de dados de mapeamento colaborativo disponíveis no *OpenStreetMap* a uma base de referência na escala 1:25.000. Para tanto foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: (a.) o desenvolvimento de um fluxo metodológico para automatização da seleção, análise e importação de dados colaborativos para uma base de referência; (b.) a realização da avaliação da qualidade dos dados colaborativos adquiridos para validação do processo de integração.

2 IMPORTAÇÃO DE DADOS COLABORATIVOS

Essa etapa da pesquisa envolveu a automatização de processos através da implementação de fluxos, com ferramentas em linguagem Python, para a importação das informações constantes da plataforma *OpenStreetMap*, alinhadas semanticamente às classes das Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais – ET-EDGV (CONCAR, 2017). As importações foram realizadas para algumas das classes de objeto que foram classificadas por Silva e Camboim (2022 – a submeter) com maior potencial de integração, para a Base Cartográfica Contínua do Rio de Janeiro, escala 1:25.000, utilizada como base de referência neste trabalho. Assim, foram escolhidas as doze classes constantes no Quadro 1.

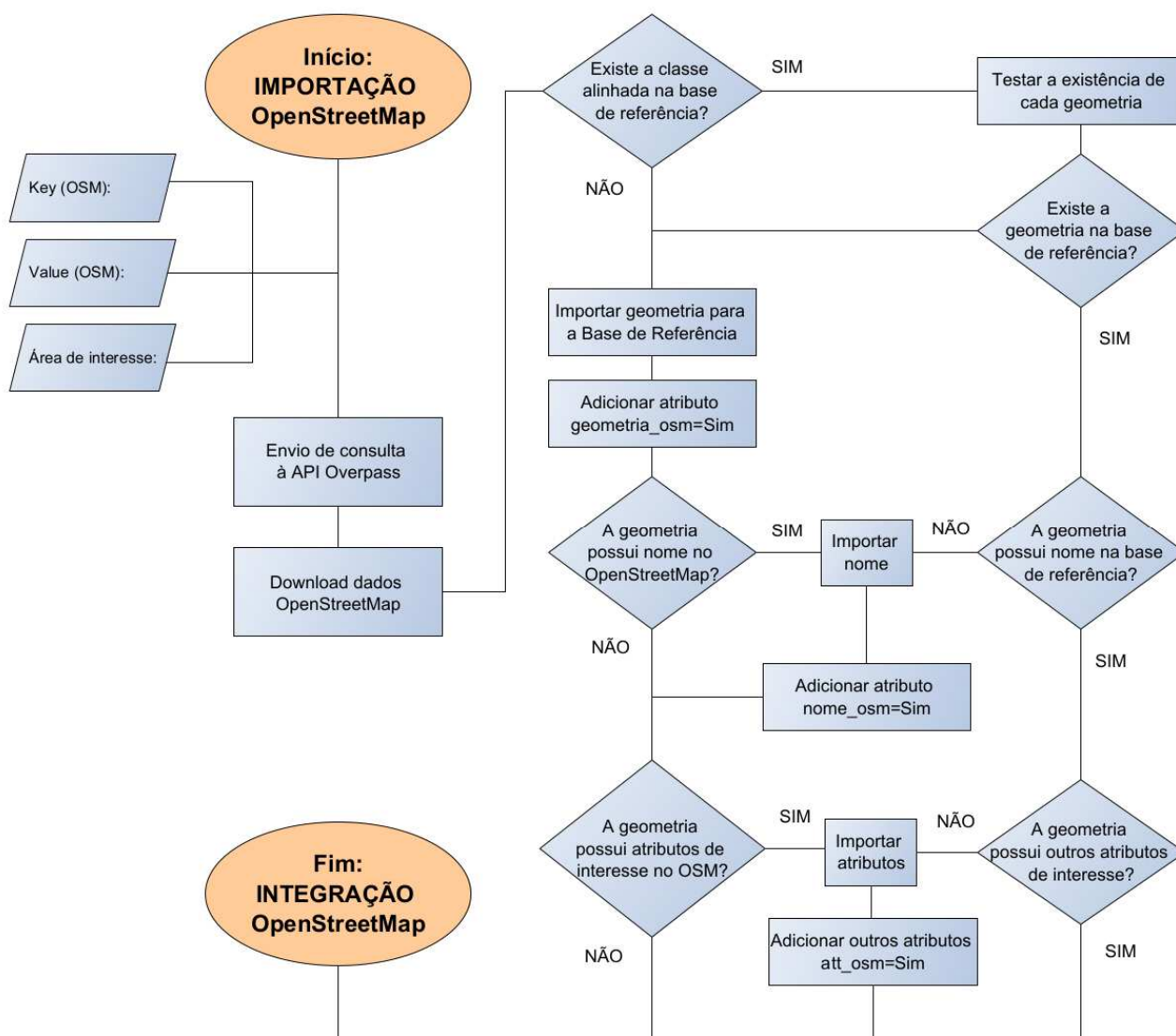
Quadro 1 – Classes de objeto escolhidas e tags correspondentes

Categoria de informação	Classe de objeto	Tags correspondentes
Energia e Comunicações - ENC	Aerogerador	generator:source=wind
	Grupo de transformadores	power=substation
	Trecho de energia	power=line
Relevo - REL	Elemento fisiográfico natural (praia, pico, morro)	natural=peak; natural=beach
Sist. Transporte - Subsistema Aeroportuário - AER	Pista ou ponto de pouso (heliponto)	aeroway=helipad
Sist. Transporte - Subsistema Rodoviário - ROD	Via de deslocamento	highway=*
Cultura e Lazer - LAZ	Campo e quadra	leisure=pitch
	Praça	leisure=park
Edificações - EDF	Edificação de saúde	amenity=hospital; amenity=clinic
	Posto de Polícia Rodoviária Federal	police=traffic_police
	Posto de combustível	amenity=fuel
	Edificação de polícia	amenity=police

Elaboração: Os autores (2022).

Os fluxos de importação foram implementados no Modelador Gráfico do QGIS, versão 3.4.8 (Madeira), e fazem o *download* de dados do *OpenStreetMap* por meio da API Overpass. A Figura 1 apresenta a arquitetura geral dos fluxos automatizados para seleção, análise e importação dos dados colaborativos. É importante destacar que para cada uma das classes de objeto constantes do Quadro 1, foi construído um fluxo próprio dada as especificidades de cada classe e das *tags* correspondentes no *OpenStreetMap*. Os fluxos, no formato gráfico e na linguagem Python, estão disponíveis em <https://github.com/LeoScharth>.

Figura 1 – Arquitetura geral dos fluxos de automatização da importação.



Elaboração: Os autores (2022).

O modelo do processo representado de forma genérica, na Figura 1, pressupõe a verificação das feições existentes na plataforma colaborativa com as suas eventuais homólogas na base de referência. A geometria das feições colaborativas somente é importada quando não é encontrada correspondência na base oficial. Da mesma forma ocorre com os nomes e eventuais atributos definidos como de interesse, que somente são adicionados quando não há a informação de referência. Destaca-se, ainda, que o fluxo preserva os registros de importação do *OpenStreetMap*, isto é, sinaliza quais informações possuem origem na plataforma colaborativa e mantém o código do elemento (*osm id*), o que garante a possibilidade de rastreio de todo o histórico da informação e o reconhecimento de sua autoria. Este cuidado também adequa a operação ao licenciamento dos dados do *OpenStreetMap* (OPENSTREETMAP, 2022).

Considerando todo o conjunto de dados geoespaciais disponíveis no *OpenStreetMap*, além dos aspectos da quantidade e da distribuição espacial das informações, é essencial compreender outros fatores relevantes, como as primitivas geométricas utilizadas nas representações e a qualidade heterogênea, que podem determinar as potencialidades e as restrições envolvidas em uma metodologia para integração de dados colaborativos ao mapeamento de referência.

2.1 Primitivas geométricas nos mapeamentos

Os fluxos de importação consideraram, ainda, a necessidade de compatibilizar, para cada classe de objeto estudada, as primitivas geométricas utilizadas na base de referência e no *OpenStreetMap*. Na maioria dos casos a primitivas são correspondentes, mas há casos em que as primitivas são diferentes, o que implica

em processamentos adicionais. O Quadro 2 apresenta as classes de objetos e as primitivas geométricas consideradas em cada tipo de mapeamento.

Quadro 2 – Primitivas geométricas nos mapeamentos.

Classe de objeto	Base de Referência			OpenStreetMap		
	Ponto	Linha	Área	Ponto	Linha	Área
Aerogerador	ainda não representada			x		
Grupo de transformadores	x				x	x
Trecho de energia		x			x	
Elemento fisiográfico natural - praia	x		x	x		x
Elemento fisiográfico natural - pico	x			x		
Elemento fisiográfico natural - morro	x			x		
Pista ou ponto de pouso - heliponto	x			x		x
Via de deslocamento		x			x	
Campo ou quadra	x					x
Praça	ainda não representada					x
Edificação de saúde	x			x		x
Posto de Polícia Rodoviária Federal	x			x		
Posto de combustível	x			x		x
Edificação de polícia	ainda não representada			x		x

Elaboração: Os autores (2022).

As seções a seguir especificam os critérios estabelecidos para a verificação de feições correlatas e eventuais alterações de primitivas na importação do *OpenStreetMap* para a base de referência. Assim, o aspecto definidor foi o tipo de primitiva utilizado para a representação na base de referência. Também são descritas algumas preocupações no que tange às questões de escala.

2.1.1 PRIMITIVAS DO TIPO PONTO

As feições representadas no *OpenStreetMap* através da primitiva tipo ponto foram confrontadas com a classe correspondente na base de referência através de um *buffer* cuja distância foi estabelecida para cada classe. Para os elementos testados do *OpenStreetMap* que não houve coincidência com feições da base, foi realizada a importação da geometria tipo ponto. Para os elementos do tipo área, após o teste de coincidência, foi gerado o centroide da feição e a importação também resultou em um ponto. Na última coluna do Quadro 2, pode-se verificar que essa operação foi realizada para muitas classes, já que além da geometria tipo ponto também são representadas no *OpenStreetMap* como área.

É importante destacar que em uma base colaborativa como o *OpenStreetMap* os dados possuem qualidade diversa, que são representados em várias escalas, em contraponto ao que ocorre com as bases de referência, nas quais existe uma preocupação de qualidade homogênea por escala. Dessa forma, foi necessário efetuar a compatibilização do tipo de geometria tendo em vista as ET-EDGV/ET-ADGV ou conforme a representação vigente na base de referência.

Todas as geometrias foram importadas do *OpenStreetMap* com os atributos de nomes e outros eventualmente escolhidos para cada classe. Durante o processo de confrontação com os elementos já existentes na base de referência, ao se constatar a vacância nos atributos, também foi feita a importação desses atributos bem como o registro da origem das informações, conforme exemplo de tabela de atributos apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Exemplo de tabela de atributos da classe Edificação de saúde.

id	nome	osm_id	nome_no_osm	nome_osm	geometria_osm
268225	Hospital Darcy Vargas	189508000	Hospital Regional Darcy Vargas	Não	Não
267985	Unidade de Saúde do Frade			Não	Não
268151	Hospital Municipal Doutor Fernando Pereira Da Silva	132984972	Hospital Municipal Doutor Fernando Pereira Da Silva	Sim	Não
NULL		2015314169		Não	Sim
NULL	Clínica da Família Isabela Severo da Silva	7573404507	Clínica da Família Isabela Severo da Silva	Sim	Sim

Elaboração: Os autores (2022).

Na Figura 2 verifica-se que as três primeiras feições, que possuem registro preenchido no campo “id”, já constavam na base de referência. Essa informação também pode ser vista no campo “geometria_osm” no qual consta o valor ‘Não’, indicativo de que a geometria não é proveniente do *OpenStreetMap*. Na feição da primeira linha, verifica-se ainda que, embora o atributo nome exista no *OpenStreetMap*, o nome original constante na base de referência foi mantido ainda que ambos sejam diferentes. Dessa forma, fica a decisão para o gestor da base avaliar sobre a necessidade de analisar a discrepância. Na terceira linha, verifica-se que no campo “nome_osm” consta o valor ‘Sim’. Assim, entende-se que a geometria da feição já constava na base de referência, porém sem preenchimento para o atributo nome, que foi importado do *OpenStreetMap*. Para as feições da segunda e da quarta linhas, o campo “nome_no_osm” está nulo, de forma que não existe essa informação no *OpenStreetMap*. Na quarta e quinta linhas, o campo “geometria_osm” está com o valor ‘Sim’. Dessa maneira, verifica-se que a geometria foi importada para a base de referência, sendo que na feição da quinta linha, o atributo “nome” também foi importado. É importante destacar que o campo “osm_id” traz o número de registro da feição no *OpenStreetMap*, de modo que através desse identificador, podem ser recuperadas as informações referentes ao elemento desde sua inserção na plataforma e sua autoria além de, eventualmente, todas as suas alterações históricas.

As diversas possibilidades apresentadas na Figura 2 conduzem a algumas considerações. A criação dos campos para registro individualizado da origem de geometria, nome e outros atributos, permite a geração de metadados em nível de feição e de atributo, para cada elemento. Esse é um relevante aspecto quando se vislumbra a integração de dados de referência e colaborativos, de forma que cada componente da informação pode ter uma fonte diversa bem como a importância de preservar essa base de conhecimento. Atualmente, nas bases de referência, os metadados são descritos para as classes, as categorias ou para a base inteira, sendo portanto, uma proposição de melhorar a descrição dos dados. Nos casos em que ambas as bases possuem geometria para a mesma feição, foi tomada a decisão de manter a geometria da base de referência, em função da garantia de que o mapeamento de referência já teve a avaliação da acurácia realizada nos processos de validação da base. A aquisição de nomes geográficos a partir do *OpenStreetMap* também se mostrou muito promissora conforme testes de avaliação desse potencial realizado por Machado *et al.* (2021).

2.1.2 PRIMITIVAS DO TIPO LINHA

As feições representadas no *OpenStreetMap* através da primitiva tipo linha foram confrontadas com a classe correspondente na base de referência através de metodologia que emprega o conceito de faixa de incerteza. Assim, conforme proposto por Mozas e Arisa (2011) e Santos (2015), foi utilizado o método de *buffer* duplo, em que são verificadas as áreas de sobreposição dos *buffers* das linhas a serem comparadas. Para a classe “via de deslocamento”, o valor do *buffer* utilizado foi de 25m (equivalente a 1mm na escala da base cartográfica utilizada) e, para a classe “trecho de energia” o valor foi de 50m, sendo a segunda com mais tolerância pois trata-se de uma classe em que há risco baixo de comparação com um elemento diferente do que se pretende testar.

De acordo com as classes escolhidas para a implementação da metodologia, verificaram-se duas situações distintas já que a classe “trecho de energia” possui poucos vetores, porém muito extensos, para a representação das linhas de transmissão de energia. Em contrapartida, a classe “via de deslocamento” possui muitos vetores sendo a maioria pouco extensos, especialmente das ruas urbanas e, como minoria, os mais extensos para os trechos das rodovias.

É importante mencionar que a importação de elementos lineares advindos de uma base cartográfica diferente, adquiridos de formas diversas, a partir de fontes distintas e por pessoas com diferentes níveis de conhecimento vem acompanhada da preocupação com a compatibilização da topologia com os vetores já existentes na base de referência, tanto da classe em questão como daquelas classes que aqueles vetores se interrelacionam, devendo, portanto, sofrer posteriormente, os processos de correções topológicas para os devidos ajustes e, quando se aplicar, os processos de generalização cartográfica, eventualmente necessários.

2.1.3 PRIMITIVAS DO TIPO ÁREA

As feições dos elementos da classe “elemento fisiográfico natural”, domínio ‘praia’ representadas no *OpenStreetMap* através da primitiva tipo área foram confrontadas com a classe correspondente na base de referência através da verificação de sobreposição. Para os elementos testados do *OpenStreetMap* que não houve coincidência com feições da base, foi realizada a importação da geometria tipo área. Da mesma forma como ocorreu com a primitiva do tipo ponto, quando a feição já existente não tinha algum atributo na base de referência, esses foram importados para as geometrias. Para as feições da classe ‘praça’, por não estar representada previamente na base de referência, todos os elementos foram importados a partir do *OpenStreetMap*, bem como seus atributos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Integração

Os processos de importação das feições do *OpenStreetMap* resultaram no potencial aumento da quantidade de elementos na base de referência bem como na quantidade proporcional de elementos com atributos. A Tabela 1 apresenta um resumo dos resultados para cada classe.

Tabela 1 – Resultados do processo de importação.

Classe de objeto	Feições Base	Feições adicionais OSM	Acréscimo (%)	Feições com nome Base (Qtd / %)	Feições com nome OSM (Qtd / %)	Feições com nome após integração (%)
Aerogerador	não há	17	100,0%	-	12 / 70,6% ¹	70,6%
Grupo de transformadores	392	229	58,4%	186 / 47,4%	210 / 91,7%	86,2%
Trecho de energia (extensão)	6.911 km	1.122 km	16,2%	0 / 0%	228 / 83,5%	-
Elemento fisiográfico natural	737	789	107,1%	599 / 81,3%	608 / 77,1%	81,2%
Ponto de pouso - heliponto	35	237	677,1%	0 / 0%	161 / 67,9%	63,6%
Via de deslocamento (extensão)	95.591 km	8.480 km	8,8%	55.220 / 10,5%	5.867 / 16,8%	-
Campo ou quadra	2.872	3.934	137,0%	257 / 8,9%	492 / 12,5% ²	11,9%
Praça	não há	1.813	100,0%	-	1.813 / 100%	100,0%
Edificação de saúde	1.512	636	42,1%	1.407 / 93,1%	610 / 95,9%	94,1%
Posto de Pol. Rod. Federal	27	26	96,3%	3 / 11,1%	9 / 34,6%	22,6%
Posto de combustível	46	152	330,4%	42 / 91,3%	82 / 53,9%	63,6%
Edificação de polícia	não há	472	100,0%	-	361 / 76,5%	76,5%

destaque para percentuais de acréscimo de 90% a 150%.

destaque para percentuais de acréscimo maiores do que 150%.

Elaboração: Os autores (2022).

Os resultados apresentados na Tabela 1 comprovam o elevado potencial de integração atribuído por Silva e Camboim (2022 – a submeter) para as classes avaliadas. Nas sete classes de primitiva geométrica ponto ou área, que já constavam na base de referência, o percentual de acréscimo variou de 42 a 677%. Para as duas classes de feições lineares, via de deslocamento e trecho de energia, os percentuais foram de 8,8 e 16,2% respectivamente, o que em um primeiro olhar, parece não ser muito expressivo, mas levando em conta

¹Para a classe ‘Aerogerador’ foi avaliada a quantidade de feições com atributo “altura da torre”.

²Para a classe ‘Campo ou quadra’ foi avaliada a quantidade de feições com o atributo “tipo campo ou quadra”.

o tipo de feição e os somatórios de extensão linear delas (8.480 km e 1.122 km, respectivamente), pode-se considerar que a integração de dados para essas classes é de significativa contribuição.

É notável destacar que feições que podem ser diretamente identificadas nas imagens como heliponto, campo ou quadra e posto de combustível resultaram em um aumento percentual bastante vultoso, variando de 137 a 677%. No que se refere a posto de combustíveis, é importante ressaltar que o método de importação limitou a pesquisa apenas por feições dessa classe localizadas fora das áreas densamente edificadas, conforme critério previsto na Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais – ET-ADGV (CONCAR, 2018) que considera como regras a relevância da informação e a densidade de informações.

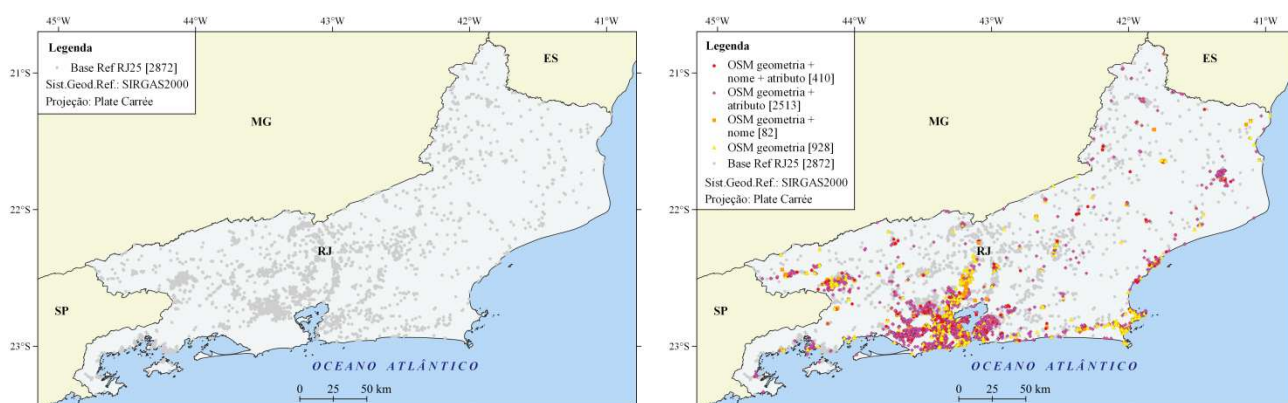
As edificações de saúde e os grupos de transformadores tiveram percentuais de acréscimo de 42% e 58%, respectivamente, o que também é uma quantidade bastante expressiva, considerando que essas classes já possuíam muitas feições representadas.

Outra observação relevante diz respeito daquelas feições que não podem ser identificadas diretamente das imagens, de forma que o usuário contribuidor do *OpenStreetMap* precisa conhecer o local, ao nível da rua, para adicionar a informação, o que ocorre com as edificações de maneira geral (edificação de polícia, edificação de saúde e posto de Polícia Rodoviária Federal).

No que se refere ao incremento de nomes de feições ou outros atributos, as informações geográficas voluntárias são bastante ricas o que pode ser verificado na coluna ‘Feições com nome OSM’ da Tabela 1. Há classes como ‘Campo ou quadra’ em que não se espera que a quantidade de nomes seja elevada (8,9% na base de referência e 12,5% no *OpenStreetMap*) uma vez que nem sempre possuem nome, de forma que, em muitos casos, o mais importante é outro atributo, e nesse em especial, a finalidade de uso da feição.

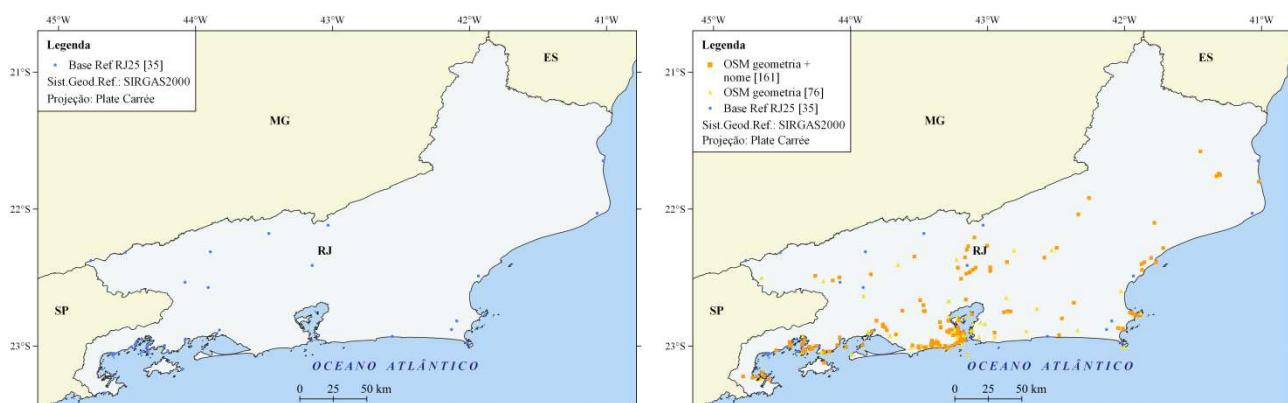
As Figuras 3, 4 e 5 ilustram alguns exemplos comparativos da situação atual da base de referência e do resultado da integração para as classes campo ou quadra, ponto de pouso/heliponto e via de deslocamento.

Figura 3 – Exemplo da comparação da classe “campo ou quadra”.



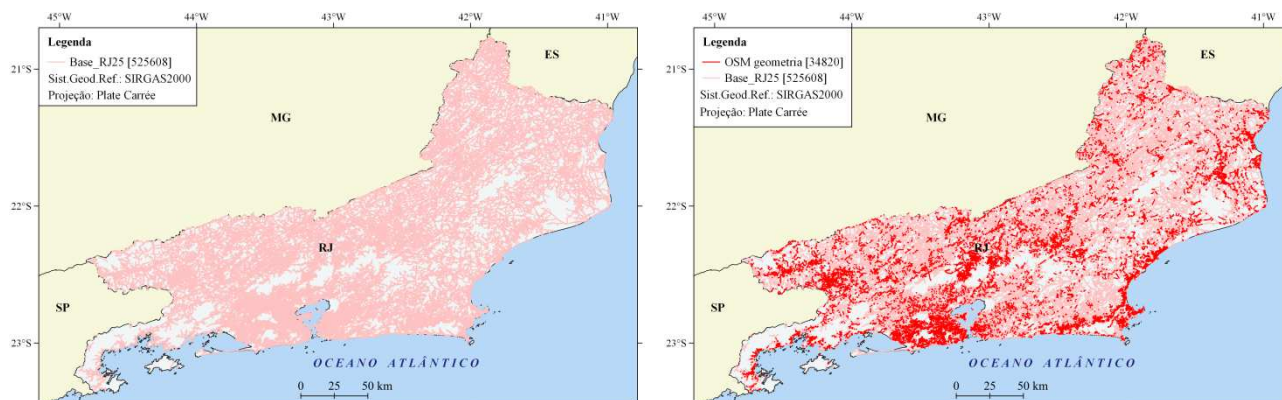
Elaboração: Os autores (2022).

Figura 4 – Exemplo da comparação da classe “ponto de pouso/heliponto”.



Elaboração: Os autores (2022).

Figura 5 – Exemplo da comparação da classe “via deslocamento”.



Elaboração: Os autores (2022).

3.2 Avaliação da qualidade

Um dos maiores desafios quando se trabalha com informação geográfica voluntária é determinar a qualidade do conjunto desses dados. Nos últimos anos, esse tem sido o mote de diversas pesquisas (PAIVA; CAMBOIM, 2022; WU *et al*, 2020; MINGHINI; FRASSINELLI, 2019; BROVELLI; ZAMBONI, 2018) relacionadas aos dados colaborativos e, em particular, ao *OpenStreetMap*.

De acordo com a Norma da Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais – ET-CQDG (DSG, 2016), o surgimento de novas tecnologias reduz consideravelmente os custos relativos à coleta e ao processamento da informação geográfica e, para que seja realizada uma integração adequada entre essas informações, a qualidade do dado precisa ser levada em conta.

Sendo assim, uma vez que esta pesquisa tem como principal objetivo a definição de uma metodologia para integração de informação geográfica voluntária a uma base de referência, como consequência dessa aquisição de dados colaborativos, deverá ser realizada a avaliação da qualidade do conjunto de dados como parte integrante e fundamental, para que se possa validar o processo de integração proposto.

Para o presente estudo e com base na Norma da ET-CQDG bem como na ISO 19157:2013 (ISO, 2013), o conjunto de dados importados do *OpenStreetMap* passou por uma avaliação da qualidade para verificação dos seguintes elementos da qualidade: completude, acurácia posicional e acurácia temática. A completude é definida como a presença ou ausência de feições, seus atributos e suas relações e a sua avaliação consiste em verificar a omissão ou comissão de um elemento em um conjunto de dados (ISO, 2013). A acurácia posicional diz respeito ao grau de conformidade com que se representam as posições horizontais e verticais em uma base de dados geoespaciais em relação à sua posição verdadeira no terreno (ARIZA LÓPEZ, 2002). E a acurácia temática se refere à correta interpretação das feições e atributos, bem como seu enquadramento nas classes previstas no modelo conceitual (DSG, 2016).

Entretanto, o objetivo mais específico da avaliação da qualidade ora realizada foi atestar se o conjunto de dados geoespaciais importado do *OpenStreetMap* é adequado ao uso pretendido que, em última análise, é a sua integração à uma base cartográfica de referência. Nessa ótica, o elemento da qualidade que se relaciona com essa avaliação é a usabilidade. Segundo a ISO 19157:2013 (ISO, 2013) a usabilidade é baseada nos requisitos do usuário e sua avaliação pode ser baseada em requisitos específicos do usuário que não podem ser descritos usando os elementos da qualidade anteriormente mencionados. Dessa forma, o elemento usabilidade deve ser empregado para descrever os requisitos de qualidade específicos sobre a adequação de um conjunto de dados para uma determinada aplicação e, no caso deste trabalho, tomará como base o conjunto dos três elementos da qualidade citados.

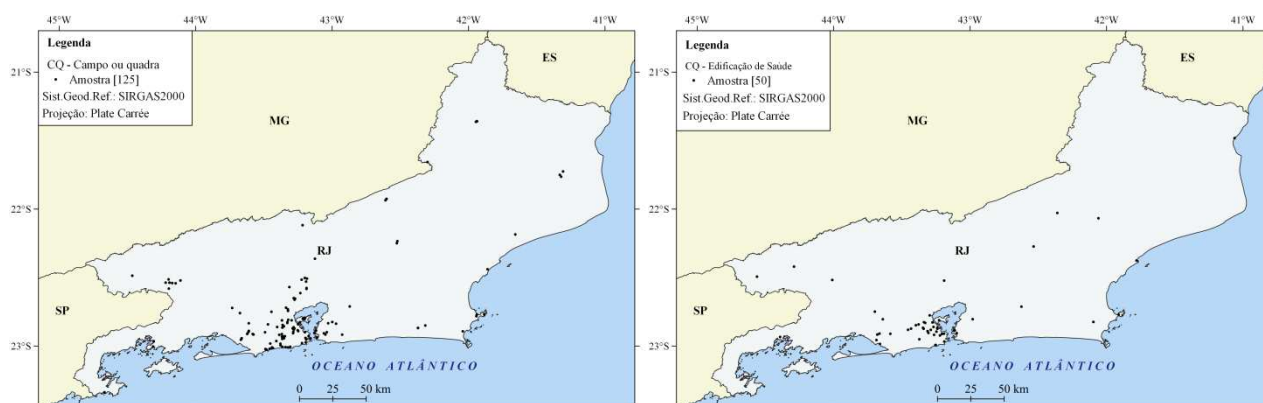
A avaliação da qualidade foi realizada em cada uma das doze classes de objetos importadas do *OpenStreetMap*, seguindo planos de amostragens gerados pelos *plugins Sample by Area* (SANTOS, 2022a), para feições lineares, e *Sample by Features* (SANTOS, 2022b), para feições pontuais e polígonos. Ambos os *plugins* utilizam os conceitos e definições da ISO 19157:2013 e da NBR 5426 (ABNT, 1985). O plano de

amostragem determina o tamanho da amostra em relação à população de feições e os critérios para aceitação e rejeição e, segundo a ET-CQDG, embora essas normas tenham sido definidas em um contexto não espacial, elas podem ser aplicadas como base estatística para a amostragem no âmbito geoespacial. Os resultados são expressos através do valor calculado de LQA (Limite de Qualidade Aceitável) ou *Acceptance Quality Limit* (AQL em inglês), que, neste caso, expressa a estimativa da proporção de elementos não conformes no conjunto da população.

As Figuras 6 e 7 mostram exemplos dos planos de amostragem definidos para as avaliações de qualidade realizadas nessa etapa da pesquisa. É importante destacar que a NBR 5426 (ABNT, 1985) prevê regimes de inspeção atenuado, normal e severo, assim como planos de amostragem simples, dupla ou múltipla. A combinação do regime de inspeção e do plano de amostragem vai definir menor ou maior rigor para a inspeção da qualidade. Com exceção da classe “aerogerador” que devido o tamanho da população de feições, o plano de amostragem definido foi o simples, para todas as demais classes o plano de amostragem foi dupla. O plano de amostragem dupla prevê a inspeção de um segundo lote de elementos quando o resultado da primeira inspeção for intermediário entre os limiares de aceitação e rejeição. Assim, embora para as análises desta pesquisa tenham sido feitas apenas uma única inspeção para cada amostra, os resultados de LQA poderiam ter sido refinados na avaliação de uma segunda amostra

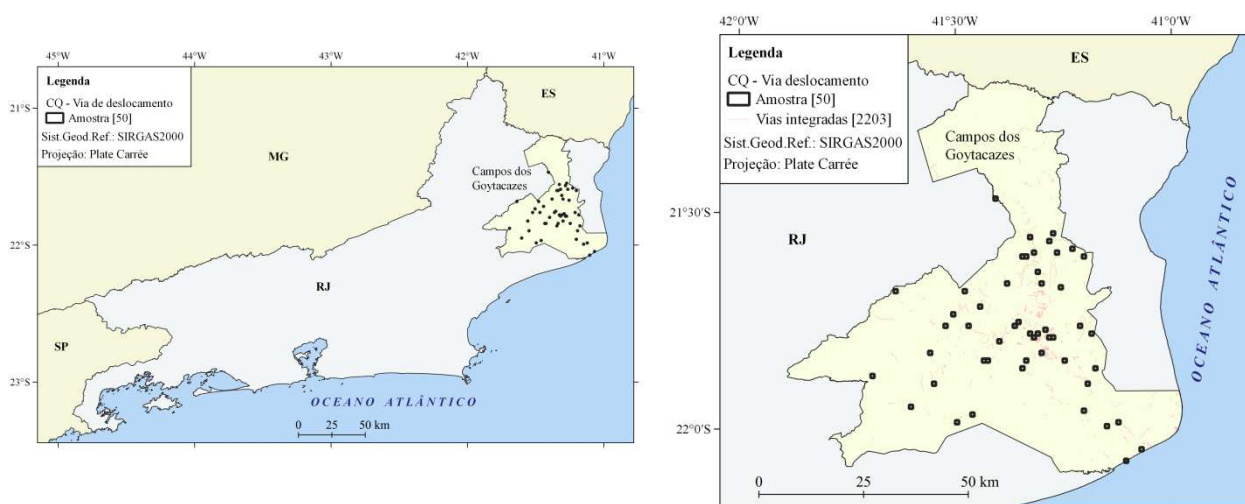
No caso específico da classe “via de deslocamento”, conforme mostram as Figuras 7 e 9, em detrimento de uma proceder uma extensa avaliação para todo o Estado do Rio de Janeiro, cujo tamanho de população seria de 12.558 áreas, devido ao caráter acadêmico, foi priorizada uma área menor, com população de 776 áreas. Assim, foi escolhida a área do município de Campos dos Goytacazes, o maior do estado e que possui uma boa diversidade de feições e cenários, permitindo uma avaliação menos extensa, porém sem prejuízo do método.

Figura 6 – Exemplos dos planos de amostragem por feição para as classes “campo ou quadra” e “edificação de saúde”.



Elaboração: Os autores (2022).

Figura 7 – Exemplo do plano de amostragem por área para a classe “Via de deslocamento”.



Elaboração: Os autores (2022).

A Tabela 2 apresenta um resumo dos resultados da avaliação da qualidade para cada classe.

Tabela 2 – Resultados do processo de avaliação da qualidade.

Classe de objeto	Tamanho da população	Tamanho da amostra	Elementos aprovados	Elementos Reprovados	LQA	Motivo das reprovações
Aerogerador	17	3 (S)	2	1	15%	posicional (1)
Grupo de transformadores	229	20	17	3	10%	temática (2), posicional (1)
Trecho de energia	1.148 / 273	50 (A)	30	20	< 25%	temática (1), comissão (19)
Elemento fisiográfico natural (p)	560	50	48	2	2,5%	temática (2)
Elemento fisiográfico natural (a)	229	20	18	2	6,5%	temática (2)
Ponto de pouso - heliponto	237	20	16	4	< 15%	temática (1), posicional (3)
Via de deslocamento	776 / 2.203 (*)	50 (A)	39	11	15%	omissão (6), comissão (5)
Campo ou quadra	3.934	125	120	5	2,5%	temática (4), temporal (1)
Praça	1.813	80	77	3	2,5%	temática (2), posicional (1)
Edificação de saúde	636	50	43	7	10%	temática (3), posicional (4)
Posto de Pol. Rod. Federal	27	8	8	0	4%	-
Posto de combustível	152	20	17	3	10%	posicional (3)
Edificação de polícia	472	32	30	2	4%	temática (1), temporal (1)

(p) geometria tipo ponto. (a) geometria tipo área.

(*) avaliação da qualidade realizada na área do município de Campos dos Goytacazes.

(S) plano de amostragem simples. (A) inspeção orientada por área.

Elaboração: Os autores (2022).

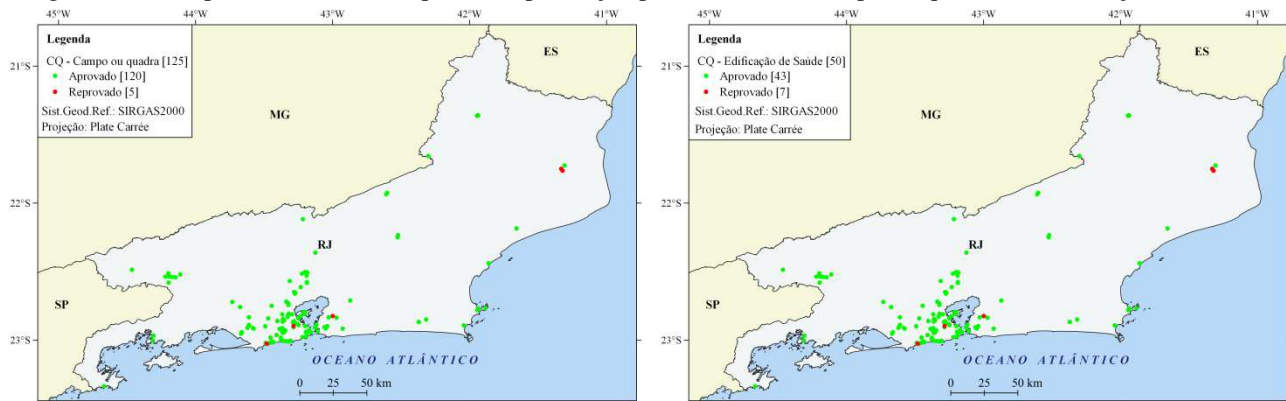
Os resultados apresentados na Tabela 2 demonstram que o Limite de Qualidade Aceitável estimado para oito das doze classes avaliadas foi igual ou menor do que 10%. Isso significa que para essas classes, estima-se que pelo menos 90% das feições estão compatíveis com os critérios de qualidade com o mapeamento de referência. Como referência, a ET-CQDG sugere que os procedimentos de avaliação da qualidade para conjuntos de dados geoespaciais vetoriais em pequenas escalas, seja utilizado como padrão o valor de LQA igual ou menor que 4%. Contudo, podemos considerar que LQA igual ou menor que 10% reflete um conjunto de dados com excelente qualidade para o uso que se propõe, uma vez que a ET-CQDG indica esse valor como adequado para os produtos em grande escala e, considerando que a aquisição das informações é realizada digitalmente com ampliação de escala de cinco a oito vezes.

Em relação às classes ‘aerogerador’ e ‘heliponto’, com LQA igual a 15% e <15%, respectivamente, foram detectados erros posicionais, porém de pequena amplitude e facilmente corrigíveis. Como curiosidade, o valor de LQA para a classe ‘aerogerador’ teve valor alto (15%), tendo em vista o tamanho da população (17) e o tamanho da amostra (3), já que apenas um dos dezessete pontos apresentou erro.

As classes ‘trecho de energia’ e ‘via de deslocamento’, com LQA igual a <25% e 15%, respectivamente, possuem geometria do tipo linha. Devido à natureza do método de comparação, faixa de incerteza por *buffer* duplo, entre as feições da base de referência e da plataforma colaborativa, em diversos exemplos de feições, os trechos não são homólogos, o que interfere diretamente no cálculo da sobreposição e, conseqüentemente, no resultado da comparação, em especial, gerando erros de comissão. Dessa forma, um elevado percentual de comissões pode resultar em uma impressão de que o dado possui qualidade aquém de sua realidade.

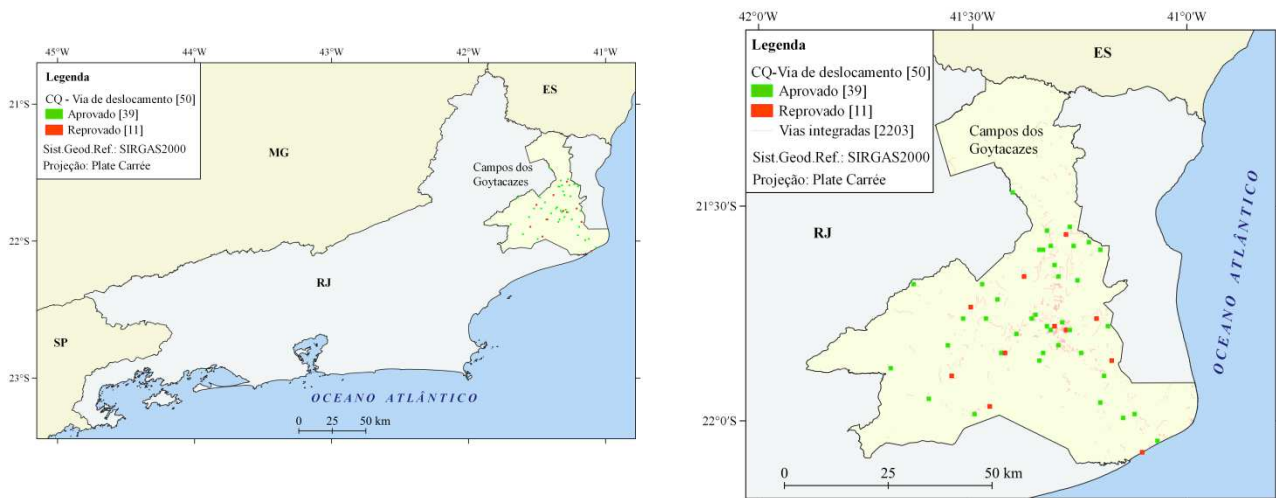
As Figuras 8 e 9 mostram exemplos dos resultados do controle de qualidade realizados.

Figura 8 – Exemplos do controle de qualidade por feição para as classes “campo ou quadra” e “edificação de saúde”.



Elaboração: Os autores (2022).

Figura 9 – Exemplo do controle de qualidade por área para a classe “via de deslocamento”.



Elaboração: Os autores (2022).

A Figura 10 mostra exemplos da etapa de avaliação da qualidade através da comparação das geometrias das feições com as imagens utilizadas. Foi utilizado o serviço de imagens da empresa Digital Globe, com resolução espacial de até 0,50m, dependendo da região.

Figura 10 – Exemplos da etapa de avaliação da qualidade. “Helipontos”, “Postos de gasolina e “Via de deslocamento”, com os elementos aprovados na linha superior e os reprovados na linha inferior.



Elaboração: Os autores (2022).

Para a avaliação da qualidade de nomes e outros atributos, essas foram verificadas sempre que disponíveis as visualizações ao nível da rua, através da ferramenta *Google Street View*. A Figura 11 mostra exemplos dessa avaliação da qualidade através da comparação das informações de atributos com as imagens.

Figura 11 – Verificações de atributos ao nível da rua, através da ferramenta Google Street View.



Elaboração: Os autores (2022).

4 CONCLUSÕES

O Brasil não mantém regularmente atualizado o mapeamento de seu território, principalmente nas escalas maiores do mapeamento de referência. Tendo em vista não ser provável uma mudança dessa realidade em curto prazo e as decorrentes dificuldades de planejamento, gestão e ação de políticas públicas, tornou-se premente buscar alternativas tecnológicas e novas fontes de dados, sobretudo as de baixo custo, para atender a essa demanda, tanto em termos de cobertura como de atualização. É importante ressaltar que mesmo países com a cartografia mais atualizada, como Alemanha, Finlândia e Estados Unidos utilizam dessa abordagem para a melhoria das suas bases (USGS, 2022; OLTEANU-RAIMOND *et al.*, 2016)

Nesse contexto, pesquisas de diferentes abordagens vêm sendo feitas no sentido de avaliar o uso de informações geográficas voluntárias. Seguindo essa linha científica, o presente trabalho teve como objetivo central avaliar a possibilidade de uso de dados geoespaciais voluntários e gratuitos disponíveis da *OpenStreetMap* visando a integração com o mapeamento de referência do Brasil. De forma mais específica, objetivou-se a implementação de fluxo metodológico para seleção, análise e importação de dados colaborativos e a realização de uma avaliação de qualidade desses dados, de maneira a validar o processo de integração proposto.

Foram desenvolvidos, no modelador gráfico do QGIS, fluxos automatizados de importação de dados do *OpenStreetMap* a uma base de referência, que resultaram na integração dessas informações geográficas voluntárias, com a incorporação de geometrias dos elementos e de atributos. Este tipo de metodologia automatizada é de grande importância uma vez que tira o elemento humano de atividades eminentemente repetitivas ou enfadonhas, como por exemplo, a aquisição de elementos muito extensos, implementa a compatibilização semântica e é concebida em *software* livre, podendo ser reproduzida e aperfeiçoada a qualquer tempo.

Foram alcançados resultados excelentes tanto em termos percentuais como em quantidade de feições. Como exemplo, em cinco de nove classes de objetos avaliadas, já existentes na base de referência, foram integradas mais de 96% de feições, tendo chegado a 677% como melhor resultado. Em relação à quantidade, quatro de doze classes tiveram mais de 600 elementos incorporados, chegando a 5.867 unidades em uma delas.

Como segundo objetivo específico, foi realizado um processo de controle da qualidade dos dados integrados conforme preconiza a ET-CQDG, norma vigente do mapeamento de referência do Brasil, em avaliação amostral baseada na norma ISO 19157:2013. Foram obtidos resultados bastante satisfatórios em oito das doze classes, com índices de aprovação iguais ou melhores que 90%. Ainda, em relação às classes com índices menores, os resultados indicam que os dados também podem ser aproveitados.

Do exposto, verificou-se que a utilização de informação geográfica voluntária para atualização e para complementação do mapeamento de referência é plenamente viável com resultados expressivos e metodologia validada em termos de qualidade. A comprovação da aplicabilidade dessa metodologia vai ao encontro a uma nova e possível realidade, em que a produção do dado de referência pode ser conjugada com o aproveitamento do conhecimento local do cidadão e com a representação de informações mais relevantes para a sociedade, transformando-se assim em um novo paradigma para a produção e uso de cartografia, mais dinâmico, mais contemporâneo e com maior alcance.

Essa abordagem traz a oportunidade para a reflexão de que a cartografia de referência, que por décadas vivenciou sua produção em folhas das cartas do mapeamento sistemático, em exemplares perenes de uma representação inerte do espaço geográfico, ou ainda mais recentemente, em produtos cartográficos digitais contínuos, porém igualmente estagnados, pode buscar novos desafios, no intuito de transformar as bases cartográficas em um processo contínuo de mapeamento.

Para que se quebrem os históricos paradigmas da produção e uso, é irrevogável que as atividades de mapeamento andem de forma concomitante com as técnicas de Inteligência Artificial e os preceitos de Ciência de Dados, ferramentas essenciais para o presente e, principalmente, para o futuro da Cartografia.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5426 – Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos**. 1985.
- ARIZA LÓPEZ, F. J. **Calidad em la Producción Cartográfica**. Madrid: Ra-Ma, 2002. 389 p.
- ARSANJANI, J. J.; MOONEY, P.; ZIPF, A.; SCHAUSS, A.. Quality Assessment of the Contributed Land Use Information from OpenStreetMap Versus Authoritative Datasets. **Lecture Notes In Geoinformation And Cartography**, [S.L.], p. 37-58, 2015. Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-319-14280-7_3.
- BROVELLI, M. A.; MINGHINI, M.; MOLINARI, M.; MOONEY, P. Towards an Automated Comparison of OpenStreetMap with Authoritative Road Datasets. **Transactions In Gis**, [S.L.], v. 21, n. 2, p. 191-206, 10 mar. 2016. DOI: 10.1111/tgis.12182.
- BROVELLI, M.; ZAMBONI, G. A New Method for the Assessment of Spatial Accuracy and Completeness of OpenStreetMap Building Footprints. **ISPRS International Journal Of Geo-Information**, [S.L.], v. 7, n. 8, p. 289, 24 jul. 2018. DOI: 10.3390/ijgi7080289.
- COMISSÃO NACIONAL DE CARTOGRAFIA (CONCAR). **Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV 3.0)**. Brasília: NORMA CARTOGRÁFICA BRASILEIRA, 2017. Disponível em: <https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/edgv/ET-EDGV-3_0_210518.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- COMISSÃO NACIONAL DE CARTOGRAFIA (CONCAR). **Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV 3.0)**. Brasília: NORMA CARTOGRÁFICA BRASILEIRA, 2018. Disponível em: <https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/adgv/ET-ADGV_3.0_211218.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG) – EXÉRCITO BRASILEIRO. **ET-CQDG – Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Conjuntos de Dados Geoespaciais**, 2016. Disponível em: <https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/cqdg/ET_CQDG_1a_edicao_2016.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- DORN, H.; TÖRNROS, T.; ZIPF, A. Quality Evaluation of VGI Using Authoritative Data – A comparison with land use data in Southern Germany. **ISPRS International Journal of Geoinformation**, v.4, n.3, p.1657-1671, 2015. DOI: 10.3390/ijgi4031657.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 19157: 2013 – Geographic Information – Data quality**. 2013.
- IVANOVIC, S. S.; OLTEANU-RAIMOND, A-M.; MUSTIÈRE, S.; DEVOGELE, T.. Potential of Crowdsourced Traces for Detecting Updates in Authoritative Geographic Data. **Lecture Notes In Geoinformation And Cartography**, [S.L.], p. 205-221, 2020. Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-030-14745-7_12.
- LIU, C.; XIONG, L.; HU, X.; SHAN, J. A Progressive Buffering Method for Road Map Update Using OpenStreetMap Data. **Isprs International Journal Of Geo-Information**, [S.L.], v. 4, n. 3, p. 1246-1264, 27 jul. 2015. MDPI AG. DOI: 10.3390/ijgi4031246.
- MACHADO, A. A. **Compatibilização Semântica entre o Modelo de Dados do Openstreetmap e a Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV)**. 210 f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.
- MACHADO, A. A.; ELIAS, E. N. N.; SILVA, L. S. L.; CAMBOIM, S. P.; SCHMIDT, M. A. R. Informação geográfica voluntária: o potencial das ferramentas colaborativas para aquisição de nomes geográficos. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 66, n. 2, p. 239-253, 2021.
- MAHABIR, R.; STEFANIDIS, A.; CROITORU, A.; CROOKS, A.; AGOURIS, P.. Authoritative and Volunteered Geographical Information in a developing Country: a comparative case study of road datasets in Nairobi, Kenya. **Isprs International Journal Of Geo-Information**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 24, 20 jan. 2017. MDPI AG. DOI: 10.3390/ijgi6010024.
- MINGHINI, M.; FRASSINELLI, F. OpenStreetMap history for intrinsic quality assessment: is osm up-to-date?. **Open Geospatial Data, Software And Standards**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 1-17, 9 set. 2019. DOI: 10.1186/s40965-019-0067-x.

- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Saiba como é realizada a distribuição de vacina Covid-19 para os estados.** Brasília, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/saiba-como-e-realizada-a-distribuicao-da-vacina-covid-19-para-os-estados>>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- MOZAS, A. T.; ARIZA, F. J. New method for positional quality control in cartography based on lines. A comparative study of methodologies. **International Journal of Geographical Information Science**, [S.L.], v. 25, n. 10, p.1681-1695, out. 2011. Informa UK Limited. DOI: 10.1080/13658816.2010.545063.
- OLTEANU-RAIMOND, A. M.; HART, G.; FOODY, G. M.; TOUYA, G.; KELLENBERGER, T.; DEMETRIOU, D. The Scale of VGI in map production: a perspective on European National Mapping Agencies. **Transactions in GIS**, 21, n.1, p.74-90, 2016. DOI: 10.1111/tgis.12189.
- OPENSTREETMAP. **Copyright and License**. 2022. Disponível em: <<https://www.openstreetmap.org/copyright/en>>. Acesso em: 07 jul. 2022.
- PAIVA, C. A.; CAMBOIM, S. P. Inference of positional accuracy of collaborative data from intrinsic parameters. **Transactions In GIS**, [S.L.], v. 00, p. 1-16, 04 mar. 2022. DOI: 10.1111/tgis.12913.
- ROCHA, T. A. H.; BOITRAGO, G. M.; MÔNICA, R. B.; ALMEIDA, D. G.; SILVA, N. C.; SILVA, D. M.; TERABE, S. H.; STATON, C.; FACCHINI, L. A.; VISSOCI, J. R. N. Plano nacional de vacinação contra a COVID-19: uso de inteligência artificial espacial para superação de desafios. **Ciência & Saúde Coletiva**. [S.L.], v. 26, n. 5, p.1885-1898, mai. 2021. FapUNIPESP. DOI: 10.1590/1413-81232021265.02312021.
- SANTOS, A. P. **Controle de qualidade cartográfica: Metodologias para avaliação da acurácia posicional em dados espaciais**. 188 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.
- SANTOS, A. S. QGIS Python Plugins Repository. **Sample by area**, versão 0.7. 2022a. Disponível em: <<https://plugins.qgis.org/plugins/SampleByArea/>>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- SANTOS, A. S. QGIS Python Plugins Repository. **Sample by features**, versão 0.7. 2022b. Disponível em: <<https://plugins.qgis.org/plugins/SampleByFeatures/>>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- SARRETTA, A.; MINGHINI, M.. Towards the integration of authoritative and openstreetmap geospatial datasets in support of the european strategy for data. **The International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences**, [S.L.], v. XLVI-4/W2-2021, p. 159-166, 19 ago. 2021. Copernicus GmbH. DOI: 10.5194/isprs-archives-xlvi-4-w2-2021-159-2021.
- SILVA, L. S. L.; CAMBOIM, S. P. Brazilian NSDI Ten Years Later: current overview, new challenges and propositions for national topographic mapping. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 26, n. 4, p. 1-14, 2020. DOI: 10.1590/s1982-21702020000400018.
- SILVA, L. S. L.; CAMBOIM, S. P. Como e quanto o mapeamento colaborativo pode, de fato, contribuir com as bases geoespaciais de referência? 2022. **A submeter**.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). The National Map Corps. 2019. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/core-science-systems/ngp/tnm-corps>>. Acesso em: 26 jun. 2022.
- VAN WINDEN, K.; BILJECKI, F.; SPEK, S. D.. Automatic Update of Road Attributes by Mining GPS Tracks. **Transactions in Gis**, [S.L.], v. 20, n. 5, p. 664-683, 25 jan. 2016. Wiley. DOI: 10.1111/tgis.12186.
- WU, H.; LIN, A.; CLARKE, K. C.; SHI, W.; CARDENAS-TRISTAN, A.; TU, Z. A comprehensive quality assessment framework for linear features from Volunteered Geographic Information. **International Journal Of Geographical Information Science**, [S.L.], p. 1-22, 12 out. 2020. DOI: 10.1080/13658816.2020.1832228.

7 CONCLUSÕES

Nesta pesquisa foi proposto um arcabouço que inicialmente faz um diagnóstico da cartografia de referência em escala pequena no Brasil e investiga o potencial de uso do mapeamento colaborativo. A metodologia de integração proposta promove a análise, a seleção e a importação de dados geoespaciais colaborativos, a avaliação dos parâmetros de qualidade e propicia a integração documentada desses dados ao mapeamento de referência.

Para atingir o que foi proposto, sob o ponto de vista científico, a pesquisa se alinha parcialmente ao Estado da Arte, quando se volta, assim como diversos estudos internacionais, para a comparação de informação geográfica voluntária em relação a um conjunto de dados geoespaciais de referência (OLTEANU-RAIMOND *et al.*, 2017; MAHABIR *et al.*, 2017; BROVELLI *et al.*, 2016; DORN; TÖRNROS; ZIPF, 2015; ARSANJANI *et al.*, 2015) bem como em relação às questões de avaliações da qualidade dessa fonte de dados (BRÜCKNER *et al.*, 2021; WU *et al.*, 2020; FONTE *et al.*, 2018; BROVELLI; ZAMBONI, 2018; CHEHREGHAN; ABBASPOUR, 2018; NASIRI *et al.*, 2018; MOBASHERI; ZIPF; FRANCIS, 2018; ZHOU, 2017).

Por outro lado, a pesquisa, busca assumir uma vanguarda na medida em que encontra uma lacuna científica no que se refere à identificação das feições disponíveis nas plataformas de mapeamento colaborativo com maior potencial para serem integradas às bases de referência assim como na definição e implementação de uma metodologia automatizada para realizar a integração de dados.

Do exposto, a partir de quatro problemas científicos que se interrelacionam com a questão central e os objetivos da pesquisa, foram realizados estudos que resultaram em artigos cujas estruturas principais foram descritas na Introdução e as conclusões são apresentadas no Quadro 6 em uma Matriz Contributiva de Amarração, com as sínteses dos resultados, as contribuições, as limitações e as propostas de estudos futuros em cada um dos artigos.

QUADRO 6 – MATRIZ CONTRIBUTIVA DE AMARRAÇÃO DA TESE

Questão central: As plataformas colaborativas contêm dados geoespaciais em permanente atualização e possuem um grande número de colaboradores, cidadãos dotados dentre outros aspectos de conhecimento geográfico e, possivelmente, esse conhecimento tem potencial de ser integrado ao mapeamento de referência nacional.				
Objetivo geral: Propor um método para realizar a seleção de dados geoespaciais colaborativos, definir critérios de aquisição, verificar os requisitos de qualidade e propiciar a integração documentada desses dados ao mapeamento de referência em escalas pequenas.				
Conclusões particularizadas				
Título	Síntese dos resultados	Contribuições	Limitações	Proposta de estudos futuros
Brazilian NSDI ten years later: current overview, new challenges and propositions for national topographic mapping.	5,5% do país mapeado na escala 1:25.000. 94% do país mapeado em alguma das escalas, porém nas escalas 1:50.000 e 1:100.000, mais de 60% possui mais de 30 anos.	Propostas de integração de uso de VGI para complementar e atualizar o mapeamento. Propostas de descentralizar o mapeamento através de parcerias com outras esferas de governo.	Há poucos estudos no tema para reforçar as limitações do mapeamento no país. Dificuldade de fazer um inventário dessa natureza, diante de informações muito dispersas.	Avaliar como adaptar a INDE a uma nova perspectiva mais próxima às demandas dos usuários.
Authoritative cartography in Brazil and collaborative mapping platforms: challenges and proposals for data integration.	Validação do método proposto para integração. Cálculos de índices percentuais de feições potenciais para integração.	Análise SWOT com as forças, fraqueza, oportunidades e ameaças do processo de integração de dados colaborativos e de referência.	Necessidade de automatizar o processo e realizar os experimentos em um conjunto mais variado de informações.	Expandir os estudos para avaliar os parâmetros da qualidade para integração. Avaliar o potencial de integração para outras classes do mapeamento. Definir protocolos de validação de dados.
Como e quanto o mapeamento colaborativo pode, de fato, contribuir com as bases geoespaciais de referência?	Revisão e ampliação da compatibilização semântica entre ET-EDGV e tags do OSM. Quantificação do potencial de integração de todas as classes da ET-EDGV.	Relação completa de alinhamento semântico entre todas as classes da ET-EDGV e tags do OSM. Lista completa dos potenciais de integração das classes da ET-EDGV.	O estudo foi realizado apenas para o Estado do RJ e para um contexto da escala 1:25.000.	Ampliar a quantificação de potencial para outras regiões do país bem como para escalas menores.
Integração de Dados de Mapeamento Colaborativo ao Mapeamento de Referência: Metodologia para Automatização e Avaliação da Qualidade.	Cálculos de percentuais e quantitativos de feições e atributos por classes, para possível integração. Avaliação da qualidade do conjunto de dados importados.	Fluxos automatizados para importação desenvolvidos e disponíveis para aperfeiçoamento.	O estudo foi realizado para uma quantidade limitada de classes.	Ampliar a quantidade de classes. Avaliar a inclusão de função para transferência de atributos entre vetores lineares homólogos. Avaliar a qualidade a partir de parâmetros intrínsecos.

FONTE: O autor (2022).

Diante da necessidade de conhecer o estado de momento da cartografia brasileira, esta pesquisa iniciou a partir de um inventário cartográfico da cobertura e do grau de atualização do mapeamento de referência para as escalas previstas no Sistema Cartográfico Nacional. Esse estudo, baseado em um marco temporal do décimo aniversário da INDE, ocorrido em 2018, confirmou a pequena cobertura (5,5% do país) do mapeamento na maior escala, 1:25.000, e nas demais escalas, 1:50.000 e 1:100.000, ainda que somadas alcancem quase a totalidade do país, mostrou que mais de 60% do mapeamento nessas escalas tinham sido produzidos há mais de trinta anos.

A partir desses resultados, justificou-se endereçar a pesquisa na busca de soluções alternativas que pudessem contribuir para reduzir as deficiências identificadas do mapeamento nacional. Sendo assim, vislumbrou-se a necessidade de criar uma metodologia para comparar e selecionar dados colaborativos que sejam excedentes aos dados do mapeamento de referência, isto é, dados que possam complementar ou atualizar as bases cartográficas existentes.

Neste sentido, um segundo artigo teve como objetivo realizar testes experimentais e apresentar uma proposta de um método para integrar dados do *OpenStreetMap* à cartografia de referência. Foram realizados testes iniciais nas áreas de dois municípios e verificou-se a aplicabilidade do método, com bom potencial de sucesso.

É importante considerar que o mapeamento de referência do Brasil possui uma modelagem complexa, cuja estruturação dos dados é feita de uma forma rígida. Por outro lado, uma plataforma colaborativa, como o *OpenStreetMap*, contempla um volume considerável de informações geoespaciais com possibilidade de atualização permanente, mas com modelo conceitual assentado em uma estrutura mais flexível porém não menos organizada. Isto posto, foi imprescindível expandir e detalhar a correlação entre as duas estruturas semânticas para identificar os aspectos de similaridade entre elas, sem o que não seria possível dar seguimento aos intentos de integração entre as duas formas de mapeamento.

Esta foi a terceira vertente da pesquisa, que tratou da compatibilização entre os modelos semânticos das ET-EDGV e do *OpenStreetMap*, com a revisão completa e a ampliação de um estudo prévio (MACHADO, 2020), alcançando as 225 classes de objetos previstas no mapeamento nacional. Naturalmente, dentre duas estruturas grandes de dados, concebidos para propósitos bastante diversos, em muitos

aspectos não há correspondência mútua e, conseqüentemente, parte da informação não pode ser integrada. Por outro lado, dentre aquelas categorias de informação e classes de objetos em que foram encontradas similaridades, os potenciais de aproveitamento são distintos, em especial, em decorrência da quantidade de informações colaborativas existentes no *OpenStreetMap*, bem como o propósito dessa plataforma.

Esse aspecto motivou a quantificação do potencial de integração dos dados colaborativos do *OpenStreetMap* nas classes de objeto do mapeamento de referência do país, sendo atribuído a cada classe um valor para seu potencial de integração. Essa parte da pesquisa foi extremamente importante uma vez que, numa primeira análise, pode-se ter a falsa ideia de que todos os dados de uma plataforma colaborativa podem ser aproveitados em uma base de referência. Assim, considerando as características do *OpenStreetMap*, um genuíno *Big Data* geoespacial, com dados semiestruturados, concluiu-se que para que a realização de um aproveitamento eficiente de seu conjunto de informações, é imperioso que tal uso seja precedido de organização desses dados bem como de definição de correlações semânticas e de critérios de seleção.

A definição desse potencial permitiu o direcionamento dos esforços que visaram desenvolver um processo de importação para um grupo de classes que foram quantificadas como de maior potencial, tema que foi alvo principal do estudo final que compõe esta tese. Assim, foram implementados fluxos automatizados para importação e integração de informação colaborativa ao mapeamento de referência, contribuição mais relevante de toda a pesquisa. Cabe ressaltar que, dadas as características e especificidades dentre os diferentes tipos de informações que compõem a representação do espaço terrestre, na maioria dos casos, as classes de objeto demandam tratamento particularizado das questões de geometria e atributos e, conseqüentemente, o desenvolvimento de fluxos próprios, gerados a partir do fluxo mais genérico concebido.

Revisitando os objetivos específicos da pesquisa entende-se que todos foram alcançados. O primeiro deles, realizar um diagnóstico da situação do mapeamento topográfico de referência do Brasil, foi atingido e expôs a necessidade de buscar alternativas para melhorar o *status* da cobertura cartográfica no país. Para o segundo objetivo, foi concebida uma metodologia para seleção, verificação e aceitação de geometrias e atributos para integração de dados colaborativos ao

mapeamento de referência. Como terceiro objetivo, foram definidas dentre todas as classes do mapeamento aquelas que possuem maior potencial de integração. Por fim, para atender o último objetivo, de realizar a integração de dados colaborativos com avaliação de qualidade e documentação dos metadados das feições importadas, foram desenvolvidos os fluxos automatizados para importação e aplicação dos métodos de controle da qualidade, completando o processo pretendido.

Como contribuições da pesquisa, destacam-se o inventário da situação de cobertura e do grau de atualização do mapeamento de referência, a quantificação do potencial de integração de cada classe para a área e a escala estudadas e, como mais relevante, os fluxos automatizados para importação e integração dos dados, em código aberto, reproduzível e disponível para aperfeiçoamento.

Não obstante, é oportuno esclarecer que a proposta desta tese não encerra qualquer intenção de substituir as formas tradicionais de mapeamento. Entende-se que a produção de mapeamento de referência é uma atividade extremamente importante e necessária, porém trabalhosa e que demanda contínuos investimentos e equipes capacitadas. Dessa maneira, a presente pesquisa busca o aproveitamento do conhecimento geográfico dos cidadãos, por meio de informações disponíveis e gratuitas, de forma a complementar as bases de referência e contribuir com as instituições oficiais de mapeamento através de uma sinergia positiva.

Como limitações, identificam-se, precipuamente, a necessidade de expandir os estudos para outras regiões do país bem como avaliar a metodologia para diferentes escalas.

Em decorrência, para trabalhos futuros sugere-se a realização de estudos que abarquem essas possibilidades, uma vez que a qualidade e, principalmente, a quantidade de informações colaborativas podem variar muito em diferentes regiões, o que pode acarretar diferentes resultados e conclusões. Assim, recomenda-se também agregar parâmetros intrínsecos para a avaliação da qualidade como tempo da última edição, quantidades e distribuição das edições bem como o número de colaboradores de uma região de interesse.

No que se refere aos fluxos de importação, sugere-se estender os processos para mais classes de objetos, bem como incluir mais funcionalidades, dentre elas a possibilidade de transferência de atributos entre linhas homólogas e permitir a comparação das feições lineares por segmentos.

Sugere-se, ainda, o estudo e implantação da generalização cartográfica para que as escalas menores possam ser derivadas das maiores, mantendo-se assim, a comunicação cartográfica bem como uma atualização do inventário do panorama da cartografia brasileira em um intervalo não superior a cinco anos.

Por fim, no que tange ao mapeamento colaborativo, é muito importante a manutenção e o incentivo de plataformas como o *OpenStreetMap* e iniciativas parceiras como Humanitarian *OpenStreetMap* Team (HOT), Missing Maps e Youth Mappers, sendo esta uma comunidade global com mais de 5.000 estudantes, distribuídos em 317 campi em 67 países, que realizam mapeamento e promovem o uso e disseminação de plataformas e dados geoespaciais abertos. Outra possibilidade bastante interessante seria explorar um ciclo positivo de inserção de dados de referência no *OpenStreetMap* de modo que esses dados pudessem ficar disponíveis para serem atualizados pela sociedade, proporcionando a citada sinergia, sempre importante para a promoção do diálogo com a comunidade do *OpenStreetMap*.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J.; SARKAR, D.; PALEN, L. Corporate Editors in the Evolving Landscape of OpenStreetMap. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v.8, n.5, 232, 2019. DOI. 10.3390/ijgi8050232.
- ANAND, S.; MORLEY, J.; JIANG, W.; DU, H; HART, G.; JACKSON, M. When worlds collide: combining Ordnance Survey and Open Street Map data. In: AGI GEOCOMMUNITY '10. CONFERENCE, 2009, London. **Proceedings of the AGI GeoCommunity'10**. London, Reino Unido. Não paginado.
- ANTONIOU, V; SEE, L.; FOODY, G.; FONTE, C. C.; MOONEY, P.; BASTIN, L.; FRITZ, S.; LIU, H.-Y.; OLTEANU-RAIMOND, A.-M.; VATSEVA, R. The Future of VGI. **Mapping and the Citizen Sensor**, [S.l.], p.377-390, 11 set. 2017. Londres: Ubiquity Press. DOI. 10.5334/bbf.p.
- ARIZA-LÓPEZ, F. J. **Calidad em La producción cartográfica**. Madrid:Ra-Ma, 2002. 389 p.
- ARIZA-LÓPEZ, F. J.; XAVIER, E.; CHICAIZA, E.; BUENAÑO, X. Métodos de evaluación de la calidad posicional em Hispanoamérica: análisis de la situación. **Revista Cartográfica**, [S.l.], v. 94, n. 1, 28 abr. 2017. DOI. 10.35424/rcarto.i94.342.
- ARSANJANI, J. J.; MOONEY, P.; ZIPF, A.; SCHAUSS, A.. Quality Assessment of the Contributed Land Use Information from OpenStreetMap Versus Authoritative Datasets. **Lecture Notes In Geoinformation And Cartography**, [S.l.], p. 37-58, 2015. Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-319-14280-7_3.
- BASIOUKA, S.; POTSIU, C. VGI in Cadastre: a Greek experiment to investigate the potential of crowd sourcing techniques in Cadastral Mapping. **Survey Review**, [S.l.], v. 44, n. 325, p.153-161, 2012. DOI. 10.1179/1752270611Y.0000000037.
- BENNETT, J. **OpenStreetMap: Be your own Cartographer**. Birmingham: Packt Publishing, 2010.
- BLICK, G. New 1:50 000 National Map Series for New Zealand. **Survey Quarterly**, [S.l.], n. 58, p.26-29, jun. 2009.
- BORTOLINI, E.; SILVA, L. S. L.; ELIAS, E. N. N.; CAMBOIM, S. P.; SCHMIDT, M. A. R. Sinergias entre a produção dos dados geoespaciais de referência oficiais e colaborativos: uma proposição de eixos potenciais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS, II, [S.l.], 2020.
- BORTOLINI, E.; SILVA, L. S. L.; MACHADO, A. A.; PAIVA, C. A.; CAMBOIM, S. P. Potenciais Categorias de Informações Geográficas do Mapeamento Colaborativo para o Mapeamento Oficial. In: COLÓQUIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS, X, 2018, Curitiba. **Anais do X Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas**. Curitiba: UFPR, 2018.

BRADLEY, E. S.; CLARKE, K. C. Outdoor Webcams as Geospatial Sensor Networks: Challenges, Issues and Opportunities. **Cartography and Geographic Information Science**, [S.l.], v. 38, n. 1, p.3-19, jan. 2011. Informa UK Limited. DOI. 10.1559/152304063813.

BRASIL. Decreto-Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967. Fixa as Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção I, Parte I, 28 fev. 1967 e retificado em 09 mar. 1967.

BRASIL. Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do artigo 5º, no inciso II do & 3º do art. 37 e no & 2º do art.216 da Constituição Federal; altera a Lei n.8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a lei n.11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei n. 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 19 nov. 2011.

BRASIL. Decreto nº 8.777, de 11 de maio de 2016. Institui a Política de Dados Abertos do Poder Executivo Federal. **Diário Oficial da União**, Brasília, 11 mai. 2016.

BRAVO, J. V. M.; CAMBOIM, S. P.; MENDONÇA, A. L. A.; SLUTER, C. R. A compatibilidade dos metadados disponíveis em sistemas VGI com o perfil de metadados empregado na Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais do Brasil (INDE-BR). **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 21, n.3, p. 465-483, set. 2015. DOI. 10.1590/s1982-21702015000300026.

BROVELLI, M. A.; MINGHINI, M.; MOLINARI, M. E.; ZAMBONI, G. Positional accuracy assessment of the OpenStreetMap buildings layer through automatic homologous pairs detection: the method and a case study. In: XXIII ISPRS CONGRESS. Praga, 2016.

BROVELLI, M. A.; ZAMBONI, G. A New Method for the Assessment of Spatial Accuracy and Completeness of OpenStreetMap Building Footprints. **ISPRS International Journal Of Geo-Information**, [S.l.], v. 7, n. 8, p. 289, 24 jul. 2018. DOI: 10.3390/ijgi7080289.

BRÜCKNER, J.; SCHOTT, M.; ZIPF, A.; LAUTENBACH, S. Assessing shop completeness in OpenStreetMap for two federal states in Germany. Agile: **GIScience Series**, [S.l.], v. 2, p. 1-7, 4 jun. 2021. DOI: 10.5194/agile-giss-2-20-2021.

BUDHATHOKI, N R.; BRUCE, B.; NEDOVIC-BUDIC, Z. Reconceptualizing the role of the user of spatial data infrastructure. **GeoJournal**, [S.l.], v. 72, n. 3-4, p.149-160, 29 jul. 2008. DOI. 10.1007/s10708-008-9189-x.

BUDHATHOKI, N.; NEDOVIC-BUDIC, Z.; BRUCE, B. An interdisciplinary frame for understanding volunteered geographic information. **Geomatica**, v. 64 n.1, p. 11–26, 2010.

CAMBOIM, S. P.; BRAVO, J. V. M.; SLUTER, C. R. An investigation into the completeness of, and updates to, the OpenStreetMap data in a heterogeneous area

in Brazil. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v.4, n.3, p.1366-1388, 2015. DOI. 10.3390/ijgi4031366.

CHEHREGHAN, A.; ABBASPOUR, R. A. An evaluation of data completeness of VGI through geometric similarity assessment. **International Journal Of Image And Data Fusion**, [S.l.], v. 9, n. 4, p. 319-337, 11 ago. 2018. DOI: 10.1080/19479832.2018.1504825.

CLARY, E. G.; SNYDER, M.; RIDGE, R. D.; COPELAND, J; STUKAS, A. HAUGEN, J.; MIENE, P. Understanding and assessing the motivations of volunteers: A functional approach. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 74, n. 6, p.156-1539, 1998.

COETZEE, S.; MINGHINI, M.; SOLIS, P.; RAUTENBACH, V.; GREEN, C. Towards understanding the impact of mapathons – reflecting on youthmappers experiences. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, [S.l.], v. XLII-4/W8, p. 35-42, 11 jul. 2018. Copernicus GmbH. DOI. 10.5194/isprs-archives-xlii-4-w8-35-2018.

COLEMAN, D. J.; GEORGIADOU, Y.; LABONTE, J. Volunteered Geographic Information: The Nature and Motivation of Producers, **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 4, p.332-358, 2009.

COMISSÃO NACIONAL DE CARTOGRAFIA (CONCAR). **Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil (Perfil MGB)**, 2 Ed., 2011. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=283691>. Acesso em: 25 out. 2019.

COMITÊ GESTOR DA INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ABERTOS (CGINDA). Resolução nº 2, de 24 de março de 2017. Aprova os Termos de Uso do Portal Brasileiro de Dados Abertos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 29 mar. 2017.

COOPER, A. K.; COETZEE, S.; KACZMAREK, I.; KOURIE, D.; IWANIAK, A.; KUBIK, T. Challenges for quality in Volunteered Geographical Information. In: **Proceedings of the AfricaGEO 2011 Conference**, Cidade do Cabo, 31 mai–2 Jun. 2011.

COOPER, A. K.; COETZEE, S.; KOURIE, D. G. Volunteered geographical information, crowdsourcing, citizen science and neogeography are not the same. **Proceedings of the Ica**, [S.l.], v. 1, p.1-8, 26 set. 2018. Copernicus GmbH. DOI. 10.5194/ica-proc-1-131-2018.

COSTA, P.; RAMOS, H.; PEDRON, C. Proposição de estrutura alternativa para tese de doutorado a partir de estudos múltiplos. **Revista Ibero-Americana de Estratégia**, v. 18, n. 2, p.155-170, 2019.

CREATIVE COMMONS (CC). CC Licences and Examples. 2019. Disponível em: <https://creativecommons.org/share-your-work/licensing-examples/>. Acesso em: 30 dez. 2019.

DAVIS, L. R.; FISHBURN, K. A.; LESTINSKY, H.; MOORE, L. R. WALTER, J. L. US Topo Product Standard. **Techniques and Methods**, [S.l.], p.1-30, 2019. US Geological Survey. DOI. 10.3133/tm11b2.

DENT, B. D.; TORGUSON, J.; HODLER, T. **Cartography: Thematic Map Design**. 6nd ed. Boston: McGraw Hill Higher Education. 2009.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG) – EXÉRCITO BRASILEIRO. **Manual Técnico T34-700 (1ª Parte) – Convenções Cartográficas – Normas para o emprego dos símbolos**, 2 Ed., 1998. Disponível em: https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/rdg/T_34700_P1.pdf. Acesso em: 26 jun. 2022.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG) – EXÉRCITO BRASILEIRO. **Manual Técnico T 34-700 (2ª Parte) – Convenções Cartográficas – Catálogo de Símbolos**, 2 Ed., 2000. Disponível em: https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/rdg/T_34700_P2.pdf. Acesso em: 26 jun. 2022.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG) – EXÉRCITO BRASILEIRO. **ET-CQDG – Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Conjuntos de Dados Geoespaciais**, 2016a. Disponível em: https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/cqdg/ET_CQDG_1a_edicao_2016.pdf. Acesso em: 26 jun. 2022.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG) – EXÉRCITO BRASILEIRO. **ET-PCDG – Especificação Técnica para Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais**, 2016b. Disponível em: https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/pcdg/ET_PCDG_2016_2aEdicao_Aprovada_Publicada_BE_7_16.pdf. Acesso em: 26 jun. 2022.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG) – EXÉRCITO BRASILEIRO. **ET-ADGV 3.0 – Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais**, 2018a. Disponível em: https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/adgv/ET-ADGV_3.0_211218.pdf. Acesso em: 26 jun. 2022.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG) – EXÉRCITO BRASILEIRO. **ET-EDGV 3.0 – Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais**, 2018b. Disponível em: https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/edgv/ET-EDGV-3_0_210518.pdf. Acesso em: 26 jun. 2022.

DORN, H.; TÖRNROS, T.; ZIPF, A. Quality Evaluation of VGI Using Authoritative Data – A comparison with land use data in Southern Germany. **ISPRS International Journal of Geoinformation**, v.4, n.3,p.1657-1671, 2015. DOI. 10.3390/ijgi4031657.

ELIAS, E. N. N.; FERNANDES, V. O.; ALEXANDRINI JUNIOR, M. J.; SCHIMIDT, M. A. R. The quality of OpenStreetMap in a large metropolis in northeast Brazil: Preliminary assessment of geospatial data for road axes. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 26, n. 3, e2020012, 2020. DOI: 10.1590/s1982-21702020000300012.

ESTELLÉS-AROLAS, E.; GONZÁLEZ-LADRÓN-DE-GUEVARA, F. Towards an integrated crowdsourcing definition. **Journal of Information Science**, [S.l.], v. 38, n. 2, p.189-200, 9 mar. 2012. SAGE Publications. DOI. 10.1177/0165551512437638.

FARMAN, J. Mapping the digital empire: google earth and the process of postmodern cartography. **New Media & Society**, [S.l.], v. 12, n. 6, p. 869-888, 4 mai. 2010. SAGE Publications. DOI. 10.1177/1461444809350900.

FIGALLO, C.; RHINE, N. Tapping the Grape Vine. **EContent**, [S.l.], v. 24, n. 3, p. 38-43.

FONTE, C. C. A validação da informação geográfica na Era 4.0. IX Conferência Nacional de Cartografia e Geodésia, Amadora, 25-26 de out. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/330970306_A_validacao_da_Informacao_Geografica_na_Era_40. Acesso em: 03 dez. 2020.

FONTE, C. C.; MINGHINI, M.; ANTONIOU, V.; PATRIARCA, J.; SEE, L. Classification of building function using available sources of VGI. **ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, [S.l.], v.4, p.209-215, 19 set. 2018. Copernicus GmbH. DOI. 10.5194/isprs-archives-xlii-4-209-2018.

FRITZ, S.; SEE, L.; BROVELLI, M. Motivating and Sustaining Participation in VGI. **Mapping and the Citizen Sensor**, [S.l.], p.93-117, 11 set. 2017. Londres: Ubiquity Press. DOI. 10.5334/bbf.e.

GOODCHILD, M. F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. **Geojournal**, [S.l.], v. 69, n. 4, p.211-221, 20 nov. 2007. DOI. 10.1007/s10708-007-9111-y.

GOODCHILD, M. F.; LI, L. Assuring the quality of volunteered geographical information. **Spatial Statistics**, vol. 1, 2012. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/22116753/1>. Acesso em: 02 set. 2019.

GRASER, A.; STRAUB, M.; DRAGASCHNIG, M. Towards an Open Source Analysis Toolbox for Street Network Comparison: Indicators, Tools and Results of a Comparison of OSM and the Official Austrian Reference Graph. **Transactions in Gis**, [S.l.], v. 18, n. 4, p.510-526, 23 set. 2013. DOI. 10.1111/tgis.12061.

HAKLAY, M. How good is a volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets. **Environmental Planning B, Planning and Design**, vol. 37, n.4, 2010.

HAKLAY, M.; BASIOUKA, S.; ANTONIOU, V.; ATHER, A. How many volunteers does it take to map an area well? The validity of Linus' Law to Volunteered Geographic Information. **The Cartographic Journal**, [S.l.], v. 47, n. 4, p.315-322, nov. 2010. Informa UK Limited. DOI. 10.1179/000870410x12911304958827.

HARDING, J.; SHARPLES, S.; HAKLAY, M.; BURNETT, G.; DADASHI, Y.; FORREST, D.; MAGUIRE, M.; PARKER, C. J.; RATCLIFFE, L. Usable geographic

information – what does it mean to users? In: AGI GEOCOMMUNITY'09 CONFERENCE, 2009, Stratford-upon-avon. **Proceedings of the AGI GeoCommunity'09**. Stratford-upon-avon, Reino Unido. Não paginado.

HECHT, R.; KUNZE, C.; HAHMANN, S. Measuring Completeness of Building Footprints in OpenStreetMap over Space and Time. **ISPRS International Journal of Geo-information**, [S.l.], v. 2, n. 4, p.1066-1091, 11 nov. 2013. DOI. 10.3390/ijgi2041066.

HECHT, R.; WENDT, T.; BEHNISCH, M. Crowd-sourced information on building façades - A comparative study on the use of commercial and non-commercial crowdsourcing platforms. **AGILE 2018**, Lund, 12-15 jun. 2018.

HEIPKE, C. Crowdsourcing geospatial data. **Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, [S.l.], v. 65, n. 6, p.550-557, nov. 2010. Elsevier BV. DOI. 10.1016/j.isprsjprs.2010.06.005.

HERZBERG, F. I.; MAUSNER, B.; SNYDERMAN B. **The motivation to work**. New York: John Wiley, 2nd Edition, 1959.

HOWE, J. The Rise of Crowdsourcing. *Wired*, 14. 2006. Disponível em: <http://www.wired.com/wired/archive/14.06/crowds.html>. Acesso em: 05 dez. 2019.

HUMANITARIAN OPENSTREETMAP TEAM (HOT). About the tasking manager. 2019. Disponível em: <https://tasks.hotosm.org/about>. Acesso em: 29 dez. 2019.

INFRASTRUCTURE FOR SPATIAL INFORMATION IN EUROPE (INSPIRE). D2.5: Generic Conceptual Model, Version 3.2, D2.5_v3.2. 2009. Disponível em: https://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.5_v3.2.pdf. Acesso em: 25 out. 2019.

INSTITUT NATIONAL DE L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE ET FORESTIÈRE (IGN). 2019. Disponível em: <https://www.edugéo.fr/support/data>. Acesso em: 19 out. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Noções básicas de cartografia**. Rio de Janeiro: IBGE, Manuais Técnicos em Geociências n. 8, 1999. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20%20RJ/ManuaisdeGeociencias/Nocoess%20basicas%20de%20cartografia.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Agência de notícias. IBGE lança a versão 2018 da base cartográfica contínua do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/21571-ibge-lanca-a-versao-2018-da-base-cartografica-vetorial-continua-do-estado-do-rio-de-janeiro>. Acesso em: 21 jun. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Avaliação da qualidade de dados geoespaciais**. Rio de Janeiro: IBGE, Manuais Técnicos em

Geociências n. 13, 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101669.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Procedimentos de Inspeção de Qualidade de Bases Cartográficas Contínuas**. Rio de Janeiro: IBGE, Manual de Serviço, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE); DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG) – EXÉRCITO BRASILEIRO. **Perfil de metadados geoespaciais do Brasil: Perfil MGB 2.0**, 2021. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/bibliotecacatalogo?view=detalhes&id=21018>. Acesso em: 26 jun. 2022.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 19157:2013**: Geographic information – Data quality. Genebra, 2013.

IRWIN, A. **Citizen Science: A study of people, expertise and sustainable development**. Nova York: Routledge, 1995.

IVANOVIC, S. S.; OLTEANU-RAIMOND, A-M.; MUSTIÈRE, S.; DEVOGELE, T. Potential of Crowdsourced Traces for Detecting Updates in Authoritative Geographic Data. **Lecture Notes In Geoinformation And Cartography**, [S.l.], p. 205-221, 2020. Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-030-14745-7_12.

JAKOBSSON, A.; ILVES, R. Reinventing the national topographic database. **Isprs - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, [S.l.], v. 4, p.733-736, 14 jun. 2016. Copernicus GmbH. DOI. 10.5194/isprsarchives-xli-b4-733-2016.

KENT, A. J.; HOPFSTOCK, A. Topographic Mapping: Past, Present and Future. **The Cartographic Journal**, [S.l.], v. 55, n. 4, p.305-308, 2 out. 2018. DOI. 10.1080/00087041.2018.1576973.

MACHADO, A. A. **Compatibilização Semântica entre o Modelo de Dados do Openstreetmap e a Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV)**. 2020. 210 f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

MACHADO, A.; CAMBOIM, S. P. Mapeamento colaborativo como fonte de dados para o planejamento urbano: desafios e potencialidades. **Urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [S.l.], v. 11, p.1-21, 2019. DOI. 10.1590/2175-3369.011.e20180142.

MAHABIR, R.; STEFANIDIS, A.; CROITORU, A.; CROOKS, A.; AGOURIS, P.. Authoritative and Volunteered Geographical Information in a developing Country: a comparative case study of road datasets in Nairobi, Kenya. **Isprs International Journal Of Geo-Information**, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 24, 20 jan. 2017. MDPI AG. DOI: 10.3390/ijgi6010024.

MARTINS JUNIOR, O. G. **Arquétipos comportamentais em projetos de cartografia colaborativa**. 128 f. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Cartográfica) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2018.

MARTINS JUNIOR, O. G.; STRAUCH, J. C. M.; SANTOS, C. J. B.; BORBA, R. L. R.; SOUZA, J. M. Informação geográfica voluntária no processo de reambulação. **Boletim de Ciências Geodésicas**, [S.l.], v. 22, n. 4, p.613-629, dez. 2016. FapUNIFESP (SciELO). DOI. 10.1590/s1982-21702016000400035.

MASLOW, A. H. **Motivation and personality**. Palo Alto: Pearson, 1954.

MENEGUETTE, A. A. C. Cartografia no século 21: Revisitando conceitos e definições. **Geografia e Pesquisa**, Ourinhos vol. 6, n. 1, 2012. Disponível em: <http://vampira.ourinhos.unesp.br/openjournalsystem/index.php/geografiaepesquisa/article/view/131/64>. Acesso em: 17 out. 2018.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. Instrução Normativa nº 4, de 12 de abril de 2012. Cria a Infraestrutura Nacional de Dados Abertos (INDA) e estabelece conceitos referentes a: dado, informação, dado público, formato aberto, licença aberta, dados abertos e metadado. **Diário Oficial da União**, Brasília, 13 abr. 2013.

MOBASHERI, A.; SUN, Y.; LOOS, L.; ALI, A. L. Are Crowdsourced Datasets Suitable for Specialized Routing Services? Case Study of OpenStreetMap for Routing of People with Limited Mobility. **Sustainability**, [S.l.], v. 9, n. 6, p.997-1013, 9 jun. 2017. DOI. 10.3390/su9060997.

MOBASHERI, A.; ZIPF, A.; FRANCIS, L. OpenStreetMap data quality enrichment through awareness raising and collective action tools—experiences from a European project. **Geo-Spatial Information Science**, [S.l.], v. 21, n. 3, p. 234-246, 3 jul. 2018. DOI: 10.1080/10095020.2018.1493817.

MOONEY, P.; MINGHINI, M. 2017. A Review of OpenStreetMap data. **Mapping and the Citizen Sensor**, [S.l.], p.37-59, 11 set. 2017. Londres: Ubiquity Press. DOI. 10.5334/bbf.c.

MORE: Mecanismo online para referências, versão 2.0. Florianópolis: UFSC. Rexlab, 2013. Disponível em: <http://www.more.ufsc.br/>. Acesso em: 26 jun. 2022.

NASIRI, A.; ABBASPOUR, R. A.; CHEHREGHAN, A.; ARSANJANI, J. J. Improving the Quality of Citizen Contributed Geodata through Their Historical Contributions: the case of the road network in openstreetmap. **ISPRS International Journal Of Geo-Information**, [S.l.], v. 7, n. 7, p. 253, 28 jun. 2018. DOI: 10.3390/ijgi7070253.

NATIONAL ADMINISTRATION OF SURVEYING, MAPPING AND GEOINFORMATION OF CHINA (NASG). The Status of Geospatial Information Management in China. **UN-GGIM Country Reports 2012**. Disponível em: <https://ggim.un.org/country-reports/documents/China-2012-country-report.pdf>. Acesso em: 26 out. 2019.

NEIS, P. OSMstats. Members. 2022. Disponível em: <https://www.osmstats.neis-one.org/?item=members>. Acesso em: 26 jun. 2022.

NEIS, P.I; ZIELSTRA, D.; ZIPF, A. The Street Network Evolution of Crowdsourced Maps: OpenStreetMap in Germany 2007–2011. **Future Internet**, [S.l.], v. 4, n. 1, p.1-21, 29 dez. 2011. DOI. 10.3390/fi4010001.

NEWMAN, N. Apple iBeacon technology briefing. **Journal of Direct, Data and Digital Marketing Practice**, [S.l.], v. 15, n. 3, p.222-225, jan. 2014. DOI. 10.1057/dddmp.2014.7.

OHSOME. Ohsome Dashboard – OSM History Analyzer. 2020. Disponível em: <https://ohsome.org/apps/dashboard/>. Acesso em: 17 jan. 2020.

OLIVER, R. Why the Ordnance Survey need its history. **Sheetlines**, [S.l.], n. 80, p.6-19, dez. 2007. THE CHARLES CLOSE SOCIETY for the study of Ordnance Survey Maps. Disponível em: <https://www.charlesclosesociety.org/files/Issue80page6.pdf>. Acesso em: 22 out. 2019.

OLTEANU-RAIMOND, A. M.; HART, G.; FOODY, G. M.; TOUYA, G.; KELLENBERGER, T.; DEMETRIOU, D. The Scale of VGI in map production: a perspective on European National Mapping Agencies. **Transactions in GIS**, 21, n.1, p.74-90, 2016. DOI. 10.1111/tgis.12189.

OLTEANU-RAIMOND, A. M.; LAAKSO, M.; ANTONIOU, V.; FONTE, C. C.; FONSECA, A.; GRUS, M.; HARDING, J.; KELLENBERGER, T.; MINGHINI, M.; SKOPELITI, A. VGI in National Mapping Agencies: Experiences and Recommendations. In: FOODY, G.; SEE, L.; FRITZ, S.; MOONEY, P.; OLTEANU-RAIMOND, A. M.; FONTE, C. C.; ANTONIOU, V. **Mapping and the Citizen Sensor**. Londres: Ubiquity Press, 2017. p. 299–326. DOI. 10.5334/bbf.m.

OPEN DATA COMMONS. Open Data Commons Open Database License. 2019. Disponível em: <https://opendatacommons.org/licenses/odbl/index.html>. Acesso em: 29 dez. 2019.

OPENSTREETMAP (OSM). Contributors. 2022a. Disponível em: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Contributors>. Acesso em: 26 jun. 2022.

OPENSTREETMAP (OSM). JOSM Validator. 2022b. Disponível em: <https://josm.openstreetmap.de/wiki/Help/Dialog/Validator>. Acesso em: 26 jun. 2022.

OPENSTREETMAP (OSM). Key:highway. 2022c. Disponível em: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Pt:Key:highway>. Acesso em: 26 jun. 2022.

OPENSTREETMAP (OSM). Wiki. ODbL/License Transition/Guidance to Data Consumers. 2022d. Disponível em: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/ODbL/License_Transition/Guidance_To_Data_Consumers. Acesso em: 26 jun. 2022.

OPENSTREETMAP (OSM). Wiki. Ordnance Survey OpenData Licence. 2022e. Disponível em: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Ordnance_Survey_OpenData_Licence. Acesso em: 26 jun. 2022.

OPENSTREETMAP (OSM). Wiki. Licence Compatibility. 2022f. Disponível em: https://wiki.osmfoundation.org/wiki/Licence/Licence_Compatibility. Acesso em: 26 jun. 2022.

OPENSTREETMAP (OSM). Compatibility of the OS OpenData Licence with ODbL. 2022g. Disponível em: <https://osm.mathmos.net/notes/os-open-data.html>. Acesso em: 26 jun. 2022.

ORDNANCE SURVEY. The official OS blog. 2015. Disponível em: <https://www.ordnancesurvey.co.uk/blog/2015/02/were-using-the-open-government-licence-to-encourage-greater-use-of-os-opendata-products/>. Acesso em: 29 dez. 2019.

ORDNANCE SURVEY. OS Open Data. 2019. Disponível em: <https://www.ordnancesurvey.co.uk/opendatadownload/products.html>. Acesso em: 29 dez. 2019.

PANEK, J.; NETEK, R. Collaborative Mapping and Digital Participation: A Tool for Local Empowerment in Developing Countries. **Information**, [S.l.], v. 10, n. 8, p.255-268, 8 ago. 2019. MDPI AG. DOI: 10.3390/info10080255.

PETROVIČ, D. Quality evaluation of the National Topographic Map 1:50.000. **Geodetski vestnik**, [S.l.], v. 50, n. 3, p.187-199, 2006.

ROBINSON, A. H.; MORRISON, J.L.; MUEHRCKE, P. C.; KIMERLING, A. J.; GUPTILL, S. C. **Elements of cartography**. 6th. ed. New York: John Wiley & Sons, 1995. 674p., il. ISBN 0471555797.

SARRETTA, A.; MINGHINI, M. Towards the integration of authoritative and openstreetmap geospatial datasets in support of the european strategy for data. **The International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences**, [S.l.], v. XLVI-4/W2-2021, p. 159-166, 19 ago. 2021. Copernicus GmbH. DOI: 10.5194/isprs-archives-xlvi-4-w2-2021-159-2021.

SEGARAN, T. **Programming collective intelligence: Building smart Web 2.0 applications**. Sebastopol: O'Reilly Media Inc, 2007. 360 p.

SERVIGNE, S.; LESAGE, N.; LIBOUREL, T. Quality Components, Standards, and Metadata. **Fundamentals of Spatial Data Quality**, [S.l.], p.179-210, 2006. DOI: 10.1002/9780470612156.ch10.

SIEBRITZ, L.-A. **Assessing the accuracy of OpenStreetMap data in South Africa for the purpose of integrating with authoritative data**. 2014. 144 f. Dissertation (Master of Science in Engineering) – Department of Architecture, Planning and Geomatics, University of Cape Town, Cape Town, 2014.

SILVA, L. S. L.; CAMBOIM, S. P. Brazilian NSDI Ten Years Later: current overview, new challenges and propositions for national topographic mapping. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 26, n. 4, p. 1-14, 2020. DOI: 10.1590/s1982-21702020000400018.

SLUTER, C. R.; CAMBOIM, S. P. The National Topographic Mapping as an Indispensable Database for a Brazilian National Spatial Data Infrastructure (NSDI). In: **Proceedings of the XXIV International Cartographic Conference**, Santiago, Chile. 2009. Não paginado.

SLUTER, C. R.; MENDONÇA, A. L. A. **Dependent aspects of brazilian environmental laws and national topographic mapping series**. 2015. em: <https://www.researchgate.net/publication/267971774_DEPENDENT_ASPECTS_OF_BRAZILIAN_ENVIRONMENTAL_LAWS_AND_NATIONAL_TOPOGRAPHIC_MAPPING_SERIES. Acesso em: 22 out. 2019.

STOTER, J; POST, M.; VAN ALTENA, V.; NIJHUIS, R.; BRUNS, B. Fully automated generalization of a 1:50k map from 1:10k data. **Cartography And Geographic Information Science**, [S.l.], v. 41, n. 1, p.1-13, 22 ago. 2013. Informa UK Limited. DOI. 10.1080/15230406.2013.824637.

SUROWIECKI, J. **The wisdom of crowds**. Nova York: Anchor Books, 2005.

TAVARES, G. U.; EVANGELISTA, A. N. A.; SANTOS, J. O.; GORAYEB, A. Mapeamento colaborativo: uma interação entre cartografia e desenvolvimento sustentável no Campus do Pici – Universidade Federal do Ceará. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, Ed. Esp. V. CGEAGT. 2016. Disponível em: <http://revista.ufrr.br/actageo/article/view/3748>. Acesso em: 17 out. 2018.

THE NATIONAL ARCHIVES. Open Government Licence. 2019. Disponível em: <http://www.nationalarchives.gov.uk/doc/open-government-licence/version/3/>. Acesso em: 29 dez. 2019.

TURNER, A. J. **Introduction to Neogeography**. Sebastopol: O'Reilly, 2006.

UNITED NATIONS - GLOBAL GEOSPATIAL INFORMATION MANAGEMENT (UN-GGIM). **Future trends in geospatial information management: the five to ten year vision**. Second edition. 2015. Disponível em: <http://ggim.un.org/knowledgebase/Attachment1759.aspx?AttachmentType=1>. Acesso em: 19 ago. 2018.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). The National Map Corps. 2019. Disponível em: <https://www.usgs.gov/core-science-systems/ngp/tnm-corps>. Acesso em: 28 out. 2019.

VEGT, H. D.; VAN HELVERT, T.; DIJKSTRA, P. Towards sustainable topographic mapping. **Abstracts of the Ica**, [S.l.], v. 1, p.1-1, 15 jul. 2019. Copernicus GmbH. DOI. 10.5194/ica-abs-1-377-2019.

WALTER, V.; LAUPHEIMER, D.; FRITSCH, D. Use and optimisation of paid crowdsourcing for the collection of geodata. **ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, [S.l.], v.4, p.253-257, 13 jun. 2016. Copernicus GmbH. DOI. 10.5194/isprsarchives-xli-b4-253-2016.

WIGLEY, M. How do the Swiss produce their New National Map Series? **Abstracts Of The Ica**, [S.l.], v. 1, p.1-1, 15 jul. 2019. Copernicus GmbH. DOI. 10.5194/ica-abs-1-402-2019.

WU, C; LIU, JIANWEI; LIU, JIANJUN; LI, Z. Research on National 1: 50000 Topographic Cartography Data Organization. **Isprs Annals Of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, [S.l.], v. -4, p.83-89, 23 abr. 2014. Copernicus GmbH. DOI. 10.5194/isprsannals-ii-4-83-2014.

WU, H.; LIN, A.; CLARKE, K. C.; SHI, W.; CARDENAS-TRISTAN, A.; TU, Z. A comprehensive quality assessment framework for linear features from Volunteered Geographic Information. **International Journal Of Geographical Information Science**, [S.l.], p. 1-22, 12 out. 2020. DOI: 10.1080/13658816.2020.1832228.

YORK, L. **A radical approach to job enrichment**. Nova York: Amacom, 1976.

YOUTH MAPPERS. Happy Validation Friday. 2019. Disponível em: <https://www.youthmappers.org/single-post/2019/11/13/Happy-ValidationFriday-From-the-YouthMappers-Validation-Hub>. Acesso em: 29 dez. 2019.

ZHANG, J. X.; GOODCHILD, M. F. **Uncertainty in Geographical Information**. Nova York: Taylor & Francis, 2002.

ZHOU, Q. Exploring the relationship between density and completeness of urban building data in OpenStreetMap for quality estimation. **International Journal of Geographical Information Science**, [S.l.], v. 32, n. 2, p.257-281, 31 out. 2017. DOI. 10.1080/13658816.2017.1395883.

ZHOU, Q.; LIN, H. Investigating the completeness and omission roads of Openstreetmap data in Hubei, China by comparing with street map and street view. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences**, [S.l.], v. XLIII-B4-2020, p. 299-306, 24 ago. 2020. Copernicus GmbH. DOI. 10.5194/isprs-archives-xliii-b4-2020-299-2020.