



Proposta de um framework geográfico para o planejamento e gestão de *Smart Campus*: os Campi da UnB como espaço de aprendizagem colaborativa

Fortunato Bernardo Zau Mpongo ¹  

Edilson de Souza Bias ²  

Abimael Cereda Junior ³  

Rômulo José da Costa Ribeiro ⁴  

Patricia Lustosa Brito ⁵  

Destaques

- Importância dos *Smart Campus* e das Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE).
- Importância da Informação Geográfica Voluntária (VGI).
- Estruturação e normalização da base de dados do *Smart Campus*.
- Avaliação automática da qualidade de dados geoespaciais provenientes da VGI.

Resumo: Este trabalho aborda a criação de um modelo de Informação Geográfica Voluntária (VGI) para apoiar o gerenciamento de um *Smart Campus*. O objetivo é fornecer informações validadas que permitam a tomada de decisão pelos órgãos responsáveis pela manutenção da infraestrutura e das áreas ambientais do Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília - UnB, além de apresentar um modelo replicável para outros campi de diferentes universidades. Dados geoespaciais foram coletados utilizando o aplicativo *QuickCapture* e consistidos em uma base online, empregando um modelo construído em linguagem Python. O desenvolvimento da pesquisa foi dividido em três etapas: definição das ferramentas a serem usadas, análise da estrutura dos dados e definição das regras de consistência. Foram coletados 671 pontos, dos quais 658 foram aprovados e 13 rejeitados após a aplicação das regras de validação definidas para este trabalho. O objetivo foi alcançado com êxito, demonstrando a viabilidade de coletar, analisar e validar dados provenientes da VGI.

Palavras-chave: Campus inteligente; IDE temático; VGI; Dados Geoespaciais; Python.

¹Mestre em Geociências Aplicadas pelo Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (UnB). Especialista em Geoprocessamento, engenheiro agrimensor, cartógrafo e desenvolvedor. Atualmente atua como engenheiro júnior na empresa STE - Serviços Técnicos de Engenharia S.A.

² Professor Associado IV do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (UnB) e Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP/Rio Claro).

³ Geógrafo, Mestre e Doutor em Engenharia Urbana e especialista em Geoprocessamento. Atua como professor, consultor e palestrante da Geografia das Coisas (Georeresults Ltda.).

⁴ Mestre e Doutor em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília (UnB). Atualmente é Professor Associado III - DE da Universidade de Brasília (UnB)

⁵ Professora Associada DE e coordenadora do Laboratório de Cartografia e SIG do Departamento de Engenharia de Transportes e Geodésia na Universidade Federal da Bahia (UFBA). Doutora na área de Informações Espaciais pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP).



Este artigo está licenciado com uma licença Creative Commons

PROPOSAL FOR A GEOGRAPHIC FRAMEWORK FOR THE PLANNING AND MANAGEMENT OF SMART CAMPUS: THE UNB CAMPUSES AS A SPACE FOR COLLABORATIVE LEARNING

Abstract: This study addresses the creation of a Volunteered Geographic Information (VGI) model to support the management of a Smart Campus. The goal is to provide validated information that enables decision making by the entities responsible for maintaining the infrastructure and environmental areas of the Darcy Ribeiro Campus at the University of Brasília (UnB), in addition to presenting a replicable model for other campuses at different universities. Geospatial data were collected using the QuickCapture app and consolidated into an online database using a model built in Python. Research development was divided into three stages: defining the tools to be used, analyzing the data structure, and defining the consistency rules. A total of 671 points were collected, of which 658 were approved and 13 were rejected after applying the validation rules defined for this study. The objective was successfully achieved, demonstrating the feasibility of collecting, analyzing, and validating data from VGI.

Keywords: Smart Campus; thematic SDI; VGI; Geospatial Data; Python.

PROPUESTA DE MARCO GEOGRÁFICO PARA LA PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE CAMPUS INTELIGENTES: OS CAMPUS DA UNB COMO ESPACIO DE APRENDIZAJE COLABORATIVO

Resumen: Este trabajo aborda la creación de un modelo de Información Geográfica Voluntaria (VGI) para apoyar la gestión de un Campus Inteligente. El objetivo es proporcionar información validada que permita la toma de decisiones de los órganos responsables del mantenimiento de la infraestructura y las áreas ambientales del Campus Darcy Ribeiro de la UnB, además de presentar un modelo replicable para otros campus de diferentes universidades. Los datos geoespaciales se recopilaron mediante la aplicación QuickCapture y consistieron en una base de datos en línea, utilizando un modelo construido en lenguaje Python. El desarrollo de la investigación se dividió en tres etapas: definición de las herramientas a utilizar, análisis de la estructura de datos y definición de reglas de consistencia. Se recogieron 671 puntos, de los cuales 658 fueron aprobados y 13 rechazados luego de aplicar las reglas de validación definidas para este trabajo. El objetivo se logró con éxito, demostrando la viabilidad de recopilar, analizar y validar datos de VGI.

Palabras clave: Campus inteligente; IDE temático; VGI; Datos Geoespaciales; Python.

INTRODUÇÃO

As abordagens classificadas sob o conceito de *Smart Campus* não devem ser interpretadas como simples aplicações tecnológicas em ambientes universitários, mas como estratégias de experimentação e prototipação para soluções urbanas mais amplas.

Trata-se de reconhecer o campus universitário como um território com problemas e dinâmicas análogas aos de uma cidade *stricto sensu*. Como apontado

por Cereda Junior (2015), o campus representa uma unidade territorial frequentemente negligenciada nos debates sobre organização do espaço urbano, planejamento físico e segurança institucional. Ao mesmo tempo, abriga o ativo central da universidade: seus cidadãos — acadêmicos, técnicos e usuários dos serviços prestados.

Com alta densidade populacional, fluxo intenso de pessoas, equipamentos específicos e padrões próprios de ocupação e mobilidade, os campi se constituem em espaços propícios à análise, planejamento e teste de soluções urbanas inteligentes.

As particularidades de sua configuração territorial, conjugadas à previsibilidade das rotinas institucionais, permitem o desenvolvimento de modelos aplicáveis à escala urbana, respeitando a singularidade dos públicos envolvidos e a funcionalidade do ambiente.

Inicialmente proposto por Kaneko, Sugino, Suzuki e Ishiijima, em 2000, o termo *Smart Campus* começou a ganhar destaque em 2014, quando a Universidade de Lile apresentou um estudo de caso sobre *Smart City* ao Banco Mundial. Este estudo ressalta como a implementação de tecnologias emergentes poderia não apenas beneficiar a comunidade acadêmica, mas também servir como um modelo inicial para a adoção de práticas sustentáveis, seguras e eficientes.

Bandeira e Neto (2022), em sua revisão literária sobre o conceito de *Smart Campus*, trouxeram diversas definições, concluindo que são conceitos que se complementam, apesar de alguns serem repetitivos (Bandeira; Neto, 2022).

Desta forma, o conceito apresentado por Chen e Zhang (2012) pode ser visto como um dos que melhor descreve o *Smart Campus*: “é um estágio avançado na construção da informatização do campus, que pode tornar a vida cotidiana no campus mais conveniente”, ressalta-se que a conveniência da vida em campus, comentada por Chen e Zhang (2012) deve representar aspectos de sustentabilidade, observando-se os princípios que atualmente preceituam as ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - ONU/2030 *United Nations Sustainable Development Goals*, que preceitua 17 objetivos.

Uma pesquisa dirigida por Bandeira e Neto (2020) revelou que apenas quatro das 27 universidades públicas que participaram do estudo relataram ter implementado efetivamente o *Smart Campus*. Entre estas estão a Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES e a Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (Bandeira; Neto, 2020).

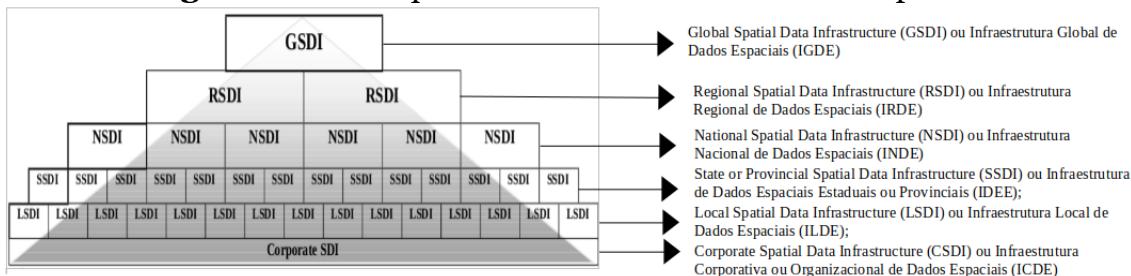
Pode-se entender o *Smart Campus* como um tipo de Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE); e ao tratar-se de IDE, destaca-se o conceito apresentado pela *Federal Geographic Data Committee* (FGDC, 2018), que ressalta as tecnologias, políticas, critérios, padrões e a colaboração entre diversos setores, como governo, setor privado, organizações sem fins lucrativos e academia, para promover o compartilhamento de dados geoespaciais. Essa abordagem fornece uma base sólida de práticas e relacionamentos entre produtores e usuários de dados, facilitando o uso e a partilha dessas informações.

As IDE representam uma infraestrutura basilar para o acesso aos dados geoespaciais, essenciais em um *Smart Campus*, utilizando um conjunto mínimo de práticas, protocolos e especificações padronizadas (ERBA, 2007). Além de facilitar o acesso aos dados, um dos principais objetivos da IDE é minimizar a duplicação de ações em busca de dados (Jesus *et al.*, 2018; Paixão *et al.*, 2008).

Nakamura e Filho (2012), salientam que as IDE também visam à diminuição dos problemas de interoperabilidade. Pode-se ainda dizer que elas contribuem para solucionar problemas de acesso e disponibilização de dados geoespaciais, desse modo contribuindo para devolver a dignidade ao cidadão, uma vez que a falta do acesso à informação torna o cidadão alienado (Sluter, 2013).

Chan e Williamson (1999) propuseram uma hierarquia de IDE e a visualização em forma de pirâmide e, para um melhor entendimento, Rajabifard *et al.* (1999), adaptaram a estrutura de visualização unindo a figura de pirâmide e a divisão com nomenclatura, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Hierarquia de Infraestrutura de Dados Espaciais



Fonte: Rajabifard et al. (1999). Adaptado pelos autores (dezembro, 2022)

De acordo com o Comitê Permanente de Infraestrutura de Dados Espaciais das Américas (PC-IDEA) (2013), para a implementação de uma IDE é necessário verificar alguns componentes básicos, são eles: arranjos institucionais, estrutura de dados, políticas, normas e tecnologias.

As IDE facilitam a disseminação de dados geoespaciais, mas a preocupação com a manutenção e atualização desses dados persiste, daí decorre a necessidade da estruturação de uma área responsável pela manutenção dos dados. Manter e atualizar a base de dados é uma tarefa complexa que requer considerável número de trabalhadores ou colaboradores, neste contexto, pode-se inserir os conceitos de cartografia colaborativa e VGI (*Volunteered Geographic Information*), termos e conceitos que representam a possibilidade da participação e contribuição de diversas pessoas na aquisição de dados.

O advento da VGI, trouxe abordagem inovadora para enfrentar o desafio do mapeamento e da aquisição de dados de maneira eficaz. Essa abordagem é a que Borba *et al.* (2015) denominaram de Infraestrutura de Dados Espaciais Colaborativa, onde qualquer pessoa pode instanciar e em seguida interagir, participar, colaborar, compartilhar e trabalhar qualquer informação espacial de modo que essa possa ser produzida, caso haja uma conexão via protocolos de internet.

Michael Goodchild propõe o conceito de VGI (2007), motivado pelo envolvimento generalizado de muitos cidadãos privados, muitas vezes com pouca instrução quando se trata de qualificações formais na criação de informação geográfica, função que durante séculos foi reservada a agências oficiais. A VGI tem se mostrado um poderoso modelo de coleta de dados, com robustez e agilidade. Essa abordagem descentralizada oferece uma solução dinâmica para

os desafios de atualização contínua enfrentadas por muitas bases de dados geoespaciais, até mesmo em processos de gestão de dados vinculados à manutenção de infraestruturas.

A participação do público na geração da informação resulta da crescente gama de aplicações possibilitadas pela Internet em evolução, dentre as quais se insere a Wikipédia e a *OpenStreetMap*, por exemplo (Goodchild, 2007). A VGI é vista como uma evolução do *crowdsourcing*, com o envolvimento direto do usuário coletando e manipulando dados geoespaciais que são incorporados a Bancos de Dados Geográficos (Goodchild; Li, 2012).

Por *crowdsourcing* pode-se entender como a prática de obter serviços, ideias ou conteúdo necessários solicitando contribuições de um grande grupo de pessoas e especialmente da comunidade online, em vez de funcionários ou fornecedores tradicionais (MERRIAM-WEBSTER [s.d.]).

No atual cenário onde a interoperabilidade e o compartilhamento dos dados por meio das IDE se apresenta como uma das formas para atingir e disseminar a geoinformação, a VGI colabora na diminuição do déficit existente na obtenção e atualização de dados geoespaciais, gerando o fenômeno de inclusão da população em geral (não-técnica) na produção de informações geográficas (Ferreira da Silva; Martins Júnior, 2018; Guedes; Terra Brito, 2021) e se transformou em uma fonte alternativa de obtenção de informação geográfica e seu uso está crescendo rapidamente (López-Pastor, 2015).

A VGI oferece uma série de benefícios que podem aprimorar a tomada de decisões e fortalecer a governança local. Alguns dos principais pontos incluem, participação cidadã ativa, atualização em intervalo de tempo menor, ampliação da base de dados e redução de custos.

Ao incorporar a VGI na gestão, as organizações podem aproveitar a inteligência coletiva para construir uma compreensão mais holística e precisa do ambiente em que operam, promovendo uma abordagem mais eficiente e participativa na tomada de decisões.

A par das possibilidades vislumbradas e divulgadas, observa-se que uma das preocupações que a VGI trouxe e que deve ser objeto de debate técnico-acadêmico são os padrões e qualidade dos dados coletados, bem como os

metadados provenientes do processo (Bravo; Sluter, 2015). A heterogeneidade e falta de padronização dos dados provenientes da VGI dificultam a classificação e análise da qualidade segundo padrões convencionais (Touya; Brando-Escobar, 2013). A não padronização também é um dos motivos que dificulta o acesso à informação por meio das IDE (Paixão *et al.*, 2008) e tais fatores dificultam a adoção do VGI para utilizá-la como dado de uma IDE (Ahmad *et al.*, 2022).

Possuir uma base digital com grande número de dados - sejam vetoriais, raster ou alfanuméricos - é essencial no tempo em que vivemos, em que a informação geográfica envolve todos os campos de atividades. Contudo, para usar os dados, desenvolver análises e tomar decisões, é preciso que esses dados sejam de qualidade, sendo este um dos principais questionamentos que permeiam os processos de coleta, processamento e uso de dados colaborativos para compor uma IDE.

Estes questionamentos levaram ao desenvolvimento de um projeto junto ao Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas da Universidade de Brasília (UnB) visando desenvolver, testar e disponibilizar um modelo de VGI para manter a atualização dos dados em uma IDE Temática, dando suporte ao *Smart Campus UnB*.

Um dos principais objetivos do modelo era garantir a qualidade do dado recebido. Para se definir a metodologia empregada na avaliação da qualidade desses dados, utilizou-se a norma 19157:2013 da ISO (*International Organization for Standardization*), que define os princípios necessários para a avaliação da qualidade de dados geográficos (Teixeira; Schmidt, 2023).

De acordo com a norma 19157:2013, existem seis elementos a serem considerados ao avaliar a qualidade das informações geográficas: completude, acurácia posicional, acurácia temática, acurácia temporal, consistência lógica e usabilidade. Bravo e Sluter (2015) dividiram esses elementos em dois grupos: qualidade posicional e qualidade semântica. Na qualidade posicional está a acurácia posicional e o restante encontra-se no grupo semântico.

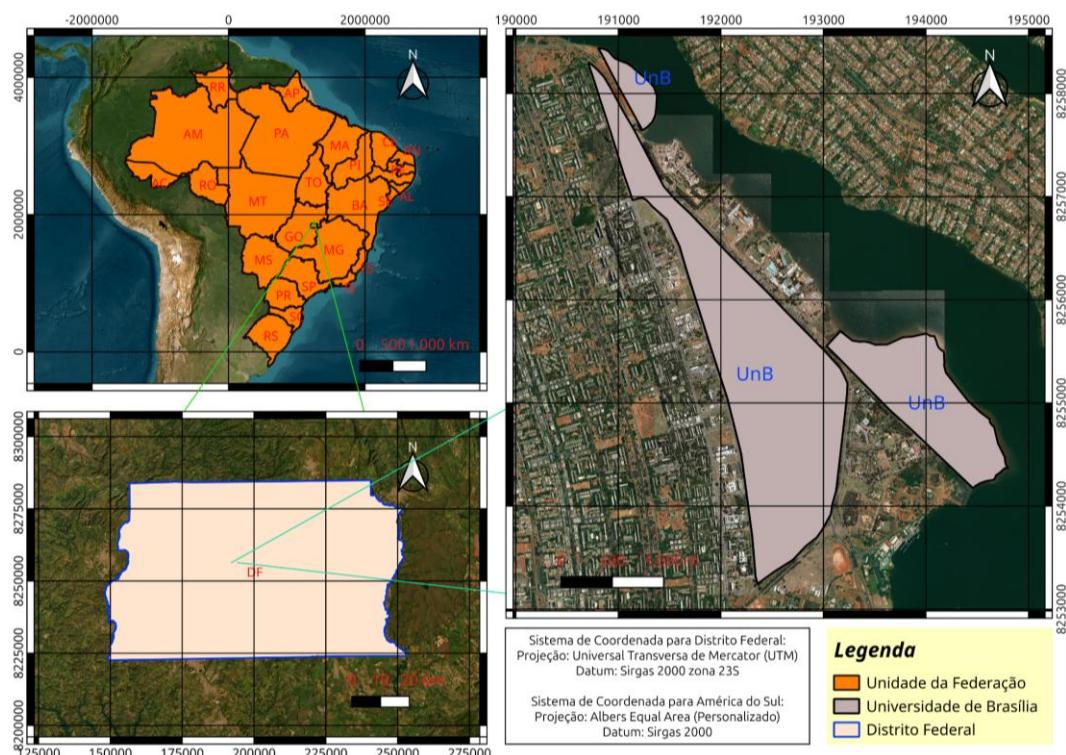
Para avaliar a qualidade da informação geográfica, neste trabalho serão considerados os seguintes elementos: acurácia posicional, acurácia temática e a consistência lógica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo - O Campus Darcy Ribeiro

Este trabalho teve como área de estudo a Universidade de Brasília - UnB, que possui 315 cursos (graduação e pós-graduação), 50.136 estudantes (graduação e pós-graduação), 2.618 docentes e 3.007 servidores técnicos administrativos distribuídos em quatro campi (UnB, 2024), sendo o Campus Darcy Ribeiro o objeto de estudo do presente trabalho, localizado na cidade de Brasília - DF, com uma área total de 3.918.844 m² e área construída de 572.200 m², conforme o anuário estatístico de 2024 da universidade (UnB, 2024). A Figura 2 ilustra o mapa de localização da área de estudo.

Figura 2 - Mapa de localização



Fonte: IBGE. Elaborado pelos autores (2023).

Materiais

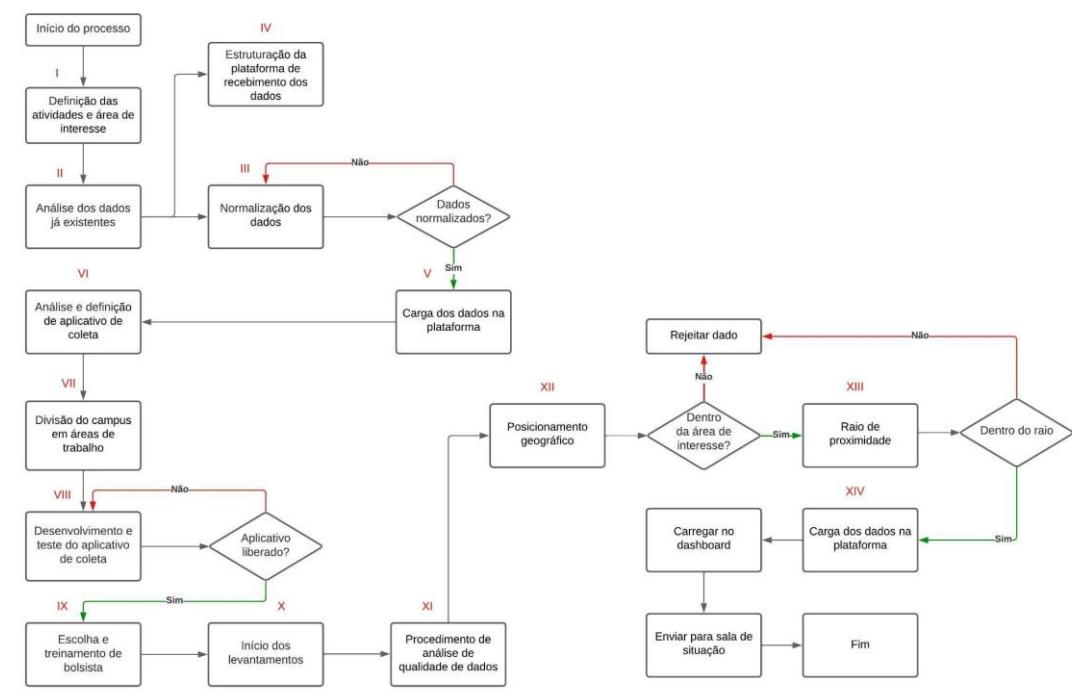
Na presente pesquisa foram aplicados os seguintes materiais, ArcGIS Online (AGOL): software baseado em nuvem para criar e compartilhar mapas interativos na web; Portal ArcGIS Enterprise: componente do ArcGIS Enterprise

que permite o compartilhar de diversos tipos de dados com outros usuários em sua organização e fora dela; *QuickCapture*: aplicativo de coleta de dados GIS. Esta aplicação está presente no ArcGis *Online* e também no ArcGis *Enterprise*; Dados vetoriais do projeto *Smart Campus UnB*: divididos em três grupos: Infraestrutura, mobilidade e meio ambiente; Python: linguagem de programação usada no servidor para criar aplicações web, de acordo com a W3Schools. A linguagem foi aplicada para a manipulação da biblioteca ArcGIS API for *Python*.

Método

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram aplicados os procedimentos descritos na Figura 3. A descrição sucinta da metodologia, caracterizando-se como um manual, visa permitir que outras instituições, seguindo a mesma estrutura e princípios, além dos códigos disponibilizados, possam também, de acordo com o interesse, ter um modelo para iniciar a implementação, seguindo os padrões preceituados para as melhores qualidades de organização e estruturação dos dados.

Figura 3 - Fluxograma dos procedimentos



Fonte: Os autores (2023)

A Figura 3 apresenta todas as etapas realizadas no trabalho, proporcionando uma visão integral e estruturada do desenvolvimento do estudo.

Definição de atividades e áreas de Interesse - Escolha da Área (I): nesta fase inicial, foram estabelecidas as atividades e a área de interesse. Embora a UnB abranja diversos Campi (Darcy Ribeiro, FGA - Faculdade do Gama, FUP - Faculdade de Planaltina e FCE - Faculdade de Ceilândia), o foco deste estudo foi direcionado ao campus Darcy Ribeiro, Campus Central da UnB, conforme evidenciado na figura 2. As atividades delineadas compõem as próximas etapas do fluxo.

A Análise dos dados já existentes (II): nesta etapa, conduziu-se uma inspeção de todos os dados contidos no banco de dados do projeto *Smart Campus* da UnB. A verificação do estado dos dados teve como objetivo a normalização (processo de formulação e aplicação de regras para a solução ou prevenção de problemas), seguindo as diretrizes da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV).

Normalização dos dados (III): neste ponto, foram utilizados todos os dados que necessitavam de normalização, sendo eles tratados de acordo com a ET-ADGV, assegurando a conformidade e integridade necessárias.

A Figura 4 apresenta como exemplo, duas tabelas de atributos referentes a camada Poste. A tabela que está na parte inferior é a tabela após normalização e a que está na parte superior é a tabela antes da normalização. As duas tabelas apresentam diferenças, a começar pelo próprio nome da camada ou classe.

Figura 4 - Tabela de atributos

| FID | Shape * | Tp_Poste | QT_LUMIN | Trafo | Tp_Rede | Rede | Qt_Lampada | TP_LAMPA | CP_LAMPA | Tp_Lamp | Pt_Lamp |
|-----|---------|----------|----------|-------|---------|---------|------------|----------|----------|----------------|---------|
| 1 | 0 | Point | Concreto | 1 | Não | Simples | AT | 0 | 0 | Vapor de Sódio | 250 |
| 2 | 1 | Point | Concreto | 1 | Sim | Simples | AT/BT | 0 | 0 | Vapor de Sódio | 250 |
| 3 | 2 | Point | Concreto | 1 | Não | Simples | AT/BT | 0 | 0 | Vapor de Sódio | 250 |
| 4 | 3 | Point | Concreto | 1 | Não | Simples | AT/BT | 0 | 0 | Vapor de Sódio | 250 |
| 5 | 4 | Point | Concreto | 1 | Não | Simples | AT/BT | 0 | 0 | Vapor de Sódio | 250 |
| 6 | 5 | Point | Concreto | 1 | Sim | Simples | AT/BT | 0 | 0 | Vapor de Sódio | 250 |
| 7 | 6 | Point | Concreto | 1 | Não | Simples | AT/BT | 0 | 0 | Vapor de Sódio | 250 |
| 8 | 7 | Point | Concreto | 1 | Não | Simples | AT/BT | 0 | 0 | Vapor de Sódio | 250 |

| FID | Shape * | unb | geoaprox | materialp | tipoposte | trafo | potencial | tipolampad | rede | tiporede | quantilumin | quantilampa | capacilamp |
|-----|---------|----------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|----------------|----------|-------------|-------------|------------|
| 1 | 0 | Point ZM | Não | V | Aço | Iluminação | Não | 150 | Vapor de Sódio | | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | Point ZM | Não | V | Aço | Iluminação | Não | 150 | Vapor de Sódio | | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 2 | Point ZM | Não | V | Aço | Iluminação | Não | 150 | Vapor de Sódio | | 1 | 0 | 0 |
| 4 | 3 | Point ZM | Não | V | Aço | Iluminação | Não | 150 | Vapor de Sódio | | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 4 | Point ZM | Não | V | Aço | Iluminação | Não | 150 | Vapor de Sódio | | 1 | 0 | 0 |
| 6 | 5 | Point ZM | Não | V | Aço | Iluminação | Não | 150 | Vapor de Sódio | | 1 | 0 | 0 |
| 7 | 6 | Point ZM | Não | V | Aço | Iluminação | Não | 150 | Vapor de Sódio | | 1 | 0 | 0 |
| 8 | 7 | Point ZM | Não | V | Aço | Iluminação | Não | 150 | Vapor de Sódio | | 1 | 0 | 0 |
| 9 | 8 | Point ZM | Não | V | Aço | Iluminação | Não | 150 | Vapor de Sódio | | 1 | 0 | 0 |

Fonte: Os autores (2024).

A norma (ET-ADGV) recomenda que para a feição poste o nome seja exatamente Poste, esse critério deve ser observado para todas as feições, pois permitirá uma melhor interoperabilidade. A norma traz também os requisitos obrigatórios para a classe, nesse caso eles são: geometria aproximada e tipo de poste. Esse último é multivvalorado, podendo ser desconhecido, iluminação, ornamental, rede elétrica, sinalização e outros.

Os atributos devem estar em letras minúsculas e abreviadas se tiverem mais de 11 caracteres, isso deve ser observado, principalmente se estiver utilizando formato *shapefile*, que só permite nomes de atributos com até 11 caracteres. Pode-se ter quantos atributos forem necessários desde que se tenham os obrigatórios. A normalização pode ser simples ou complexa, depende da classe e do estado dos dados que se pretende normalizar.

Estruturação da plataforma de recebimento dos dados (IV): a plataforma foi organizada de maneira temática, abrangendo áreas como geologia, saúde, meio ambiente, infraestrutura, imagens, urbanização, segurança e mobilidade.

Carregamento dos dados na plataforma IDE-UnB (V): neste ponto do processo, procedeu-se ao carregamento dos dados normalizados. Diante do fato da UnB possuir um licenciamento educacional, está sendo utilizado o ArcGIS *Enterprise*. Vale ressaltar que, além da normalização dos dados que precedeu o carregamento dos mesmos na plataforma, os metadados de cada conjunto de

dados foram estruturados, enriquecendo ainda mais as informações disponíveis na plataforma.

Análise e definição de aplicativos de coleta (VI): nesta etapa, definiu-se o aplicativo de coleta, optando pelo *Quick Capture*. Este aplicativo encontra-se integrado à plataforma ArcGIS *Online*, possibilitando a captura eficiente de dados em campo, com envio direto para a plataforma. O processo de coleta pode ocorrer *online* ou *offline*.

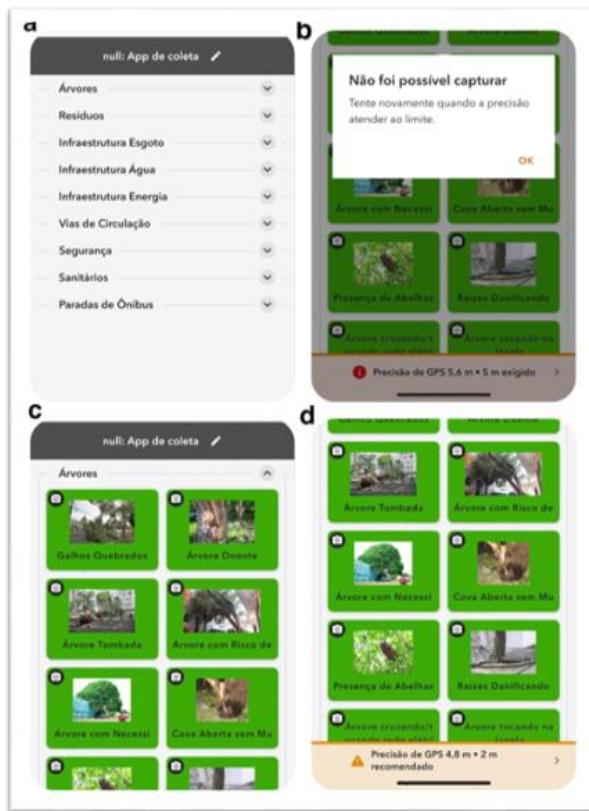
Desenvolvimento e teste do aplicativo de coleta (VII e VIII): esta etapa é essencial no processo de análise e qualidade dos dados. Para tanto, dedicou-se à criação do aplicativo e à execução de testes abrangentes para avaliar a sua funcionalidade. Os testes foram conduzidos em campo, envolvendo levantamentos de pontos aleatórios, a fim de observar o desempenho do aplicativo em condições práticas. Esses testes foram concebidos de maneira semelhante aos próprios levantamentos, diferindo apenas no tamanho da área e na quantidade de dados coletados.

Os testes envolveram simulações de levantamentos colaborativos, com idas a campo para a coleta de pontos aleatórios e observação do comportamento do aplicativo. Assim, as falhas identificadas durante esse processo eram corrigidas de forma imediata e os testes eram repetidos até que o sistema operasse sem interferências no processo de coleta.

Essa etapa foi fundamental para validar a funcionalidade do aplicativo, sendo sua conclusão condicionada à comprovação de eficiência e, somente após essa verificação, novos passos foram dados, assegurando a robustez e a confiabilidade da solução desenvolvida.

A Figura 5 é uma ilustração de etapas de coleta pelo aplicativo, tendo como exemplo a coleta de dados para a feição de árvores. A imagem ‘a’ ilustra a lista de coletas por tipo de camada, cada elemento corresponde a uma camada de dados geoespaciais. A imagem ‘b’ ilustra um alerta de erro, esse erro acontece quando a precisão estiver fora do limite pré-estabelecido que é de 5 metros. A imagem ‘c’ ilustra o tipo de coleta por camada, a imagem ‘c’ mostra a camada de árvores. A imagem ‘d’ ilustra uma mensagem de aviso, demonstrando que a coleta pode ser feita, mas mostra também a precisão mínima recomendada.

Figura 5 - Visão dos modelos de coleta no aplicativo



Fonte: Os autores (2023)

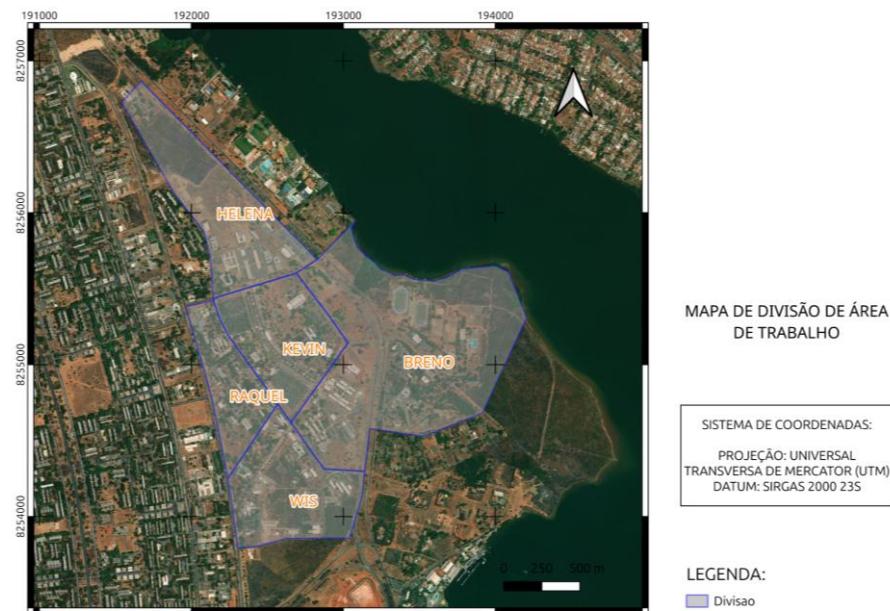
O estudo conduzido por Oliveira *et al.* (2019) demonstrou que coletas feitas por *smartphones* com conexão à internet (*online*) têm melhor acurácia posicional em relação aos *smartphones* sem conexão à internet (*offline*) e também que os erros posicionais planimétricos para *smartphones* podem oscilar predominantemente entre 5 e 20 metros. Nesta pesquisa as coletas foram *online* e durante os testes de coleta constatou-se uma precisão entre 4 e 5 metros no intervalo de um minuto, o que motivou a estabelecer cinco (5) metros como limite aceitável de precisão.

As coletas registravam três (3) informações: a posição geográfica do ponto, o tipo de problema e uma fotografia ilustrando o problema.

Para testar a qualidade do modelo, o Campus Darcy Ribeiro foi dividido em cinco áreas de trabalho. Esta divisão foi realizada para evitar a coleta redundante de dados durante os testes. No entanto, para a validação dos dados coletados, o modelo deve receber múltiplas informações da mesma ocorrência. Essa funcionalidade será adicionada ao aplicativo quando entrar em produção.

Cada bolsista foi responsável por uma área específica, conforme a Figura 6, contribuindo para a organização eficiente da pesquisa.

Figura 6 - Mapa de divisão de área



Fonte: IBGE. Organizado pelos autores (2023).

Escolha e treinamento de bolsistas (IX): neste passo, ocorreu a seleção e o treinamento dos bolsistas, que atuavam como "agentes de prefeitura". A escolha baseou-se na análise da experiência acadêmica, ou seja, terem concluído a disciplina sistemas de informações geográficas. O treinamento prático foi conduzido em campo, proporcionando uma compreensão detalhada dos procedimentos de coleta de dados, além das características do aplicativo.

Fonte *et al.* (2015) destacam que o treinamento de colaboradores é essencial para assegurar a qualidade dos dados colaborativos. Essa constatação motivou a implementação de treinamento para capacitar os colaboradores, além da sua alocação em áreas específicas. Esse cuidado foi importante para evitar erros de redundância e sobreposição durante o processo de coleta de dados.

Início dos levantamentos colaborativos (X): nesta fase, os bolsistas realizaram o download do aplicativo *Quick Capture* para *smartphone* e foram adicionados como publicadores no grupo de trabalho criado na plataforma do AGOL.

Procedimento de análise de qualidade de dados (XI): nesta etapa, realiza-se uma avaliação automatizada da consistência dos dados coletados, visando identificar problemas antes de sua integração ao *dashboard*. Todos os dados passaram por uma avaliação de consistência. Essa análise compreende duas etapas distintas: posicionamento geográfico e raio de proximidade. Vale destacar que, para uma melhor consistência dos dados levantados, torna-se necessário que uma determinada informação ocorra mais de uma vez.

Verificação do Posicionamento geográfico (XII): neste ponto, foi realizada uma análise do posicionamento de todos os pontos coletados. Pontos localizados fora dos limites geográficos do campus Darcy Ribeiro eram rejeitados, pois demonstravam um erro na coleta do dado.

Nesta etapa se aplicou a consistência lógica de validação entre classes. Essa consistência visa identificar inconsistências de conectividade entre classes, de acordo com a Norma da especificação técnica para controle de qualidade de dados geoespaciais (ET-CQDG) (Brasil, 2016). Verificou-se se cada ponto coletado estava dentro do limite da universidade.

Raio de proximidade (XIII): para cada dado coletado, foi avaliado o raio de proximidade como medida para verificar a existência de pontos cadastrados da mesma natureza na região. Por exemplo, ao coletar dados sobre árvores, é necessária a existência de outro elemento da mesma classe dentro do raio que está sendo analisado. O uso do raio de proximidade, em vez de sobreposição ou toque, foi devido à baixa precisão, de nível métrico, dos dispositivos móveis utilizados na coleta. Optou-se por um raio de proximidade de cinco (5) metros, estabelecido como o máximo de erro aceitável com base em testes realizados no campo. Durante os testes de coleta, observou-se que, em menos de um (1) minuto, a precisão atingia valores superiores a quatro (4) e inferiores a cinco metros ($4 > p < 5$) e estava em conformidade com o estudo realizado por Oliveira *et al.* (2019), diante dessa comprovação, ficou definida uma precisão de 5 metros ou menos. Durante os testes de coleta, também se observou uma acurácia posicional entre os pontos coletados e os existentes, mais de 90% tinham distância inferior a 5 metros com o seu homólogo.

De acordo com a Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG), a distância horizontal e o Erro Médio Quadrático são indicadores de qualidade.

As análises de posicionamento geográfico e do raio de proximidade foram realizadas de forma automática, foi possível em razão da criação de uma rotina desenvolvida em linguagem *Python*. As principais funções utilizadas para realizar essas atividades são: *Transformer*, *Point* e '*point_distance*'.

- *Transformer*: é uma função presente na biblioteca "pypyproj" responsável por fazer transformações de sistemas de referências de coordenadas. Os dados eram coletados em EPSG 102100 (datum: WGS 1984 *Web Mercator Major Auxiliary Sphere*) e os que estão armazenados na base do *Smart Campus* estão em EPSG 31983 (datum: Srgas 2000, projeção: UTM, fuso: 23S).
- *Point*: é uma função presente na biblioteca "geometry" que permite transformar um par de coordenadas é uma geometria do tipo ponto. A função *Point* faz com que o ponto transformado tenha várias funções, uma delas é a função "*within*" que permite verificar se o ponto está dentro de um polígono previamente informado, sendo aplicada para verificar se um ponto se encontrava dentro dos limites da área de estudo.
- A função '*point distance*' usada para constatação de proximidade, foi desenvolvida para verificar a distância entre dois pontos, de modo a examinar a existência de um ponto da mesma camada dentro de uma distância de até 5 metros.

Carga e visualização do *Dashboard* (XIV): após a análise e consistência, os dados são automaticamente enviados para a plataforma *ArcGIS Enterprise*. O envio é feito usando a função '*add*' presente na API *ArcGIS for Python*, é uma função que recebe os dados e envia para o *ArcGIS Online*. Esses dados ficam armazenados em uma camada integrada a um dashboard. Este dashboard está instalado em uma sala de situação da Prefeitura da UnB, proporcionando uma apresentação consolidada que facilita a análise e a tomada de decisões.

A visualização dos dados por meio do *dashboard* foi estruturada para oferecer uma leitura sintética e segmentada do processo de coleta. São exibidas,

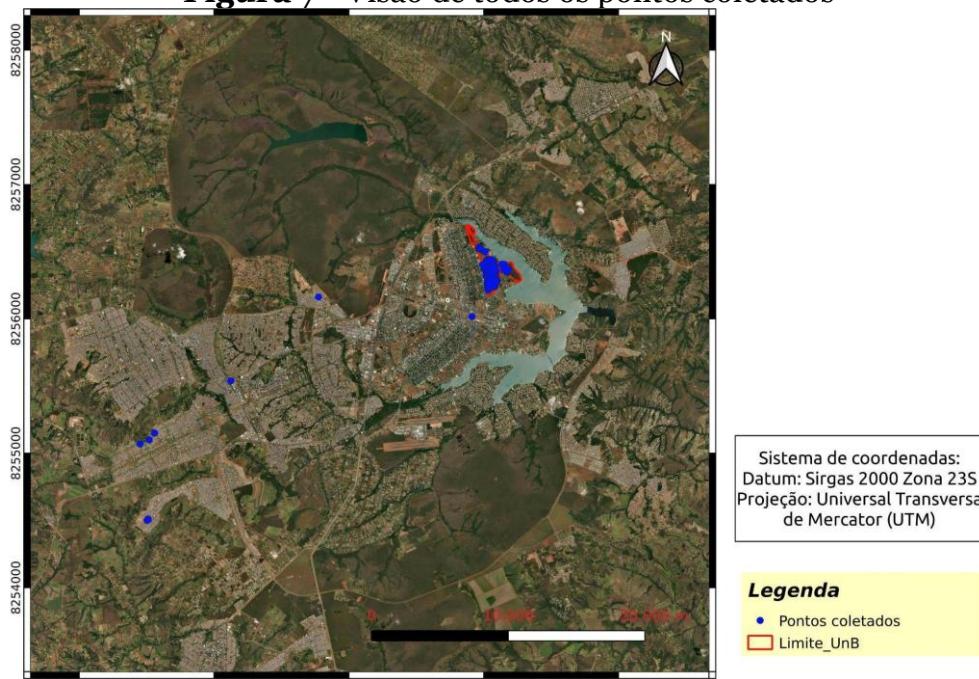
em tempo real, as quantidades de pontos coletados, aprovados e rejeitados, permitindo o acompanhamento da qualidade da informação registrada.

Além disso, a interface apresenta a distribuição dos pontos por camada temática, com o apoio de representações gráficas que facilitam a análise comparativa entre os diferentes conjuntos. Os gráficos do tipo pizza (diagrama circular) detalham a proporção de aprovações e rejeições em cada camada, enquanto outra visualização do mesmo tipo organiza os problemas registrados conforme sua tipologia e a camada de origem. Essa estruturação gráfica visa apoiar o monitoramento técnico e a tomada de decisão em processos iterativos de validação e refinamento dos dados coletados em campo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados desta pesquisa consistem nos dados coletados pelos colaboradores (bolsistas), bem como no desenvolvimento de um *Dashboard* dedicado à análise dos dados. As Figuras 7 e 8 fornecem uma representação visual dos pontos coletados, enquanto as Figuras 9 e 10 apresentam o *dashboard*, proporcionando uma visão detalhada das informações coletadas.

Figura 7 - Visão de todos os pontos coletados



Fonte: Os autores (2024).

Na Figura 7, são apresentados todos os pontos coletados (pontos azuis), com ênfase na identificação de pontos localizados fora do limite (linhas vermelhas) geográfico do Campus Darcy Ribeiro. A inclusão dessas informações na análise reforça a transparência metodológica na abordagem da pesquisa em relação à validação e consistência dos dados coletados. A Figura 8 apresenta apenas os pontos dentro do limite da universidade, observa-se, por exemplo, que os pontos fora do limite geográfico da universidade não aparecem mais, pois foram excluídos no processo de consistência.

Figura 8 - Visão dos pontos coletados dentro do limite da universidade

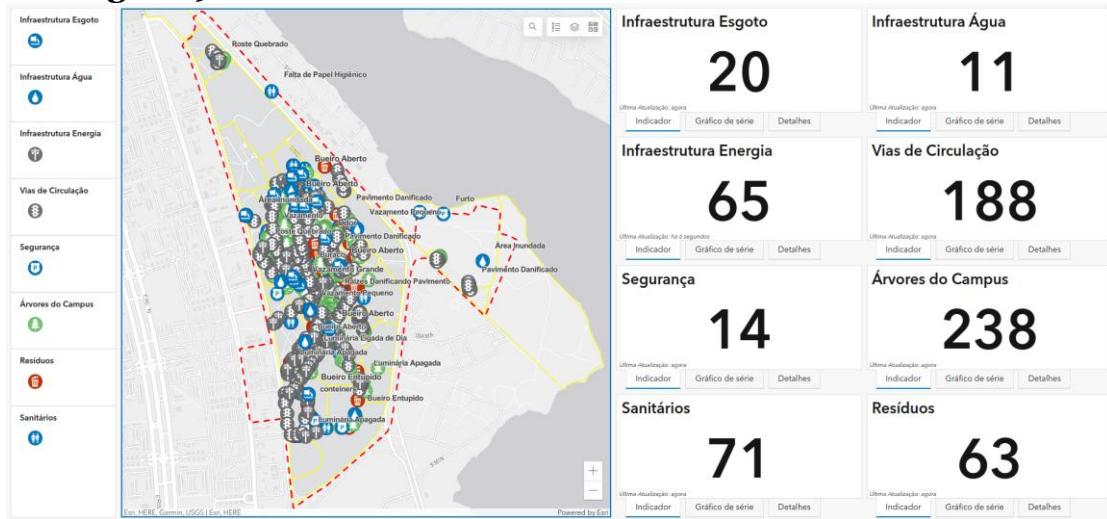


Fonte: Os autores (2024)

Na Figura 9, apresenta-se a visão dos dados coletados por camada. Este dashboard auxilia no controle dos dados levantados, facilitando o acompanhamento das contribuições dos usuários ou equipes previamente definidas, observando a quantidade de pontos coletados em cada camada, o local de coleta e algum tipo de anomalia nos dados.

Os *dashboards* das figuras 9 e 10 foram projetados para públicos diferentes: Figura 9 é focado para quem acompanhará a coleta. Figura 10 é focado para quem irá analisar e solucionar os problemas coletados. O *dashboard* da figura 9 é anterior à análise da qualidade dos dados, já o *dashboard* da figura 10 representa os dados já analisados.

Figura 9 - Visão no dashboard de análise durante os levantamentos



Fonte: Os autores (2024).

Figura 10 - Visão no dashboard de análise após a validação dos dados



Fonte: Os autores (2024).

Na Figura 10, é possível verificar que um total de 671 pontos foram coletados, dos quais 658 foram aprovados após a análise de consistência e treze pontos foram rejeitados por não estarem dentro dos limites geográficos do campus, ou por não corresponderem a um ponto existente na base de dados do *Smart Campus UnB*, conforme critérios descritos na metodologia.

O gráfico abaixo do mapa no dashboard da Figura 10 exibe a distribuição dos pontos coletados por camada. Notavelmente, 20 pontos de infraestrutura de esgoto foram coletados, sendo 2 rejeitados; 188 pontos em vias de circulação, com

4 rejeitados; 63 pontos de resíduos, sem nenhuma rejeição; 14 pontos de segurança, com 3 rejeitados; 239 pontos de árvores do campus, com 1 rejeitado; 11 pontos de infraestrutura de água, com 1 rejeitado; 71 pontos de sanitários, com 1 rejeitado; e 65 pontos de infraestrutura de energia, com 1 rejeitado.

Os resultados demonstraram que o aplicativo de coleta e consistência funcionou conforme esperado, não permitindo inserção de dados que não fazem parte dos limites do campus Darcy Ribeiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A objetivo deste trabalho foi estruturar, padronizar e analisar dados consumidos provenientes da IDE-UnB, conforme as diretrizes da ET-ADGV, desenvolver um aplicativo para coleta e consistência de dados colaborativos e disponibilizar uma plataforma integrada para a gestão e acompanhamento de tarefas em um *Smart Campus*.

Os resultados demonstram que os objetivos foram plenamente alcançados com a estruturação dos aplicativos de coleta, dashboards de controle e sistemas de emissão de ordens de serviço. O modelo apresentado, utilizando a Universidade de Brasília como *Living Lab*, mostrou-se replicável para outras instituições de ensino superior, fato da descrição minuciosa dos processos metodológicos. Esta iniciativa tem o potencial de fomentar a implantação de projetos semelhantes e a criação de uma rede de apoio entre instituições com objetivos comuns.

No entanto, ao longo do desenvolvimento, diversos desafios foram enfrentados, especialmente relacionados à normalização dos dados geoespaciais e à utilização do aplicativo de coleta *QuickCapture*. Parte das camadas da base de dados da Universidade de Brasília ainda não está contemplada pelas normas ET-ADGV e da ET-EDGV, o que dificultou o processo de padronização e exigiu ajustes manuais e adaptações específicas. Além disso, o uso do *QuickCapture*, por se tratar de um software proprietário, impôs algumas limitações na definição de regras de validação durante a coleta de dados em campo. O processo metodológico, apesar de estar utilizando um *software* proprietário, poderá ser

adaptado para um *software* de código aberto, observando-se as características de cada um.

Comparado com os modelos adotados por outras instituições, o *framework* da Universidade Brasília apresenta como diferencial a forte integração com aplicativo de coleta e, principalmente o alinhamento direto às diretrizes da ET-ADGV, o que favorece a interoperabilidade e padronização dos dados.

Apesar dos avanços, o *framework* desenvolvido ainda apresenta alguns desafios, quanto à sua plena aplicabilidade, quando for necessário a integração com outras plataformas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), exigindo adaptações específicas em suas funcionalidades para garantir compatibilidade. Essas restrições evidenciam a necessidade de futuras melhorias, especialmente no sentido de tornar o *framework* mais flexível e interoperável com diferentes plataformas disponíveis no mercado. Uma possível evolução seria o desenvolvimento de uma versão do *framework* cuja funcionalidade central permitisse a escolha do SIG a ser utilizado, ampliando sua aplicabilidade e facilitando sua adoção por diferentes instituições.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, Munir; KHAYAL, Malik Sikandar Hayat; TAHIR, Ali. Analysis of Factors Affecting Adoption of Volunteered Geographic Information in the Context of National Spatial Data Infrastructure. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, Islamabad, v. 11, n. 2, p. 120-125, 2022.
- BANDEIRA, Lucilene Klenia Rodrigues; NETO, Mário de Sousa Araújo. Smart campus: um conceito emergente. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, João Pessoa, v. 12, n. 1, p. 175-188, jan./abr. 2022.
- BANDEIRA, Lucilene Klenia Rodrigues; NETO, Mário de Sousa Araújo. Smart campus no Brasil: a percepção dos gestores das IFES. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, João Pessoa, v. 10, n. 3, p. 189-204, set./dez. 2020.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Departamento de Ciência e Tecnologia. Diretoria de Serviço Geográfico. **Norma da especificação técnica para aquisição de dados geoespaciais vetoriais (ET-ADGV) versão 3.0**. Brasília, DF: MF, 2018. Disponível em: https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/adgv/ET-ADGV_3.0_211218.pdf. Acesso em: 10 mai. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Departamento de Ciência e Tecnologia. Diretoria de Serviço Geográfico. **Norma da especificação técnica para controle de qualidade de dados geoespaciais (ET-CQDG)**. Brasília, DF: MF, 2016. Disponível em: https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/cqdg/ET_CQDG_1a_edicao_2016.pdf. Acesso em: 15 fev. 2024.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Geociências. Avaliação da Qualidade de Dados Geoespaciais. **Manuais Técnicos em Geociências**. Rio de Janeiro, RJ, 2017.

BRAVO, João Vitor Meza; SLUTER, Claudia Robbi. O problema da qualidade de dados espaciais na era das Informações Geográficas Voluntárias. **Boletim de Ciências Geodésicas**, sec. Artigos, Curitiba, v. 21, no 1, p.56-73, jan-mar, 2015.

CEREDA JUNIOR, A. Planejamento e Gestão em Campi Universitários: Inteligência Geográfica em Tempos de Geografia das Coisas. **Revista MundoGeo**, nov. 2015. Versão Revista Digital MundoGeo.

CHAN, Tai On; WILLIAMSON, Ian P. Spatial Data Infrastructure Management: lessons from corporate GIS development. In, Proceedings, **The 27th Annual Conference of AURISA 99**, Blue Mountains, New South Wales, Australia.

CHEN, Ying; ZHANG, ZHANG, Shouyi. Service encapsulation-based model for Smart Campus. **Journal of Electronic Commerce in Organizations**, Sidney, v.10, n.4, p.31–41, 2012.

ERBA Diego Afonso. **Cadastro multifinalitario: aplicado a la definición de políticas de suelo urbano**. Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy, 2007.

FAPDF. 2023. A Inteligência Geográfica no processo de gestão da Universidade de Brasília. **Periódico de Pesquisa Científica - Diálogo Científico**, v 2. p. 37.

FGDC. Federal Geographic Data Committee. **Advancement of the national spatial data infrastructure**. Disponível em: <https://www.fgdc.gov/nsdi/nsdi.html>. Acesso em: 15 ago. 2022.

FONTE, C. C.; BASTIN, L.; FOODY, G.; KELLENBERGER, T.; KERLE, N.; MOONEY, P.; OLTEANU-RAIMOND, A.-M.; SEE, L. VGI quality control. **ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, La Grande Motte, V. 2, n. 3, p. 317-324, 2015.

GOODCHILD, Michael. F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. **GeoJournal**, v. 69, p. 211-221, 2007.

GOODCHILD, Michael. F., LI, Linna. Assuring the quality of volunteered geographic information. **Elsevier – Spatial Statistics**, V. 1, p. 110–120, 2012.

GRANT, D. Spatial Data Infrastructures: the vision for the future and the role of government in underpinning future land administration systems. In: International Conference on Land Tenure and Cadastral Infrastructures for Sustainable Development, **Proceedings**. Melbourne p. 94–109. 1999.

GUEDES, Carlos Eduardo; BRITO, Luciano Augusto Terra. Motivação para a cartografia colaborativa: um experimento no Exército Brasileiro. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 4, 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html>?. Acesso em: 15 ago. 2023.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 19157**: Geographic information - data quality. Geneva, Switzerland, v. 16, 2013.

JESUS, E. G. V. de; BRITO, P. L.; FERNANDES, V. de O. Avaliação da usabilidade do geoportal da infraestrutura de dados espaciais da Bahia (IDE-BA). **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 70, n. 5, p. 1734–1757, 2018.

KANEKO, Atsushi; SUGINO, Noboru; SUZUKI, Tom; ISHJJIMA, Shintaro. A step towards the Smart Campus: a venture project based on distance learning by a hybrid video conferencing system. **Smc 2000 conference proceedings. 2000 ieee international conference on systems, man and cybernetics. cybernetics evolving to systems, humans, organizations, and their complex interactions**, cat. no.0, Nashville, TN, USA, 2000, pp. 38-43 vol.1. doi: [10.1109/ICSMC.2000.884961](https://doi.org/10.1109/ICSMC.2000.884961).

LÓPEZ-PASTOR, Jesús Javier Marín. La confianza de la Información Geográfica Voluntaria (IGV). **Revista Cartográfica** 91, p. 123-131, 2015.

MERRIAM-WEBSTER. Crowdsourcing. In: Merriam-Webster.com Dictionary. [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/crowdsourcing>. Acesso em: 04 jun. 2025.

NAKAMURA, Eduardo Tomio; QUEIROZ FILHO, Alfredo Pereira de. Infraestrutura de dados espaciais: exemplo do parque estadual de intervalos – SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 64, n. 5, p. 723-735, 2012.

OLIVEIRA, Gabriel Araujo de; CIRILO, José Almir; BRITO, Patricia Lustosa; ELIAS, Elias Nasr Naim. Qualidade do Posicionamento em Aplicativos VGI Obtido por Sensores de Localização em Smartphones. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 71, n. 3, p. 806-831, 2019.

PAIXÃO, Silvane Karoline Silva; NICHOLS, Sue; COLEMAN, David. Towards A Spatial Data Infrastructure: Brazilian Initiatives. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 60, n. 2, p. 133-144, 2008.

PC-IDEA. Spatial Data Infrastructure (SDI): **Manual for the Americas**. 1. ed. Rio de Janeiro, 2013.

RAJABIFARD, Abbas; CHAN, Tai On; WILLIAMSON, Ian P. The Nature of Regional Spatial Data Infrastructures. **AURISA 99 – The 27 Annual Conference of AURISA**. Blue Mountains NSW, p. 1-9, 1999.

SLUTER, Cláudia Robbi. Território. In: IBGE. **Brasil em números**. v. 21. Rio de Janeiro: IBGE 2013. p. 45-52.

TEIXEIRA, Moisés de Souza; SCHMIDT, Marcio Augusto Reolon. Avaliação da acurácia posicional de dados colaborativos do openstreetmap: eixos viários de bairro no município de Uberlândia (MG). **Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 42, n. 2, p. 281 - 290, 2023.

TOUYA, Guillaume; BRANDO-ESCOBAR, Carmen. Detecting Level of Detail Inconsistencies in VGI Datasets. **Cartographic: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization**, 48, n. 2, p. 134–143, 2013.

UNB. **ANUÁRIO ESTATÍSTICO 2024**. Novembro de 2024. Disponível em: <https://anuario2024.netlify.app/>. Acesso em: 24 mar. 2025.

DESIGN-SYSTEM. **W3C**. SVG icons. [S.l.]. Design-System, 2023. Disponível em: <https://design-system.w3.org/styles/svg-icons.html>. Acesso em: 20 out. 2023.

Como citar este artigo:

MPONGO, Fortunato Bernardo Zau; BIAS, Edilson de Souza; CEREDA JUNIOR, Abimael; RIBEIRO, Rômulo José da Costa; BRITO, Patricia Lustosa. Proposta de um framework geográfico para o planejamento e gestão de Smart Campus: os Campi da UnB como espaço de aprendizagem colaborativa. **GEOGRAFIA**, Rio Claro-SP, v. 50, n. 1, p. 151-174, 2025. DOI:

Recebido em 17 de setembro de 2024
Aceito em 29 de abril de 2025