

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GUILHERME SILVA NEIVAS

VISUALIZAÇÃO DA QUALIDADE DE DADOS DO MAPEAMENTO COLABORATIVO
NO CONTEXTO DE DESASTRES

CURITIBA

2023

GUILHERME SILVA NEIVAS

VISUALIZAÇÃO DA QUALIDADE DE DADOS DO MAPEAMENTO COLABORATIVO
NO CONTEXTO DE DESASTRES

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

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

Coorientador: Prof. Dr. Caio dos Anjos Paiva

CURITIBA

2023

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

Neivas, Guilherme Silva

Visualização da qualidade de dados do mapeamento colaborativo no contexto de desastres / Guilherme Silva Neivas. – Curitiba, 2023.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas.

Orientador: Silvana Philippi Camboim

Coorientador: Caio dos Anjos Paiva

1. Cartografia. 2. Gestão de desastres. 3. Geoprocessamento. I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. III. Camboim, Silvana Philippi. IV. Paiva, Caio dos Anjos. V. Título.

Bibliotecário: Leticia Priscila Azevedo de Sousa CRB-9/2029



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 Dissertação de Mestrado de **GUILHERME SILVA NEIVAS** intitulada: **VISUALIZAÇÃO DA QUALIDADE DE DADOS DO MAPEAMENTO COLABORATIVO NO CONTEXTO DE DESASTRES**, 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 mestre 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, 31 de Julho de 2023.

Assinatura Eletrônica

31/07/2023 15:55:48.0

SILVANA PHILIPPI CAMBOIM

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

01/08/2023 14:45:03.0

TONY VINICIUS MOREIRA SAMPAIO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

31/07/2023 16:13:10.0

MARCIO AUGUSTO REOLON SCHMIDT

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me guiar, abençoar e dar forças para seguir o meu caminho e concluir essa jornada.

A minha família, especialmente meus pais Ana e Evaldo, por sempre acreditarem em mim e me darem apoio em todas as minhas escolhas.

Aos meus amigos Wendel e Rafa por sempre estarem comigo e me entenderem como sou.

Aos orientadores Prof^ª. Dr^ª. Silvana Philippi Camboim e Prof. Dr. Caio dos Anjos Paiva, pelos conselhos, orientações e ensinamentos durante a pesquisa.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, seus docentes, técnicos e colegas do programa pela troca de experiência e ensinamentos.

Ao CNPq pelo financiamento da bolsa de estudos.

Aos amigos do PPGCG, Sérgio, Jorge, Elias, Aline, Iane, Vítor, Bruna e Henrique, por fazerem minha estadia em Curitiba ter sido muito mais confortável. Não imagino como seria sem vocês.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação e realização deste trabalho.

Agradeço a mim, por sempre acreditar nos meus sonhos e saber que posso ir longe.

RESUMO

Com a popularização de projetos baseados em Informações Geográficas Voluntárias (VGI), tornou-se possível que usuários com ou sem experiência em cartografia pudessem criar e compartilhar informações geográficas. No entanto, o conhecimento da qualidade desses dados torna-se um aspecto crucial para a integração e atualização de dados oficiais. No caso de regiões afetadas por desastres, onde são necessárias rápidas tomadas de decisão, o mapeamento colaborativo gera dados valiosos que muitas vezes são subutilizados devido à falta de conhecimento sobre sua qualidade. Além disso, a maioria das pesquisas sobre qualidade de dados colaborativos é focada na avaliação e descrição dos resultados, com poucas soluções para a visualização da qualidade dos dados, especialmente no contexto brasileiro. Portanto, o presente estudo teve como objetivo propor e avaliar um projeto cartográfico de um mapa interativo na web para a visualização da qualidade dos dados de mapeamento colaborativo, em áreas suscetíveis a desastres. A metodologia utilizada consistiu nas seguintes etapas: definição dos potenciais usuários e das principais necessidades da aplicação; aquisição de dados de fontes oficiais, como IBGE e CPRM, e de indicadores de dados da plataforma de mapeamento colaborativo *OpenStreetMap*; elaboração do projeto cartográfico, utilizando-se do método de grades de área para representar a qualidade dos dados, dentre outros métodos de visualização cartográfica; implementação de uma interface de teste do projeto cartográfico; e avaliação do projeto cartográfico por meio de testes de tarefas de leitura de mapas e testes de usabilidade realizados com usuários voluntários. Os resultados obtidos evidenciaram que o projeto cartográfico proposto foi, de maneira geral, eficaz no processo de percepção da qualidade dos dados colaborativos. Nas tarefas de leitura de mapa, os participantes apresentaram bons resultados na identificação de áreas propostas para maioria das tarefas, revelando maior dificuldade de percepção quando necessário identificar áreas pequenas e/ou classificadas com mais de uma variável visual. Além disso, a visualização das grades de qualidade em escala pequena tendeu na diminuição da precisão de corretas identificações. O teste de usabilidade, baseado no questionário SUS, evidenciou que os usuários se sentiram satisfeitos em interagir com a interface de teste, permitindo também estimar bons resultados referentes a eficiência e eficácia do projeto cartográfico. Com base nas pontuações obtidas no questionário SUS, o projeto cartográfico e sua interface de teste foram classificados com média “B”, na classificação de Sauro (2011), e como “Excelente”, na classificação de Bangor, Kortum e Miller (2009). Dessa forma, o projeto cartográfico proposto mostrou ser eficaz na visualização da qualidade VGI, em áreas suscetíveis a desastres. Recomenda-se, para pesquisas futuras, explorar novas metodologias de visualização da qualidade dos dados do mapeamento colaborativo. Testar outros indicadores e parâmetros de qualidade dos dados pode contribuir para tomadas de decisão mais ágeis em situações de desastre. Assim, estudos adicionais irão auxiliar numa compreensão científica mais aprofundada na área.

Palavras-chave: Comunicação Cartográfica; Usabilidade; OSM.

ABSTRACT

With the popularization of projects based on Volunteered Geographic Information (VGI), it has become possible for users with or without cartography experience to create and share geographical information. However, knowledge of the quality of these data becomes a crucial aspect for the integration and updating of official data. In the case of disaster-affected regions, where quick decision-making is required, collaborative mapping generates valuable data that is often underutilized due to a lack of knowledge about its quality. Furthermore, most research on collaborative data quality focuses on evaluation and description of results, with few solutions for visualizing data quality, especially in the Brazilian context. Therefore, the present study aimed to propose and evaluate a cartographic project of an interactive web map for visualizing the quality of collaborative mapping data in disaster-prone areas. The methodology consisted of defining potential users and their main application needs, acquiring data from official sources such as IBGE and CPRM, as well as data indicators from the OpenStreetMap collaborative mapping platform. The cartographic project was developed using area grids method and other cartographic visualization techniques. A test interface for the cartographic project was implemented, and the project was evaluated through map reading tasks and usability tests conducted with volunteer users. The results obtained evidenced that the proposed cartographic project was generally effective in the perception of collaborative data quality. In map reading tasks, participants achieved good results in identifying proposed areas for the majority of tasks, revealing greater difficulty in perceiving small areas and/or areas classified with multiple visual variables. Additionally, the visualization of quality grids at a small scale tended to decrease the accuracy of correct identifications. The usability test, based on the System Usability Scale (SUS) questionnaire, showed that users felt satisfied in interacting with the test interface, allowing for estimation of good results in terms of efficiency and effectiveness of the cartographic project. Based on the scores obtained in the SUS questionnaire, the cartographic project and its test interface were classified as "B" on Sauro's (2011) classification and as "Excellent" on Bangor, Kortum, and Miller's (2009) classification. In this way, the proposed cartographic project proved to be effective in visualizing VGI quality in disaster-prone areas. Recommendations for future research include exploring new methodologies for visualizing collaborative mapping data quality. Testing other indicators and data quality parameters can contribute to more agile decision-making in disaster situations. Therefore, further studies will assist in a deeper scientific understanding in this field.

Key-words: Cartographic Communication; Usability; OSM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Interface da plataforma OSM	26
Figura 2: Estrutura para visualização da qualidade de dados.	37
Figura 3: Mapa da localização de Angra dos Reis-RJ.	39
Figura 4: Fluxograma das etapas desenvolvidas na pesquisa.	42
Figura 5: Diagrama de Casos de Uso do sistema.	45
Figura 6: Interface do ambiente de desenvolvimento integrado Spyder.	48
Figura 7: Modelo de comunicação cartográfica de Kolácný.	49
Figura 8: Camadas de suscetibilidades a desastres classificadas no projeto cartográfico.	52
Figura 9: Projeto cartográfico proposto.	53
Figura 10: Interface simplificada para visualização da qualidade de dados VGI, no contexto de desastres.	55
Figura 11: Exemplo de identificação de área de interesse.	57
Figura 12: Escala de classificação SUS.	61
Figura 13: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 1.	72
Figura 14: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 2.	76
Figura 15: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 3.	80
Figura 16: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 4.	84
Figura 17: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 5.	89
Figura 18: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 6.	93
Figura 19: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 7.	97
Figura 20: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 8.	101
Figura 21: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 9.	104
Figura 22: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 10.	109

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Faixas etárias dos participantes.....	63
Gráfico 2: Localidade de residência dos participantes.	64
Gráfico 3: Grau de escolaridade dos participantes.....	65
Gráfico 4: Gênero dos participantes.....	65
Gráfico 5: Informações sobre anomalia óptica dos participantes.	66
Gráfico 6: Nível de experiência dos participantes quanto ao uso de mapas colaborativos.	67
Gráfico 7: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 1.	71
Gráfico 8: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 2.	74
Gráfico 9: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 3.	78
Gráfico 10: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 4.	82
Gráfico 11: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 5.....	87
Gráfico 12: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 6.	91
Gráfico 13: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 7.	96
Gráfico 14: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 8.	100
Gráfico 15: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 9.	104
Gráfico 16: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 10.	108
Gráfico 17: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a primeira afirmação do Questionário SUS.	111
Gráfico 18: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a segunda afirmação do Questionário SUS.	112
Gráfico 19: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a terceira afirmação do Questionário SUS.	113
Gráfico 20: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a quarta afirmação do Questionário SUS.	114
Gráfico 21: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a quinta afirmação do Questionário SUS.	115
Gráfico 22: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a sexta afirmação do Questionário SUS.	116
Gráfico 23: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a sétima afirmação do Questionário SUS.	117

Gráfico 24: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a oitava afirmação do Questionário SUS.	118
Gráfico 25: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a nona afirmação do Questionário SUS.	119
Gráfico 26: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a décima afirmação do Questionário SUS.	120
Gráfico 27: Pontuação SUS dos participantes.	125
Gráfico 28: Classificação SUS por adjetivos de Bangor, Kortum e Miller (2009).....	126

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores do PEC-PCD.....	31
Tabela 2: Classificação da pontuação da interface no questionário SUS.....	61
Tabela 3: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 1.	70
Tabela 4: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 2.	74
Tabela 5: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 3.	78
Tabela 6: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 4.	82
Tabela 7: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 5.	86
Tabela 8: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 6.	91
Tabela 9: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 7.	95
Tabela 10: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 8.	99
Tabela 11: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 9.....	103
Tabela 12: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 10.....	107
Tabela 13: Classificação do coeficiente linear de Pearson.....	123
Tabela 14: Resultado dos coeficientes linear de Pearson para o questionário SUS.	123

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Fontes de dados para a gestão de riscos de desastres.	21
Quadro 2: Métodos de Visualização Extrínseca.....	35
Quadro 3: Métodos de Visualização Intrínseca.	36
Quadro 4: Linguagem cartográfica do projeto.	50
Quadro 5: Questionário SUS.....	59
Quadro 6: Escala Likert.....	60
Quadro 7: Classificação média das questões do questionário SUS.....	121
Quadro 8: Interpretação da correlação linear de Pearson.....	124

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	17
2.1. OBJETIVO GERAL	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1. CONCEITUAÇÃO E GESTÃO DE DESASTRES NO BRASIL	18
3.2. MAPEAMENTO COLABORATIVO E SEU USO EM DESASTRES	21
3.2.1. Conceitos relacionados ao mapeamento colaborativo	21
3.2.2. Mapeamento Colaborativo no Âmbito dos Desastres	23
3.2.3. A Plataforma <i>OpenStreetMap</i> (OSM)	25
3.3. AVALIAÇÃO E PARÂMETROS DE QUALIDADE DE DADOS GEOESPACIAIS	27
3.3.1. Parâmetros Extrínsecos de Avaliação da Qualidade	29
3.3.2. Parâmetros Intrínsecos de Avaliação da Qualidade	32
3.4. VISUALIZAÇÃO DA QUALIDADE DE DADOS VGI	34
3.4.1. Estrutura de Interface para Visualização da Qualidade	37
4. METODOLOGIA	39
4.1. DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO DE CASO	39
4.2. MATERIAIS	40
4.3. MÉTODOS	41
4.3.1. Definição dos Usuários e Requisitos do Sistema	42
4.3.2. Aquisição de Dados	46
4.3.3. Projeto Cartográfico	49
4.3.4. Implementação da Interface de Teste	54
4.3.5. Avaliação da Interface de Teste	56
5. RESULTADOS E ANÁLISES	62
5.1. CARACTERIZAÇÃO DOS USUÁRIOS PARTICIPANTES	62
5.2. TAREFAS DE LEITURA DE MAPAS	68
5.2.1. Tarefa 1	69
5.2.2. Tarefa 2	73

5.2.3. Tarefa 3.....	77
5.2.4. Tarefa 4.....	81
5.2.5. Tarefa 5.....	85
5.2.6. Tarefa 6.....	90
5.2.7. Tarefa 7.....	94
5.2.8. Tarefa 8.....	98
5.2.9. Tarefa 9.....	102
5.2.10. Tarefa 10.....	106
5.3. AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DA INTERFACE DE TESTE.....	110
5.3.1. Análise das Respostas Registradas no Questionário SUS.....	111
5.3.2. Análise de Correlação Linear entre as Respostas.....	122
5.3.3. Classificação da Usabilidade da Interface.....	125
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	127
REFERÊNCIAS.....	131
APÊNDICE A - FORMULÁRIO PARA REALIZAÇÃO DOS TESTES DE USABILIDADE.....	139

1. INTRODUÇÃO

A popularização de projetos baseados em Informações Geográficas Voluntárias (VGI), como o caso do *OpenStreetMap* (OSM), permitiu que usuários, com ou sem experiência em cartografia, pudessem acessar, utilizar, criar e compartilhar informações geográficas. Entretanto, um usuário sem conhecimento cartográfico dificilmente irá questionar a qualidade dos dados VGI pois o mesmo desconhece ou acredita que não há problemas de qualidade no conjunto de dados. A fonte das informações geoespaciais não são consideradas importantes no processo de confiabilidade de um mapa (PARKER, 2014). De acordo com Idris, Jackson e Abrahart (2011), um mapa bem apresentado e em ambiente operacional, como o OSM, se torna confiável com base apenas em seu design visual e sua simbologia. Se para o usuário o mapa aparenta bom e atraente, então é confiável.

A geração de relatórios e tabelas pode ser uma fácil solução para a análise da qualidade dos dados para usuários especialistas, porém não é possível atender a compreensão de toda a comunidade diversificada de usuários que utilizam o mapeamento colaborativo. A maioria das pesquisas relacionadas à qualidade de dados colaborativos concentram-se na avaliação e descrição dos resultados, havendo poucos estudos que incluam sua visualização (SKOPELITI; ANTONIOU & BANDROVA, 2017).

Devido à pouca exploração, inúmeros aspectos da qualidade dos dados colaborativos que poderiam ser representados visualmente acabam sendo perdidos ou não são notados por pesquisadores e cientistas. No entanto, Skopeliti, Antoniou e Bandrova (2017) afirmam que há uma infinidade de medidas e indicadores para expressar a qualidade destes dados, e ao selecionar métodos apropriados é possível explorar melhor o potencial da visualização. Como o conjunto de usuários de mapeamento colaborativo é diversificado em termos de conhecimento cartográfico, é importante que a visualização seja compreensível por todos os usuários (JONES, 2011).

A visualização de qualidade também é de interesse das Agências Nacionais de Mapeamento (ANM) que utilizam VGI. Em países em desenvolvimento, os dados espaciais do mapeamento colaborativo podem tornar-se uma boa alternativa de fonte de dados, devido aos poucos recursos financeiros disponibilizados pelas ANM

(CAMBOIM; BRAVO & SLUTER, 2015) e a baixa disponibilidade de capacitação técnica e tecnologias (MORERI; FAIRBAIRN & JAMES, 2018).

Os voluntários têm desempenhado um importante papel na garantia de que as fontes validadas de informações geográficas sejam precisas e se mantenham atualizadas. Enquanto os dados oficiais apresentam vantagens em termos de elementos de qualidade, como a sua homogeneidade, o dado de mapeamento colaborativo pode ser vantajoso em termos de completude e precisão posicional. Por meio da visualização torna-se possível apresentar essas diferenças de qualidade, especialmente para usuários não especialistas (GOODCHILD & GLENNON, 2010; HAKLAY, 2010; VANDECASTEELE & DEVILLERS, 2015; OLTEANU-RAIMOND et al., 2017).

De acordo com Goodchild (2007) e Goodchild e Glennon (2010), um dos principais problemas encontrados é a indisponibilidade de dados oficiais atualizados. Estes dados podem ser considerados peças fundamentais para a tomada de decisões em situações de crise, onde muitas das vezes é necessário que as informações espaciais da localidade afetada sejam fornecidas em tempo real. Dessa forma, determinar e visualizar a qualidade de dados colaborativos torna-se uma boa alternativa no que se diz respeito ao controle e gestão de desastres.

Segundo Joaquim (2020), as atividades de mapeamento colaborativo, em regiões de ocorrências de desastres ou crises humanitárias, contribuem para a geração de dados que muitas vezes acabam sendo subaproveitados por órgãos oficiais devido ao desconhecimento da qualidade das informações voluntárias. Alguns projetos de pesquisa, como os de MacEachren (1995); Leitner e Battenfield (2000); Cliburn et al. (2002) e Deitrick (2007), revelaram que a visualização da qualidade auxilia no processo de tomada de decisão, e conseqüentemente, tende a decisões significativamente melhores.

Dessa forma, é evidente a necessidade de visualização da qualidade dos dados provenientes de mapeamento colaborativo. Uma vez que as plataformas abrangem um conjunto diversificado de usuários, a visualização de qualidade deve atender às suas diferentes necessidades e ser capaz de exibir funcionalidades variáveis, operando como uma ferramenta de conscientização para o usuário leigo em cartografia, assim como uma ferramenta de exploração para usuários experientes (SKOPELITI; ANTONIOU & BANDROVA, 2017). Em conjunto às situações de desastres, a visualização da qualidade do mapeamento colaborativo em áreas

afetadas torna-se uma ferramenta de apoio necessária e eficiente no auxílio de tomadas de decisões em ações de prevenção às catástrofes (JOAQUIM, 2020).

Assim, a partir das informações apresentadas anteriormente, fica clara a necessidade de um projeto cartográfico que explore a visualização da qualidade de dados do mapeamento colaborativo. Por mais que existam diversos estudos que estimem a qualidade dos dados por meio de análises e avaliações, ainda são escassas as pesquisas com foco em visualizar a qualidade destes. Assim, o problema deste projeto de pesquisa apresenta a seguinte questão: Quais métodos de visualização cartográfica mais eficazes para representar os parâmetros intrínsecos da qualidade de dados VGI, em áreas suscetíveis a desastres, levando em consideração os diferentes níveis de conhecimento cartográfico dos usuários e a necessidade de rápida tomada de decisão? A hipótese levantada é de que se for possível definir um projeto cartográfico que atenda a necessidade de visualização da qualidade VGI em áreas suscetíveis a desastres, então será possível adotar métodos de visualização cartográfica que auxiliem nos processos de compreensão dos diversos tipos de usuários e na tomada de decisão em casos de desastres.

Portanto, para o desenvolvimento desta pesquisa, foi proposta a elaboração e avaliação de um projeto cartográfico, por meio de uma interface de teste, que permita a visualização da qualidade de dados provenientes do mapeamento colaborativo, por meio de indicadores dos próprios dados, conhecidos também como parâmetros intrínsecos, e métodos cartográficos de visualização. A escolha dos indicadores e métodos de visualização adequados foi realizada levando em consideração a usabilidade em casos de desastres.

2. OBJETIVOS

A presente pesquisa apresenta os seguintes objetivos, descritos abaixo.

2.1. OBJETIVO GERAL

Propor e avaliar o projeto cartográfico de um mapa interativo web para a visualização da qualidade de dados do mapeamento colaborativo, em regiões com suscetibilidade a desastres, por meio de parâmetros intrínsecos de qualidade e métodos cartográficos de visualização.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir os usuários e os requisitos do sistema para o processo de exploração e tomadas de decisão em casos de desastres;
- Determinar os parâmetros intrínsecos, assim como os métodos de visualização cartográfica, viáveis para a representação da qualidade de dados de mapeamento colaborativo;
- Projetar e elaborar uma interface de teste do projeto cartográfico, a fim de visualizar a qualidade de áreas suscetíveis a desastres, utilizando-se o município de Angra dos Reis-RJ como região para estudo de caso;
- Realizar testes de tarefas de leitura de mapas com usuários, para avaliar a eficácia dos métodos de visualização propostos no projeto cartográfico; e
- Realizar testes de usabilidade, a fim de verificar a eficiência e eficácia da interface de teste do projeto cartográfico, bem como estimar a satisfação do usuário em utilizá-la.

3. REVISÃO DE LITERATURA

A fundamentação teórica que baseia esta pesquisa é apresentada nas seções a seguir. Primeiramente são apresentados os conceitos relacionados a desastres e como ocorre a gestão dos mesmos no Brasil. Em seguida, na segunda seção, têm-se os conceitos do mapeamento colaborativo e sua relação no contexto de desastres. A terceira seção apresenta os parâmetros de avaliação da qualidade de dados geoespaciais assim como seus métodos de avaliação. Por fim, a quarta seção apresenta conceitos e métodos indicados para visualização da qualidade de dados do mapeamento colaborativo e estruturação de uma interface de visualização.

3.1. CONCEITUAÇÃO E GESTÃO DE DESASTRES NO BRASIL

Conforme definido pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC (BRASIL, 2012), um desastre pode ser entendido como o resultado de uma variedade de eventos que podem ser causados pelo ser humano ou ocorrer naturalmente, impactando um ecossistema vulnerável e resultando em danos humanos, materiais e ambientais, além de prejuízos econômicos e sociais. A magnitude do evento e o grau de vulnerabilidade do sistema afetado são fatores determinantes para a intensidade de um desastre.

Segundo Noal et al. (2016), o risco de desastres resulta da interação entre eventos físicos prejudiciais e as condições de vulnerabilidade de um determinado local. O desencadeamento do desastre está associado à qualidade dos eventos físicos provenientes da dinâmica da natureza, como eventos geológicos, hidrológicos, meteorológicos e biológicos, ou gerados pela ação humana, como degradação ambiental, rompimentos de barragens e acidentes químicos e nucleares. A vulnerabilidade, por sua vez, refere-se a situações específicas nos âmbitos social, político, econômico e ambiental, que propiciam a deterioração das condições de vida de diversos grupos populacionais, resultando em novas formas de vulnerabilidade social e ambiental. Os autores ressaltam que desastres ocorridos em contextos de vulnerabilidade socioambiental tendem a impactar mais severamente os países e populações mais pobres, colocando em risco a sobrevivência e os meios de

subsistência da população, além de aumentar a probabilidade de agravos à saúde e doenças.

Ainda de acordo com os autores, os desastres podem ser categorizados com base em sua ocorrência, duração e intensidade, sendo classificados como intensivos ou extensivos. Os desastres intensivos são caracterizados por uma baixa frequência de eventos, mas apresentam um elevado potencial de perdas, concentrando-se espacialmente. Exemplos incluem terremotos, tsunamis, erupções vulcânicas, furacões e inundações abruptas. Por outro lado, os desastres extensivos são marcados por uma alta frequência de eventos, embora não causem um grande número de fatalidades. No entanto, os desastres extensivos resultam em danos extensos à infraestrutura local e às habitações, exercendo um impacto significativo na vida das comunidades e sociedades de baixa renda. Exemplos desses desastres incluem secas, inundações graduais e erosão (NOAL et al., 2016).

Devido à sua dimensão continental, o Brasil é um país que apresenta diferentes ocorrências de desastres em suas regiões. Em 2005, a bacia Amazônica enfrentou uma significativa seca que afetou cerca de 167 mil habitantes, levando o estado do Amazonas a decretar estado de calamidade pública. Posteriormente, em 2010, uma nova seca atingiu mais de 120 mil pessoas na mesma região (XAVIER et al., 2011). Em outubro de 2015, a região Sul foi impactada por intensas chuvas, resultando em inundações e deslizamentos de terra em diversos municípios, deixando milhares de pessoas desabrigadas. No início de 2011, fortes chuvas atingiram a Região Serrana do Rio de Janeiro, provocando enchentes e deslizamentos de terra que afetaram áreas urbanas e rurais. O desastre na Região Serrana destacou questões como construções em áreas de risco, acúmulo de lixo em encostas, desmatamento e urbanização não planejada, fatores que contribuíram para aumentar a vulnerabilidade local e resultaram em 918 óbitos registrados. Esse episódio evidencia como a falta de planejamento e o descumprimento de normas podem intensificar os impactos dos desastres e agravar a vulnerabilidade das populações afetadas. (FREITAS et al., 2014; NOAL et al., 2016).

Noal et al. (2014) destacam que os desastres não apenas refletem uma situação preexistente de risco e vulnerabilidade, mas também geram novos cenários de riscos e vulnerabilidades, moldados pelas condições ambientais, sociais e sanitárias de uma determinada localidade. Nesse sentido, torna-se necessária a implementação de políticas contínuas e integradas direcionadas à redução do risco

de desastres, bem como políticas que abordem a preparação, resposta, reabilitação e reconstrução de sociedades ou comunidades afetadas.

No Brasil, a atenção para a redução de desastres está prevista na PNPDEC, a qual foi instituída em 10 de abril de 2012. Essa política estabelece um ciclo abrangente de gestão de riscos e desastres, composto por quatro fases: prevenção, preparação, resposta e recuperação. Dentro desse contexto, estabelece uma série de diretrizes e exigências para os municípios, visando à minimização dos impactos causados pelos desastres. Uma dessas exigências é a elaboração de mapeamentos detalhados dos processos de risco presentes nas áreas suscetíveis a deslizamentos e inundações, bem como a outros fenômenos geológicos e hidrológicos. Além disso, a PNPDEC também impõe a necessidade de criação de planos de contingência. Estes planos visam tanto a atuação imediata em caso de ocorrência de um desastre, como também a implementação de medidas preventivas e de preparação para minimizar os danos. Outra medida importante é a fiscalização e a proibição da ocupação em áreas de risco, evitando assim a exposição desnecessária da população a situações de perigo (BRASIL, 2012; MENEZES et al., 2021).

A PNPDEC abrange uma variedade de ações direcionadas à prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação, com foco na proteção e defesa civil. É dever dessa política se integrar com outras políticas setoriais, como ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos, geologia, infraestrutura, educação, ciência e tecnologia, a fim de promover o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2012). Uma diretriz importante da PNPDEC, que envolve a União, estados e municípios, é o compartilhamento de dados e informações com o sistema nacional de informações e monitoramento de desastres. Esse intercâmbio de informações é crucial para possibilitar um monitoramento eficiente e uma análise adequada dos desastres, resultando em respostas mais ágeis e eficazes por parte das autoridades competentes. O Quadro 1 abaixo apresenta algumas fontes de dados nacionais para a gestão de riscos de desastres.

Quadro 1: Fontes de dados para a gestão de riscos de desastres.

BASE DE DADOS	FONTE
Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID	SEDEC-MI
Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (1991 – 2012)	SEDEC-MI
Anuário Brasileiro de Desastres Naturais (2011 – 2013)	SEDEC-MI
Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações	CPRM
Mapas Geológicos, Hidrogeológicos e outros	CPRM
Cartas Geotécnicas	Ministério das Cidades
Observatório Nacional de Clima e Saúde	Fiocruz - Ministério da Saúde
Sistema de Informações Hidrológicas	Agência Nacional de Águas
Monitoramento de Queimadas e Incêndios	INPE

Fonte: Adaptado de Alvalá e Barbieri (2018).

3.2. MAPEAMENTO COLABORATIVO E SEU USO EM DESASTRES

3.2.1. Conceitos relacionados ao mapeamento colaborativo

Lima et al. (2010) definem que mapeamento colaborativo é quando ocorre mais de uma iniciativa de mapeamento em uma mesma região e todos os trabalhos se comunicam e contribuem entre si, havendo assim uma troca de dados geográficos. Seu surgimento pode ser atribuído pela eclosão da chamada *Web 2.0*, que proporcionou a interação de diferentes indivíduos, por meio de aplicações e plataformas online, no compartilhamento de conhecimentos e experiências particulares via *internet* (CONSTANTINIDES & FOUNTAIN, 2008; PAIVA, 2021).

Um dos termos utilizados para o mapeamento colaborativo é o *Volunteered Geographic Information* (VGI), traduzido para a língua portuguesa como Informações Geográficas Voluntárias (GOODCHILD, 2007), o qual caracteriza a produção voluntária de informações geoespaciais por pessoas sem conhecimento cartográfico especializado (MACHADO & CAMBOIM, 2019).

Os sistemas VGI apresentam particularidades no que se refere ao conteúdo das informações, as tecnologias aplicadas na aquisição dos dados, a qualidade, os métodos e as técnicas utilizadas e os processos sociais relacionados com a sua criação e impactos. Diferenciam-se dos sistemas convencionais de produção geoespacial pois possibilitam mudança nos modos de produção, uso e disseminação de informações geográficas, que anteriormente eram apenas de responsabilidade de instituições estatais ou privadas e realizados por profissionais especializados (ELWOOD, GOODCHILD & SUI, 2011; JOAQUIM, 2020).

Segundo Goodchild (2007), as atividades que envolvem plataformas VGI foram provenientes da combinação da popularização de mapas online, do surgimento da *Web 2.0* e do crescimento das plataformas *crowdsourcing*. Esta última é definida por uma fonte de obtenção de dados elaborada por meio de métodos informatizados, onde as informações fornecidas são disponibilizadas por pessoas com qualquer tipo de formação técnica (ELIAS, 2019).

O mapeamento colaborativo preconizou os impactos que ocorrem nos sistemas de informação geográfica e em toda sociedade. Alguns dos pontos positivos que podemos destacar são a produção e disponibilização de um grande volume de dados geoespaciais atualizados frequentemente e, em alguns casos, abertos na *internet*, como por exemplo a plataforma *OpenStreetMap* (OSM). Os dados podem ser produzidos por moradores locais, que conhecem a dinâmica espacial da região e, portanto, podem fornecer informações importantes para o planejamento urbano e tomada de decisões municipais. Devido às dificuldades na produção e na atualização do mapeamento de referência, em muitos países o mapeamento colaborativo torna-se uma alternativa interessante para o uso em conjunto com o mapeamento de referência, nas atividades de gestão urbana, além do fato de possuir baixo custo na produção (SIEBER & JOHNSON, 2013; MACHADO & CAMBOIM, 2019).

Em razão de capacidade de atualização quase em tempo real, outro aspecto positivo do mapeamento voluntário é ser uma ferramenta de auxílio em casos de desastres e situações de emergência, possuindo informações relevantes antes, durante e após essas situações (MIRANDA, 2010; FONTES, 2017). Além disso, as informações geográficas voluntárias têm se mostrado valiosas nos casos em que as fontes oficiais de informação geoespacial não existem ou são inacessíveis ao público (MCDUGALL, 2009).

3.2.2. Mapeamento Colaborativo no Âmbito dos Desastres

Segundo Oliveira e Brito (2017), um dos principais desafios na gestão de desastres está em lidar com a velocidade e a imprevisibilidade em que esses eventos ocorrem. Muitas das vezes, os órgãos públicos possuem recursos e equipe técnica bastante limitados, o que dificulta o monitoramento adequado para a gestão de desastres. Além disso, a rápida expansão urbana, especialmente em áreas ocupadas de forma não planejada, exige atualizações constantes dos fatores relacionados à vulnerabilidade. Dessa maneira, esses desafios requerem abordagens flexíveis e adaptáveis para garantir a efetiva prevenção e preparação em casos de desastres.

As informações geográficas processadas em SIG desempenham um papel importante na gestão de riscos e desastres. Essas ferramentas fornecem suporte na análise e mapeamento de áreas de risco, no planejamento de rotas de evacuação, na identificação de áreas afetadas, entre outras ações relacionadas, tornando-se instrumentos indispensáveis para a redução dos impactos causados pelos desastres, permitindo uma abordagem mais eficaz na gestão dessas situações críticas (MASKREY, 1998; GOODCHILD & GLENNON, 2010).

Recentes aplicações VGI têm demonstrado a eficácia desses recursos como importantes ferramentas de apoio na gestão de riscos e desastres. A utilização de informações colaborativas permite a participação da sociedade no monitoramento em tempo real dos riscos e na realização de mapeamentos com um grande volume de dados. Além disso, essas informações contribuem para a criação de uma rede de comunicação eficiente durante situações de desastre, fornecendo alertas e informações de socorro. Os danos causados por desastres e o surgimento do VGI como uma ferramenta eficaz na gestão de desastres, destacam a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre o assunto (OLIVEIRA & BRITO, 2017).

De acordo com Goodchild (2007) e Goodchild e Glennon (2010), a falta de disponibilidade de dados espaciais da área afetada é uma das principais dificuldades enfrentadas durante a ocorrência de desastres. Durante situações de crise, é crucial ter acesso imediato a informações geográficas essenciais para a execução de ações efetivas. Conforme os autores, mesmo em áreas onde os dados geográficos estão disponíveis, é necessário que essas informações sejam atualizadas em tempo real, levando em consideração o período em que o desastre está ocorrendo. A

disponibilidade e atualização de dados espaciais são elementos fundamentais para uma resposta eficiente e direcionada diante de desastres.

Segundo Goodchild (2007), Castelein et al. (2010), Parker (2012) e Esmail, Naeseri e Esmail (2013), houve uma evolução significativa no processo de obtenção de informações geográficas ao longo das últimas décadas. Anteriormente, esse processo era realizado por meio de técnicas convencionais de mapeamento conduzidas por empresas especializadas e agências governamentais. No entanto, essa abordagem apresentava limitações, especialmente em regiões com recursos tecnológicos ou financeiros restritos, além de áreas que não eram consideradas de interesse pelos produtores oficiais de dados cartográficos. Nessas localidades, a falta de informações geográficas nas bases de dados impedia a realização de análises fundamentais para a gestão do território (OLIVEIRA & BRITO, 2017).

Diante desse cenário, diversas iniciativas surgiram com o propósito de obter informações geográficas por meio da contribuição voluntária da população, utilizando a internet como base dessas ações. Essas abordagens apresentaram resultados promissores, especialmente em relação à disponibilidade e atualização dos dados geográficos, além da capacidade de viabilizar a realização de mapeamentos colaborativos em grande escala (GOODCHILD, 2007; SIEBER, 2007; SUI, 2008; ELWOOD, 2008; OLIVEIRA & BRITO, 2017).

A Humanitarian OpenStreetMap Team (HOT) é uma organização vinculada à Fundação OpenStreetMap (OSM) que se dedica a ações humanitárias em escala global, visando alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) por meio do mapeamento aberto. O principal objetivo dessas ações é promover o uso e a criação de comunidades OSM para intervenções humanitárias (JOAQUIM, 2020).

A HOT teve sua primeira atuação significativa durante o terremoto no Haiti, em 2010. Em menos de 48 horas, a equipe mapeou a área afetada, permitindo o resgate e a assistência às vítimas. Essa iniciativa contribuiu para a criação de uma base de dados do país, já que essa informação não estava disponível anteriormente. A partir desse momento, as intervenções humanitárias baseadas em mapeamento colaborativo expandiram-se para outros países em todo o mundo, demonstrando a importância do mapeamento colaborativo para situações de emergência e intervenções humanitárias. Através da participação da comunidade e do uso de tecnologias abertas, tornou-se possível fornecer informações geográficas vitais para auxiliar no planejamento, resposta e recuperação em desastres, bem como para o

desenvolvimento sustentável de áreas afetadas (HAKLAY; WARDLAW & MAZUMDAR, 2014; JOAQUIM, 2020).

A HOT também oferece um conjunto de ferramentas de uso gratuito, acessíveis por meio de uma conta, que permitem a edição de projetos de mapeamento, oferecem treinamentos e guias, possibilitam a criação de projetos ou campanhas de mapeamento, e disponibilizam dados, análises e o uso de imagens. Além disso, fornecem documentação técnica e de campo, permitindo a visualização de alterações e coleta de dados. Essas ferramentas oferecem recursos abrangentes para facilitar e aprimorar as atividades de mapeamento e apoio às ações humanitárias da HOT (JOAQUIM, 2020).

3.2.3. A Plataforma *OpenStreetMap* (OSM)

O OSM é uma plataforma VGI, criada em 2004 por Steve Coast, cujo principal objetivo é a produção e compartilhamento de informações geográficas a nível mundial e gratuita por meio da internet. O projeto teve início no Reino Unido motivado pelas restrições de uso e acesso às informações da base cartográfica de referência europeia, realizada pelo *Ordnance Survey* (CHILTON, 2011). Devido ao seu potencial impacto na disponibilização de dados espaciais de maneira inovadora, o OSM atraiu o interesse de inúmeras empresas e pesquisadores ao redor do mundo e é considerado atualmente o maior projeto de mapeamento voluntário existente.

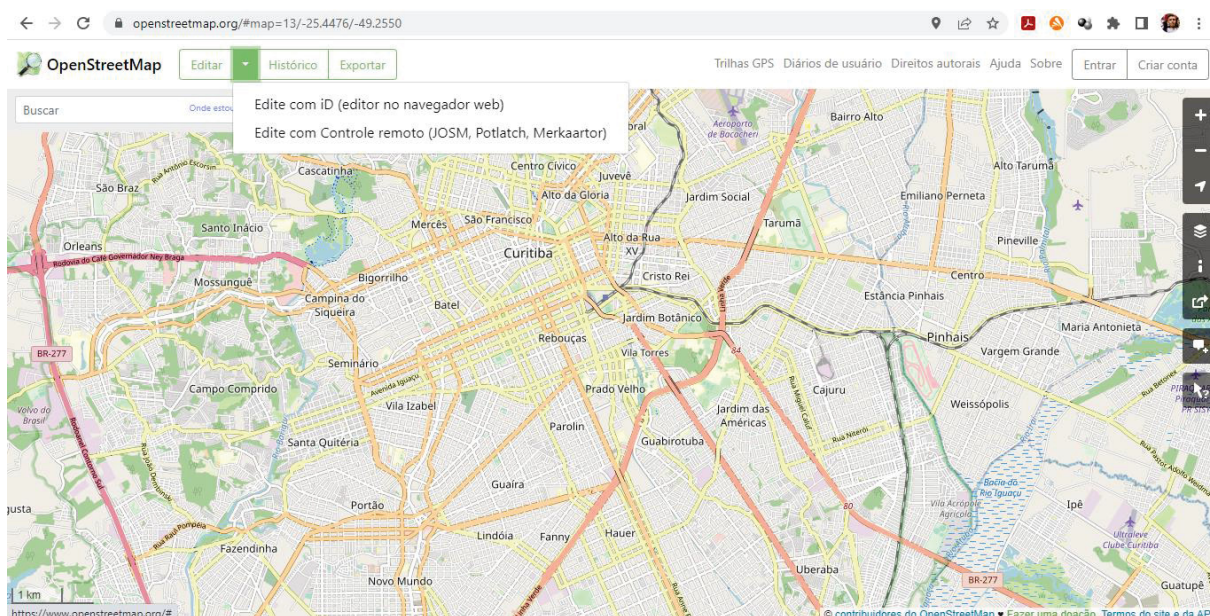
Os dados da plataforma OSM são disponibilizados abertamente sob a licença *Open Data Commons Open Database License* (ODbL), permitindo aos seus usuários sua utilização sem custos e restrições, dessa forma, permite a cópia, distribuição, transmissão e edição de dados, desde que a plataforma seja referenciada.

De maneira geral, a produção de dados para o OSM pode ter origem de múltiplas fontes e editados e importados por diferentes colaboradores, seja por meio do traçado de feições sobre imagens orbitais, por importação de dados de fontes públicas e privadas, por coleta de dados utilizando rastreamento GNSS, ou até mesmo pela edição da nomenclatura de algum local graças ao conhecimento regional de um usuário. A grande quantidade de dados geoespaciais presentes na plataforma e a sua constante atualização por parte dos voluntários, também possibilita realizar análises

comparativas entre os dados VGI e dados cartográficos de referência (BRAVO & SLUTER, 2016).

O acesso ao OSM é realizado por meio de um navegador de internet e acessando seu endereço *web* (<<https://www.openstreetmap.org>>). Possui uma interface simples que permite o usuário registrar-se na plataforma, realizar consultas, explorar os *layers* existentes, fazer consultas de dados e informações, importar e exportar dados, bem como editá-los por meio de suas ferramentas como o *Java OpenStreetMap Editor* (JOSM) ou o *JavaScript* baseado na *Web*, iD. A Figura 1 ilustra a interface do OSM.

Figura 1: Interface da plataforma OSM



Fonte: <https://www.openstreetmap.org> (2022).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tradicionais geralmente utilizam ponto, linha e polígono como primitivas gráficas de representação em um mapa. No modelo conceitual do OSM, as primitivas gráficas são representadas por elementos denominados de nós, caminhos e relações, os quais são compostos por propriedades que descrevem as características de cada feição. Estes elementos podem ser definidos da seguinte maneira:

- **Nó:** representação pontual de um par de coordenadas (latitude e longitude) utilizado para representar pontos de ônibus, postes, semáforos, árvores, e outras feições pontuais;

- Caminhos: é uma estrutura linear, caracterizada por uma sequência ordenada de nós, que permite representar feições como estradas, edificações, hidrografias, limites administrativos, entre outros; e
- Relações: estrutura que permite o relacionamento entre feições, como por exemplo a relação de rota para descrever o sentido de caminhos de feições lineares ou a relação de restrição, a qual informa os locais que não permitem determinado acesso.

A relação entre o contexto temático da informação e o dado geométrico é realizada por meio da utilização de chaves (ou *keys*), onde inúmeras chaves podem descrever uma única feição. As etiquetas (ou *tags*) permitem conectar uma mesma geometria a diferentes contextos temáticos (PAIVA, 2021).

3.3. AVALIAÇÃO E PARÂMETROS DE QUALIDADE DE DADOS GEOESPACIAIS

Segundo Servigne et al. (2006), a qualidade de um dado pode ser compreendida como a conformidade do dado com uma determinada especificação, assim como, também pode ser entendida como a capacidade de um produto ou serviço de satisfazer as necessidades de um usuário.

Normas e especificações técnicas nacionais e internacionais, como a International Organization for Standardization (ISO), têm buscado classificar a qualidade de dados geoespaciais, estabelecendo alguns parâmetros, de modo a auxiliar no processo de avaliação da qualidade destes dados. Grande parte dessas normas avalia a confiabilidade de um produto por meio da comparação com produtos de referência (PAIVA, 2021). A norma ISO 19.157 (2013) baseia-se na aplicação de elementos de mensuração, a fim de atender às necessidades do usuário, relacionando a qualidade dos dados geoespaciais ao processo de definição das suas características de produção.

O dado geográfico está inserido basicamente em três dimensões, sendo estas o espaço, o tempo e o tema, e para realizar a avaliação de dados espaciais é necessário que essas dimensões sejam levadas em consideração. Os fenômenos espaciais incidem em um determinado local, num período de tempo e de acordo com uma determinada temática. Dessa forma, é imprescindível que parâmetros utilizados

para mensurar a qualidade dos dados espaciais sejam derivados destas dimensões (BERRY, 1964; JOAQUIM, 2020).

De acordo com a norma ISO 19.157 (2013), os parâmetros de avaliação da qualidade de dados geoespaciais são categorizados em: completude, consistência lógica, acurácia posicional, acurácia temporal, acurácia temática e usabilidade. Estes parâmetros são definidos a seguir.

- Completude: refere-se à presença ou ausência de feições. É avaliada por comissão (excesso) ou omissão (falta) de dados;
- Consistência Lógica: está relacionada ao cumprimento das regras lógicas da estrutura dos dados, dos atributos e dos relacionamentos. A estrutura dos dados refere-se ao aspecto conceitual, físico ou lógico e pode ser classificada em consistência conceitual, consistência de domínio, consistência de formato e consistência topológica;
- Acurácia Posicional: refere-se à qualidade da posição geográfica de um conjunto de dados espaciais. Podendo ser classificada em absoluta ou externa, relativa ou interna e de grade;
- Acurácia Temporal: está relacionada à qualidade dos atributos temporais e dos relacionamentos temporais entre dados espaciais. É subdivida em exatidão de uma medida de tempo, consistência temporal e validade temporal;
- Acurácia Temática: refere-se à correta interpretação de feições e atributos, assim como sua devida classificação. Pode ser dividida em acurácia da classificação, acurácia de atributos não quantitativos e acurácia de atributos quantitativos; e
- Usabilidade: é relacionada aos requisitos do usuário e na aderência das informações às necessidades do mesmo.

Nos casos onde são avaliados os dados provenientes do mapeamento colaborativo a análise da qualidade pode ser realizada por meio da utilização de medidas e indicadores (SKOPELITI; ANTONIOU & BANDROVA, 2017), os quais formam a base para a estimativa da qualidade dos dados apoiando-se em técnicas extrínsecas e intrínsecas de avaliação. As seções a seguir apresentam os métodos extrínsecos e intrínsecos recomendados para a avaliação de dados de mapeamento colaborativo.

3.3.1. Parâmetros Extrínsecos de Avaliação da Qualidade

Os parâmetros extrínsecos, ou clássicos, aplicados para a avaliação da qualidade de dados VGI basicamente consistem na comparação entre medidas observadas sobre os dados geográficos colaborativos e os dados provenientes de fontes oficiais, tendo como base a utilização dos parâmetros de qualidade de dados geoespaciais. Estes parâmetros são apresentados a seguir, em conformidade com a norma ISO 19.157 (2013) e descritos por Paiva (2021).

a) Completude

Para a análise da qualidade de dados geoespaciais por completude, são realizadas medidas de comissão e/ou omissão de feições. No caso da comissão é avaliado o excesso de dados presentes no produto cartográfico, onde é calculado o percentual de dados que não pertencem ao conjunto de informações espaciais. A avaliação por omissão avalia a falta de dados, ou seja, é determinado o percentual de dados geográficos que não foram representados no produto cartográfico.

As medidas de completude são realizadas pela comparação com dados externos de referência, como por exemplo as bases cartográficas produzidas por órgãos oficiais. A estimação do percentual de feições existentes é realizada pela relação entre a quantidade de elementos do produto avaliado e a quantidade de elementos presentes na base de referência, considerando para ambos a mesma região geográfica. Se o produto avaliado apresentar excesso de feições em relação ao modelo de referência, então considera-se que há perda de qualidade por comissão. Caso o produto revele falta de informações espaciais, considera-se que há perda da qualidade por omissão.

b) Consistência Lógica

A consistência lógica pode ser avaliada em quatro aspectos diferentes: o primeiro é a consistência conceitual, onde é verificada a compatibilidade dos dados avaliados com o modelo conceitual proposto pelas normas e especificações de referência; o segundo é a consistência de domínio, que avalia se os atributos do dado estão de acordo com o modelo conceitual; o terceiro aspecto é a consistência de formato, onde o formato de arquivo do dado avaliado é verificado em razão de sua

adequação às estruturas disponíveis para sua utilização; o quarto é a consistência topológica, que avalia as configurações geométricas e topológicas do dado geoespacial em relação ao modelo conceitual de referência.

Dentre esses quatro aspectos, a consistência topológica ainda pode ser subdividida em três tipos de validação: por dados de uma mesma classe, no qual é analisado o comportamento do dado de uma determinada camada de informação, a fim de detectar incoerências na geometria dos dados; por dados de classes distintas, onde identificam-se as falhas de conectividade entre as classes de objetos definidas no modelo conceitual; e por topologia específica, que realiza a identificação de inconsistências topológicas nos dados que não são abordadas no modelo conceitual.

c) Acurácia Posicional

A avaliação da qualidade de dados geoespaciais, por meio da acurácia posicional, é dada pela realização de coleta de amostras observadas em campo (rastreamento GNSS, por exemplo) e sua comparação com as observações homólogas do produto avaliado. Também pode ser avaliada pela comparação entre as coordenadas das feições dos objetos e as coordenadas de feições homólogas presentes em uma base cartográfica de referência, desde que a base de referência tenha sido validada por um processo de avaliação de qualidade anteriormente.

A avaliação da qualidade posicional em território brasileiro é determinada pela Especificação Técnica para o Controle de Qualidade dos Dados Geoespaciais (ET-CQDG), elaborada pela Diretoria de Serviços Geográficos do Exército (DSG) e baseada na norma ISO 19.157 (2013), que descreve métodos de determinação da acurácia posicional por meio de procedimentos padronizados. A ET-CQDG atende ao Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), estabelecido pelo Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984, que determina os níveis de exatidão posicional do produto cartográfico em função de sua escala de representação. No caso de produtos cartográficos digitais, o PEC é instituído pela Norma da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV 3.0), passando então a denominar-se Padrão de Exatidão Planimétrica para Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD).

O PEC-PCD é um indicador estatístico de dispersão, a nível de 90% de probabilidade, com o propósito de determinar a acurácia dos produtos cartográficos.

No processo de comparação entre pontos homólogos de um produto avaliado e um produto considerado como sendo de referência, 90% dos pontos analisados devem apresentar valores de acurácia posicional iguais ou abaixo dos indicados pela tabela do PEC-PCD. Em conjunto, os valores do Erro Médio Quadrático (EMQ) das amostras devem apresentar valores iguais ou abaixo do indicado na tabela, para a escala específica do produto. A Tabela 1 apresenta os valores estabelecidos pelo PEC-PCD.

Tabela 1: Valores do PEC-PCD.

Escalas						
PEC-PCD	1:1.000		1:2.000		1:5.000	
	PEC (m)	EMQ (m)	PEC (m)	EMQ (m)	PEC (m)	EMQ (m)
A	0,28	0,17	0,56	0,34	1,40	0,85
B	0,50	0,30	1,00	0,60	2,50	1,50
C	0,80	0,50	1,60	1,00	4,00	2,50
D	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00

Escalas						
PEC-PCD	1:10.000		1:25.000		1:1000.000	
	PEC (m)	EMQ (m)	PEC (m)	EMQ (m)	PEC (m)	EMQ (m)
A	2,80	1,70	7,00	4,25	28,00	17,02
B	5,00	3,00	12,50	7,50	50,00	30,00
C	8,00	5,00	20,00	12,50	80,00	50,00
D	10,00	6,00	25,00	15,00	100,00	60,00

Fonte: Adaptado de ET-ADGV (2011).

d) Acurácia Temporal

Conforme apresentado anteriormente, a acurácia temporal é caracterizada pelo intervalo de tempo entre uma data apresentada como parâmetro temporal de um dado de referência e a data da análise de um produto avaliado. Além disso, também pode ser avaliada por meio de três medidas: medida temporal, consistência temporal e validade temporal.

Na avaliação da qualidade por medida temporal, analisa-se o intervalo de tempo entre a data de coleta das observações utilizadas para representação e a data de sua disponibilização. A consistência temporal tem o fim de examinar a conformidade cronológica dos eventos e possui relação direta com o histórico de atualização dos dados geográficos. Enquanto a validade temporal, avalia a validade de um evento relacionado ao dado.

e) Acurácia Temática

A avaliação da qualidade de um dado geoespacial, considerando como parâmetro a acurácia temática, pode ser realizada por três tipos de mensuração: por classificação, por atributos não quantitativos e por atributos quantitativos.

Na acurácia por classificação, avalia-se a informação em que se pretende classificar a feição de acordo com suas características não quantitativas. Na avaliação da acurácia de atributos não quantitativos verifica-se a correta apresentação da toponímia de uma feição. E na determinação da acurácia por meio de atributos quantitativos, é realizada a comparação de um valor quantitativo de uma feição e um valor definido como real.

f) Usabilidade

A usabilidade é considerada o parâmetro mais adequado para a avaliação de dados VGI. Sua aplicação descreve informações de qualidades específicas acerca da adequação de dados a um determinado aplicativo ou em conformidade com os requisitos de um usuário (ANTONIOU & SKOPELITI, 2015; JOAQUIM, 2020). De acordo com a norma ISO 19.157 (2013), a usabilidade pode ser mensurada utilizando-se todos os parâmetros de qualidade apresentados anteriormente.

3.3.2. Parâmetros Intrínsecos de Avaliação da Qualidade

Nos casos em que não é possível de se realizar a comparação entre medidas obtidas sobre dados VGI e medidas fornecidas por fontes de referência, seja pela divergência entre os produtos, indisponibilidade de dados oficiais, alto custo de aquisição, entre outros aspectos, a qualidade dos dados VGI pode ser estimada por

meio de técnicas intrínsecas de avaliação, as quais baseiam-se na utilização de indicadores de qualidade dos dados colaborativos (SKOPELITI; ANTONIOU & BANDROVA, 2017; JOAQUIM, 2020).

De acordo com Antoniou e Skopeliti (2015), os indicadores de qualidade podem ser categorizados em: indicadores de dados, indicadores demográficos, indicadores socioeconômicos e indicadores contribuintes. Estes indicadores são descritos abaixo, respectivamente.

a) Indicador de Dados

Descreve os metadados das plataformas colaborativas referente a informações sobre o histórico do dado, sua geometria, feição, atributos, data, localidade e os números de edições e comentários realizados pelos usuários. O indicador de dados relaciona-se com os procedimentos de aquisição dos dados que determinam a qualidade semântica destes.

b) Indicador Demográfico

Este indicador tem a finalidade de apresentar a correlação de determinado parâmetro de qualidade de dados com o número da população existente em uma área específica. Como exemplo desta aplicação, têm-se os estudos realizados por Haklay (2010) e Zipf e Zielstra (2010), os quais relacionam os parâmetros de completude e acurácia posicional sobre áreas urbanas, detectando grande influência na qualidade de dados em regiões com alta densidade populacional.

c) Indicador Socioeconômico

O indicador socioeconômico tem relação com os fatores que podem influenciar no acesso e uso de meios tecnológicos de uma determinada área, como renda, nível de escolaridade, idade, cultura, entre outros. Um resultado da aplicação deste indicador foi apresentado por Girres e Touya (2010), onde verificaram que regiões de alta renda e baixa idade populacional tendem a apresentarem elevado número de contribuintes nas plataformas colaborativas. Holloway et al. (2007) perceberam também que o acesso à internet e o domínio da linguagem computacional são fatores que tendem a influenciar a participação de cidadãos nas plataformas.

d) Indicador Contribuinte

Este indicador relaciona-se com os fatores que motivam a participação dos colaboradores junto às plataformas, possibilitando assim melhor compreensão sobre os dados gerados pelos usuários. O conhecimento local dos contribuintes, sobre uma determinada área, tem influência favorável no que se diz respeito à completude e à precisão posicional na qualidade dos dados (JOAQUIM, 2020).

3.4. VISUALIZAÇÃO DA QUALIDADE DE DADOS VGI

Embora poucos estudos sobre qualidade de dados VGI tenham disponibilizado a visualização destes, existem diferentes maneiras de retratá-la graficamente. A qualidade do dado pode ser expressada com base em medidas, referentes à comparação do VGI com dados de referência, ou utilizando-se de indicadores de dados advindos das plataformas colaborativas. Os valores das medidas de qualidade são calculados para uma grade que cobre uma área de estudo e podem ser retratados utilizando esquemas de cores, como matiz e valor. A visualização da qualidade por meio de indicadores pode ser observada também pela grade de uma área e ainda no nível da própria feição. Entretanto, a definição do método mais apropriado é o principal desafio no processo de visualização da qualidade (SKOPELITI; ANTONIOU & BANDROVA, 2017).

A simbologia pode ser baseada nas variáveis visuais introduzidas por Bertin (1967). Estas incluem: tamanho, forma, orientação, matiz da cor, valor de cor, textura (ou granulação), saturação e transparência (MACEACHREN, 1992). Para a representação de dados numéricos, ordinais e categóricos, as variáveis visuais permitem classificar os dados em bom, médio e ruim (MACEACHREN, 1995; ROTH, 2017). Assim como no processo de avaliação, a visualização da qualidade de dados também pode ser realizada pela adoção de métodos extrínsecos e intrínsecos de visualização (HOWARD & MACEACHREN, 1996).

As técnicas extrínsecas inserem novos elementos para refletir a qualidade e não se baseiam na simbologia prévia dos valores dos dados. Elas possibilitam representar a qualidade usando variáveis visuais como tamanho, cor, textura, entre outras. Quanto à organização visual, os métodos extrínsecos podem ser coincidentes, quando os dados e a qualidade são mostrados no mesmo mapa, ou adjacentes, se

forem representados em mapas separados (HOWARD & MACEACHREN, 1996; GERSHON, 1998; SKOPELITI; ANTONIOU & BANDROVA, 2017). O Quadro 2 apresenta as variáveis visuais que podem ser usadas para representar a qualidade por métodos extrínsecos.

Quadro 2: Métodos de Visualização Extrínseca.

Método	Descrição	Variável Visual
Glifos	Objetos gráficos com geometria 2D ou 3D, como círculo, esfera, barra vertical, pirâmide, quadrado, etc.	Tamanho, valor de cor, saturação.
Contornos	Linhas que representam os mesmos valores (isolinhas) de qualidade.	Tamanho, valor da cor, matiz da cor, textura.
Grades	Recobrimento de uma superfície. Ex: hexágonos sobrepostos aos dados.	Tamanho, textura, contorno de grade (limites).

Fonte: Adaptado de Skopeliti, Antoniou e Bandrova (2017).

Ao contrário das técnicas extrínsecas, os métodos de visualização intrínsecos modificam a simbologia já presente nos valores dos dados para representar a qualidade. Isso é alcançado ao manipular uma variável visual que não tinha sido previamente utilizada na representação dos valores dos dados. Além disso, as variáveis visuais podem ser combinadas com matizes de cor para formar esquemas de cores, como esquemas sequenciais, divergentes e qualitativos. Como as visualizações intrínsecas são, por definição, coincidentes, esses esquemas podem ser aplicados em representações bivariadas retratando os dados e a qualidade de maneira conjunta. Nesse contexto, a qualidade desempenha o papel de uma segunda variável (HOWARD & MACEACHREN, 1996; SKOPELITI; ANTONIOU & BANDROVA, 2017). O Quadro 3 apresenta as variáveis visuais que podem ser usadas para representar a qualidade por meio métodos intrínsecos de visualização.

Quadro 3: Métodos de Visualização Intrínseca.

Variável Visual	Boa Qualidade	Qualidade Ruim
Saturação	Alta saturação	Baixa saturação
Valor	Alto valor ou baixo valor	Valor reverso do valor de boa qualidade
Transparência	Transparente	Opaco
Clareza	Áreas com foco ou bordas nítidas	Áreas fora de foco ou bordas difusas
Resolução	Alta resolução	Resolução grosseira
Textura	Leve	Grossa

Fonte: Adaptado de Skopeliti, Antoniou e Bandrova (2017).

Na literatura atual, alguns estudos buscaram explorar a proposição e a visualização de indicadores de dados de qualidade VGI por meio de duas diferentes abordagens, as quais oferecem *insights* distintos para análise e interpretação de dados geoespaciais. A primeira envolve o cálculo e a representação visual no nível da feição, utilizando nós, pontos e linhas (SKOPELITI; ANTONIOU & BANDROVA, 2017). No estudo de Trame e Kebler (2011), os autores empregaram um esquema espectral de cores para visualizar o número de versões de Pontos de Interesse (POIs) no OSM. Van Exel (2011a) utilizou curvas de nível para representar a média de atualizações de nós no banco de dados OSM, empregando diferentes matizes para contornos de valores distintos. Outro estudo de Van Exel (2011b) propôs uma visualização combinada de duas métricas lineares do OSM, incorporando o tempo decorrido desde a última atualização e o número de versões.

Na segunda abordagem, de acordo com Skopeliti, Antoniou e Bandrova (2017), os indicadores são calculados e visualizados baseados em grades. Ciepluch et al. (2010) calcularam densidades de pontos para dados OSM em uma grade, utilizando um esquema de espectro de cores. Roick e Zipf (2012) dividiram os dados OSM para a Europa em células hexagonais, calculando e visualizando métricas espaço-temporais de qualidade. Ballatore e Zipf (2015) calcularam a conformidade conceitual das *tags* em uma grade de 10 km², retratando-a com um esquema de valores de cor. Camboim, Bravo e Sluter (2015) calcularam a completude e qualidade temporal para

regiões administrativas, visualizando os resultados com vários esquemas de matiz e valor de cor.

3.4.1. Estrutura de Interface para Visualização da Qualidade

Devido aos poucos estudos relacionados à visualização da qualidade de dados VGI podemos entender que o reconhecimento desta se torna necessário, entretanto, sua implementação é também considerada um desafio. Dessa forma, Skopeliti, Antoniou e Bandrova (2017) propuseram uma estrutura para visualização de qualidade VGI que permite facilitar e orientar um projeto de visualização de qualidade VGI. Esta estrutura é determinada por quatro parâmetros que influenciam na visualização de qualidade VGI, e são ilustrados na Figura 2.

Figura 2: Estrutura para visualização da qualidade de dados.



Fonte: Adaptado de Skopeliti, Antoniou e Bandrova (2017).

Na **Qualidade de Dados VGI**, a estrutura leva em conta a natureza intrínseca dos conjuntos de dados VGI, assim como os elementos aplicáveis para avaliação de qualidade e as métricas e indicadores utilizados nesse processo. Os **Métodos de Visualização de Qualidade** devem facilitar uma comunicação visual eficaz e a

exploração da qualidade por meio de abordagens consolidadas para representação de dados espaciais, originadas no campo da cartografia, permitindo sua integração ao framework. A estrutura deve atender aos diferentes tipos de **Usuários**. A diversidade de usuários que utilizam VGI, que variam de usuários iniciantes a cientistas especializados, são os beneficiários finais da qualidade dos dados. Para atender às necessidades destes, devem ser implementados processos de visualização eficientes e eficazes. Por último, no **Meio/Ambiente de Visualização**, são exploradas as potencialidades do meio utilizado para apresentar o mapa, como computadores e dispositivos móveis, aproveitando a disponibilidade de uma variedade de ferramentas que possibilitam criar um ambiente envolvente e eficaz de visualização de qualidade, incluindo interfaces gráficas do usuário (GUI) e controles interativos. (SKOPELITI; ANTONIOU & BANDROVA, 2017).

Por meio da estrutura apresentada, Skopeliti, Antoniou e Bandrova (2017) analisaram e propuseram algumas diretrizes que permitem auxiliar no processo do design da visualização de qualidade VGI, sendo estas:

- Apresentar ao usuário uma variedade de medidas e indicadores de qualidade de dados, promovendo uma comunicação eficaz sobre a qualidade e possibilitando avaliações bem-sucedidas para adequação ao uso;
- Identificar a natureza do grupo de usuários, compreendendo suas necessidades, características, conhecimentos e experiências, levando em conta variações entre usuários iniciantes e especialistas;
- Incorporar funcionalidades de visualização por meio da escolha de medidas e indicadores de qualidade apropriados;
- Utilizar técnicas de visualização e diretrizes provenientes da cartografia, considerando a usabilidade e o perfil do usuário;
- Desenvolver um ambiente de visualização que equilibre interatividade com funcionalidades cartográficas e de visualização, mantendo viabilidade técnica.

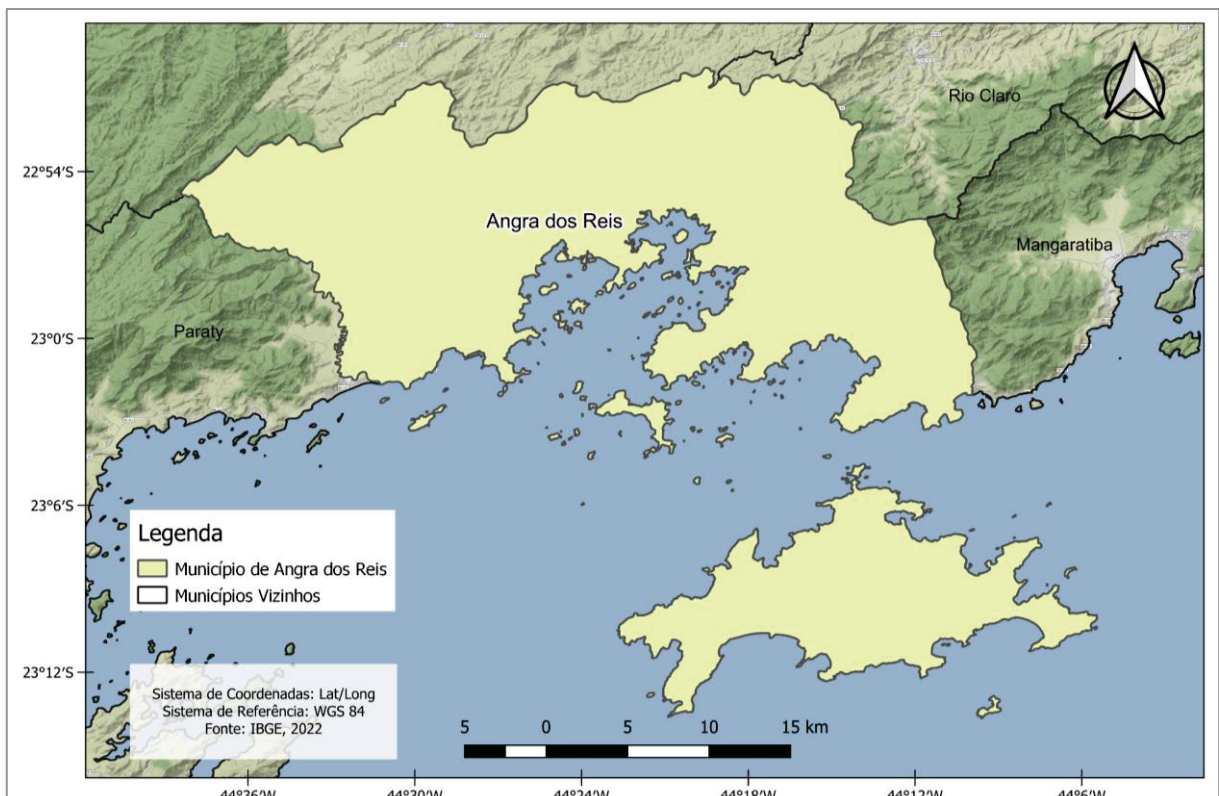
4. METODOLOGIA

A metodologia realizada para este projeto é apresentada nas seções seguintes. A primeira seção apresenta e descreve algumas características da área de estudo de caso. A segunda seção informa os materiais utilizados nesta pesquisa. A terceira seção apresenta as etapas metodológicas realizadas para a elaboração do projeto cartográfico para a visualização da qualidade de dados de mapeamento colaborativo, assim como a avaliação de sua interface de teste.

4.1. DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO DE CASO

A presente pesquisa teve a aplicação da interface de visualização da qualidade VGI no município de Angra dos Reis (Figura 3), do estado do Rio de Janeiro, localizado a aproximadamente 150 km a oeste da capital fluminense. Segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2022, o município possui uma área de 813,420 km² e 167.418 habitantes.

Figura 3: Mapa da localização de Angra dos Reis-RJ.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A escolha da região é dada por uma série de incidentes expressivos que têm ocorrido no município nos últimos anos, principalmente devido à ocupação desordenada na cidade (AIRES et al., 2021). No réveillon de 2010, Angra dos Reis foi atingida por fortes chuvas que resultaram em enchentes e deslizamentos de terra. Várias áreas foram afetadas, causando danos a casas e infraestruturas e resultando em 53 óbitos e centenas de desabrigados (G1, 2010). Em março de 2013, chuvas intensas causaram deslizamentos de terra em algumas áreas do município. Houve danos a residências e infraestrutura e algumas comunidades ficaram isoladas temporariamente (UOL, 2013). Em janeiro de 2015, um forte temporal atingiu a região, causando alagamentos em várias partes de Angra dos Reis. Ruas, casas e estabelecimentos comerciais foram afetados, e algumas áreas ficaram sem energia elétrica temporariamente (G1, 2015). Mais recentemente, em abril de 2022, chuvas intensas novamente causaram deslizamentos de terra em diversas áreas da cidade. Algumas comunidades foram afetadas, resultando em danos materiais, perda de vidas e na necessidade de realocação de algumas famílias (CNN BRASIL, 2022).

Dessa forma, de acordo com o histórico de desastres exposto acima, torna-se interessante visualizar a qualidade dos dados VGI nesta região. Alternativamente, o estudo poderá também ser aplicado em outras regiões de desastres para fins de testagem da metodologia do projeto cartográfico proposto.

4.2. MATERIAIS

O projeto foi realizado utilizando-se dos seguintes materiais:

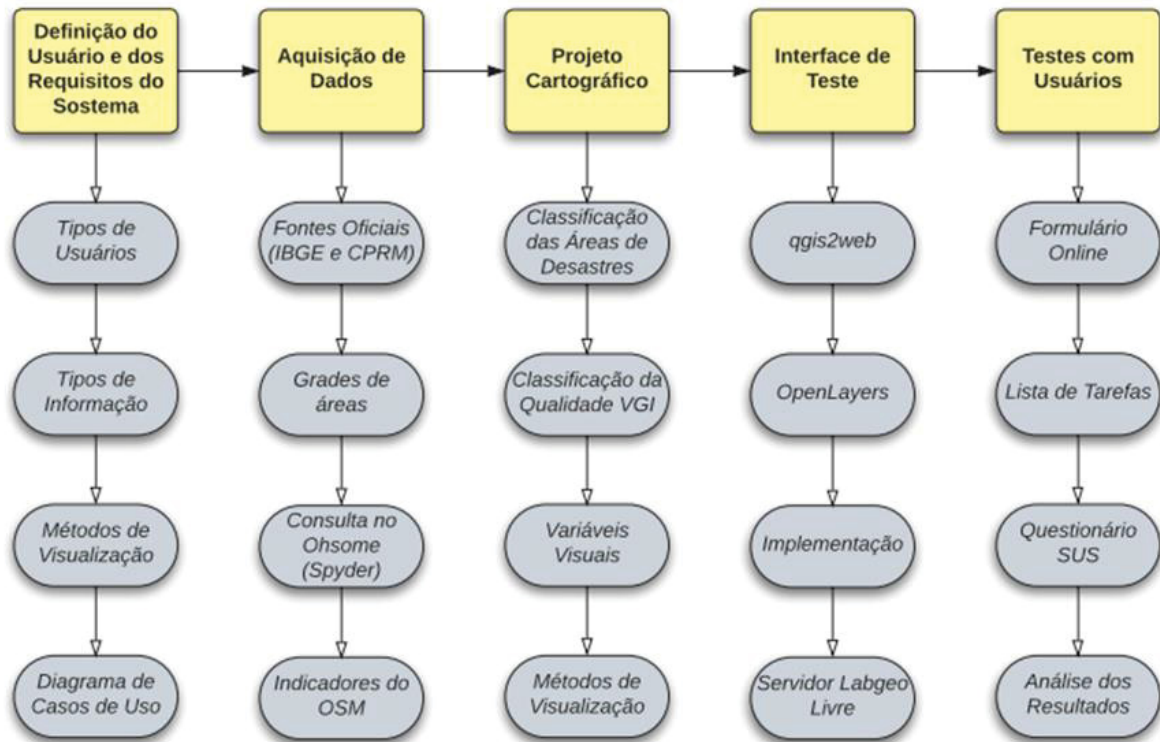
- Dados vetoriais dos limites político-administrativos de Angra dos Reis, disponibilizados pelo IBGE;
- Base cartográfica do OSM;
- Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa (deslizamentos) e inundações, disponibilizadas pela CPRM;
- Dados de indicadores de Angra dos Reis, provenientes do OSM, adquiridos por meio da ferramenta de consulta *ohsome API*;
- Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) *Spyder*, utilizado para a programação dos códigos de consulta, desenvolvido em linguagem Python;

- *Software* livre e aberto QGIS, versão 3.16.14, para o desenvolvimento do projeto cartográfico;
- Ferramenta *qgis2web*, para a exportação e hospedagem da interface em ambiente web;
- Biblioteca *OpenLayers*, para criação de ferramentas de edição na interface;
- *Google Forms*, para auxílio na elaboração dos testes na interface; e
- *Microsoft Excel*, para o gerenciamento de dados e demais informações.

4.3. MÉTODOS

Este projeto propôs o desenvolvimento de um projeto cartográfico que permita a visualização da qualidade de dados do OSM, por meio de métricas intrínsecas de avaliação da qualidade e com o apoio de métodos de visualização cartográfica. A metodologia consistiu, inicialmente, na definição do usuário da interface e no levantamento dos requisitos do sistema para a visualização da qualidade VGI, no contexto de desastres. Em seguida, foram levantados e adquiridos os dados abertos de fontes oficiais, para a gestão da interface, e os dados de indicadores do OSM, por meio da ferramenta *Ohsome*, possibilitando verificar sua qualidade. Para o desenvolvimento da aplicação, foi proposto um projeto cartográfico sobre o tema, utilizando o *software* QGIS, e implementada uma interface de teste de mapa interativo para web, por meio da ferramenta *qgis2web*, levando em consideração os métodos de visualização da qualidade apropriados. Em seguida foram realizados testes com participantes voluntários. Por meio de um formulário online, os participantes realizaram uma lista de tarefas no mapa web, elaborado no projeto cartográfico, e avaliaram a usabilidade da interface de teste de acordo com o questionário SUS. Por fim, foram analisados os resultados obtidos nos testes com os participantes, possibilitando avaliar a eficácia do projeto cartográfico e usabilidade da interface de teste, verificando sua eficiência, eficácia e satisfação por parte dos usuários após sua interação com a mesma. A Figura 4 apresenta o fluxograma das etapas desenvolvidas no projeto.

Figura 4: Fluxograma das etapas desenvolvidas na pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4.3.1. Definição dos Usuários e Requisitos do Sistema

Considerando-se o objetivo do projeto cartográfico proposto, foi necessária a definição dos usuários a quem o objeto se destinaria, bem como o levantamento dos principais requisitos para desenvolvimento da aplicação.

A princípio, os usuários foram definidos como sendo profissionais e estudantes que trabalham com dados cartográficos. Em especial aqueles com interesse em informações sobre a qualidade dos dados de mapeamento colaborativo, referente a regiões com suscetibilidade a desastres.

Em relação a avaliação da qualidade dos dados do OSM, devido a indisponibilidade de dados oficiais atualizados em várias localidades, a avaliação extrínseca da qualidade fica impossibilitada de ser realizada em razão da falta de dados de referência suficientes para se comparar com os dados colaborativos. Entretanto, técnicas intrínsecas de avaliação podem ser realizadas a fim de se estimar a qualidade destes dados, as quais são baseadas pelo uso de indicadores dos

próprios dados colaborativos (SKOPELITI; ANTONIOU & BANDROVA, 2017; JOAQUIM, 2020).

De acordo com Antoniou e Skopeliti (2015), os indicadores de dados são informações que descrevem as características e propriedades dos dados de uma plataforma colaborativa. Esses indicadores fornecem detalhes sobre o histórico do dado, sua geometria, feição, atributos, data, localidade e a quantidade de edições realizadas pelos usuários.

Logo, foi definida a adoção de indicadores dos dados do OSM, como o número de usuários e o número de contribuições, como parâmetros intrínsecos de avaliação da qualidade dos dados VGI.

Os indicadores referentes ao número de usuários correspondem à quantidade de usuários que colaboraram em determinada região, em um intervalo de tempo. Já os indicadores relacionados ao número de contribuições, correspondem à quantidade de colaborações realizadas em determinada região e dentro de um intervalo de tempo. Estas contribuições podem ser uma inserção, exclusão e/ou edição de uma feição (OHSOME, 2023).

Considerando que, em situações de desastres, informações espaciais sobre vias e edificações atualizadas do local do evento são importantes ferramentas para tomadas de decisão (JOAQUIM, 2020), revela-se válido obter conhecimento sobre a qualidade destas informações em um ambiente de mapeamento colaborativo.

A identificação de vias é essencial para avaliar a acessibilidade e a conectividade entre diferentes áreas. Identificar estradas e rotas alternativas viáveis é crucial para o planejamento de evacuações, entrega de suprimentos e acesso a serviços de emergência. Além disso, ter informações sobre áreas edificadas é fundamental para determinar a densidade populacional, identificar áreas com maior vulnerabilidade e planejar operações de resgate e assistência humanitária. Portanto, foram utilizados para esta pesquisa indicadores de dados do OSM relacionados às feições de vias e edificações.

Visto que, para o contexto da temática, o usuário precisaria visualizar e identificar a qualidade VGI de determinadas áreas, foram adotados alguns requisitos para a elaboração do projeto cartográfico de modo que pudessem atender às necessidades do usuário.

Sendo assim, foi definido o método de visualização extrínseca por grades, sugerido por Skopeliti, Antoniou e Bandrova (2017), para visualizar a qualidade dos

dados do OSM, com apoio da variável visual valor de cor. O método extrínseco de visualização possui a característica de introduzir novos objetos para representação da qualidade, independentemente da simbologia existente para os valores dos dados, podendo assim ser coincidentes ou adjacentes.

No método de visualização extrínseca da qualidade por grades, estas são apresentadas como uma camada sobreposta à camada da região de interesse, revelando áreas que apresentam a avaliação da qualidade dos dados do OSM como boa ou ruim, sendo representada pelo valor (ou luminosidade) de cor.

Para este projeto, além da região político-administrativa de Angra dos Reis, as grades também foram definidas a estarem sobrepostas aos mapas de suscetibilidade a desastres da área de estudo de caso.

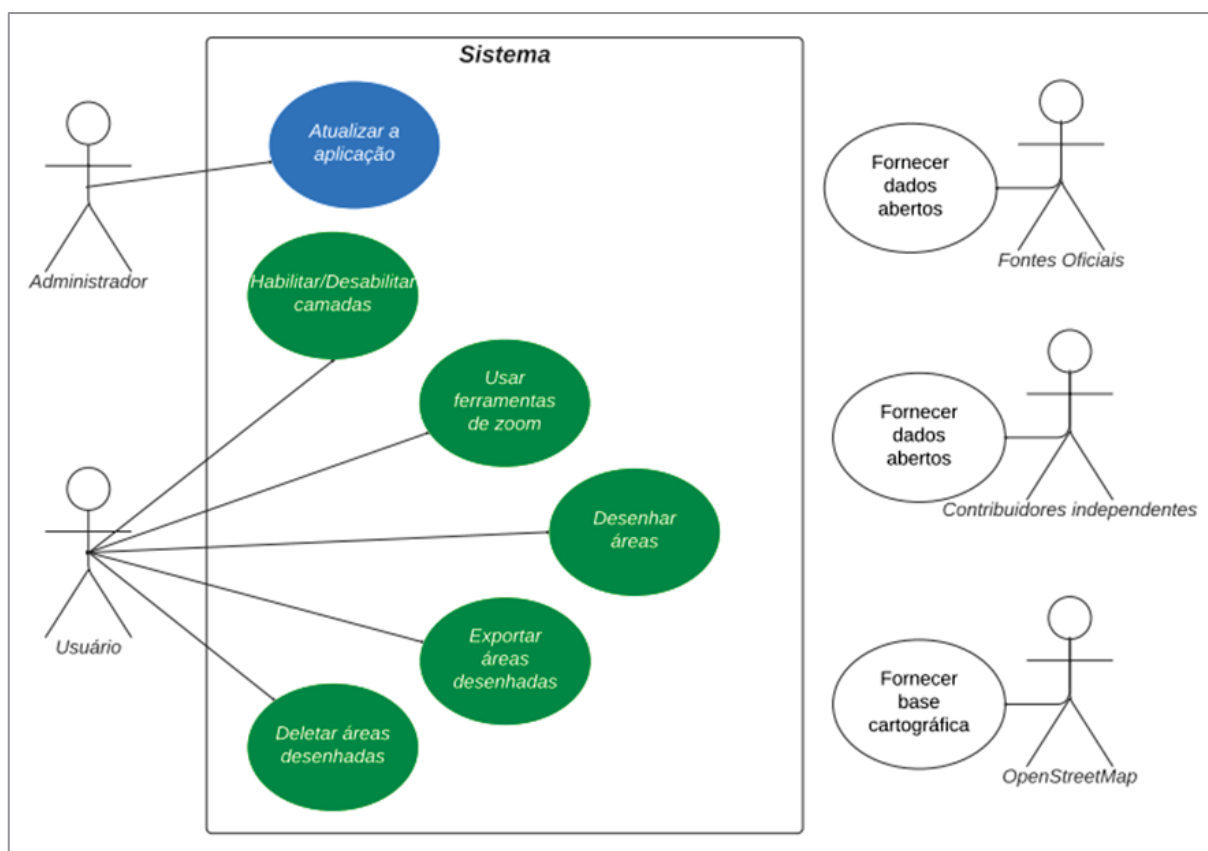
Como forma de melhorar a identificação dessas áreas, definiu-se por inserir ferramentas de edição na interface de teste, de modo que pudessem permitir ao usuário delimitar determinada área de interesse bem como exportá-la, como um arquivo de dados geográficos, para posterior análise. Dessa maneira é possibilitado ao usuário visualizar e identificar, juntamente com a qualidade dos dados do OSM, as localidades que apresentam risco à população e, conseqüentemente, servir de apoio para pesquisa, gestão e controle de desastres.

Por seguinte, após a definição das principais necessidades do usuário, foi realizada a modelagem do sistema. Lima (2020) afirma que há dois níveis de estrutura para o desenvolvimento e modelagem de aplicações, sendo estes: o *Back-End* e o *Front-End*. O *Back-End* pode ser compreendido como a parte estrutural da aplicação e é executada de maneira remota por meio de um servidor, permanecendo então oculta localmente ao usuário da aplicação. Enquanto o *Front-End* pode ser caracterizado como a estrutura visível ao usuário, ou seja, é o nível da estrutura que apresenta toda a sua interface de visualização e manipulação. Apoiando-se a estes conceitos e às necessidades do usuário, a modelagem da interface de teste do projeto cartográfico foi realizada com base no Diagrama de Casos de Uso, que representa as ações que podem ser realizadas dentro de um sistema e quem pode ou deve executar cada ação.

O Diagrama de Casos de Uso tem a finalidade de apresentar as diferentes maneiras de interação que um sistema permite ao usuário. No diagrama são exibidos os atores que têm relação direta com o sistema, ou seja, quem irá utilizá-lo, e o administrador do sistema, que será o responsável pela manutenção da aplicação. O

Diagrama de Casos de Uso também apresenta os atores que possuem relação indireta com o sistema, como as fontes dos dados, por exemplo. Os relacionamentos existentes no sistema são representados, no diagrama, por linhas que conectam os atores às ações (MEDEIROS, 2022). A Figura 5 apresenta o modelo de Diagrama de Casos de Uso esquematizado para este projeto.

Figura 5: Diagrama de Casos de Uso do sistema.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Conforme apresentado na Figura 5, o sistema foi modelado com base nas necessidades dos usuários e para o que se propõe este projeto. Assim, a interface de teste proposta conta com atores diretos como o administrador, o qual é responsável pela implementação e atualização do sistema, e o usuário, que tem a função de interagir com a aplicação. Os atores indiretos foram definidos como sendo os dados abertos provenientes de fontes oficiais e os indicadores de dados de colaboração do OSM, assim como sua base cartográfica.

4.3.2. Aquisição de Dados

A aquisição de dados referentes à área de estudo foi realizada por meio da obtenção de dados abertos de fontes oficiais, como o IBGE e a CPRM, e por dados de indicadores da plataforma OSM.

A partir das fontes oficiais, foram adquiridas as bases cartográficas, em formato *shapefile*, dos limites político-administrativos do município de Angra dos Reis (disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>) e das cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações (disponível em: <http://www.cprm.gov.br/>). Estes dados foram utilizados para que fosse possível delimitar a área de estudo de caso e, também, apresentar as regiões suscetíveis aos tipos de desastres considerados nesta pesquisa.

Conforme definido na etapa anterior, foi adotado o método de grades para a visualização da qualidade VGI. Por meio do *software* QGIS, foram geradas 3 camadas de grades quadrilaterais, de tamanhos de lados diferentes, que cobrem a região de Angra dos Reis. Segundo Camboim et al. (2022), ao utilizar células, ou grades, de tamanho muito grande, áreas desiguais podem acabar sendo tratadas igualmente. Por outro lado, a utilização de grades muito pequenas pode tender a perda da capacidade de generalização dos resultados.

Dessa maneira, a fim de facilitar a visualização da qualidade VGI e avaliar a percepção do usuário em diferentes escalas, as camadas de grades foram geradas com comprimentos de lado diferentes, possuindo então 250 m, 500 m e 1 km de lado para as grades de cada camada, respectivamente. Para a obtenção dos dados de indicadores do OSM por área, foram extraídas as coordenadas das extremidades de cada grade gerada.

A aquisição dos dados de indicadores foi realizada com o auxílio da ferramenta de consulta *Ohsome API (Application Programming Interface)*. A ferramenta *Ohsome* integra um banco de dados sobre o histórico dos dados do OSM desde a sua criação. É constituída de modelos para o acesso de elementos OSM em qualquer parte do planeta, em termos de área, comprimento, contagem, perímetro, usuários entre outros, tendo seus resultados disponibilizados em arquivos de formato CSV, JSON ou GeoJSON. Na análise da qualidade intrínseca de dados do OSM, a *Ohsome* apresenta uma vantagem em relação a outras ferramentas de consulta devido a sua flexibilidade, filtração de dados por *tags* ou *keys* e não requisitar espaço maior para o

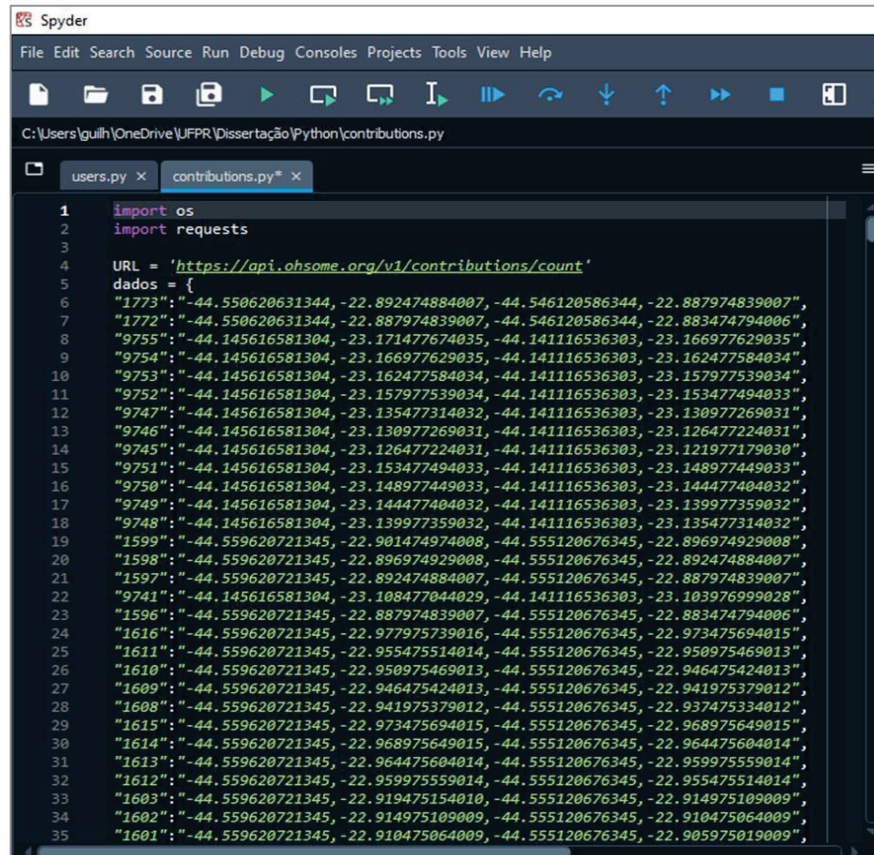
armazenamento dos dados. Estas consultas permitem verificar a evolução dos elementos OSM em intervalos de tempo, assim como a sua distribuição espacial numa determinada região (JOAQUIM, 2020).

Para realização das consultas, foi utilizado o *software* Spyder como ambiente de desenvolvimento integrado. Utilizando-se da linguagem de programação Python, foram elaborados códigos que auxiliaram nas consultas dos indicadores do OSM dentro da ferramenta *Ohsome*.

As consultas foram realizadas com base nas coordenadas, em grau decimal, das extremidades de cada grade no referencial WGS 84 (EPSG 4326), de acordo com as especificações da documentação da *Ohsome* (OHSOME, 2023). Assim, foi inserida uma lista contendo o *'id'* de cada grade e suas respectivas coordenadas no código de programação para que a consulta do valor dos indicadores fosse realizada dentro da área de cada grade.

Na obtenção dos dados de indicadores do número de usuários e contribuições, foram utilizados os comandos *"/users/count"* e *"/contributions/count"*, respectivamente, para a realização da consulta e contabilização destes indicadores por meio da ferramenta *Ohsome*. Para especificar que os indicadores deveriam estar relacionados apenas às feições de vias e edificações, foram utilizadas as *keys* (ou chaves) *highway* e *building*, respectivamente. A Figura 6 ilustra parte dos códigos de consulta gerados na interface do *Spyder*.

Figura 6: Interface do ambiente de desenvolvimento integrado Spyder.



```

1 import os
2 import requests
3
4 URL = 'https://api.ohsome.org/v1/contributions/count'
5 dados = {
6 "1773": "-44.550620631344, -22.892474884007, -44.546120586344, -22.887974839007",
7 "1772": "-44.550620631344, -22.887974839007, -44.546120586344, -22.883474794006",
8 "9755": "-44.145616581304, -23.171477674035, -44.141116536303, -23.166977629035",
9 "9754": "-44.145616581304, -23.166977629035, -44.141116536303, -23.162477584034",
10 "9753": "-44.145616581304, -23.162477584034, -44.141116536303, -23.157977539034",
11 "9752": "-44.145616581304, -23.157977539034, -44.141116536303, -23.153477494033",
12 "9747": "-44.145616581304, -23.135477314032, -44.141116536303, -23.130977269031",
13 "9746": "-44.145616581304, -23.130977269031, -44.141116536303, -23.126477224031",
14 "9745": "-44.145616581304, -23.126477224031, -44.141116536303, -23.121977179030",
15 "9751": "-44.145616581304, -23.153477494033, -44.141116536303, -23.148977449033",
16 "9750": "-44.145616581304, -23.148977449033, -44.141116536303, -23.144477404032",
17 "9749": "-44.145616581304, -23.144477404032, -44.141116536303, -23.139977359032",
18 "9748": "-44.145616581304, -23.139977359032, -44.141116536303, -23.135477314032",
19 "1599": "-44.559620721345, -22.901474974008, -44.555120676345, -22.896974929008",
20 "1598": "-44.559620721345, -22.896974929008, -44.555120676345, -22.892474884007",
21 "1597": "-44.559620721345, -22.892474884007, -44.555120676345, -22.887974839007",
22 "9741": "-44.145616581304, -23.108477044029, -44.141116536303, -23.103976999028",
23 "1596": "-44.559620721345, -22.887974839007, -44.555120676345, -22.883474794006",
24 "1616": "-44.559620721345, -22.977975739016, -44.555120676345, -22.973475694015",
25 "1611": "-44.559620721345, -22.955475514014, -44.555120676345, -22.950975469013",
26 "1610": "-44.559620721345, -22.950975469013, -44.555120676345, -22.946475424013",
27 "1609": "-44.559620721345, -22.946475424013, -44.555120676345, -22.941975379012",
28 "1608": "-44.559620721345, -22.941975379012, -44.555120676345, -22.937475334012",
29 "1615": "-44.559620721345, -22.973475694015, -44.555120676345, -22.968975649015",
30 "1614": "-44.559620721345, -22.968975649015, -44.555120676345, -22.964475604014",
31 "1613": "-44.559620721345, -22.964475604014, -44.555120676345, -22.959975559014",
32 "1612": "-44.559620721345, -22.959975559014, -44.555120676345, -22.955475514014",
33 "1603": "-44.559620721345, -22.919475154010, -44.555120676345, -22.914975109009",
34 "1602": "-44.559620721345, -22.914975109009, -44.555120676345, -22.910475064009",
35 "1601": "-44.559620721345, -22.910475064009, -44.555120676345, -22.905975019009",

```

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O intervalo de tempo adotado para esta pesquisa compreendeu um pouco mais de 15 anos de análise do histórico de dados do OSM, mais especificamente entre 01/01/2008 e 01/05/2023. Dessa forma, foi possível mensurar a qualidade dos indicadores do OSM, relacionados às vias e edificações sobre área de estudo, para o período estabelecido.

Por fim, ao executar o *script* dos códigos, foi possível gerar um arquivo *.txt* com as informações sobre o *'id'* e o valor do indicador para cada grade. Posteriormente, essas informações foram adicionadas à tabela de atributos das camadas vetoriais referentes às grades, em sua respectiva escala, possibilitando o desenvolvimento do projeto cartográfico.

Para a região de Angra dos Reis, as consultas foram realizadas em 20.987 grades diferentes para os indicadores de número de usuários e contribuições relacionados a vias e edificações. Os códigos completos gerados para as consultas estão disponíveis na plataforma GitHub, e podem ser acessados em <https://github.com/guilhermeneivas/ConsultaOSM>.

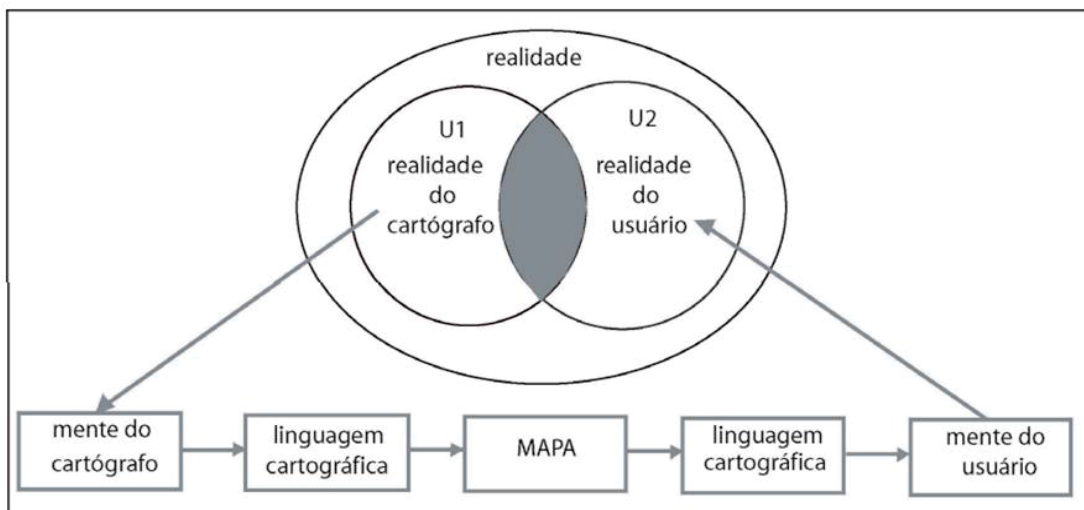
4.3.3. Projeto Cartográfico

Dentro de um projeto cartográfico, o processo de comunicação cartográfica é fundamental para garantir a precisão e a clareza das informações representadas nos mapas. Esse processo envolve a transmissão eficiente e efetiva de dados geográficos entre as diferentes partes envolvidas no projeto, como cartógrafos e usuários finais, por exemplo.

A comunicação cartográfica ocorre por meio da linguagem específica dos mapas, a qual é desenvolvida considerando as habilidades e limitações da percepção visual humana (SLUTER, 2008). Segundo a autora, a compreensão de que a criação e a utilização de mapas são partes integrantes da comunicação cartográfica, e que são dependentes da capacidade de interpretação visual, tem trazido mudanças significativas para a abordagem dos projetos cartográficos.

Estudos sobre comunicação cartográfica resultaram em modelos que explicam e detalham as diferentes fases desse processo. Dentre esses modelos, destaca-se aquele proposto por Koláčný, e simplificado por Robinson e Petchenik (1976), conforme ilustrado na Figura 7. Nesse modelo, U1 representa a realidade percebida pelo cartógrafo, enquanto U2 simboliza a realidade compreendida pelo usuário. Observa-se que o cartógrafo e o usuário não são independentes, existindo uma interdependência evidenciada pela sobreposição das "realidades" e pela continuidade desse processo tanto na criação quanto no uso do mapa (ROBINSON & PETCHENIK, 1976; SLUTER, 2008).

Figura 7: Modelo de comunicação cartográfica de Koláčný.



Fonte: Adaptado de Robinson e Petchenik (1976).

Nesse contexto, a comunicação cartográfica pode ser entendida como um fluxo contínuo de troca de informações que abrange várias etapas, desde a definição do usuário e a coleta de dados até a produção final dos mapas. Sendo assim, Sluter (2008) definiu seis etapas contínuas para o desenvolvimento de um projeto cartográfico. Sendo estas:

- Etapa 1: Definição do usuário e suas necessidades;
- Etapa 2: Definição das informações temáticas do mapa;
- Etapa 3: Definição da escala e da projeção cartográfica;
- Etapa 4: Coleta e análise de dados;
- Etapa 5: Definição da linguagem cartográfica do mapa;
- Etapa 6: Construção do mapa.

Conforme apresentado nas seções anteriores, as etapas 1, 2, e 4 já foram descritas e definidas neste projeto. Sendo os profissionais e estudantes que trabalham com dados cartográficos, os usuários do objeto; dados vetoriais sobre a suscetibilidade a desastres e a qualidade intrínseca dos dados de vias e edificações do OSM para a área de estudo, como as informações a serem representadas no mapa; e a coleta dos dados foi realizada a partir de fontes oficiais, como o IBGE e a CPRM, e por dados de indicadores do OSM, com auxílio da ferramenta *Ohsome*.

A definição da etapa 3 se deu pela adoção da projeção WGS 84 (EPSG 4326), como referencial do projeto, e para a escala máxima para visualização da qualidade dos dados VGI, considerou-se 1:50.000.

Com o objetivo de fornecer uma comunicação cartográfica eficaz, foram definidas as primitivas gráficas, variáveis visuais e níveis de medida para todas as camadas geoespaciais do projeto cartográfico. O Quadro 4 apresenta a classificação adotada para cada camada presente no projeto.

Quadro 4: Linguagem cartográfica do projeto.

Camada	Primitiva Gráfica	Variável Visual	Nível de Medida
Deslizamento	Polígono	Tom de Cor	Ordinal
Inundação	Polígono	Valor de Cor	Ordinal
Qualidade	Polígono	Valor de Cor	Ordinal
Limite Municipal	Polígono	Tom de Cor	Nominal

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

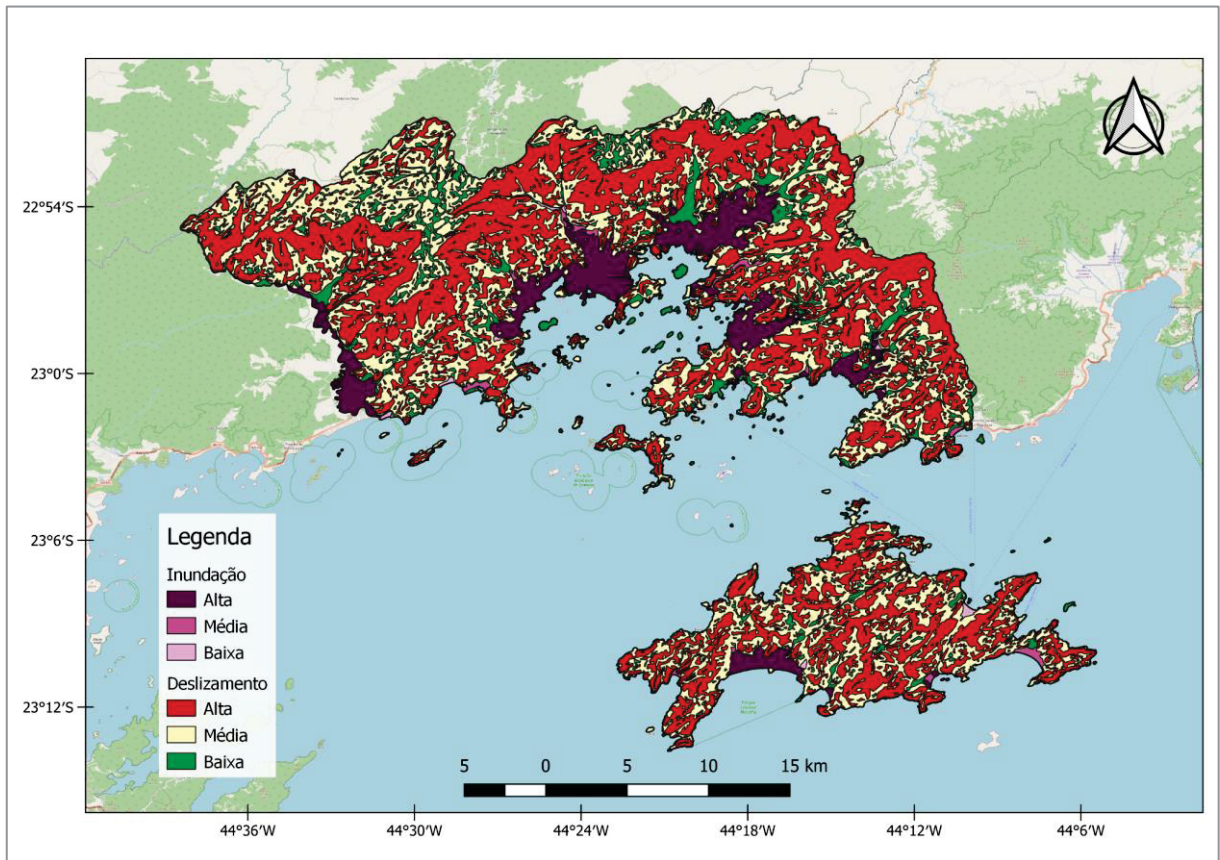
Com base nos conceitos de comunicação cartográfica e nas etapas de desenvolvimento indicadas por Sluter (2008), o projeto cartográfico da interface de visualização da qualidade VGI, no contexto de desastres, foi realizado com apoio do *software* QGIS, versão 3.16.14.

Assim, foram adicionadas as camadas vetoriais dos limites político-administrativos de Angra dos Reis, as cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações e as camadas de grades quadrilaterais referentes à qualidade dos indicadores dos dados do OSM. Também foi adicionado o mapa base do OSM por meio da ferramenta “*QuickMapServices*”, disponível no QGIS.

As camadas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa (denominada para o projeto como ‘deslizamento’) e inundação foram classificadas de acordo com as três classes de suscetibilidade atribuídas pela CPRM, sendo estas: baixa, média ou alta. De acordo com Loch (2006), esses mapas são do tipo corocromático pois representam dados qualitativos e, portanto, é sugerida a adoção do polígono como primitiva gráfica e o tom de cor como variável visual para a visualização dessas classes. Entretanto, ressalta-se que para esta pesquisa, adotou-se o valor de cor para representação das classes de inundação para fim de testagem do método.

A Figura 8 apresenta as camadas de suscetibilidade a desastres classificadas para o projeto cartográfico.

Figura 8: Camadas de suscetibilidades a desastres classificadas no projeto cartográfico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

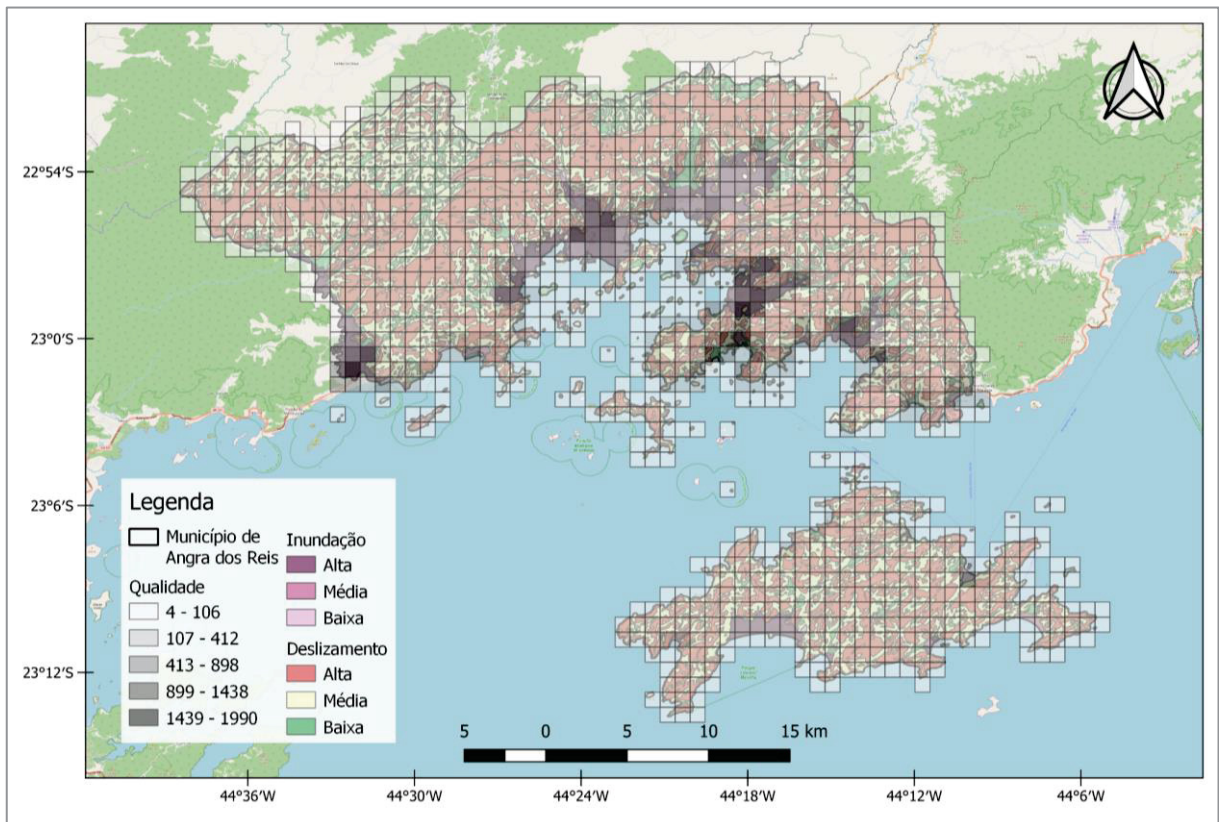
Para as camadas referentes à qualidade dos dados do OSM, foi realizado o somatório dos indicadores do número de usuários e contribuições, em vias e edificações, para cada grade em seu respectivo tamanho de lado. Em seguida, essas camadas foram classificadas em cinco classes de valores de modo que pudessem ser visualizados os diferentes níveis de qualidade.

Em relação ao intervalo entre as classes, foi adotado o método das Quebras Naturais. Esse método busca considerar a distribuição dos dados e, dessa forma, minimizar a diferença entre os valores de uma mesma classe e maximizar a diferença dos valores entre as classes (GIRARDI, 2008 apud ZUCHERATO & FREITAS, 2011). Para a visualização das classes, foram adotados o polígono como primitiva gráfica e o valor (ou luminosidade) como variável visual, visto que estes tipos de mapa representam dados quantitativos e ordenados e, logo, são classificados como coropléticos (LOCH, 2006).

A fim de otimizar a visualização dos dados referentes a qualidade em diferentes escalas, foram adotadas algumas regras de renderização para estas camadas. Assim, para a visualização dos dados de qualidade na escala 1:50.000 ou maior, foi definido que sejam apresentadas apenas as grades de 250 m de lado. Para a visualização dos dados entre as escalas 1:50.000 e 1:150.000 definiu-se a representação somente das grades com 500 m de lado. Já na visualização dos dados de qualidade em escala 1:150.000 ou menor foi determinado que fossem visualizadas apenas as grades de 1 km de lado.

Foi definido também um nível de transparência (ou opacidade) na representação da simbologia de cada camada. Foram adotados os níveis de 60%, 55% e 50% de transparência para as camadas de inundação, qualidade e deslizamento, respectivamente. Dessa forma, foi possibilitado ao usuário visualizar as informações espaciais das camadas conjuntamente ao serem sobrepostas. A Figura 9 ilustra o mapa para o projeto cartográfico proposto.

Figura 9: Projeto cartográfico proposto.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4.3.4. Implementação da Interface de Teste

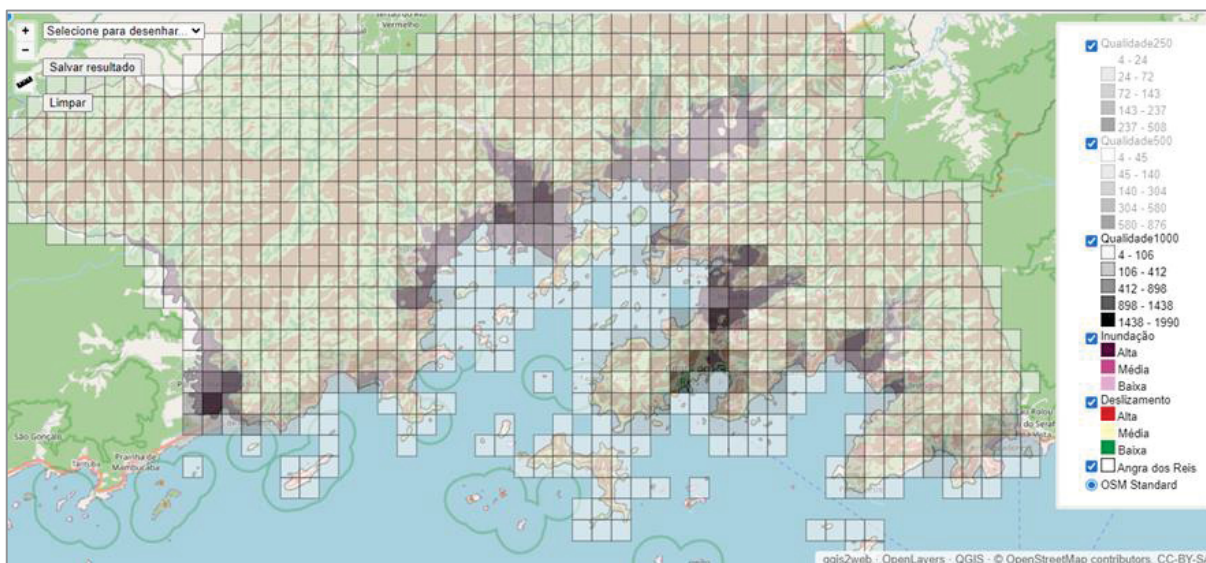
A fim de atender ao propósito desta pesquisa, foi desenvolvida uma interface de teste, do projeto cartográfico, que permite ao usuário a visualização da qualidade dos dados do OSM, por meio de seus parâmetros intrínsecos, em uma região que apresenta suscetibilidade a desastres.

A aplicação foi desenvolvida com auxílio da ferramenta “*qgis2web*”, a partir do projeto cartográfico no QGIS. O *qgis2web* é uma ferramenta de código aberto que converte projetos do QGIS em mapas interativos para a web. Ele suporta várias camadas de dados geográficos e permite personalizar a aparência dos mapas oferecendo funcionalidades como, por exemplo, pesquisa de atributos, zoom, seleção de objetos e medição de distâncias.

Em seguida, por meio da biblioteca *OpenLayers*, foi possível personalizar a interface adicionando algumas ferramentas de edição. O *OpenLayers* é uma biblioteca de código aberto amplamente utilizada para criação de mapas interativos na web. Fornece uma abordagem simples e leve a qual permite ao usuário exibir e interagir com dados geográficos em um navegador (OPENLAYERS, 2023).

O *OpenLayers* também é altamente extensível, possibilitando a integração de plugins e extensões para funcionalidades adicionais, como desenho de formas, roteamento de trajetos, exportação de dados e visualização avançada. Assim, foram adicionadas à interface as funções de desenho, exclusão e exportação de polígonos. A Figura 10 apresenta a interface de teste gerada para o projeto cartográfico.

Figura 10: Interface simplificada para visualização da qualidade de dados VGI, no contexto de desastres.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

As ferramentas de edição foram incluídas para que, na etapa de teste de tarefas de leitura de mapas, os usuários pudessem identificar as áreas suscetíveis a desastres bem como verificar a respectiva qualidade de dados colaborativos da região. Dessa forma, foi possibilitado ao usuário desenhar a área identificada, excluir o desenho (caso necessário) e também exportar o resultado em um arquivo no formato *.geojson*. Este formato de arquivo fornece uma estrutura simples e flexível para representar objetos geográficos e seus atributos, permitindo a troca e o uso desses dados em diferentes aplicativos e sistemas.

Por fim, a interface gerada foi hospedada no servidor do Laboratório Geoespacial Livre da UFPR, do curso de Pós-Graduação em Ciência Geodésicas, a fim de disponibilizar a aplicação na web e possibilitar a realização dos testes de usabilidade da interface proposta. A aplicação pode ser acessada em: http://www.labgeolivre.ufpr.br/teste_quilherme/.

4.3.5. Avaliação da Interface de Teste do Projeto Cartográfico

Após a implementação da interface de teste simplificada para a visualização da qualidade VGI em regiões suscetíveis a desastres, foram realizados alguns testes com usuários voluntários a fim de avaliar o projeto cartográfico proposto.

A divulgação dos testes foi realizada por meio do compartilhamento da pesquisa em redes sociais, como *WhatsApp*, *Instagram* e *Facebook*, assim como convites enviados por *e-mail*. A participação dos voluntários na pesquisa foi condicionada ao uso apenas de computador (*desktop*), não sendo considerada a participação em ambiente *mobile*.

A avaliação do projeto cartográfico se deu em 2 etapas. A primeira etapa consistiu na aplicação de um conjunto de tarefas aos usuários participantes, de modo a verificar a eficácia da representação dos dados por meio da percepção do usuário. A segunda etapa caracterizou-se pelo preenchimento de um questionário que permitiu avaliar a usabilidade da interface de teste do projeto cartográfico.

Assim, com auxílio do *Google Forms*, foi elaborado um formulário online o qual possibilitou apresentar o projeto proposto e seus objetivos aos usuários participantes, levantar as características dos usuários, e aplicar o conjunto de tarefas e o questionário para testagem da usabilidade da interface de teste. O Apêndice A apresenta o formulário completo aplicado aos usuários.

Para realização da primeira etapa de avaliação, foi elaborado um conjunto de dez tarefas de leitura de mapas. De acordo com Olson (1976), a efetividade das representações cartográficas pode ser avaliada por meio da realização de tarefas específicas de leitura de mapas. Isso possibilita verificar quão bem os usuários conseguem interpretar e utilizar os mapas a fim de obter informações relevantes. Para realizar essa avaliação, é possível conduzir testes empíricos que consistem em diferentes tarefas, cujos resultados podem fornecer subsídios sobre as melhorias necessárias nos produtos cartográficos (OLSON, 1976; BOARD, 1978).

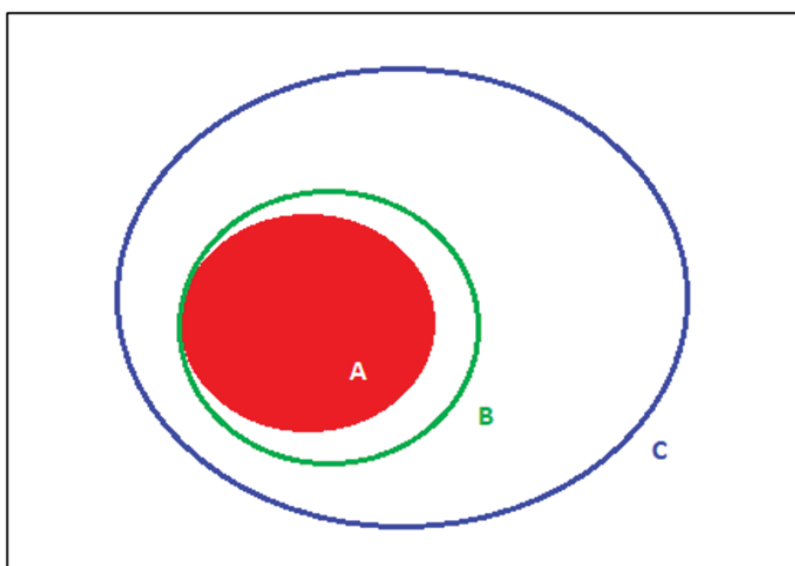
Além disso, Morrison (1978) realizou estudos que definiram as tarefas de leitura de mapas em diferentes níveis. Esses níveis foram definidos com base nas habilidades cognitivas exigidas para realização das tarefas como procura, localização, identificação, delimitação e verificação. Assim, o autor classificou esses níveis de tarefas em categorias de detecção, discriminação e reconhecimento.

Sendo assim, a fim de verificar a detecção, a discriminação e o reconhecimento das informações cartográficas representadas na interface de teste, foi realizado o teste de tarefa de leitura de mapas com os usuários participantes.

As tarefas propostas visavam explorar a percepção do usuário em relação às informações representadas nos mapas, com auxílio das ferramentas inclusas na interface de teste. Dessa maneira, o conjunto de tarefas consistiu em solicitar ao usuário que identificasse algumas áreas, conforme determinadas para cada tarefa, e as desenhasse utilizando as ferramentas de edição presentes na aplicação. Após a identificação das áreas, foi solicitado ao usuário que exportasse o resultado do desenho e, em seguida, adicionasse este resultado como resposta à tarefa em questão.

A análise da eficácia do projeto cartográfico foi considerada com base nos resultados obtidos na execução das tarefas realizadas pelos usuários. Para isto, foi considerado o percentual de sobreposição das regiões de interesse sobre cada área delimitada pelos participantes, de acordo com o que era solicitado para cada tarefa. A Figura 11 exemplifica como a percepção de uma área de interesse identificada pelos participantes foi analisada.

Figura 11: Exemplo de identificação de área de interesse.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Conforme ilustrado acima, a área A representa uma área de referência, a qual é solicitada que seja identificada pelos usuários em determinada tarefa. As áreas B e

C representam as áreas identificadas por 2 participantes, respectivamente, para a mesma tarefa. Dessa forma, para a determinação da “correta” identificação, foi calculado o quanto, em porcentagem, as áreas delimitadas pelos participantes continham as verdadeiras áreas de interesse. Como é possível notar no exemplo, o percentual da área B, que contém A, é maior que o percentual da área C, que também contém A, possibilitando deduzir que a percepção da área de interesse pelo participante que delimitou a área B foi melhor que o participante que delimitou a área C. Essa metodologia permitiu verificar os índices máximos e mínimos de sobreposição compatível entre as áreas de referência e as áreas identificadas pelos participantes.

A fim de analisar a distribuição espacial das áreas delimitadas pelos participantes, os arquivos *.geojson* fornecidos para cada tarefa foram transformados em arquivos raster e preenchidos com “no data” para regiões que não apresentavam cobertura de nenhum objeto. Em seguida realizou-se a álgebra de mapas dos resultados gerados, permitindo assim verificar a quantidade de usuários que identificaram uma mesma região, bem como visualizar sua distribuição espacial perante a região de estudo de caso. Para a realização das análises, tanto de sobreposição quanto de distribuição espacial, utilizou-se das ferramentas de processamento de dados incluídas no catálogo do *software* QGIS.

Na segunda etapa de avaliação, foram realizados testes de usabilidade da interface de teste do projeto cartográfico. Estes testes visam identificar pontos críticos na interação do usuário com o sistema, podendo consistir em problemas que são referentes à sua usabilidade (LIMA, 2020).

Ao considerar a usabilidade na avaliação de uma interface, é possível eliminar problemas como a redução de tempo e a dificuldade de acesso à informação e, conseqüentemente, tende a evitar insatisfação do usuário em não conseguir encontrar a informação desejada (WINCKLER & PIMENTA, 2002). Uma outra vantagem dos testes de usabilidade é a possibilidade de ser aplicado com um número pequeno de usuários, onde em um grupo de apenas 5 usuários participantes é possível identificar cerca de 75% dos problemas mais críticos da interface (NIELSEN, 1993).

De acordo com a Norma ISO 9241-11 (2018), a usabilidade deve ser avaliada segundo três aspectos referentes à interação do usuário com o sistema, sendo estes: eficiência, eficácia e satisfação. A eficiência pode ser compreendida como a relação entre os recursos que são despendidos para alcançá-la. Seus indicadores de medida são o tempo, esforços mentais, físicos, operacionais, ambientais, hardware e

software; A eficácia corresponde a acurácia em que os usuários alcançam certos objetivos durante a sua interação com o sistema; A satisfação pode ser relacionada ao conforto do usuário em interagir com a interface e as atitudes positivas referentes ao seu uso.

Dessa maneira, após a realização das tarefas de leitura de mapas, foi aplicado um questionário de avaliação da usabilidade da interface de teste, o *System Usability Scale* (SUS), que pode ser traduzido como a Escala de Usabilidade do Sistema.

O questionário SUS permite a avaliação, de maneira subjetiva, da satisfação do uso da interface pelos usuários. É um teste de avaliação da usabilidade baseado na escala Likert, elaborado por meio da identificação de eventos que conduzem a expressões da atitude que se deseja capturar. É comumente utilizado após uma experiência do usuário com o sistema avaliado e sua formulação é constituída por dez afirmações, sendo cinco de caráter positivo e cinco de caráter negativo (BROOKE, 1996). O Quadro 5 abaixo informa as questões apresentadas no questionário SUS.

Quadro 5: Questionário SUS.

Questionário SUS
1. Acho que gostaria de usar este sistema com frequência.
2. Achei o sistema desnecessariamente complexo.
3. Achei o sistema fácil de usar.
4. Acho que precisaria do apoio de um técnico para poder utilizar este sistema.
5. Achei que as várias funções neste sistema estavam bem integradas.
6. Achei que havia muita inconsistência neste sistema.
7. Imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar esse sistema muito rapidamente.
8. Achei o sistema muito complicado de usar.
9. Me senti muito confiante usando o sistema.
10. Eu precisava aprender muitas coisas antes de poder usar esse sistema.

Fonte: Adaptado de Brooke (1996).

Brooke (1996) destaca que todas as afirmações devem ser respondidas, de forma imediata e sem a necessidade de grandes ponderações pelo usuário. Nos casos em que o participante não tenha opinião bem definida sobre algum tópico do questionário, deve-se marcar o ponto central da escala. O Quadro 6 apresenta as

opções de respostas, representando a variação da escala Likert, e suas respectivas pontuações no questionário SUS.

Quadro 6: Escala Likert.

Pontuação	1	2	3	4	5
Resposta	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente

Fonte: Adaptado de Lima (2020).

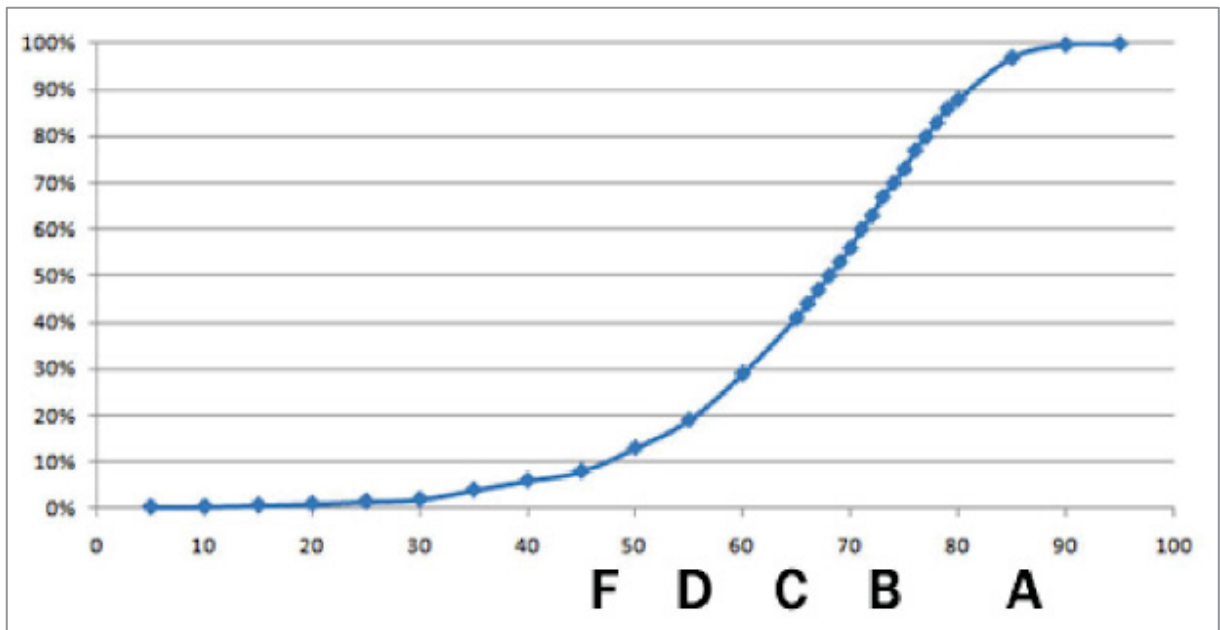
A pontuação total de usabilidade do modelo SUS foi alcançada, por meio de uma formulação específica, com base nas respostas obtidas pelo questionário, onde foram estabelecidos pesos para cada afirmação apresentada. A pontuação total da usabilidade foi estimada a partir da seguinte etapas (BROOKE, 1996):

- Para as pontuações das afirmações ímpares, diminuiu-se 1 da posição da escala da resposta correspondente;
- Para as pontuações das afirmações pares, a pontuação equivalente foi de 5 menos ao valor da escala da resposta correspondente; e
- Por fim, multiplicou-se o somatório das pontuações das afirmações por 2,5.

Dessa forma foi obtido o valor final da pontuação de usabilidade SUS, a qual pode variar de 0 a 100, e classificou-se a interface de teste do projeto cartográfico de acordo com este resultado.

Segundo Sauro (2011), pode-se considerar o número 68 como valor de referência para a pontuação média do modelo SUS. O autor definiu também, apoiando-se em processos estatísticos, classificações para a usabilidade de um sistema associando-as às letras A, B, C, D e F, conforme a pontuação obtida no questionário SUS. A Figura 12 ilustra a escala de classificação da pontuação SUS proposta por Sauro (2011).

Figura 12: Escala de classificação SUS.



Fonte: Sauro (2011).

Bangor, Kortum e Miller (2009) também realizaram testes de usabilidades e propuseram a classificação da pontuação obtida no questionário SUS por meio da adoção de adjetivos. A classificação da usabilidade por adjetivos, sugerida pelos autores, é apresentada na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2: Classificação da pontuação da interface no questionário SUS.

Classificação	Pontuação
Pior imaginável	0 – 12,5
Horrível	12,6 – 20,3
Ruim	20,4 – 35,7
Confiável	35,8 – 50,9
Bom	51,0 – 71,4
Excelente	71,5 – 85,5
Melhor imaginável	85,6 - 100

Fonte: Adaptado de Bangor, Kortum e Miller (2009).

Para realização da participação voluntária dos usuários nesta pesquisa foi apresentado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aos usuários participantes, conforme recomenda o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/SD) da UFPR. O objetivo deste termo é garantir que os participantes da pesquisa tenham uma compreensão abrangente sobre o estudo em andamento, incluindo os riscos envolvidos e os benefícios esperados. Dessa forma, eles podem expressar sua vontade de participar (ou não) de maneira verdadeiramente livre e consciente.

Por envolver pesquisa com seres humanos, o presente projeto foi encaminhado ao CEP da UFPR para a devida análise ética, onde foi aprovado sob o número de registro 68520123.6.0000.0102.

5. RESULTADOS E ANÁLISES

A seguir são apresentados os resultados obtidos por meio da realização dos testes e questionários aplicados aos usuários. Primeiramente são apresentadas as características dos participantes da pesquisa. Posteriormente, apresentam-se os resultados adquiridos da realização das tarefas propostas para o uso da interface. E, por fim, é apresentado o resultado da análise dos testes de usabilidade da interface.

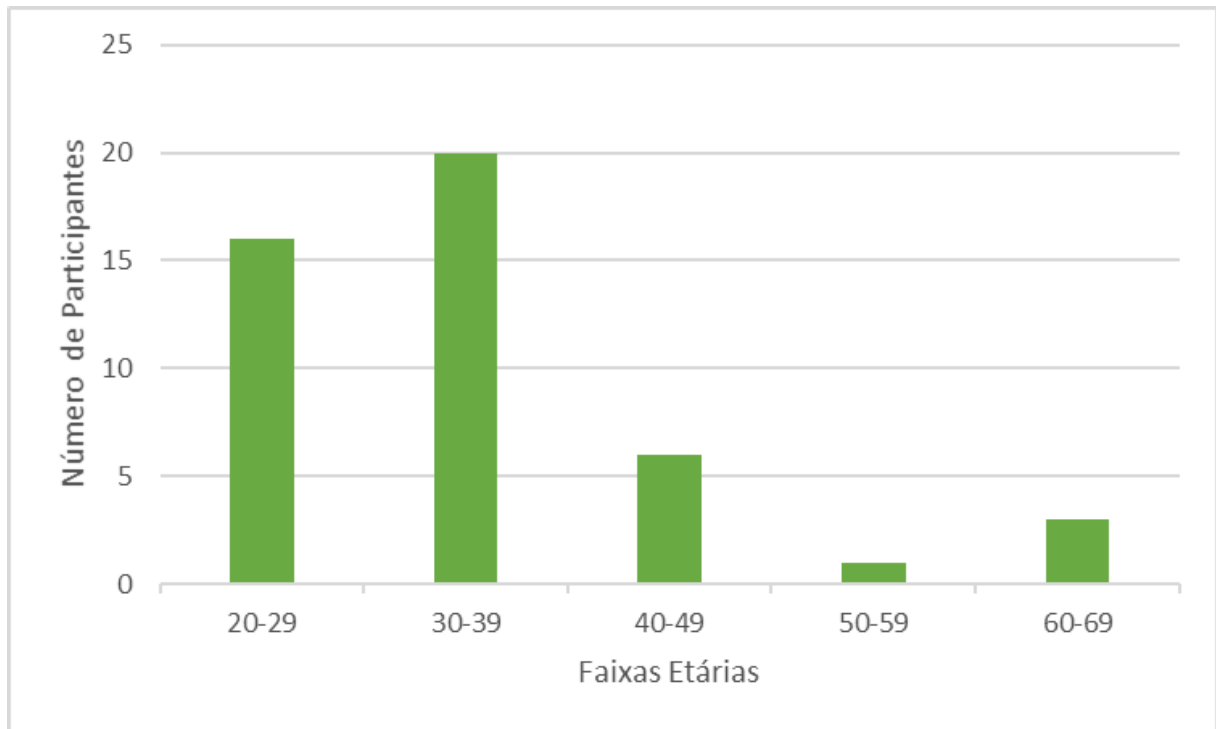
5.1. CARACTERIZAÇÃO DOS USUÁRIOS PARTICIPANTES

Os testes realizados contaram com a colaboração de 46 usuários, os quais concordaram em participar voluntariamente da pesquisa. Foi apresentado a estes o TCLE informando-os sobre os objetivos do projeto, seus benefícios à ciência e a sociedade, bem como os demais esclarecimentos pertinentes à participação dos voluntários.

Inicialmente, foram questionadas algumas informações sobre os participantes relacionadas à idade, local de residência, grau de escolaridade, gênero, se possuía algum tipo de anomalia óptica e a sua experiência com mapas. Este questionário teve a única finalidade de caracterizar os participantes da pesquisa e, logo, não foi considerado para a avaliação das respostas obtidas nos testes.

Com relação à faixa etária, a pesquisa contou com a participação de voluntários com idade entre 25 e 68 anos. A maioria (cerca de 43,5%) dos participantes encontrava-se na faixa de 30 a 39 anos de idade. O Gráfico 1 apresenta a variação de faixa etária entre participantes.

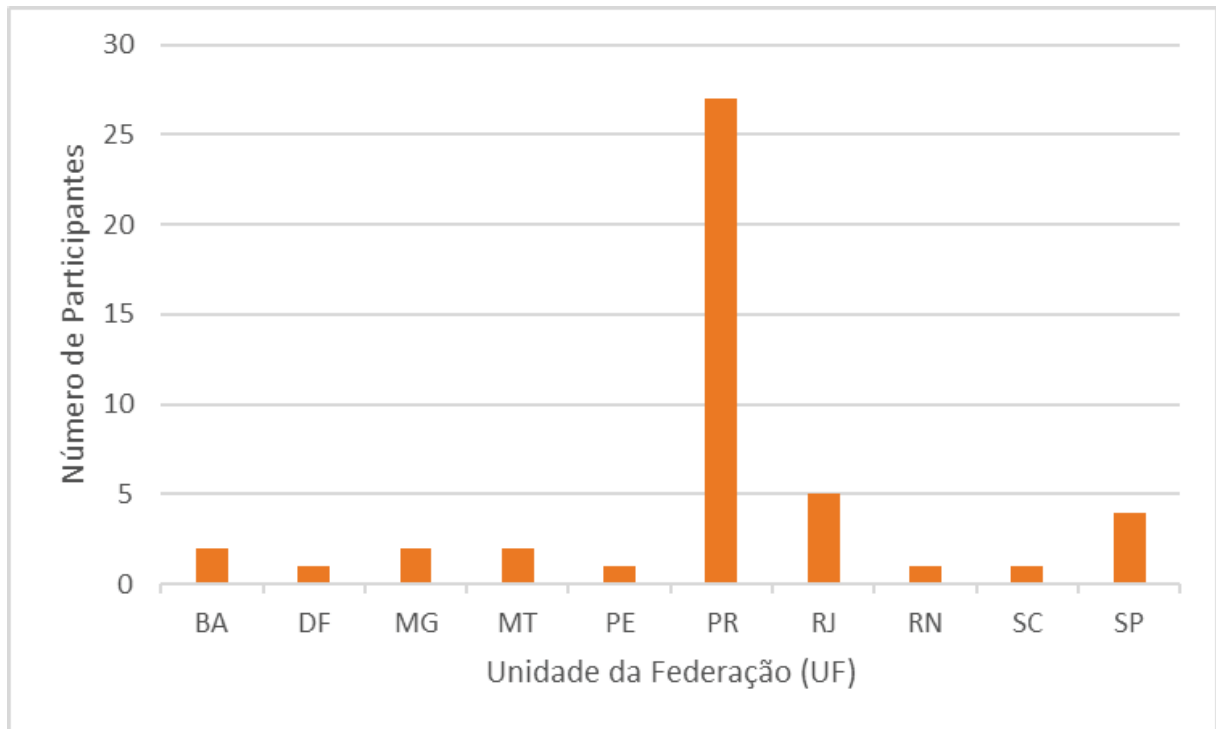
Gráfico 1: Faixas etárias dos participantes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A pesquisa foi realizada por participantes de 17 cidades diferentes e distribuídas em 10 estados brasileiros, conforme ilustra o Gráfico 2. A cidade de Curitiba, no estado do Paraná, é a localidade a qual se encontra o Laboratório Geoespacial Livre da UFPR e onde foi desenvolvida a presente pesquisa e, portanto, contou com a participação de 24 voluntários (52% do total). Analisando-se a nível das grandes regiões político-administrativas do Brasil, a pesquisa recebeu respostas de 4 participantes (8,7%) da Região Nordeste, 3 participantes (6,5%) da Região Centro-Oeste, 11 participantes (23,9%) da Região Sudeste e 28 participantes (60,9%) da Região Sul. Não houveram contribuições de voluntários da Região Norte do país.

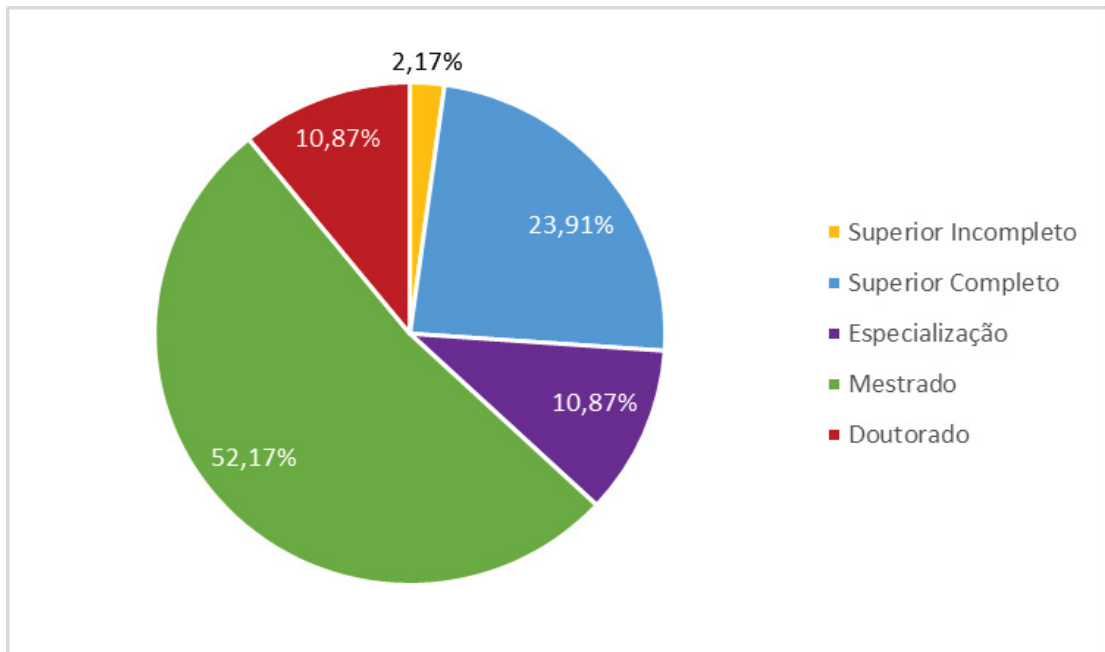
Gráfico 2: Localidade de residência dos participantes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os participantes da pesquisa apresentaram grau de escolaridade variando de estudantes de graduação a profissionais com título de doutorado. Mais especificamente, 1 participante (2,2%) possuía Ensino Superior Incompleto, 11 participantes (23,9%) possuíam Ensino Superior Completo, 5 participantes (10,9%) apresentavam Pós-Graduação a nível de Especialização, 24 participantes (52,2%) obtinham o título de Mestre e 5 participantes (10,9%) eram Doutores. O Gráfico 3 apresenta a informação exposta.

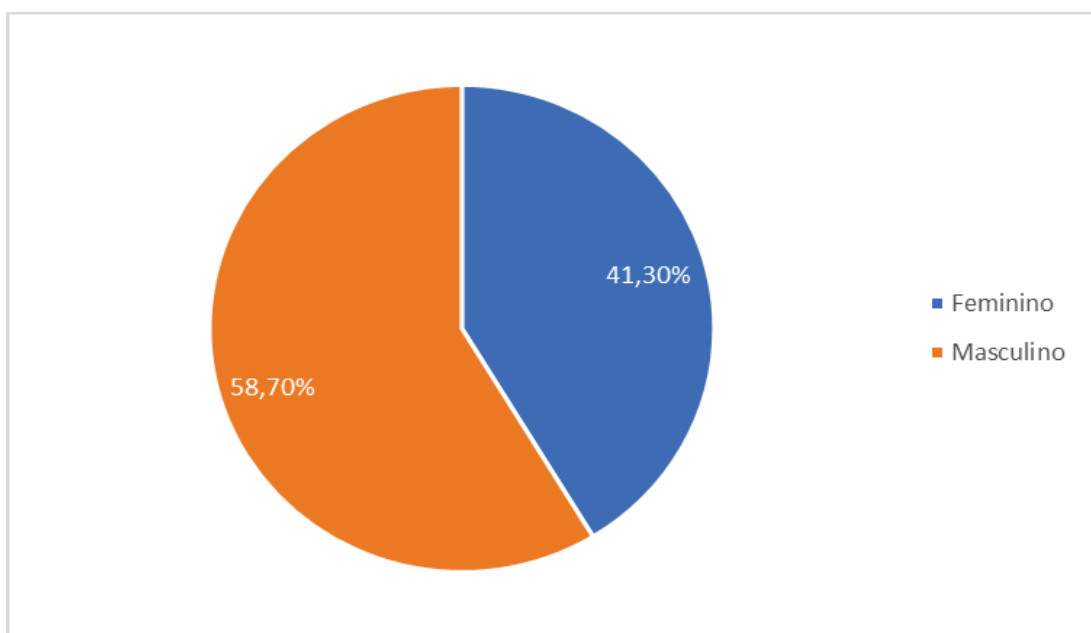
Gráfico 3: Grau de escolaridade dos participantes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os testes foram realizados por voluntários identificados como pertencentes aos gêneros Feminino (19 participantes) e Masculino (27 participantes), não havendo afirmações referentes a outras identidades de gênero. O Gráfico 4 mostra o percentual relacionado ao gênero identificado dos participantes.

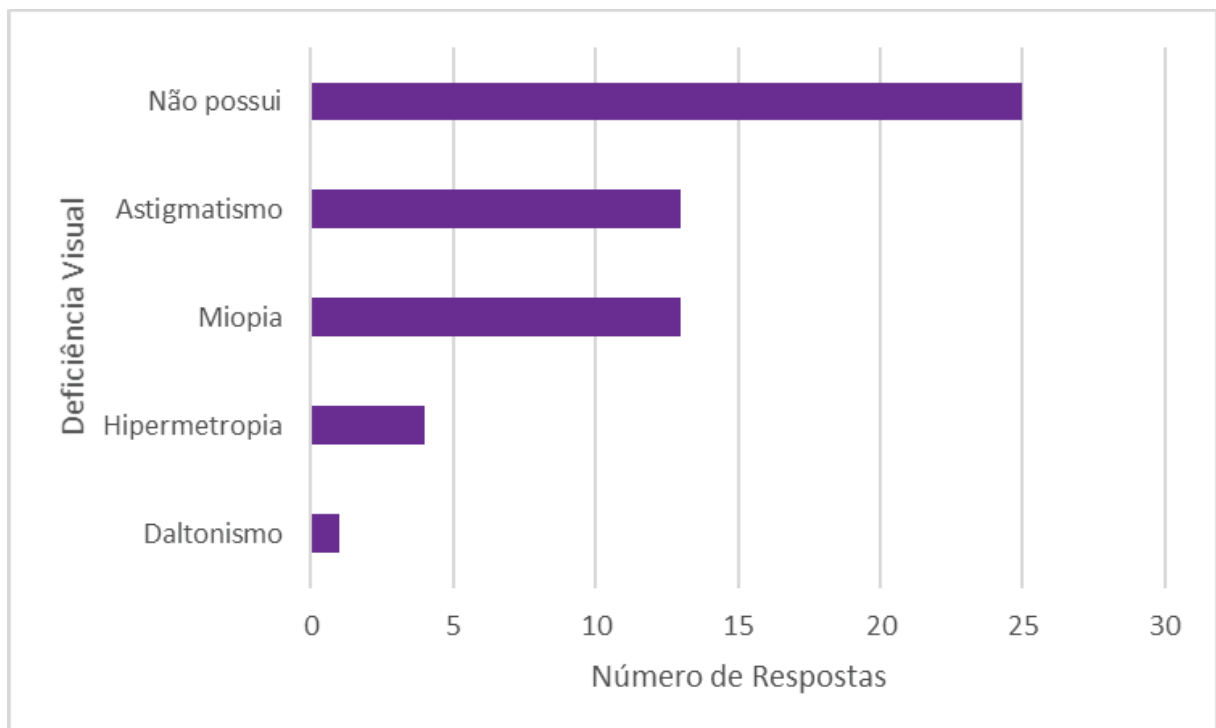
Gráfico 4: Gênero dos participantes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Ao questionar se possuíam algum tipo de anomalia óptica, a maioria (44,6%), sendo 25 participantes, respondeu que não. Dos participantes que afirmaram possuir um ou mais tipos de anomalia óptica, obtiveram-se 13 respostas (23,2%) referentes a astigmatismo, outras 13 (23,2%) para miopia, 4 respostas (7,1%) referentes a hipermetropia e 1 resposta (1,8%) referente ao daltonismo. O Gráfico 5 apresenta as referidas informações fornecidas pelos participantes.

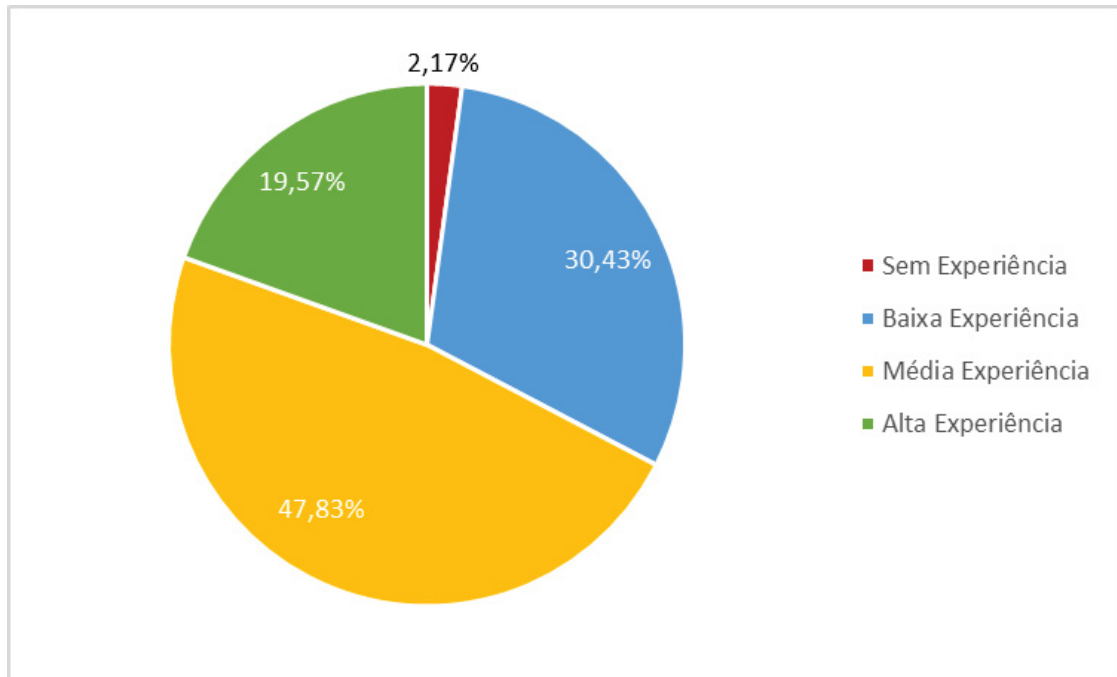
Gráfico 5: Informações sobre anomalia óptica dos participantes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Com relação a utilização de mapas provenientes de plataformas colaborativas, 41 participantes (89,1%) afirmaram utilizar este tipo de mapa. Ao considerar o nível de experiência sobre a utilização de mapas colaborativos, 1 participante afirmou possuir nenhuma experiência, 14 participantes afirmaram possuir baixa experiência, 22 participantes afirmaram possuir média experiência e 9 participantes afirmaram possuir alta experiência na utilização deste tipo de mapa. O Gráfico 6 apresenta o percentual das respostas obtidas relacionadas ao uso e experiência com mapas colaborativos.

Gráfico 6: Nível de experiência dos participantes quanto ao uso de mapas colaborativos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Foi solicitado que os participantes respondessem se já haviam utilizado dados de mapeamento colaborativo, como do OSM por exemplo, como ferramentas de auxílio para análises e tomadas de decisão. Como resposta, 28 participantes (60,9%) afirmaram ter utilizado este tipo de informação para análises e tomadas de decisão, enquanto 18 (39,1%) participantes deram respostas negativas.

Os participantes foram questionados também se já haviam realizado algum tipo de ação humanitária por meio do mapeamento colaborativo, como por exemplo o *Tasking Manager* da HOT ou a participação em mapatonas. Para esta questão, 36 participantes (78,3%) afirmaram não ter colaborado neste tipo de ação, enquanto 10 participantes (21,7%) afirmaram positivamente.

Para os participantes que responderam ter participado de ações humanitárias de mapeamento colaborativo, foi então solicitado que descrevessem as informações geoespaciais que costumam mapear para este tipo de atividade. As respostas coletadas tiveram, em sua maioria, grande relação com o mapeamento de edificações e vias, coincidindo com os tipos de dados propostos para análise nesta pesquisa, dentre outras respostas. Cerca de 70% das respostas referiram-se ao mapeamento de edificações e vias, 16% relacionavam-se com o mapeamento de áreas de

desastres, 11% ao mapeamento de árvores e áreas verdes e 5% das respostas estavam relacionadas com outros tipos de informação geoespacial.

Na finalização do questionário de caracterização do participante, os mesmos responderam se utilizam de dados provenientes do mapeamento colaborativo como referência para pesquisas científicas relacionadas a desastres ou em crises humanitárias. Das respostas obtidas, 42 participantes (91,3%) informaram que não utilizam este tipo de dado como referência, enquanto apenas 4 participantes (8,7%) deram afirmações positivas.

Para os participantes que responderam utilizar os dados de mapeamento colaborativo como referência, foi solicitado que descrevessem as informações geoespaciais que já utilizaram em pesquisas ou crises humanitárias. Os participantes relataram ter utilizado, como referência, arquivos vetoriais relacionados a edificações, além de informações para análise da mudança espacial provocada por desastres naturais. Também foi informado que já haviam utilizado informações do mapeamento colaborativo em operações da Defesa Civil, bem como apoio como mapa base para a geração de mapas temáticos.

5.2. TAREFAS DE LEITURA DE MAPAS

Após o fornecimento dos dados que permitiram sua caracterização, os participantes da pesquisa foram instruídos a realizarem um conjunto de tarefas de leitura de mapas.

As tarefas propostas visavam testar a hipótese principal da presente pesquisa, ou seja, tinham a finalidade de verificar se os indicadores de dados do OSM e os métodos de representação cartográfica propostos foram eficazes no processo de reconhecimento e identificação do participante em relação a qualidade dos dados do mapeamento colaborativo, em regiões suscetíveis a desastres.

Para isto, foi elaborado um conjunto de dez tarefas onde era solicitado aos participantes que identificassem determinadas áreas, especificadas para cada tarefa, e por meio das ferramentas de edição da interface de teste, realizassem o desenho dessas áreas e exportasse o resultado como um arquivo *.geojson*. Em seguida, o arquivo gerado das áreas identificadas era adicionado ao formulário da pesquisa como resposta à respectiva tarefa.

No total, foram recebidos 460 arquivos gerados pelos participantes como respostas. É importante ressaltar que 135 destes encontravam-se corrompidos, o que inviabilizou a avaliação dos mesmos para algumas tarefas. Dessa forma foram considerados 325 arquivos *.geojson* disponibilizados pelos participantes, permitindo assim analisar 1.995 feições de áreas distribuídas entre as tarefas propostas.

A fim de avaliar as áreas identificadas pelos participantes, foi considerado o percentual de sobreposição dessas áreas em relação às áreas de referência, ou seja, foi verificado se a localização dos desenhos das áreas identificadas pelos participantes era compatível espacialmente com a localização das regiões solicitadas para cada tarefa. Para a avaliação destes resultados, utilizou-se de elementos e medidas da estatística descritiva.

Também foi verificada a distribuição espacial das áreas delimitadas pelos participantes. Dessa forma, foi possível analisar o comportamento das diferentes percepções dos usuários ao realizar a tarefa solicitada, assim como identificar padrões de reconhecimento em áreas coincidentes. A seguir são apresentados os resultados obtidos para as dez tarefas propostas.

5.2.1. Tarefa 1

O objetivo desta tarefa foi o reconhecimento e a identificação de áreas que apresentavam alta suscetibilidade a deslizamentos. A hipótese testada para esta tarefa foi de que os tons de cores adotados para as classes de deslizamento tornavam-se informações de referência para a realização da atividade proposta. Se o usuário reconhecer as diferentes classes, logo, identifica as áreas de alta suscetibilidade e realiza a tarefa com eficácia.

A análise da sobreposição compatível, entre as áreas identificadas e as áreas de referência para esta tarefa, foi realizada considerando um conjunto de 287 feições geradas por 37 participantes. Dentre as feições analisadas, 7 apresentavam 0% de sobreposição, ou seja, apenas 2,4% das feições geradas foram identificadas erroneamente. Para o caso das regiões com 100% de sobreposição, 33 feições apresentaram este resultado, indicando que 10,8% das áreas geradas pelos participantes foram identificadas perfeitamente corretas.

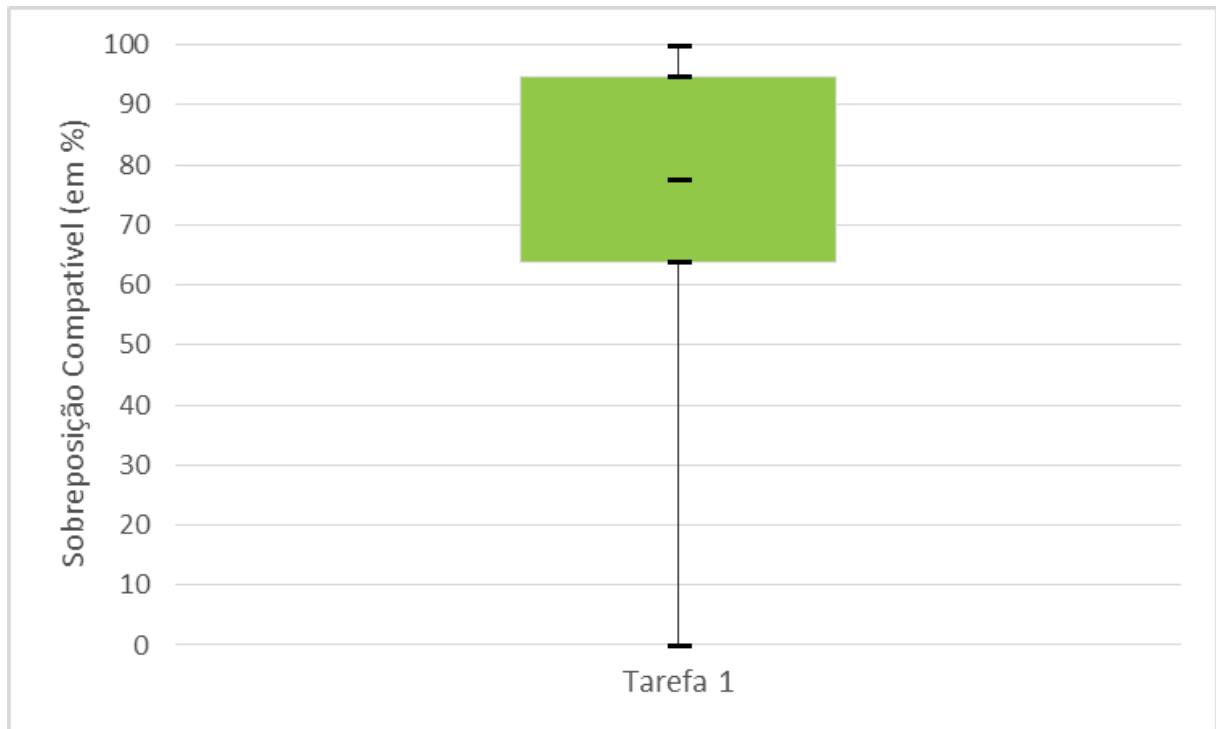
A seguir, são apresentados os valores dos elementos estatísticos calculados para a análise das sobreposições, na Tabela 3, e um *boxplot* ilustrando o comportamento da amostra de dados para esta tarefa, por meio do Gráfico 7.

Tabela 3: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 1.

Tarefa 1	
Valores	Sobreposição Compatível (em %)
Mínimo	0,0
1° Quartil (Q1)	63,8
Média	77,5
3° Quartil (Q3)	94,7
Máximo	100,0
Desvio Padrão	24,3

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 7: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 1.



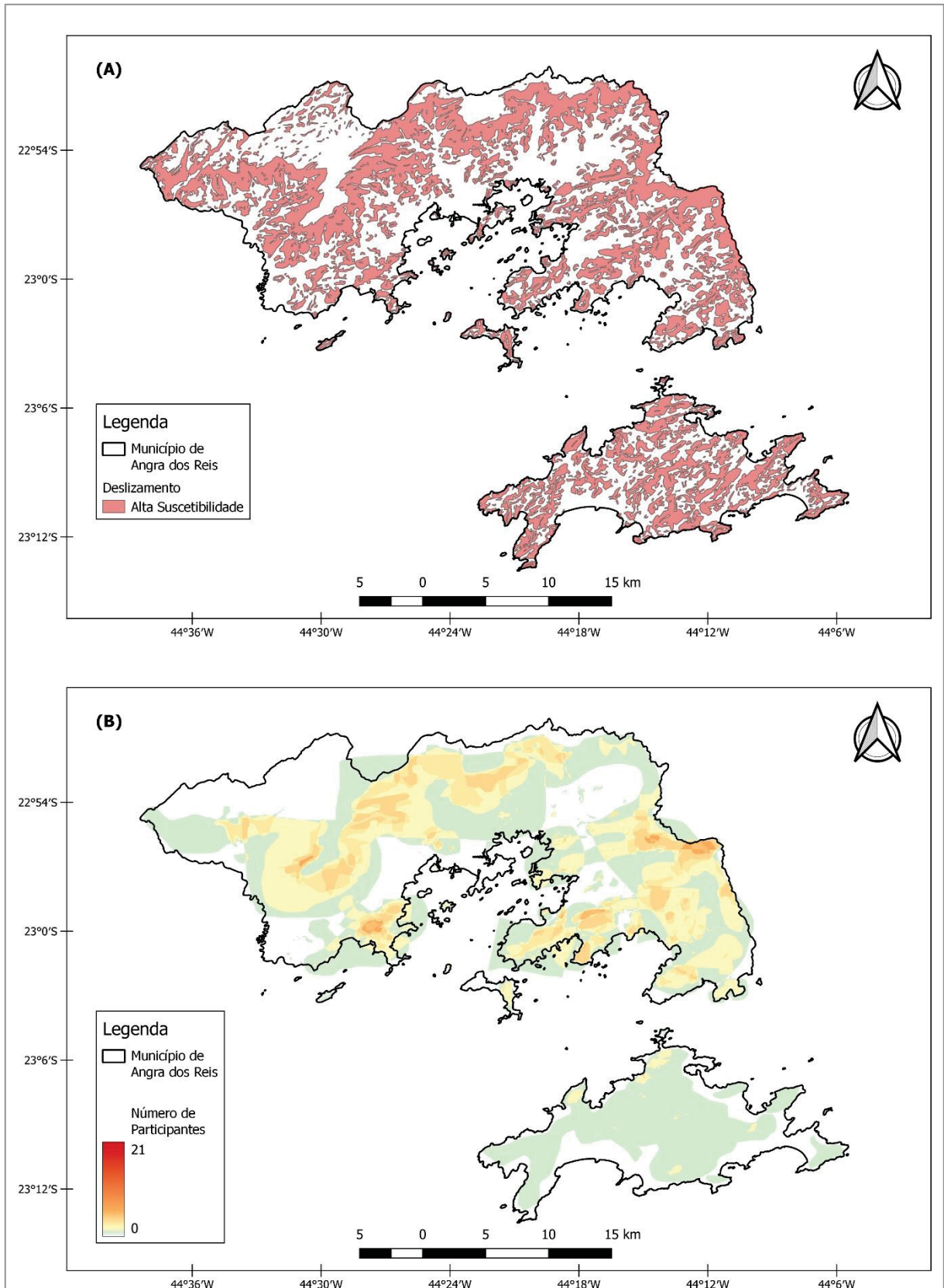
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Conforme apresentado nas informações acima, cerca de 50% das áreas identificadas mostraram grau de sobreposição com as áreas de referência variando entre 63,8% e 94,7%. Além disso, foi constatado que 25% das feições apresentavam índices de sobreposição ainda maiores do que esses valores.

Ao calcular a média da sobreposição correta entre as áreas identificadas pelos participantes, verificou-se que ela foi de 77,5% sobre as áreas esperadas e apresentou um desvio padrão de 24,3%. Esse resultado indica que a variação do percentual de sobreposição em torno da média é considerável, com a maioria das identificações apresentando um nível de compatibilidade acima de 50% em relação às áreas de interesse.

Percebeu-se também que o tamanho e a posição das áreas influenciaram no reconhecimento e identificação de regiões com alta suscetibilidade a deslizamento, visto que a maioria das delimitações realizadas pelos participantes foram sob áreas de referência espacialmente maiores e próximas entre si. A Figura 13 ilustra, no mapa A, as áreas com alta suscetibilidade a deslizamentos e, no mapa B, as regiões identificadas pelos participantes.

Figura 13: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 1.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Dessa maneira, os resultados obtidos permitiram evidenciar que os participantes conseguiram, de maneira geral, identificar as áreas de alta suscetibilidade a deslizamentos. Consequentemente, infere-se que os métodos de representação cartográfica utilizados para esta tarefa foram eficazes no reconhecimento das classes de deslizamento, possibilitando então confirmar a hipótese testada da tarefa proposta.

5.2.2. Tarefa 2

O objetivo desta tarefa foi o reconhecimento e a identificação de áreas que apresentavam baixa suscetibilidade a deslizamentos. Assim como na tarefa anterior, a hipótese testada para esta foi de que os tons de cores adotados para as classes de deslizamento tornavam-se informações de referência para a realização da atividade. Se o usuário reconhecer as diferentes classes, logo identifica as áreas com baixa suscetibilidade a deslizamentos e realiza a tarefa com eficácia.

A análise da sobreposição compatível, entre as áreas identificadas e as áreas de referência para esta tarefa, foi realizada considerando um conjunto de 326 feições geradas por 36 participantes. Dentre as feições analisadas, 26 apresentavam 0% de sobreposição, ou seja, apenas 8% das feições geradas foram identificadas erroneamente. Para o caso das regiões com 100% de sobreposição, 26 feições apresentaram este resultado, indicando que 8% das áreas geradas pelos participantes foram identificadas perfeitamente corretas.

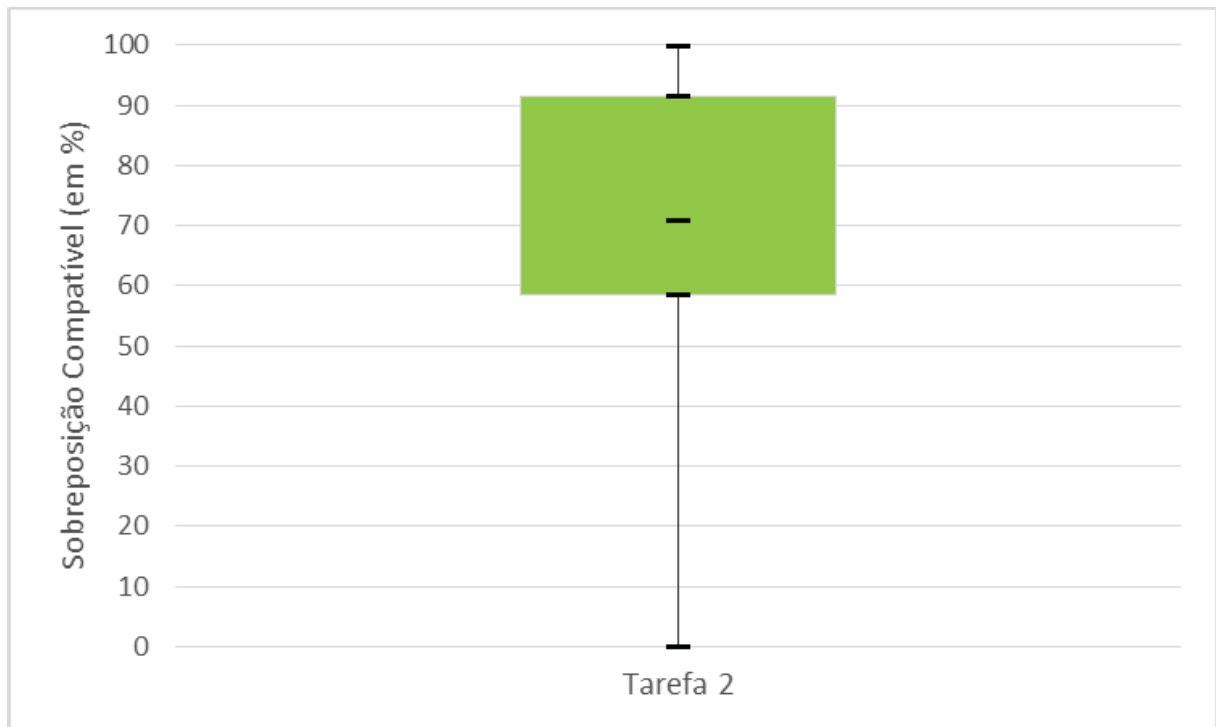
A seguir, são apresentados os valores dos elementos estatísticos calculados para a análise das sobreposições, na Tabela 4, e um *boxplot* ilustrando o comportamento da amostra de dados para esta tarefa, por meio do Gráfico 8.

Tabela 4: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 2.

Tarefa 2	
Valores	Sobreposição Compatível (em %)
Mínimo	0,0
1° Quartil (Q1)	58,5
Média	70,9
3° Quartil (Q3)	91,5
Máximo	100,0
Desvio Padrão	29,5

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 8: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 2.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

De acordo com os dados fornecidos, aproximadamente metade das áreas identificadas apresentaram grau de sobreposição com as áreas de referência,

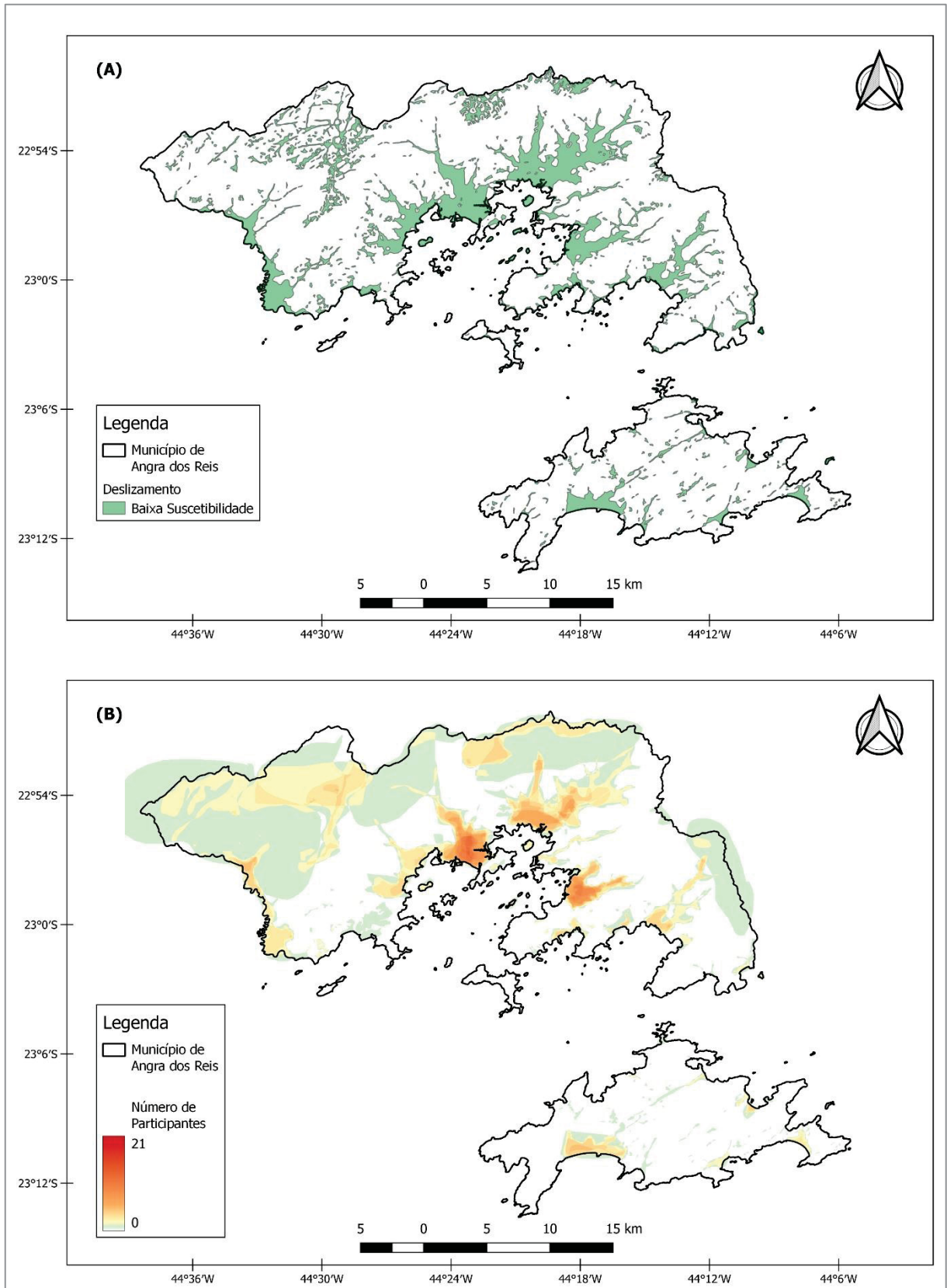
variando de 58,5% a 91,5%. Além disso, foi observado que 25% das feições analisadas apresentaram sobreposição ainda maior que esses valores.

Ao calcular a média de sobreposição correta entre as áreas identificadas pelos participantes, verificou-se que foi de 70,9%, com um desvio padrão de 29,5%. Isso indica uma considerável variação nos percentuais de sobreposição em relação à média, sendo que a maioria das identificações apresentou uma compatibilidade de mais de 40% em relação às áreas de interesse.

A distribuição espacial também foi um fator de influência para a identificação das áreas solicitadas. Assim como na tarefa anterior, a maioria das delimitações corretas realizadas pelos participantes coincidiram sob áreas de interesse espacialmente maiores.

A Figura 14 ilustra, no mapa A, as áreas com baixa suscetibilidade a deslizamentos e, no mapa B, as regiões identificadas pelos participantes.

Figura 14: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 2.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Esses resultados evidenciam que, de modo geral, os participantes foram capazes de identificar as áreas de baixa suscetibilidade a deslizamentos. Portanto, pode-se inferir que os métodos de representação cartográfica utilizados nessa tarefa foram eficazes no reconhecimento e identificação das classes de deslizamento, confirmando assim a hipótese testada.

5.2.3. Tarefa 3

O objetivo desta tarefa foi o reconhecimento e a identificação de áreas que apresentavam alta suscetibilidade à inundação. A hipótese testada para esta tarefa foi de que os valores de cor adotados para as classes de inundação tornavam-se informações de referência para a realização da atividade proposta. Se o usuário reconhecer as diferentes classes, logo identifica as áreas com alta suscetibilidade e realiza a tarefa com eficácia

A análise da sobreposição compatível, entre as áreas identificadas e as áreas de referência para esta tarefa, foi realizada considerando um conjunto de 192 feições geradas por 36 participantes. Dentre as feições analisadas, 19 apresentavam 0% de sobreposição, ou seja, 9,9% das feições geradas foram identificadas erroneamente. Para o caso das regiões com 100% de sobreposição, 38 feições apresentaram este resultado, indicando que 19,8% das áreas geradas pelos participantes foram identificadas perfeitamente corretas.

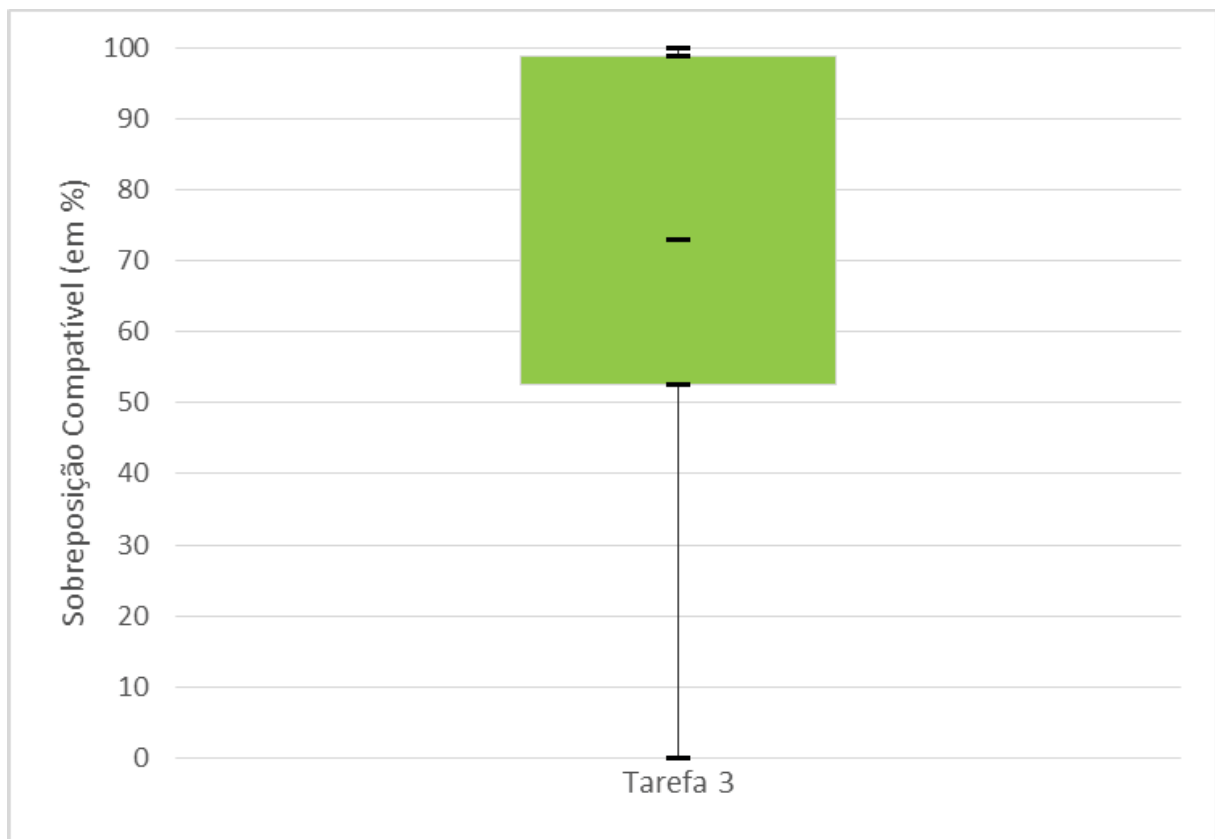
A seguir, são apresentados os valores dos elementos estatísticos calculados para a análise das sobreposições, na Tabela 5, e um *boxsplot* ilustrando o comportamento da amostra de dados para esta tarefa, por meio do Gráfico 9.

Tabela 5: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 3.

Tarefa 3	
Valores	Sobreposição Compatível (em %)
Mínimo	0,0
1° Quartil (Q1)	52,6
Média	73,1
3° Quartil (Q3)	98,9
Máximo	100,0
Desvio Padrão	32,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 9: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 3.



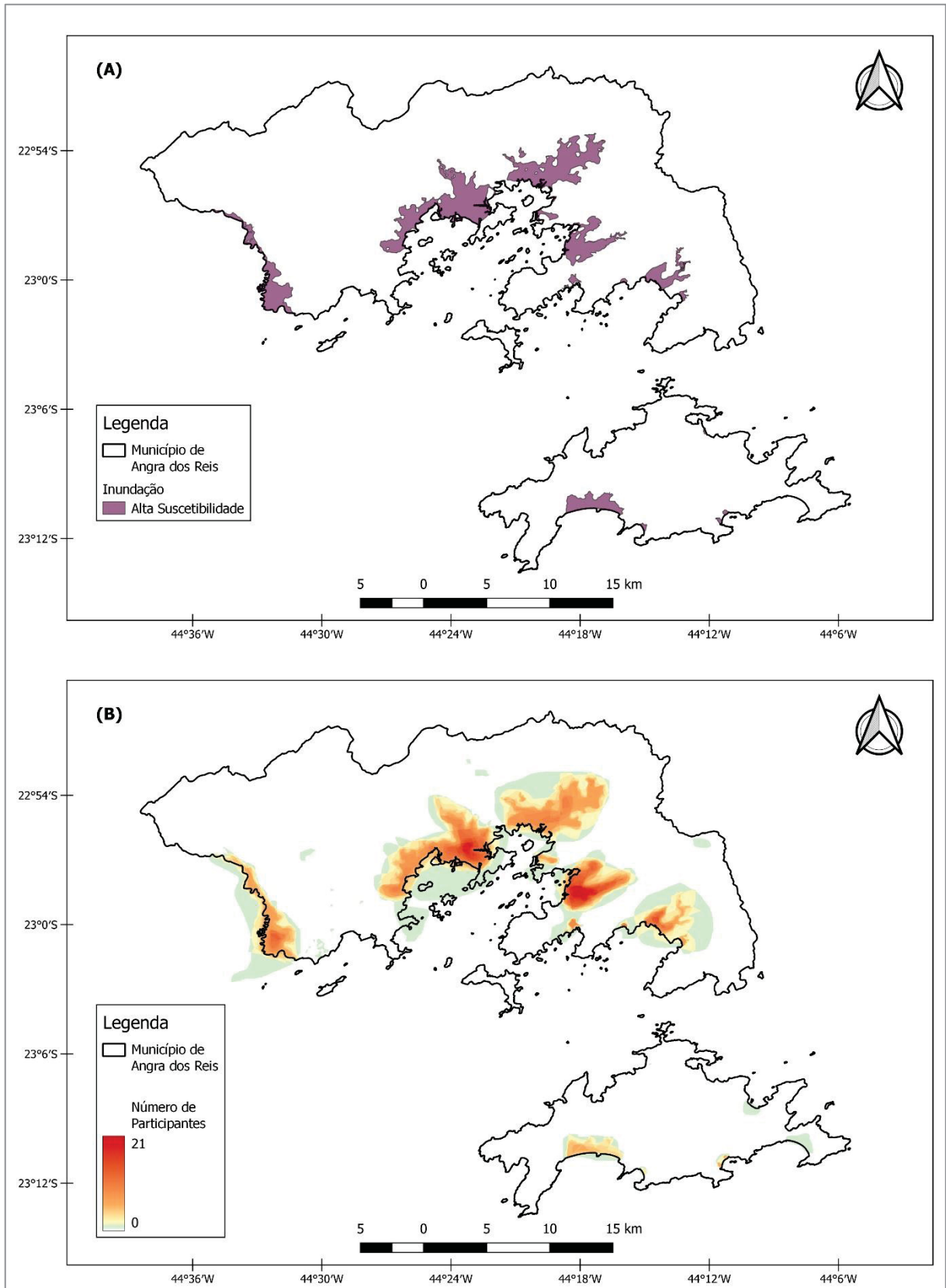
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os resultados revelaram que cerca de metade das áreas identificadas apresentaram certo grau de sobreposição com as áreas de referência, variando entre 52,6% e 98,9%. Além disso, verificou-se que 25% das características analisadas exibiram índices de sobreposição ainda maiores.

Ao calcular a média de sobreposição entre as áreas identificadas pelos participantes, constatou-se que foi de 73,1%, com um desvio padrão de 32%. Esses resultados indicam uma notável variação nos percentuais de sobreposição em relação à média, sendo que a maioria das identificações demonstrou uma compatibilidade acima de 40% com as áreas de interesse

Em relação a distribuição espacial, novamente, foi possível observar que o tamanho das áreas influenciou no reconhecimento e identificação das regiões solicitadas. A maioria das delimitações realizadas pelos participantes foram em áreas suscetíveis a inundações espacialmente maiores. A Figura 15 ilustra, no mapa A, as áreas com alta suscetibilidade à inundação e, no mapa B, as regiões identificadas pelos participantes.

Figura 15: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 3.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Essas descobertas destacam que, de maneira geral, os métodos de representação cartográfica empregados nessa tarefa foram efetivos na identificação das classes de inundação. Conseqüentemente, entende-se que os participantes foram capazes de identificar as áreas de suscetibilidade predefinidas, validando assim a hipótese testada para a tarefa.

5.2.4. Tarefa 4

O objetivo desta tarefa foi o reconhecimento e a identificação de áreas que apresentavam baixa suscetibilidade à inundação. Assim como na tarefa anterior, a hipótese testada para esta foi de que os valores de cor adotados para as classes de inundação tornavam-se informações de referência para a realização da atividade. Se o usuário reconhecer as diferentes classes, logo identifica as áreas com baixa suscetibilidade e realiza a tarefa proposta com eficácia.

A análise da sobreposição compatível, entre as áreas identificadas e as áreas de referência para esta tarefa, foi realizada considerando um conjunto de 191 feições geradas por 37 participantes. Dentre as feições analisadas, 47 apresentavam 0% de sobreposição, ou seja, 24,6% das feições geradas foram identificadas erroneamente. Para o caso das regiões com 100% de sobreposição, apenas 15 feições apresentaram este resultado, indicando que apenas 7,8% das áreas geradas pelos participantes foram identificadas perfeitamente corretas.

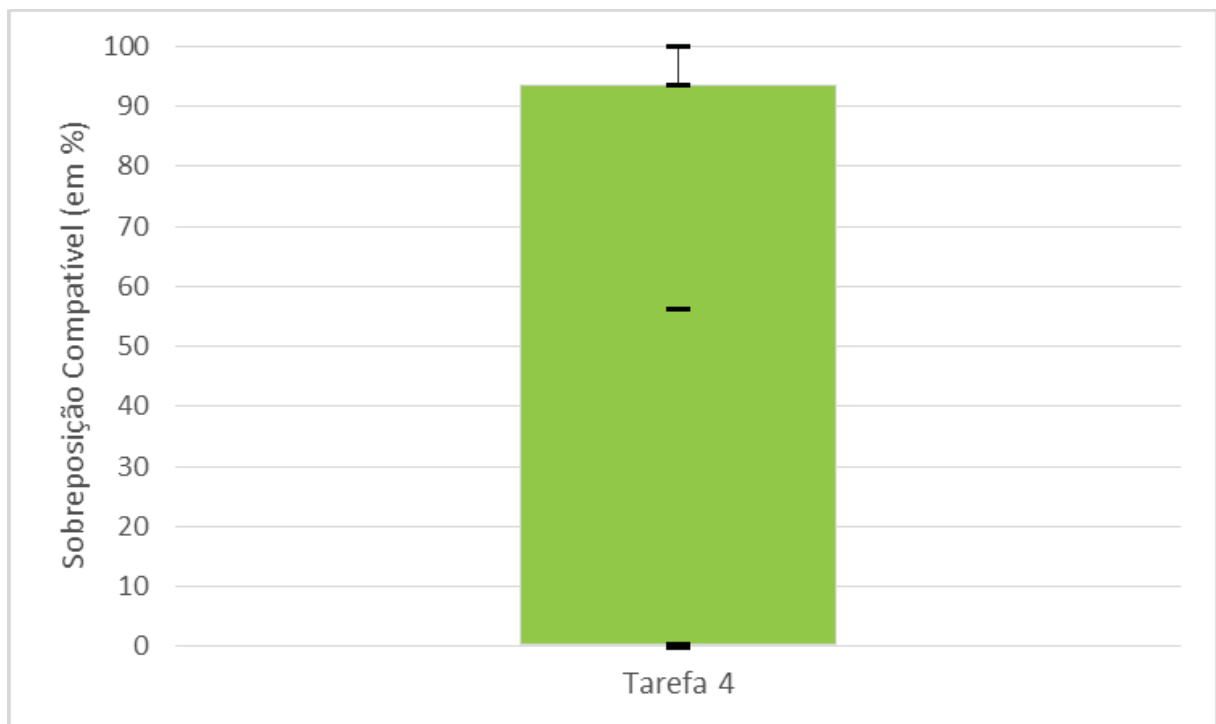
A seguir, são apresentados os valores dos elementos estatísticos calculados para a análise das sobreposições, na Tabela 6, e um *boxsplot* ilustrando o comportamento da amostra de dados para esta tarefa, por meio do Gráfico 10.

Tabela 6: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 4.

Tarefa 4	
Valores	Sobreposição Compatível (em %)
Mínimo	0,0
1° Quartil (Q1)	0,2
Média	56,1
3° Quartil (Q3)	93,4
Máximo	100,0
Desvio Padrão	40,7

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 10: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 4.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

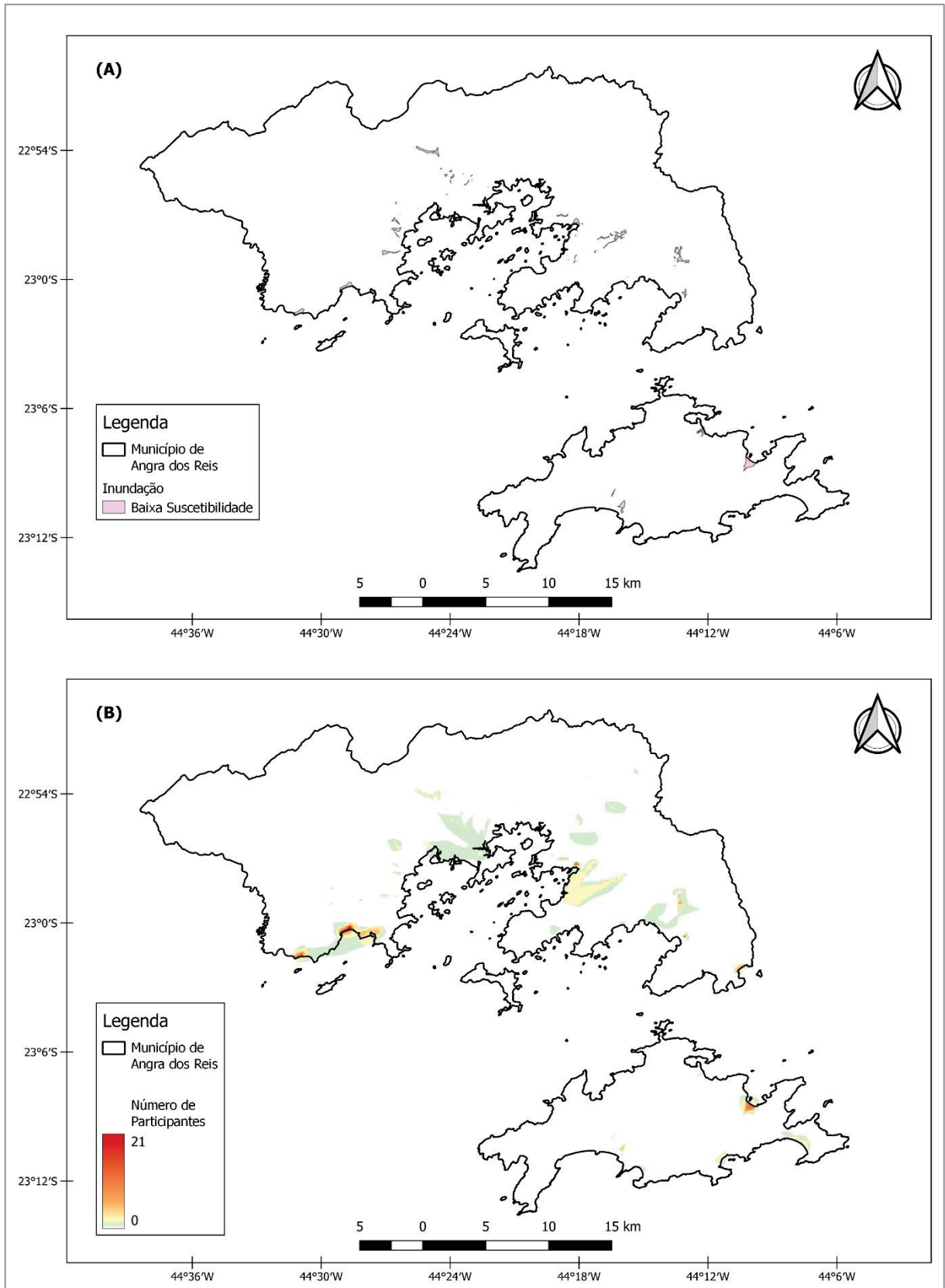
Conforme apresentado nas informações acima, cerca de 50% das áreas identificadas mostraram grau de sobreposição com as áreas de referência variando

entre 0,2% e 93,4%. Este resultado apresenta heterogeneidade durante a interpretação das classes por parte dos participantes. Além disso, 25% das feições geradas apresentavam índices de sobreposição superiores a essa variação, enquanto outros 25% revelavam índices inferiores.

Ao calcular a média da sobreposição entre as áreas identificadas pelos participantes, verificou-se que ela foi de 56,1% e apresentou um desvio padrão de 40,7%. Esse resultado indica que a variação do percentual de sobreposição em torno da média apresenta uma oscilação alta, com as feições identificadas e geradas pelos participantes apresentando um nível de compatibilidade próximo de 0% assim como de 100% em relação às áreas de interesse.

Os resultados encontrados podem ser associados ao tamanho das áreas para a classe de baixa suscetibilidade à inundação, conforme ilustra o mapa A da Figura 16. Neste caso, a identificação feita pelos participantes (Figura 16-B) para a classe solicitada apresentou dificuldades de realização devido as áreas com baixa suscetibilidade serem espacialmente menores que as áreas de alta suscetibilidade. Além disso, acredita-se que a adoção de valores próximos de cor pode ter confundido alguns participantes no reconhecimento das classes. A Figura 16 ilustra, no mapa A, as áreas com baixa suscetibilidade à inundação e, no mapa B, as regiões identificadas pelos participantes.

Figura 16: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 4.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Dessa maneira, os resultados obtidos permitiram evidenciar que os métodos de representação cartográfica utilizados para esta tarefa não foram eficazes para grande parte dos usuários. Embora a média de sobreposição das feições geradas pelos participantes tenha sido acima de 50%, os resultados obtidos mostraram um comportamento aleatório e heterogêneo, indicando diversidade de interpretação por parte dos participantes. As pequenas áreas com baixa suscetibilidade à inundação, representadas com valor de cor próximo às áreas de alta suscetibilidade, tenderam a causar confusão durante a identificação das áreas solicitadas por parte de alguns usuários. Entretanto, ainda assim, os resultados obtidos puderam auxiliar para a análise do teste de hipótese da tarefa em questão.

5.2.5. Tarefa 5

O objetivo desta tarefa foi o reconhecimento e a identificação de áreas que apresentavam boa qualidade referente aos dados de indicadores do OSM. A hipótese testada para esta tarefa foi de que os valores de cor (ou luminosidade) adotados para as classes, atribuídos às áreas de grade de qualidade de diferentes tamanhos para a visualização em diferentes escalas, tornavam-se informações de referência para a realização da atividade proposta. Se o usuário reconhecer as classes das grades de qualidade, logo identifica as áreas com boa qualidade de dados e realiza a tarefa com eficácia.

A análise da sobreposição compatível, entre as áreas identificadas e as áreas de referência para esta tarefa, foi realizada considerando um conjunto de 165 feições geradas por 32 participantes. Para isto, foi calculado o índice de correta sobreposição para as três camadas de grades de qualidade, a fim de verificar o nível de compatibilidade entre as áreas para as diferentes escalas de visualização.

Em relação ao quantitativo de feições identificadas erroneamente, ou seja, com 0% de sobreposição, obteve-se 19 (11,5%) para grades de 250 m de lado, 26 (15,8%) para grades de 500 m de lado e 54 feições (32,7%) para grades com 1 km de lado. Estes resultados indicam uma possível dificuldade na identificação das classes de quando visualizadas em escalas pequenas, visto que a precisão na identificação das áreas solicitadas diminui à medida que o tamanho da grade aumenta.

Já o caso das regiões identificadas com 100% de sobreposição, isto é, aquelas em que os participantes conseguiram associar perfeitamente à classe solicitada, obteve-se 25 (15,2%) para grades de 250 m de lado, 29 (17,6%) para grades de 500 m de lado e 26 feições (15,8%) para grades com 1 km de lado. Com base nesse resultado, percebe-se que as porcentagens de sobreposição foram relativamente próximas entre si.

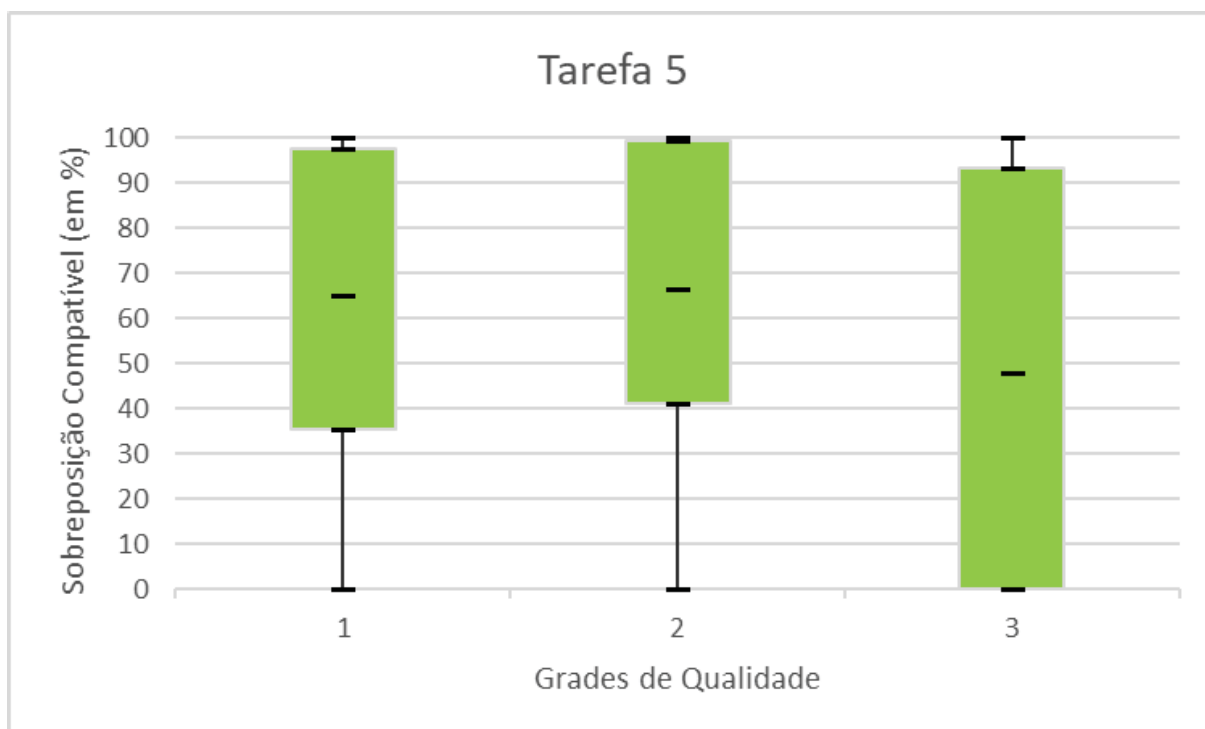
A seguir, são apresentados os valores dos elementos estatísticos calculados para a análise das sobreposições, na Tabela 7, e um *boxsplot* ilustrando o comportamento das amostras de dados para esta tarefa, por meio do Gráfico 11. As grades de 250 m, 500 m e 1 km de lado serão mencionadas a partir de agora, no texto, como grades 1, 2 e 3, respectivamente.

Tabela 7: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 5.

Tarefa 5			
Valores	Sobreposição Compatível (em %)		
	Grade 1	Grade 2	Grade 3
Mínimo	0,0	0,0	0,0
1° Quartil (Q1)	35,4	41,4	0,0
Média	65,0	66,5	47,8
3° Quartil (Q3)	97,8	99,5	93,5
Máximo	100,0	100,0	100,0
Desvio Padrão	36,2	37,1	41,2

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 11: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 5.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Conforme apresentado nas informações acima, cerca de 50% das áreas identificadas mostraram grau de sobreposição com as áreas de referência variando entre 35,4% e 97,8% para a grade 1 e 41,4% e 99,5% para a grade 2. Em relação a grade 3, 75% das áreas identificadas apresentaram sobreposição compatível variando de 0% a 93,5%.

Ao calcular as médias da sobreposição entre as áreas identificadas pelos participantes para os diferentes tamanhos de grade, verificou-se que elas foram de 65% para a grade 1, 66,5% para a grade 2 e 47,8% para a grade 3, e apresentaram desvio padrão de 36,2%, 37,1% e 41,2%, respectivamente.

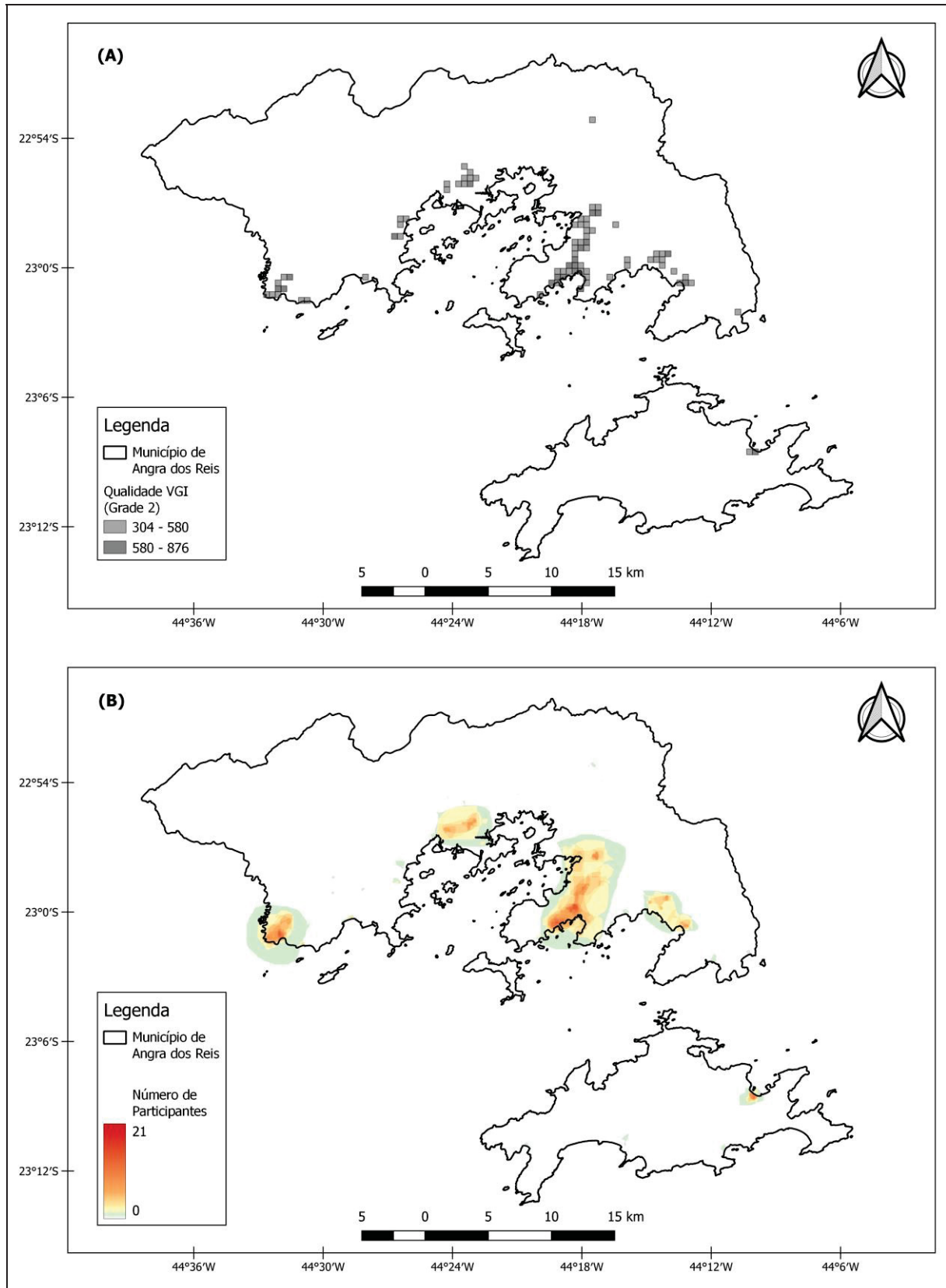
Os resultados indicam que, em média, a maioria das áreas identificadas pelos participantes apresentaram grau de sobreposição significativo com as áreas de referência para as grades 1 e 2, enquanto a grade 3 apresentou uma média de sobreposição significativamente menor. No entanto, há uma variabilidade considerável na precisão da identificação, com algumas áreas apresentando alta sobreposição e outras apresentando baixa sobreposição, conforme evidenciado também pelos desvios padrão. A sobreposição de áreas relacionadas a grade 3, em particular, mostrou-se ter uma precisão relativamente menor, apresentando bastante casos em que nenhuma área de interesse foi identificada.

Considerando a distribuição espacial, as áreas da região de estudo que apresentavam boa qualidade VGI eram, de maneira geral, poucas, pequenas e próximas entre si, tendendo ao usuário utilizar da ampliação da escala para visualizar essas áreas. Isso possibilita compreender o motivo dos resultados encontrados para os índices de sobreposição das grades de tamanho menor apresentarem compatibilização melhores que as de grades maiores.

Ao conseguir identificar uma região visualizando-a numa escala grande, os índices de compatibilidade das áreas delimitadas tendem a ser melhores ao se comparar com as grades de tamanho maior, quando se é necessário reduzir a escala. Entretanto o contrário não pode ser confirmado, visto que ao identificar as regiões de boa qualidade visualizando-as em escalas pequenas, o erro de sobreposição compatível tende a ser maior, conforme evidenciaram os resultados.

A Figura 17 ilustra, no mapa A, as áreas com boa qualidade VGI e, no mapa B, as regiões identificadas pelos participantes.

Figura 17: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 5.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

De maneira geral, os resultados obtidos permitiram revelar que os métodos de representação cartográfica utilizados foram, de certa forma, eficazes no reconhecimento das classes de qualidade, principalmente quando visualizadas em escalas maiores. Os índices de sobreposição e as médias calculadas, bem como a análise da distribuição espacial das áreas identificadas, forneceram suporte para confirmar a hipótese testada nesta tarefa.

5.2.6. Tarefa 6

O objetivo desta tarefa foi o reconhecimento e a identificação de áreas que apresentavam baixa qualidade referente aos dados de indicadores do OSM. A hipótese testada para esta tarefa foi de que os valores de cor (ou luminosidade) adotados para as classes, atribuídos às áreas de grade de qualidade de diferentes tamanhos para visualização em diferentes escalas, tornavam-se informações de referência para a realização da atividade proposta. Se o usuário reconhecer as classes das grades de qualidade, logo realiza as tarefas com eficácia.

A análise da sobreposição compatível, entre as áreas identificadas e as áreas de referência para esta tarefa, foi realizada considerando um conjunto de 213 feições geradas por 30 participantes. Para isto, foi calculado o índice de sobreposição para as três camadas de grades de qualidade, a fim de verificar o nível de compatibilidade entre as áreas para as diferentes escalas de visualização.

Em relação ao quantitativo de feições identificadas erroneamente, ou seja, com 0% de sobreposição, obteve-se 14 (6,6%) para a grade 1 e 24 feições (11,3%) tanto para a grade 2 quanto para a grade 3. Para o caso das regiões identificadas com 100% de sobreposição, isto é, aquelas em que os participantes conseguiram associar perfeitamente à classe solicitada, obteve-se 86 (40,4%) para a grade 1, 89 (41,8%) para a grade 2 e 115 feições (54%) para a grade 3.

A partir dos resultados obtidos, percebe-se que as feições geradas pelos participantes apresentaram taxas ligeiramente maiores de erros de sobreposição quando relacionadas as grades 2 e 3 do que quando relacionadas a grade 1, apresentando menor taxa de erro. No entanto, as áreas identificadas pelos participantes apresentaram taxas consideráveis de identificação correta das regiões para todas as três camadas de qualidade, com um desempenho relativamente melhor

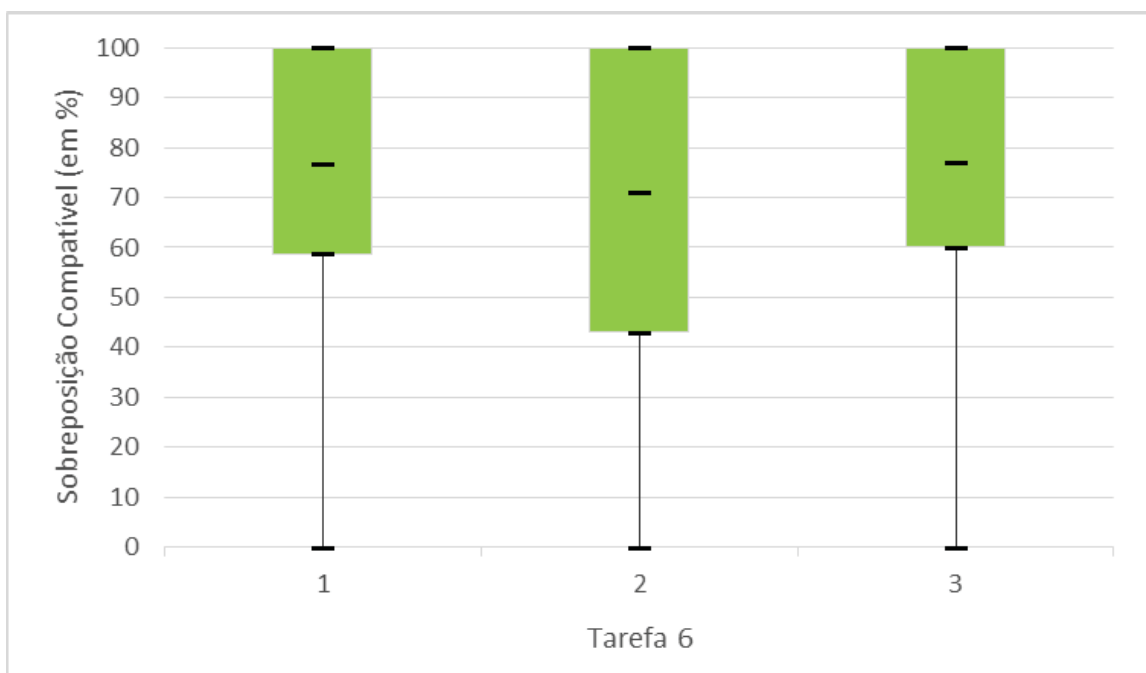
nas grades maiores. A seguir, são apresentados os valores dos elementos estatísticos calculados para a análise das sobreposições, na Tabela 8, e um *boxsplot* ilustrando o comportamento das amostras de dados para esta tarefa, por meio do Gráfico 12.

Tabela 8: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 6.

Tarefa 6			
Valores	Sobreposição Compatível (em %)		
	Grade 1	Grade 2	Grade 3
Mínimo	0,0	0,0	0,0
1° Quartil (Q1)	58,8	43,1	60,1
Média	76,7	71,0	77,0
3° Quartil (Q3)	100,0	100,0	100,0
Máximo	100,0	100,0	100,0
Desvio Padrão	34,2	37,1	36,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 12: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 6.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

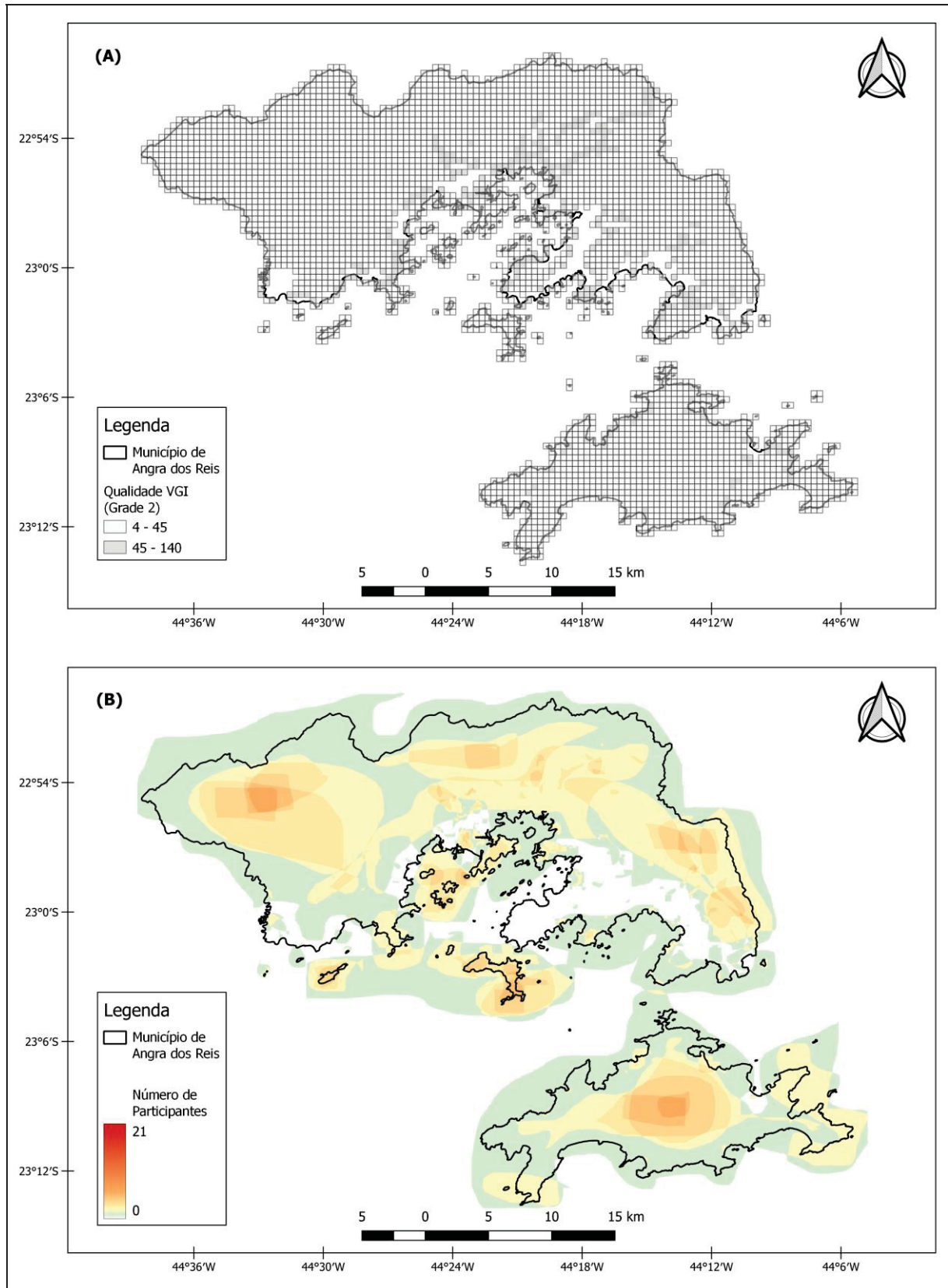
Conforme apresentado nas informações acima, cerca de 75% das áreas identificadas mostraram grau de sobreposição com as áreas de referência variando entre 58,8% e 100% para a grade 1, 43,1% e 100% para a grade 2 e, 60,1% e 100% para a grade 3.

Ao calcular as médias da sobreposição entre as áreas identificadas pelos participantes para os diferentes tamanhos de grade, verificou-se que elas foram de 76,7% para a grade 1, 71% para a grade 2 e 77% para a grade 3, e apresentaram desvio padrão de 34,2%, 37,1% e 36%, respectivamente.

Diante disso, os resultados encontrados refletem que a maioria das áreas identificadas pelos participantes apresentou sobreposição significativa com as áreas de referência em todas as grades de visualização de qualidade VGI. As médias indicaram graus de sobreposição considerável entre as áreas identificadas e as áreas de interesse. Na análise dos desvios padrão, observa-se uma variabilidade nos resultados da identificação de áreas, sugerindo que alguns participantes tiveram resultados mais precisos do que outros dentro de cada grade.

A seguir, a Figura 18 ilustra, no mapa A, as áreas com baixa qualidade VGI e, no mapa B, as regiões identificadas pelos participantes

Figura 18: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 6.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Do ponto de vista espacial, percebe-se que a grande quantidade de áreas com baixa qualidade VGI, presentes na região de estudo, influenciou os participantes no reconhecimento das classes e na identificação das áreas solicitadas, tendo sua maioria escolhido delimitar as regiões centrais dos polígonos pertencentes a Angra dos Reis.

As informações estatísticas possibilitaram indicar que a maioria das áreas identificadas pelos participantes apresentou sobreposição significativa com as áreas de referência, quando relacionadas a todas as grades de qualidade. Isso sugere que os participantes foram capazes de reconhecer corretamente as classes das áreas e associá-las adequadamente. Portanto, com base nos resultados, pode-se confirmar que a hipótese testada é suportada pelos dados observados.

5.2.7. Tarefa 7

O objetivo desta tarefa foi o reconhecimento e a identificação de áreas que apresentavam alta suscetibilidade a desastres, sejam estes deslizamentos e/ou inundações, assim como áreas que apresentam boa qualidade dos indicadores de dados provenientes do mapeamento colaborativo. A hipótese testada para esta tarefa foi de que os tons e valores de cor adotados para as classes de desastres, juntamente com a luminosidade adotada para as classes de qualidade, tornavam-se informações de referência para a realização da atividade proposta. Se o usuário reconhecer as diferentes classes, logo realiza as tarefas com eficácia.

A análise da sobreposição compatível, entre as áreas identificadas e as áreas de referência para esta tarefa, foi realizada considerando um conjunto de 162 feições geradas por 29 participantes. Para isto, foi calculado o índice de sobreposição para as três camadas de grades de qualidade, a fim de verificar o nível de compatibilidade entre as áreas identificadas para as diferentes escalas de visualização.

Em relação ao quantitativo de feições identificadas erroneamente, ou seja, com 0% de sobreposição, obteve-se 28 (17,3%) para a grade 1, 32 (19,8%) para a grade 2 e 54 feições (33,3%) para a grade 3. Estes resultados indicam uma possível dificuldade na identificação da qualidade das áreas de interesse ao se reduzir a escala, visto que a precisão na identificação de feições diminui à medida que o tamanho da grade aumenta.

Já o caso das regiões identificadas com 100% de sobreposição, isto é, aquelas em que os participantes conseguiram associar perfeitamente à classe solicitada, obteve-se 24 (14,8%) para a grade 1, 29 (17,9%) para a grade 2 e 21 feições (13%) para a grade 3. Com base nesse resultado, percebe-se que as porcentagens de sobreposição são relativamente próximas entre si, indicando que, provavelmente, os usuários realizaram a identificação dessas áreas visualizando-as em escalas maiores. Pois, ao se reduzir a escala, a área identificada tenderá a continuar classificada numa área correta, devido à generalização cartográfica.

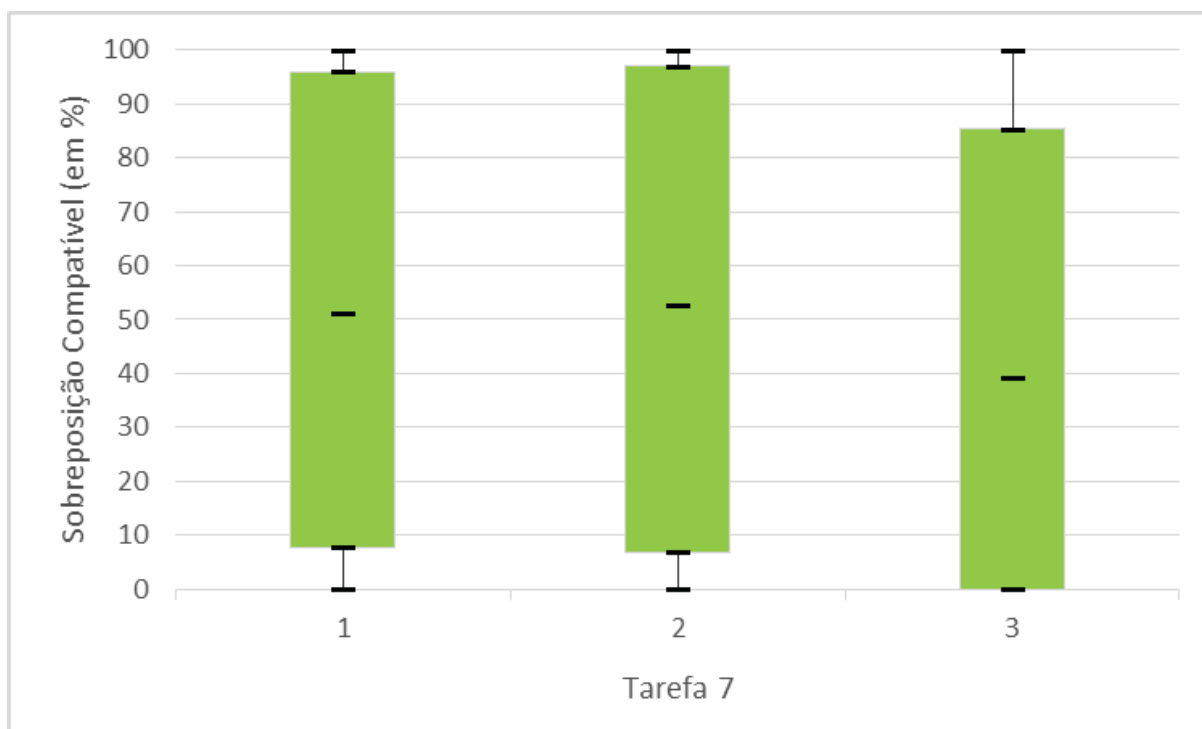
A seguir, são apresentados os valores dos elementos estatísticos calculados para a análise das sobreposições, na Tabela 9, e um *boxsplot* ilustrando o comportamento das amostras de dados para esta tarefa, por meio do Gráfico 13.

Tabela 9: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 7.

Tarefa 7			
Valores	Sobreposição Compatível (em %)		
	Grade 1	Grade 2	Grade 3
Mínimo	0,0	0,0	0,0
1° Quartil (Q1)	7,8	6,9	0,0
Média	51,3	52,7	39,2
3° Quartil (Q3)	95,9	97,0	85,3
Máximo	100,0	100,0	100,0
Desvio Padrão	41,0	41,0	41,1

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 13: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 7.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

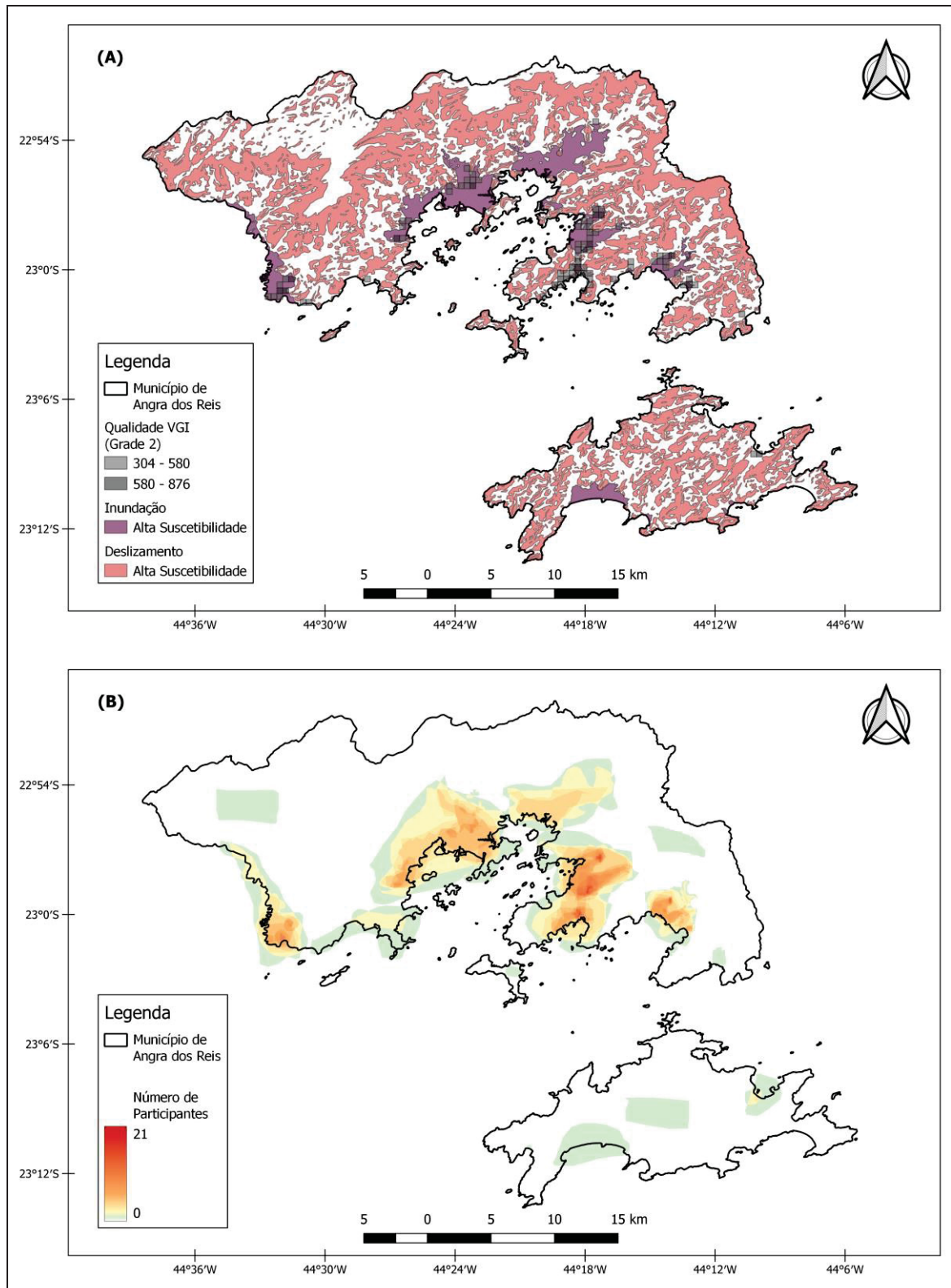
Conforme apresentado nas informações acima, cerca de 50% das áreas identificadas mostraram grau de sobreposição com as áreas de referência variando entre 7,8% e 95,9% para a grade 1 e 6,9% e 97% para a grade 2. Em relação a grade 3, 75% das áreas identificadas apresentaram sobreposição compatível variando de 0% a 85,3%.

Ao calcular as médias da sobreposição entre as áreas identificadas pelos participantes para os diferentes tamanhos de grade, verificou-se que elas foram de 51,3% para a grade 1, 52,7% para a grade 2 e 39,2% para a grade 3, e apresentaram desvio padrão de aproximadamente 41% para todas as escalas de grade de visualização.

Os resultados indicam que, em média, a maioria das áreas identificadas pelos participantes apresentaram grau de sobreposição considerável com as áreas de referência para as grades 1 e 2, enquanto a grade 3 apresentou uma média de sobreposição significativamente menor. No entanto, há uma variabilidade considerável na precisão da identificação, com algumas áreas apresentando alta sobreposição e outras apresentando baixa sobreposição, conforme evidenciado também pelos desvios padrão. A sobreposição de áreas relacionadas a grade 3, em

particular, mostrou-se ter uma precisão relativamente menor, apresentando bastante casos em que nenhuma área de interesse foi identificada.

Figura 19: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 7.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Em relação a análise espacial das áreas identificadas pelos participantes, é possível perceber que o tamanho das áreas de interesse e sua distribuição ao longo da região de estudo influenciou na percepção dos usuários. O reconhecimento e a identificação de áreas com alta suscetibilidade a desastres foram, de maneira geral, alcançados pela maioria dos participantes, principalmente nas localidades próximas à costa, devido as suas grandes áreas e extensa distribuição espacial.

Entretanto, ao associar essas áreas com as grades de qualidade VGI, evidenciou-se que o pequeno número de áreas representando boa qualidade dificultou a correta identificação quando visualizadas em escala reduzida. Por se tratar de áreas menores, era necessário que o participante ampliasse a escala de visualização para delimitar mais precisamente a região de interesse.

De maneira geral, os resultados obtidos permitiram evidenciar que os métodos de representação cartográfica utilizados foram eficazes no reconhecimento das áreas de interesse, principalmente quando visualizadas em escalas maiores. Embora as variações entre os índices de correta sobreposição tenham sido significativas, os resultados adquiridos revelam uma compreensão considerável dos participantes sobre a temática em questão, o que nos permite confirmar a hipótese proposta para a tarefa.

5.2.8. Tarefa 8

O objetivo desta tarefa foi o reconhecimento e a identificação de áreas que apresentavam alta suscetibilidade a desastres, sejam estes deslizamentos e/ou inundações, assim como áreas que apresentam baixa qualidade dos indicadores de dados provenientes do mapeamento colaborativo. A hipótese testada para esta tarefa foi de que os tons e valores de cor adotados para as classes de desastres, juntamente com a luminosidade adotada para as classes de qualidade, tornavam-se informações de referência para a realização da atividade proposta. Se o usuário reconhecer as diferentes classes, logo realiza as tarefas com eficácia.

A análise da sobreposição compatível, entre as áreas identificadas e as áreas de referência para esta tarefa, foi realizada considerando um conjunto de 172 feições geradas por 30 participantes. Para isto, foi calculado o índice de sobreposição para

as três camadas de grades de qualidade, a fim de verificar o nível de compatibilidade entre as áreas para as diferentes escalas de visualização.

Em relação ao quantitativo de feições identificadas erroneamente, ou seja, com 0% de sobreposição, obteve-se 19 (11%) para a grade 1, 33 (19,2%) para a grade 2 e 36 feições (20,9%) para a grade 3. Para o caso das regiões identificadas com 100% de sobreposição, isto é, aquelas em que os participantes conseguiram associar perfeitamente à classe solicitada, obteve-se 18 (10,5%) para a grade 1, 17 (9,9%) para a grade 2 e 14 feições (8,1%) para a grade 3.

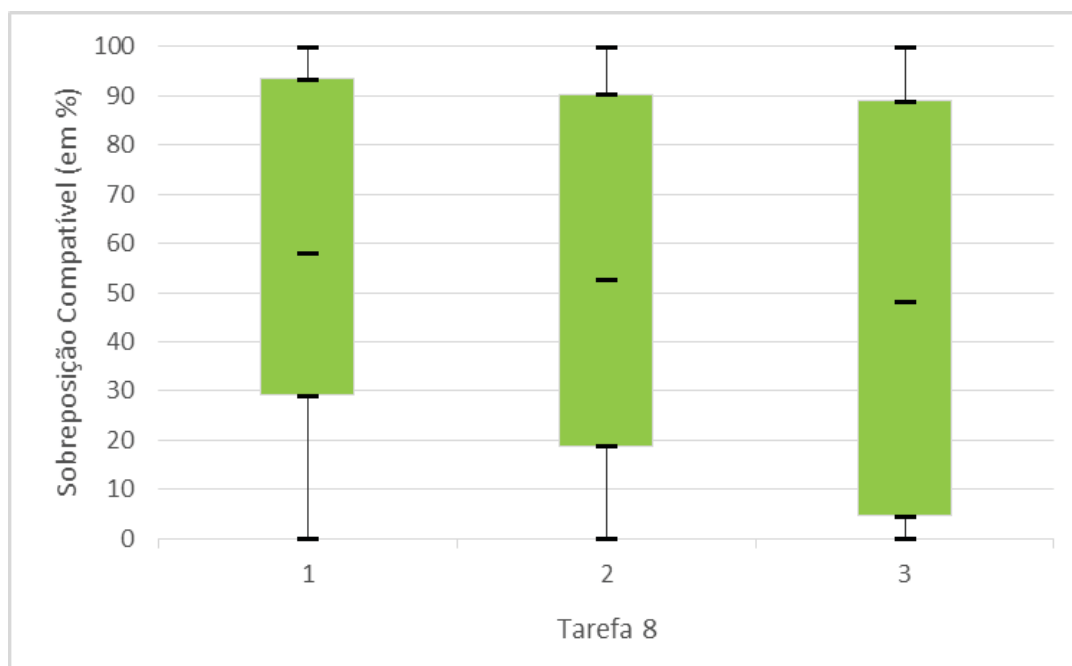
A partir dos resultados obtidos, percebe-se que as feições geradas pelos participantes apresentaram taxas ligeiramente maiores de erros de sobreposição quando relacionadas as grades 2 e 3 do que quando relacionadas a grade 1, a qual apresentou menor taxa de erro. As áreas identificadas pelos participantes apresentaram taxas consideráveis de identificação correta das regiões para todas as três camadas de qualidade, com um desempenho relativamente melhor nas grades menores. Isto indica que a precisão da correta identificação tende a melhorar ao visualizar as áreas em escalas maiores. A seguir, são apresentados os valores dos elementos estatísticos calculados para a análise das sobreposições, na Tabela 10, e um *boxplot* ilustrando o comportamento das amostras de dados para esta tarefa, por meio do Gráfico 14.

Tabela 10: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 8.

Tarefa 8			
Valores	Sobreposição Compatível (em %)		
	Grade 1	Grade 2	Grade 3
Mínimo	0,0	0,0	0,0
1° Quartil (Q1)	29,2	18,9	4,7
Média	57,9	52,7	48,4
3° Quartil (Q3)	93,4	90,3	88,9
Máximo	100,0	100,0	100,0
Desvio Padrão	36,3	38,1	38,1

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 14: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 8.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

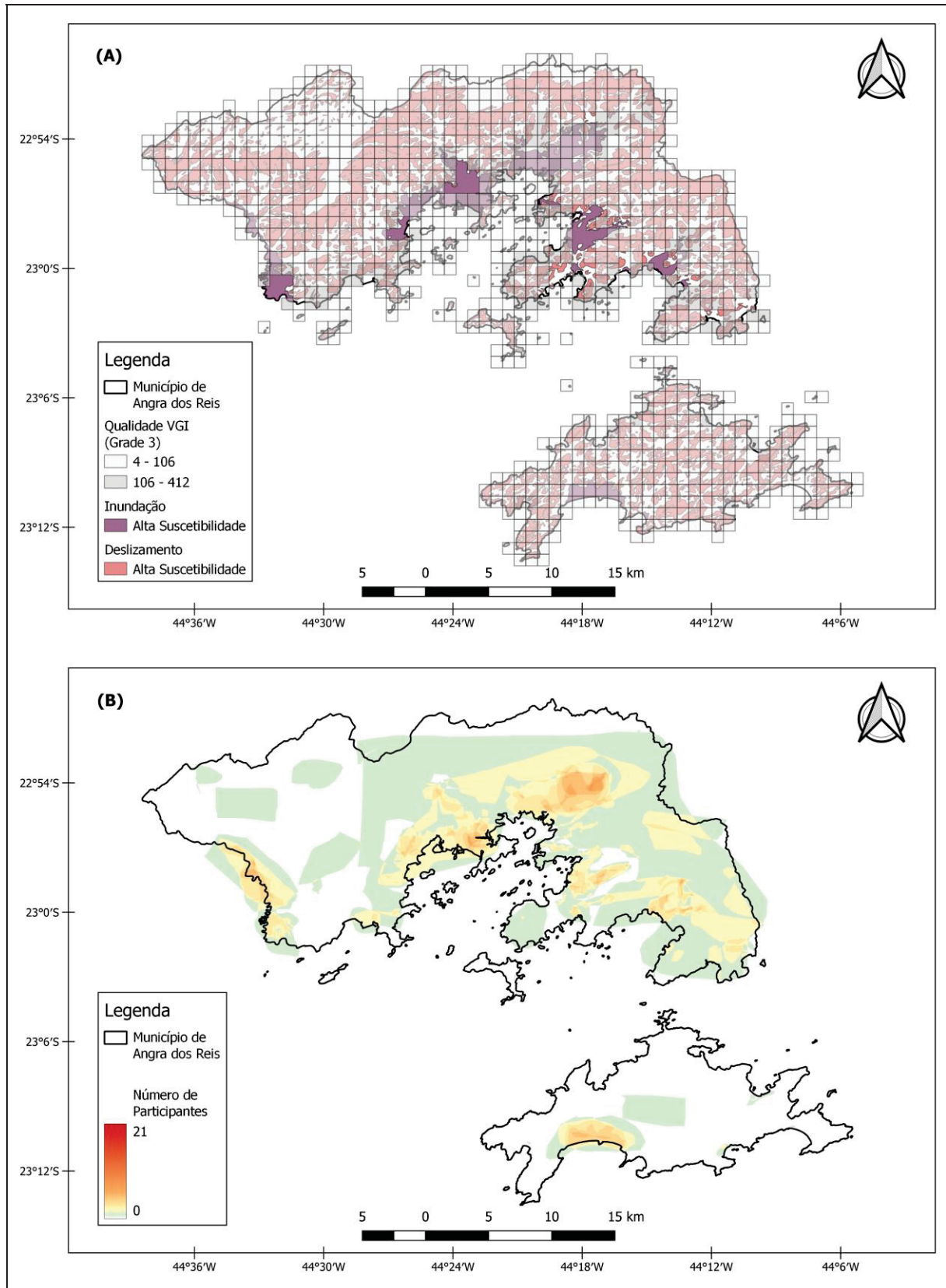
Conforme apresentado nas informações acima, cerca de 50% das áreas identificadas mostraram grau de sobreposição com as áreas de referência variando entre 29,2% e 93,4% para a grade 1, 18,9% e 90,3% para a grade 2 e, 4,7 e 88,9% para a grade 3.

Ao calcular as médias da sobreposição entre as áreas identificadas pelos participantes para os diferentes tamanhos de grade, verificou-se que elas foram de 57,9% para a grade 1, 52,7% para a grade 2 e 48,4% para a grade 3, e apresentaram desvio padrão de 36,3% para a grade 1 e 38,1% para as grades 2 e 3.

Diante disso, os resultados encontrados refletem que a maioria das áreas identificadas pelos participantes apresentou sobreposição relevante com as áreas de referência em todas as grades de visualização de qualidade VGI. As médias indicaram graus de sobreposição considerável entre as áreas identificadas e as áreas de interesse. Na análise dos desvios padrão, observa-se grande variabilidade nos resultados da identificação de áreas, sugerindo que alguns participantes tiveram resultados mais precisos do que outros dentro de cada grade, com resultado positivamente melhor para a grade 1.

A Figura 20 apresenta, no mapa A, as áreas com alta suscetibilidade a desastres e baixa qualidade VGI e, no mapa B, as regiões identificadas pelos participantes.

Figura 20: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 8.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Observa-se, novamente, que o tamanho e a distribuição espacial das áreas de interesse influenciaram na percepção do usuário. Como as áreas de alta suscetibilidade a desastres e as grades de baixa qualidade VGI eram bem distribuídas e visivelmente maiores na região de estudo, entende-se que os participantes não tiveram tanta dificuldade em realizar a tarefa solicitada.

Sendo assim, as informações expostas indicam que a maioria das áreas identificadas pelos participantes apresentou sobreposição significativa com as áreas de referência, quando relacionadas a todas as grades de qualidade, mas principalmente para as grades de tamanho menor. Isso sugere que os participantes foram capazes de reconhecer corretamente as classes das áreas e associá-las adequadamente. Portanto, com base nestes resultados, pode-se confirmar que a hipótese testada é suportada pelos dados observados.

5.2.9. Tarefa 9

O objetivo desta tarefa foi o reconhecimento e a identificação de áreas que apresentavam baixa suscetibilidade a desastres, sejam estes deslizamentos e/ou inundações, assim como áreas que apresentam boa qualidade dos indicadores de dados provenientes do mapeamento colaborativo. A hipótese testada para esta tarefa foi de que os tons e valores de cor adotados para as classes de desastres, juntamente com a luminosidade adotada para as classes de qualidade, tornavam-se informações de referência para a realização da atividade proposta. Se o usuário reconhecer as diferentes classes, logo realiza as tarefas com eficácia.

A análise da sobreposição compatível, entre as áreas identificadas e as áreas de referência para esta tarefa, foi realizada considerando um conjunto de 133 feições geradas por 29 participantes. Para isto, foi calculado o índice de sobreposição para as três camadas de grades de qualidade, a fim de verificar o nível de compatibilidade entre as áreas identificadas para as diferentes escalas de visualização.

Em relação ao quantitativo de feições identificadas erroneamente, ou seja, com 0% de sobreposição, obteve-se 50 (37,6%) para a grade 1, 61 (45,9%) para a grade 2 e 85 feições (63,9%) para a grade 3. Estes resultados indicam uma possível dificuldade na identificação da qualidade das áreas de interesse ao se reduzir a

escala, visto que a precisão na identificação de feições diminuiu à medida que o tamanho da grade aumentou.

Já o caso das regiões identificadas com 100% de sobreposição, isto é, aquelas em que os participantes conseguiram associar perfeitamente à classe solicitada, obteve-se 13 (9,8%) para a grade 1, 10 (7,5%) para a grade 2 e 5 feições (3,8%) para a grade 3. Este resultado permite reafirmar o resultado anterior, o qual sugere melhor percepção do usuário ao visualizar os dados em escala maior, isto é, apoiando-se nas grades de menor tamanho.

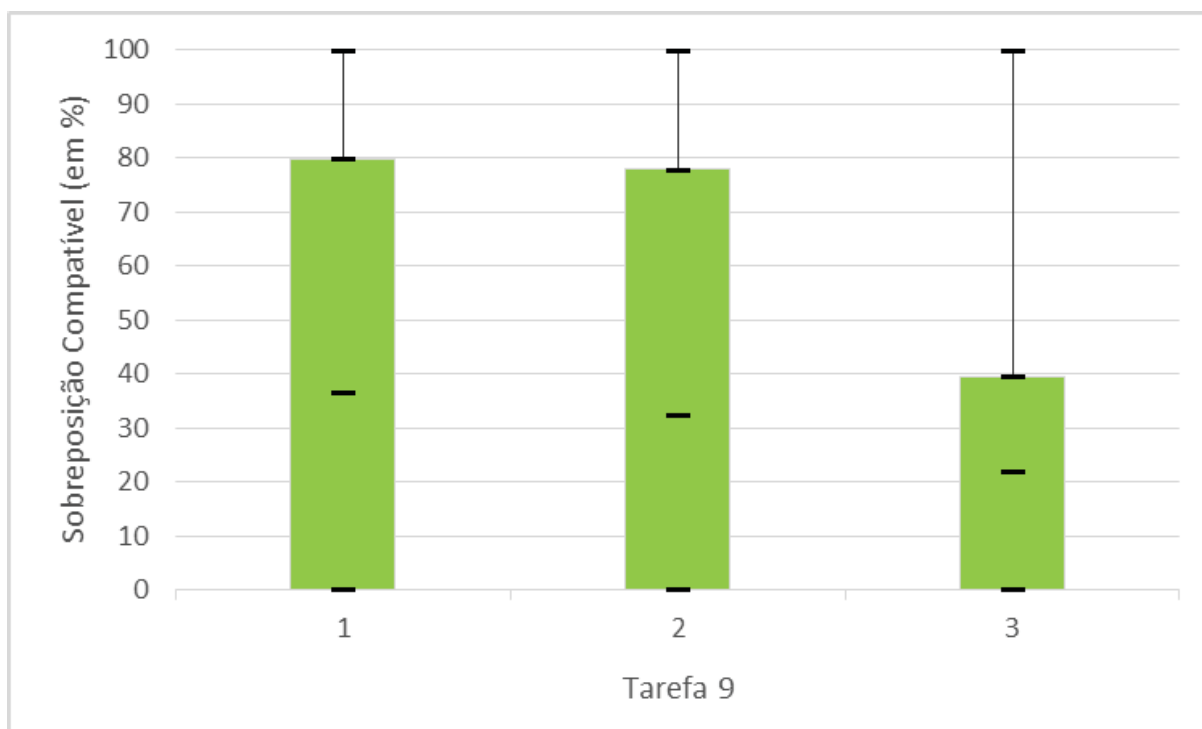
A seguir, são apresentados os valores dos elementos estatísticos calculados para a análise das sobreposições, na Tabela 11, e um *boxplot* ilustrando o comportamento das amostras de dados para esta tarefa, por meio do Gráfico 15.

Tabela 11: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 9.

Tarefa 9			
Valores	Sobreposição Compatível (em %)		
	Grade 1	Grade 2	Grade 3
Mínimo	0,0	0,0	0,0
1° Quartil (Q1)	0,0	0,0	0,0
Média	36,7	32,4	22,0
3° Quartil (Q3)	79,9	77,9	39,6
Máximo	100,0	100,0	100,0
Desvio Padrão	39,5	39,6	35,5

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 15: Boxsplot dos resultados obtidos para a Tarefa 9.



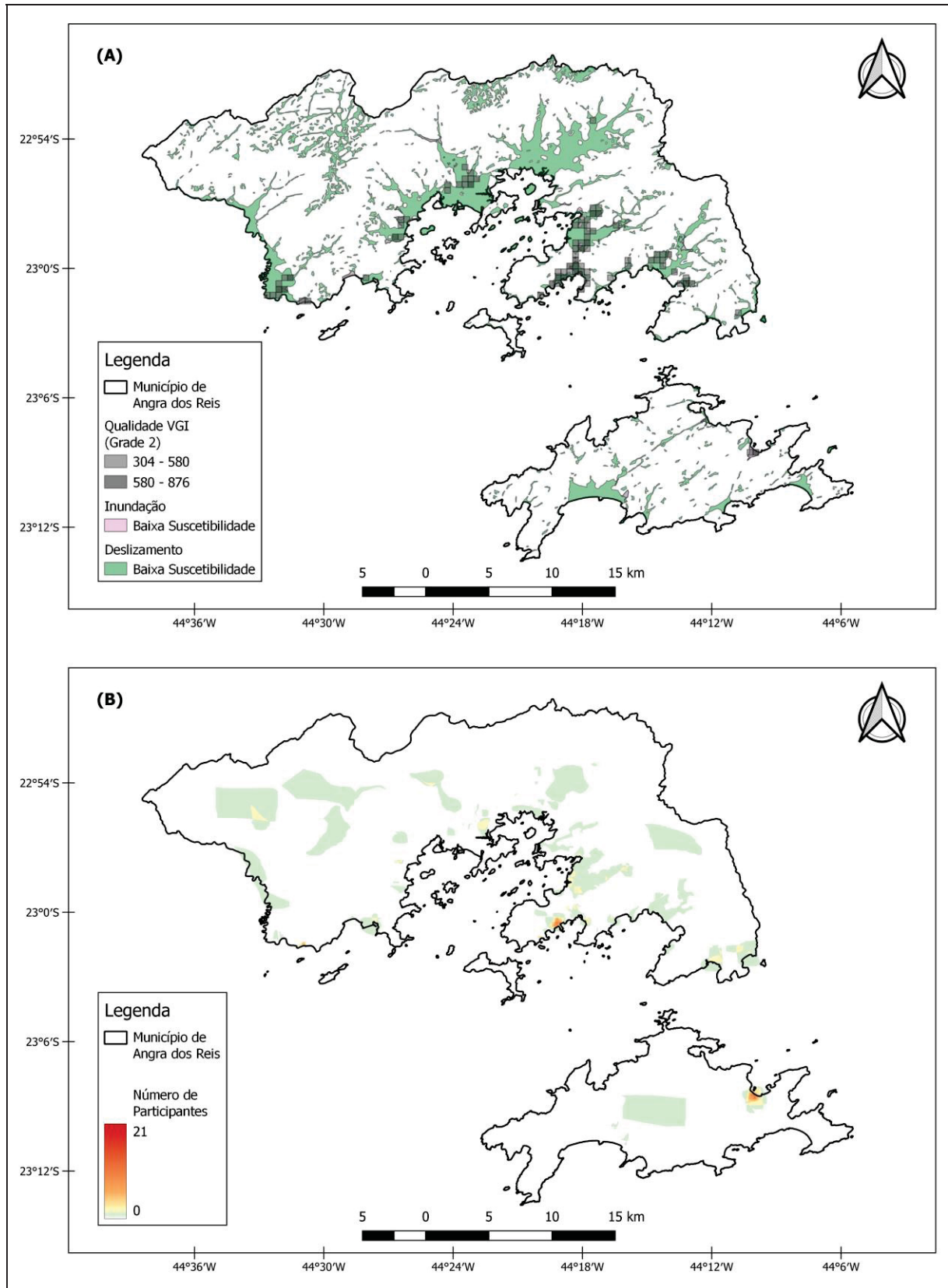
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Conforme apresentado nas informações acima, cerca de 75% das áreas identificadas mostraram grau de sobreposição com as áreas de referência variando entre 0% e 79,9% para a grade 1, 0% e 77,9% para a grade 2 e, 0% e 39,6% para a grade 3.

Ao calcular as médias da sobreposição entre as áreas identificadas pelos participantes para os diferentes tamanhos de grade, verificou-se que elas foram de 36,7% para a grade 1, 32,4% para a grade 2 e 22% para a grade 3, e apresentaram desvios padrão de 39,5%, 39,6% e 35,5%, respectivamente.

Os resultados indicam que, em média, a maioria das áreas identificadas pelos participantes apresentaram grau de sobreposição consideravelmente baixo com as áreas de referência para as grades 1 e 2, enquanto a grade 3 apresentou uma média de sobreposição ainda menor. A variabilidade na precisão da identificação, evidenciada pelos desvios padrão, indica dificuldade na percepção do participante ao associar duas variáveis visuais. A grade 3, em especial, mostrou resultados de sobreposição pouquíssimo relevantes, apresentando bastante casos em que nenhuma área de interesse foi identificada. A Figura 21 apresenta, no mapa A, as áreas com baixa suscetibilidade a desastres e boa qualidade VGI e, no mapa B, as regiões identificadas pelos participantes.

Figura 21: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 9.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Por meio da análise espacial das áreas identificadas pelos participantes, é possível perceber que o tamanho das áreas de interesse e sua distribuição ao longo da região de estudo também influenciaram na percepção dos usuários.

O reconhecimento e a identificação de áreas com baixa suscetibilidade a desastres foram, de maneira geral, alcançados pela maioria dos participantes. Entretanto, quando relacionadas com as grades de qualidade VGI, evidenciou-se novamente que o pequeno número de áreas que representavam boa qualidade dificultou a correta identificação pelos participantes, sendo necessária a ampliação da escala de visualização para delimitar mais precisamente a região de interesse.

Dessa forma, os resultados obtidos revelaram que os métodos de representação cartográfica utilizados não foram eficazes no reconhecimento das classes de qualidade para as áreas de interesse quando utilizados conjuntamente. Embora muitos participantes tenham conseguido perceber as áreas com baixa suscetibilidade a desastres, a tarefa proposta solicitava que essas áreas deveriam apresentar também boa qualidade VGI, o que não foi identificado pela maioria dos participantes. Além disso, os índices de sobreposição e as médias calculadas forneceram suporte para assim refutar a hipótese testada nesta tarefa.

5.2.10. Tarefa 10

O objetivo desta tarefa foi o reconhecimento e a identificação de áreas que apresentavam baixa suscetibilidade a desastres, sejam estes deslizamentos e/ou inundações, assim como áreas que apresentam baixa qualidade dos indicadores de dados provenientes do mapeamento colaborativo. A hipótese testada para esta tarefa foi de que os tons de cores adotados para as classes de desastres, juntamente com a luminosidade adotada para as classes de qualidade, tornavam-se informações de referência para a realização da atividade proposta. Se o usuário reconhece as diferentes classes, logo realiza as tarefas com eficácia.

A análise da sobreposição compatível, entre as áreas identificadas e as áreas de referência para esta tarefa, foi realizada considerando um conjunto de 154 feições geradas por 29 participantes. Para isto, foi calculado o índice de sobreposição para as três camadas de grades de qualidade, a fim de verificar o nível de compatibilidade entre as áreas para as diferentes escalas de visualização.

Em relação ao quantitativo de feições identificadas erroneamente, ou seja, com 0% de sobreposição, obteve-se 52 (33,8%) para a grade 1, 55 (35,7%) para a grade 2 e 60 feições (39%) para a grade 3. Para o caso das regiões identificadas com 100% de sobreposição, isto é, aquelas em que os participantes conseguiram associar perfeitamente à classe solicitada, obteve-se apenas 4 (2,6%) para a grade 1, 5 (3,2%) para a grade 2 e 6 feições (3,9%) para a grade 3.

A partir dos resultados obtidos, percebe-se que as feições geradas pelos participantes apresentaram taxas significativamente maiores de erros de sobreposição quando comparadas às taxas de acertos. Observou-se também que conforme a escala de visualização é reduzida, os erros de identificação tendem a aumentar.

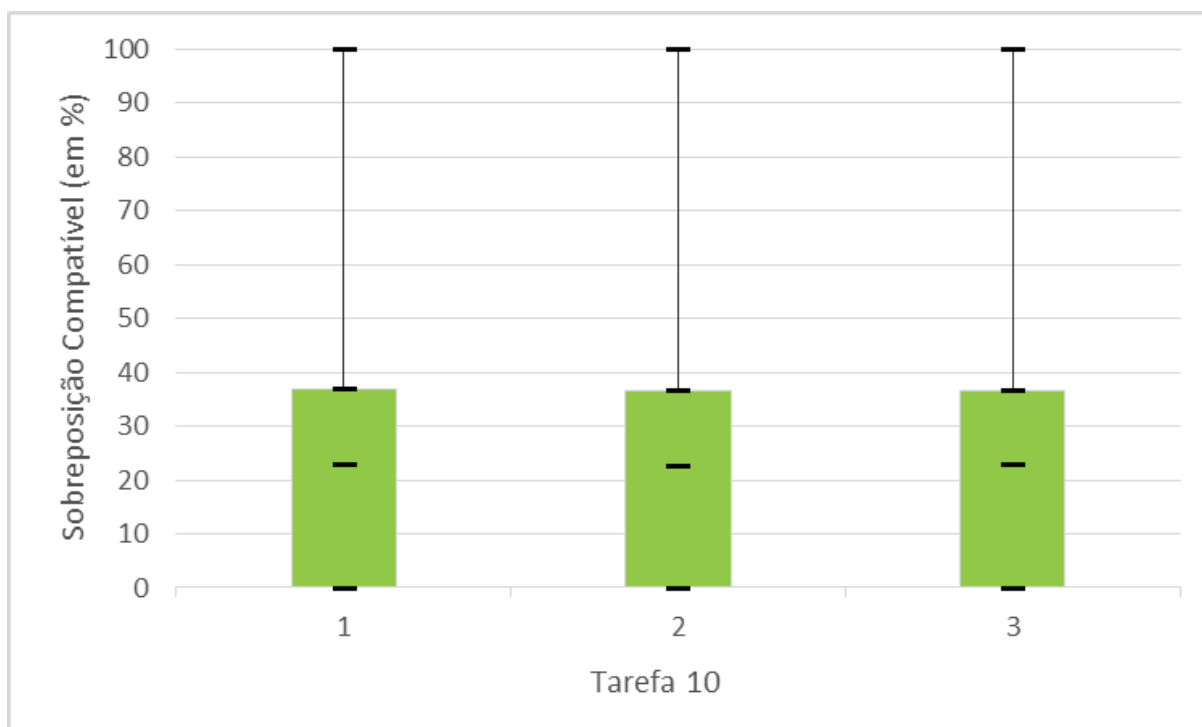
A seguir, são apresentados os valores dos elementos estatísticos calculados para a análise das sobreposições, na Tabela 12, e um *boxplot* ilustrando o comportamento das amostras de dados para esta tarefa, por meio do Gráfico 16.

Tabela 12: Estatística descritiva dos resultados obtidos para a Tarefa 10.

Tarefa 10			
Valores	Sobreposição Compatível (em %)		
	Grade 1	Grade 2	Grade 3
Mínimo	0,0	0,0	0,0
1° Quartil (Q1)	0,0	0,0	0,0
Média	23,0	22,6	22,9
3° Quartil (Q3)	37,0	36,7	36,7
Máximo	100,0	100,0	100,0
Desvio Padrão	32,8	32,6	33,4

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 16: Boxplot dos resultados obtidos para a Tarefa 10.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

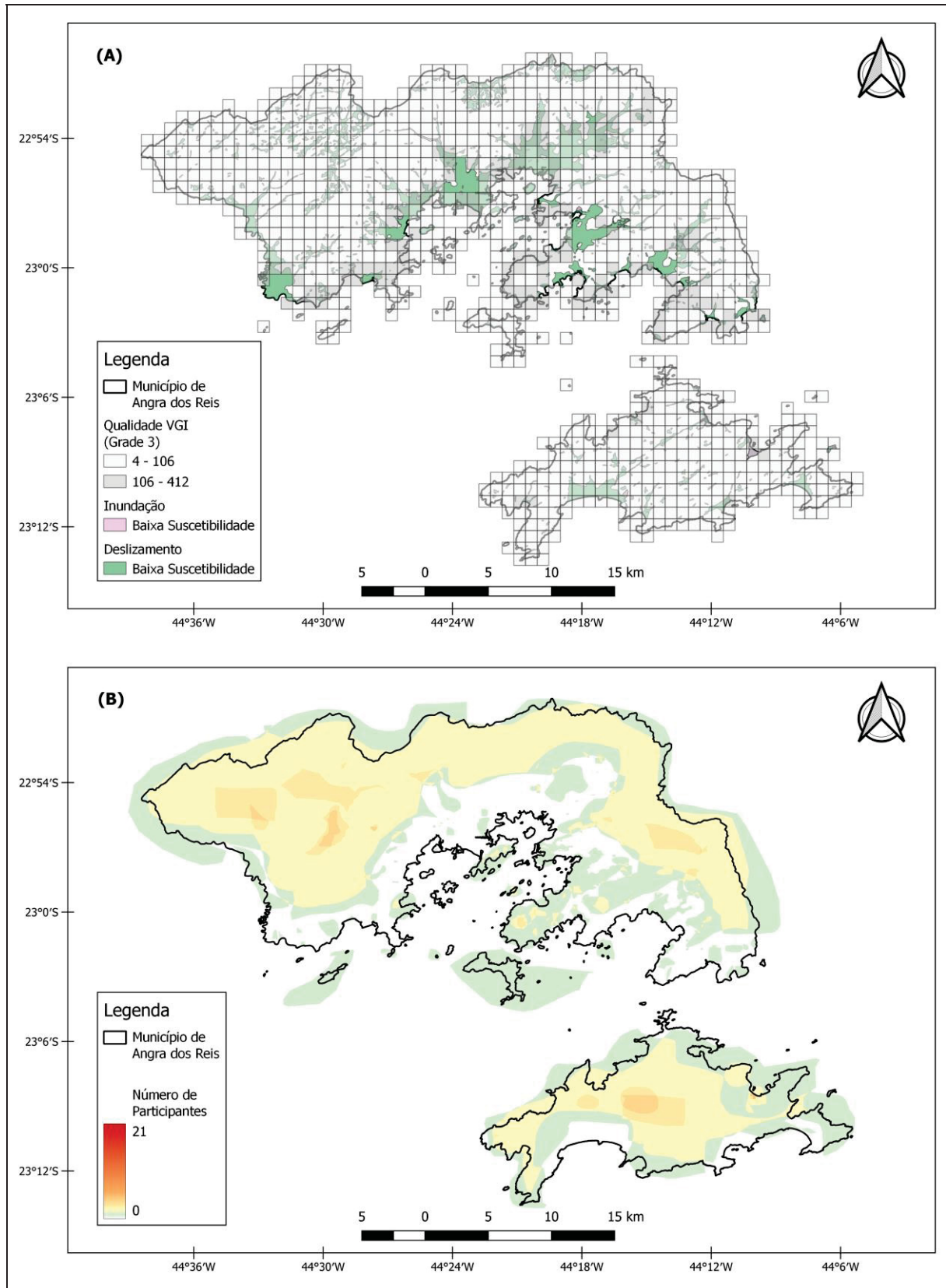
Conforme apresentado nas informações acima, cerca de 75% das áreas identificadas mostraram grau de sobreposição com as áreas de referência variando entre 0% e 37% para a grade 1 e 0% e 36,7% para as grades 2 e 3.

Ao calcular as médias da sobreposição entre as áreas identificadas pelos participantes para os diferentes tamanhos de grade, verificou-se que elas foram de 23% para a grade 1, 22,6% para a grade 2 e 22,9% para a grade 3, e apresentaram desvio padrão de 32,8%, 32,6% e 33,4%, respectivamente.

Esses resultados indicam que, assim como na tarefa anterior, a maioria das áreas identificadas pelos participantes apresentaram grau de sobreposição significativamente baixo com as áreas de referência para as grades de todos os diferentes tamanhos. Novamente, a variação da precisão evidenciada pelos desvios padrão, indica dificuldade na percepção do participante ao associar duas variáveis visuais para a identificação de uma área específica.

Para visualização dos resultados obtidos, a Figura 22 apresenta, no mapa A, as áreas com baixa suscetibilidade a desastres e baixa qualidade VGI e, no mapa B, as regiões identificadas pelos participantes.

Figura 22: Áreas de referência x áreas identificadas para a Tarefa 10.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A partir da análise espacial das áreas identificadas pelos participantes, é possível perceber que o reconhecimento e a identificação de áreas com baixa qualidade VGI foram, de maneira geral, alcançados pela maioria dos participantes. No entanto, quando relacionadas com as áreas de baixa suscetibilidade a desastres, percebe-se que os participantes não consideraram a associação dessas duas variáveis visuais para identificar as regiões de interesse, o que resultou em resultados negativos para essa tarefa específica.

Os resultados indicam que os métodos de representação cartográfica utilizados não foram eficazes no reconhecimento das classes de qualidade para as áreas de interesse quando utilizados em conjunto. Embora muitos participantes tenham conseguido identificar as áreas com baixa qualidade VGI, a tarefa exigia que essas áreas também apresentassem baixa suscetibilidade a desastres, o que não foi identificado pela maioria dos participantes.

Além disso, os índices de sobreposição e as médias calculadas apoiam a refutação da hipótese testada na tarefa. Os resultados revelam que houve uma falta de correspondência entre as áreas identificadas pelos participantes e as áreas de interesse, indicando a necessidade de aprimorar os métodos de representação cartográfica para abordar adequadamente essa associação.

5.3. AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DA INTERFACE DE TESTE

O teste de usabilidade é um método utilizado para avaliar a eficiência, eficácia e satisfação dos usuários em relação a um sistema, produto ou serviço. Este método busca identificar problemas e pontos de melhoria na interface, com o objetivo de fornecer uma experiência mais satisfatória e intuitiva para os usuários.

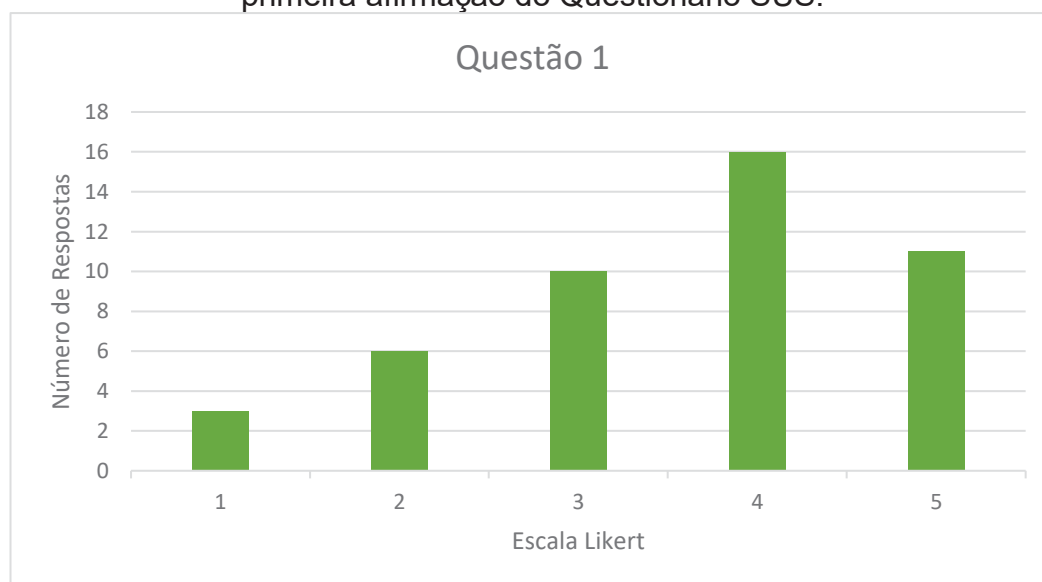
Dessa forma, a análise da interface de teste para a visualização da qualidade VGI, no contexto de desastres, foi realizada com base nas respostas dos participantes ao questionário SUS. Assim, foi possível avaliar a usabilidade do projeto cartográfico por meio dos índices de eficiência, eficácia e satisfação dos participantes durante sua interação com o sistema, ao realizar as tarefas de leitura de mapas.

5.3.1. Análise das Respostas Registradas no Questionário SUS

Conforme recomendado por Brooke (1996), os participantes responderam a dez afirmações referentes à usabilidade da interface, sendo cinco afirmações de caráter positivo e outras cinco de caráter negativo. As respostas fornecidas pelos participantes foram baseadas na Escala Likert, podendo variar de “discordo totalmente” a “concordo totalmente”, de acordo com a respectiva pontuação atribuída pelo participante para determinada afirmação, a qual pode variar na escala de 1 a 5.

A primeira afirmação referia-se à provável vontade do usuário em utilizar a interface com frequência. Com base na Escala Likert, 3 participantes (6,5%) discordaram totalmente, 6 participantes (13%) discordaram parcialmente, 10 participantes (21,7%) não concordaram nem discordaram, 16 participantes (34,8%) concordaram parcialmente e 11 participantes (23,9%) concordaram totalmente, sendo a maioria a favor da afirmação. O Gráfico 17 apresenta as pontuações fornecidas pelos participantes para a primeira afirmação, baseadas na Escala Likert.

Gráfico 17: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a primeira afirmação do Questionário SUS.

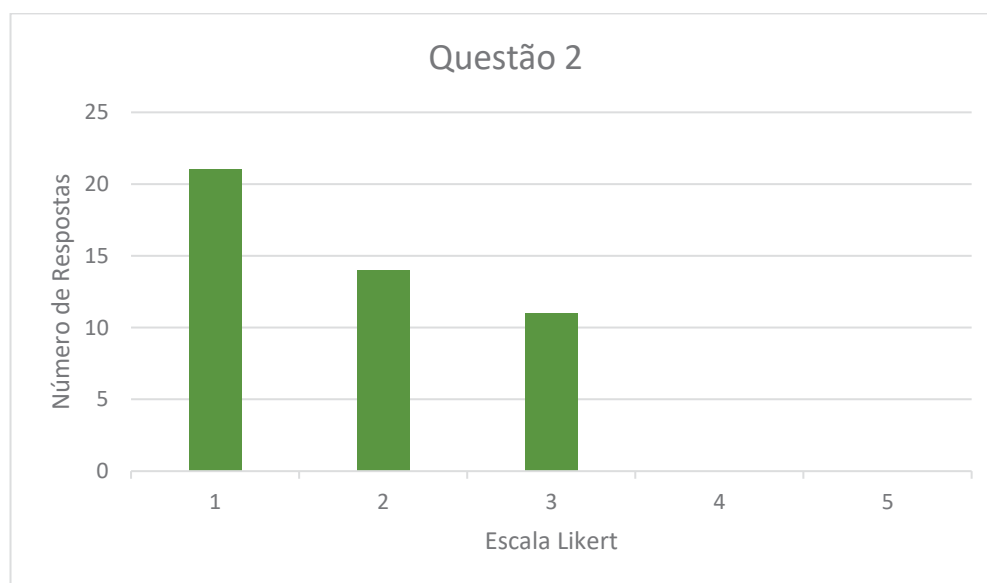


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A segunda questão afirmava que o sistema introduzido era desnecessariamente complexo. Com base na Escala Likert, 21 participantes (45,6%) discordaram totalmente, 14 participantes (30,4%) discordaram parcialmente e 11 participantes (23,9%) não concordaram nem discordaram, sendo a maioria contra a

afirmação. Nenhum participante marcou as opções relacionadas em concordar com a afirmação proposta. O Gráfico 18 apresenta as pontuações fornecidas pelos participantes para a segunda afirmação, baseadas na Escala Likert.

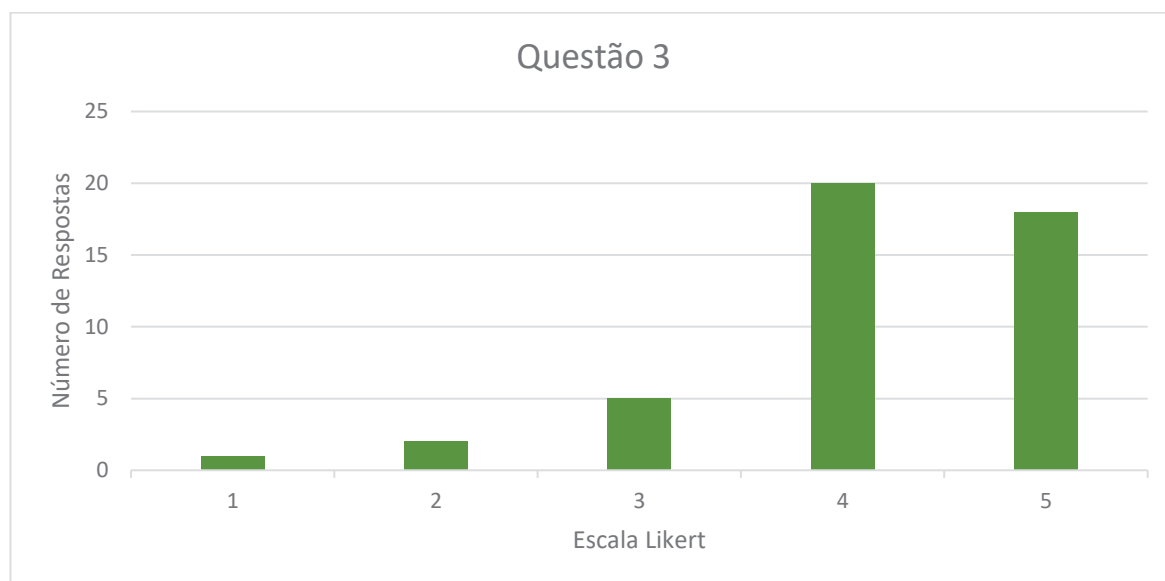
Gráfico 18: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a segunda afirmação do Questionário SUS.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A terceira afirmação referia-se à facilidade do participante ao utilizar o sistema para realização das tarefas propostas. Com base na Escala Likert, 1 participante (2,2%) discordou totalmente, 2 participantes (4,3%) discordaram parcialmente, 5 participantes (10,9%) não concordaram nem discordaram, 20 participantes (43,5%) concordaram parcialmente e 18 participantes (39,1%) concordaram totalmente, sendo a maioria a favor da afirmação. O Gráfico 19 apresenta as pontuações fornecidas pelos participantes para a terceira afirmação, baseadas na Escala Likert.

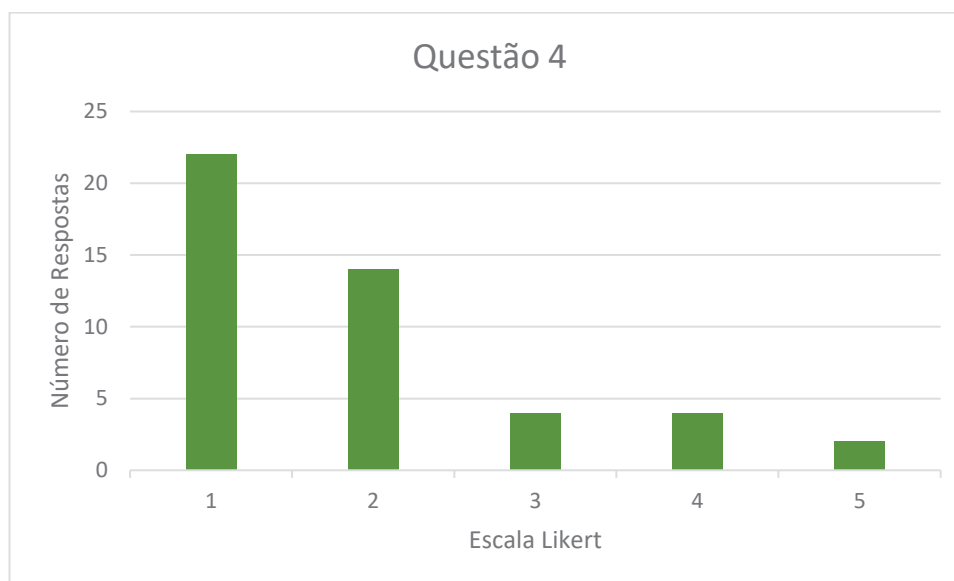
Gráfico 19: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a terceira afirmação do Questionário SUS.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A quarta questão afirmava que o usuário necessitaria de apoio técnico para utilizar a interface. Com base na Escala Likert, 22 participantes (47,8%) discordaram totalmente, 14 participantes (30,4%) discordaram parcialmente, 4 participantes (8,7%) não concordaram nem discordaram, 4 participantes (8,7%) concordaram parcialmente e 2 participantes (4,3%) concordaram totalmente, sendo a maioria contra afirmação. O Gráfico 20 apresenta as pontuações fornecidas pelos participantes para a quarta afirmação, baseadas na Escala Likert.

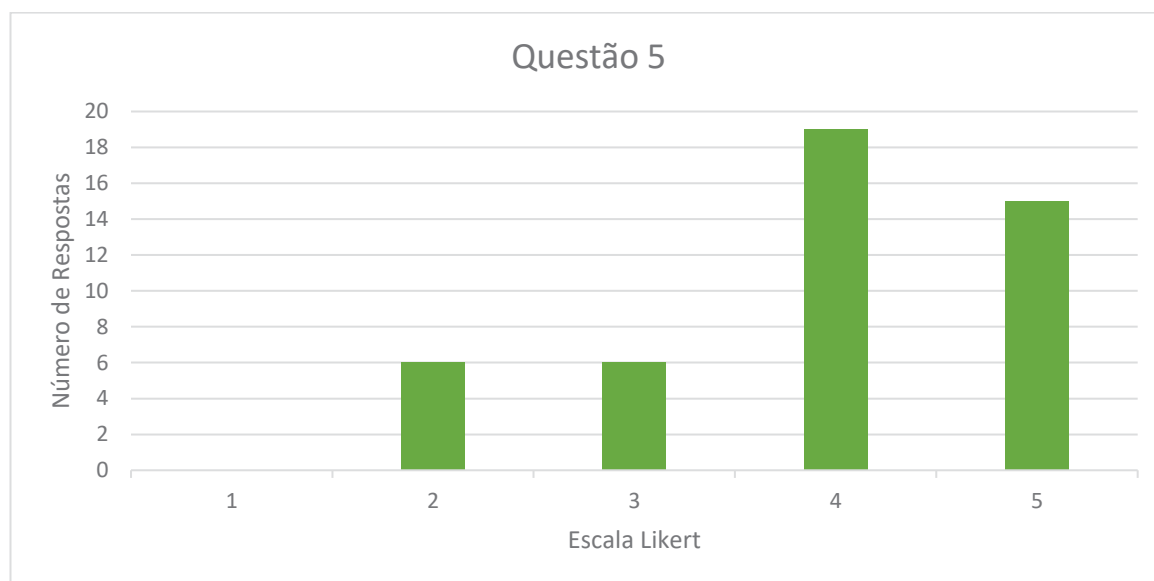
Gráfico 20: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a quarta afirmação do Questionário SUS.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A quinta respondida pelos participantes possuía a afirmação de que a interface proposta apresentava funcionalidades bem integradas. Com base na Escala Likert, 6 participantes (13%) discordaram parcialmente, 6 participantes (13%) não concordaram nem discordaram, 19 participantes (41,3%) concordaram parcialmente e 15 participantes (32,6%) concordaram totalmente, sendo a maioria a favor da afirmação. Nenhum participante da pesquisa marcou a opção “discordo totalmente”, referente a pontuação 1 na escala. O Gráfico 21 apresenta as pontuações fornecidas pelos participantes para a quinta afirmação, baseadas na Escala Likert.

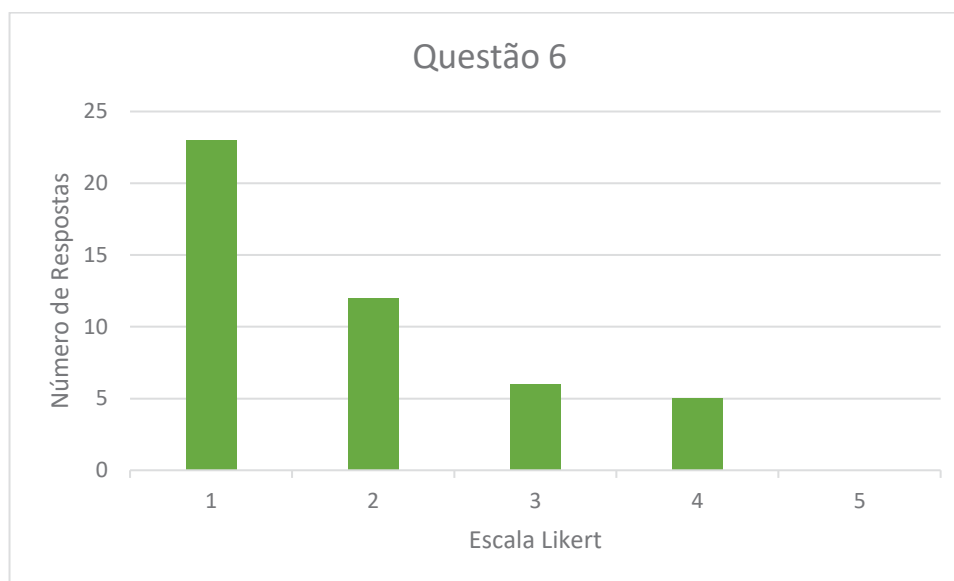
Gráfico 21: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a quinta afirmação do Questionário SUS.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A sexta afirmação referia-se à presença de inconsistências no sistema, ou seja, buscava entender se os usuários concordavam que a interface era ilógica. Com base na Escala Likert, 23 participantes (50%) discordaram totalmente, 12 participantes (26,1%) discordaram parcialmente, 6 participantes (13%) não concordaram nem discordaram e 5 participantes (10,9%) concordaram parcialmente, sendo a maioria contra a afirmação. Nenhum participante da pesquisa marcou a opção “concordo totalmente”, referente a pontuação 5 na escala. O Gráfico 22 apresenta as pontuações fornecidas pelos participantes para a sexta afirmação, baseadas na Escala Likert.

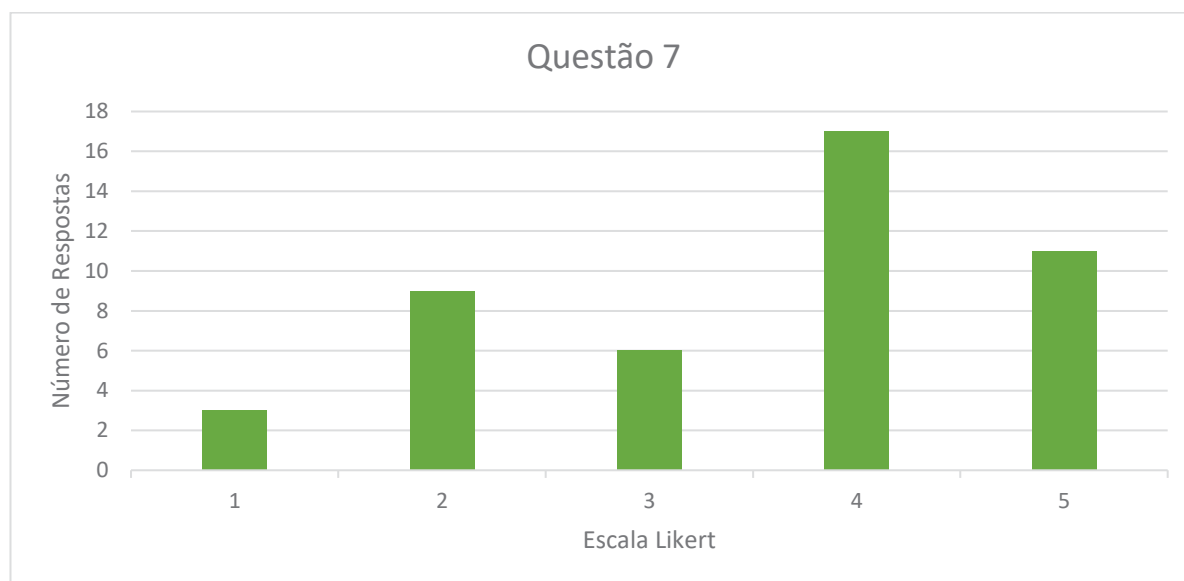
Gráfico 22: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a sexta afirmação do Questionário SUS.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A sétima questão do questionário SUS afirmava que a maioria das pessoas que viesse a utilizar a interface aprenderia muito rapidamente. Com base na Escala Likert, 3 participantes (6,5%) discordaram totalmente, 9 participantes (19,6%) discordaram parcialmente, 6 participantes (13%) não concordaram nem discordaram, 17 participantes (37%) concordaram parcialmente e 11 participantes (23,9%) concordaram totalmente, sendo a maioria a favor da afirmação. O Gráfico 23 apresenta as pontuações fornecidas pelos participantes para a sétima afirmação, baseadas na Escala Likert.

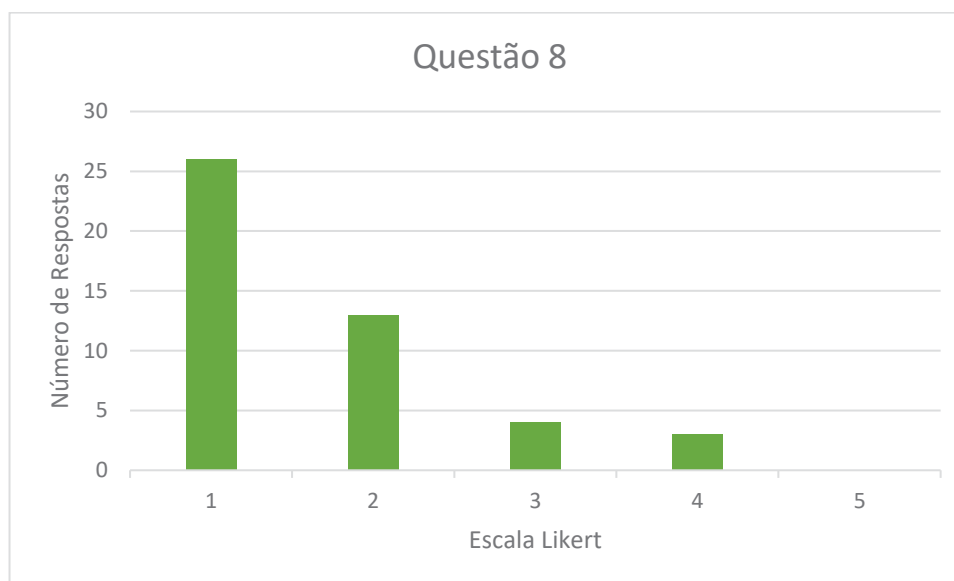
Gráfico 23: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a sétima afirmação do Questionário SUS.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A oitava afirmação referia-se à dificuldade de utilização do sistema, ratificando que o usuário achou a interface muito complicada de usar. Com base na Escala Likert, 26 participantes (56,5%) discordaram totalmente, 13 participantes (28,3%) discordaram parcialmente, 4 participantes (8,7%) não concordaram nem discordaram e 3 participantes (6,5%) concordaram parcialmente, sendo a maioria contra a afirmação. Nenhum participante marcou a opção “concordo totalmente”, referente a pontuação 5 na escala. O Gráfico 24 apresenta as pontuações fornecidas pelos participantes para a oitava afirmação, baseadas na Escala Likert.

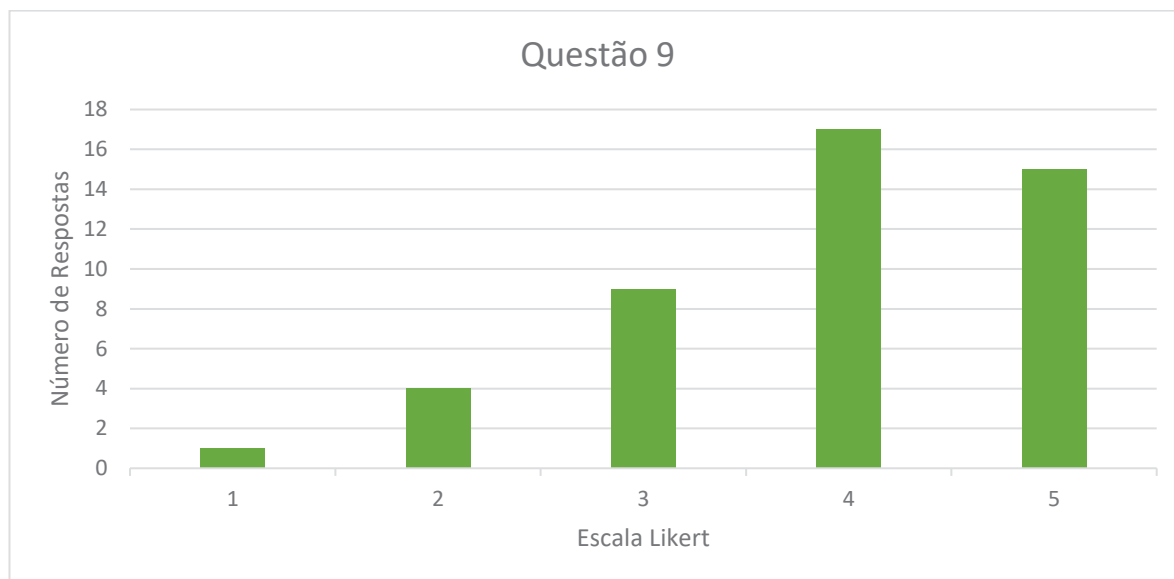
Gráfico 24: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a oitava afirmação do Questionário SUS.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A nona questão possuía a afirmação de que o usuário se sentiu confiante ao interagir com a interface. Com base na Escala Likert, 1 participante (2,2%) discordou totalmente, 4 participantes (8,7%) discordaram parcialmente, 9 participantes (19,6%) não concordaram nem discordaram, 17 participantes (37%) concordaram parcialmente e 15 participantes (32,6%) concordaram totalmente, sendo a maioria a favor da afirmação. O Gráfico 25 apresenta as pontuações fornecidas pelos participantes para a nona afirmação, baseadas na Escala Likert.

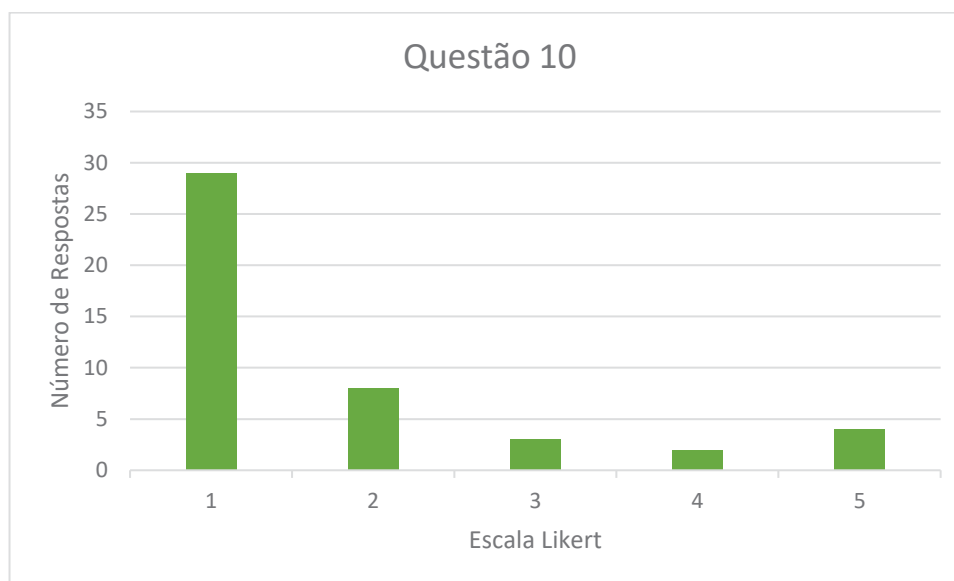
Gráfico 25: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a nona afirmação do Questionário SUS.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Por fim, a décima afirmação referia-se que o usuário necessitaria ter de aprender diversos conceitos antes de poder utilizar a interface. Com base na Escala Likert, 29 participantes (63%) discordaram totalmente, 8 participantes (17,4%) discordaram parcialmente, 3 participantes (6,5%) não concordaram nem discordaram, 2 participantes (4,3%) concordaram parcialmente e 4 participantes (8,7%) concordaram totalmente, sendo a maioria contra a afirmação. O Gráfico 26 apresenta as pontuações fornecidas pelos participantes para a décima afirmação, baseadas na Escala Likert.

Gráfico 26: Pontuações fornecidas pelos participantes, na Escala Likert, para a décima afirmação do Questionário SUS.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Araújo (2016) propôs que as respostas dos participantes ao questionário SUS podem ser associadas aos índices de eficiência, eficácia e satisfação. De acordo com a autora, a classificação dos índices de medida, com base nas questões do questionário SUS, é a seguinte:

- Eficácia: questões 2, 3, 4, 7 e 10 ;
- Eficiência: questões 5, 6 e 8; e
- Satisfação: questões 1, 4 e 9 .

Portanto, a fim de avaliar as respostas dos participantes da pesquisa, foram utilizadas as classificações propostas por Araújo (2016) juntamente com as pontuações atribuídas no questionário SUS. Com base nisso, foi calculada a média das pontuações para cada questão, considerando a escala Likert, a fim de classificá-las de acordo com os índices de eficiência, eficácia e satisfação. Os resultados obtidos para cada questão do questionário SUS podem ser observados no Quadro 7.

Quadro 7: Classificação média das questões do questionário SUS.

Questionário SUS	Escala Likert Média	Classificação
Questão 1	4	Parcialmente satisfatória
Questão 2	2	Parcialmente eficaz
Questão 3	4	Parcialmente eficaz
Questão 4	2	Parcialmente eficaz e satisfatória
Questão 5	4	Parcialmente eficiente
Questão 6	2	Parcialmente eficiente
Questão 7	4	Parcialmente eficaz
Questão 8	2	Parcialmente eficiente
Questão 9	4	Parcialmente satisfatória
Questão 10	2	Parcialmente eficaz

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Por meio da análise das respostas fornecidas ao questionário SUS e da classificação apresentada no Quadro 7, para cada questão, pode-se inferir que o projeto cartográfico proposto, bem como sua interface de teste, apresentou bons resultados e foram classificados como parcialmente eficientes, eficazes e satisfatórios em relação à interação do usuário com a aplicação.

As questões ímpares representavam afirmações positivas referentes à interface de teste. Dessa forma, a pontuação 4 encontrada como média indica boa aceitação dos participantes. Já as questões pares representavam afirmações negativas. A pontuação média 2 revela que os participantes não concordaram com estas afirmações, o que indica novamente boa aceitação dos participantes ao projeto cartográfico apresentado na interface.

5.3.2. Análise de Correlação Linear entre as Respostas

A fim de entender se as respostas fornecidas pelos participantes da pesquisa apresentavam correlação entre as afirmações presentes no questionário SUS, foi realizado o cálculo do coeficiente de correlação linear de Pearson (r) por pares de afirmações.

O coeficiente de correlação linear de Pearson, também conhecido como correlação de Pearson, é uma medida estatística que avalia a relação linear entre duas variáveis quantitativas. É um índice que mede o grau e a direção dessa relação, variando de -1 a 1, e pode ser calculado dividindo a covariância das duas variáveis pelo produto de seus desvios padrão conforme apresentado a Equação 1 abaixo (MONTGOMERY; PECK & VINING, 2012).

$$r = \frac{1}{n-1} \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{S_x S_y} \quad (1)$$

onde:

- r é o coeficiente de correlação de Pearson;
- x_i e y_i são os valores das duas variáveis;
- \bar{x} e \bar{y} são os valores das médias das duas variáveis;
- n é o número de observações; e
- S_x e S_y são os desvios padrão das duas variáveis.

Ao assumir o valor 1 para r , é indicada correlação positiva perfeita, ou seja, as variáveis têm uma relação linear positiva. Ao assumir o valor de -1, revela-se que há correlação negativa perfeita, isto é, as variáveis têm relação linear negativa. O valor 0 indica que não há relação linear entre as variáveis. Ressalta-se também que, valores próximos de 1 ou -1 indicam uma relação forte entre as variáveis, enquanto valores próximos de 0 indicam uma relação fraca ou nula.

Dessa maneira, por meio da ferramenta de Análise de Dados do *software* Excel, foi realizado o cálculo do coeficiente de correlação linear entre as afirmações apresentadas no questionário SUS, considerando as respostas fornecidas pelos participantes da pesquisa. Para a avaliação e interpretação dos resultados obtidos,

foram adotadas as classificações para os módulos dos índices de correlação propostas por Alzina (2004), as quais são apresentadas na Tabela 13 abaixo.

Tabela 13: Classificação do coeficiente linear de Pearson.

Interpretação	Coeficiente (r)
Correlação Praticamente Nula	0 – 0,20
Correlação Baixa	0,21 – 0,40
Correlação Moderada	0,41 – 0,70
Correlação Alta	0,71 – 0,90
Correlação Muito Alta	0,91 – 1

Fonte: Adaptado de Alzina (2004).

A partir dos resultados adquiridos pelos coeficientes de correlação linear de Pearson, foi possível perceber que há, analisando de uma perspectiva geral, correlação moderada entre as afirmações do questionário SUS. A Tabela 14 abaixo apresenta o resultado dos índices de correlação baseada nas respostas dos participantes para cada questão.

Tabela 14: Resultado dos coeficientes linear de Pearson para o questionário SUS.

	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5	Questão 6	Questão 7	Questão 8	Questão 9	Questão 10
Questão 1	1									
Questão 2	-0,40	1								
Questão 3	0,39	-0,66	1							
Questão 4	-0,24	0,52	-0,63	1						
Questão 5	0,58	-0,56	0,63	-0,20	1					
Questão 6	-0,38	0,57	-0,46	0,19	-0,53	1				
Questão 7	0,37	-0,52	0,57	-0,45	0,33	-0,35	1			
Questão 8	-0,27	0,59	-0,71	0,42	-0,62	0,56	-0,61	1		
Questão 9	0,59	-0,61	0,63	-0,38	0,66	-0,51	0,46	-0,56	1	
Questão 10	-0,01	0,25	-0,46	0,54	-0,13	0,18	-0,35	0,45	-0,12	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para melhor visualização e compreensão do resultado apresentado acima foi elaborado o Quadro 8, o qual ilustra a interpretação da correlação linear de Pearson entre os pares de afirmações do questionário SUS baseada nas classificações propostas por Alzina (2004).

Quadro 8: Interpretação da correlação linear de Pearson.

	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5	Questão 6	Questão 7	Questão 8	Questão 9	Questão 10
Questão 1	Muito Alta									
Questão 2	Baixa	Muito Alta								
Questão 3	Baixa	Moderada	Muito Alta							
Questão 4	Baixa	Moderada	Moderada	Muito Alta						
Questão 5	Moderada	Moderada	Moderada	Praticamente Nula	Muito Alta					
Questão 6	Baixa	Moderada	Moderada	Praticamente Nula	Moderada	Muito Alta				
Questão 7	Baixa	Moderada	Moderada	Moderada	Baixa	Baixa	Muito Alta			
Questão 8	Baixa	Moderada	Alta	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Muito Alta		
Questão 9	Moderada	Moderada	Moderada	Baixa	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Muito Alta	
Questão 10	Praticamente Nula	Baixa	Moderada	Moderada	Praticamente Nula	Praticamente Nula	Baixa	Moderada	Praticamente Nula	Muito Alta

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Por meio da análise da tabela e quadro apresentados acima, percebe-se que a maioria das questões apresentaram correlação moderada entre si, onde alguns dos resultados para as correlações podem ainda ser considerados esperados, indicando certa consistência da interface. Os índices positivos permitiram evidenciar que correlações realizadas entre questões do mesmo tipo (sejam ímpares, que apresentavam afirmações positivas em relação à experiência do usuário com a interface, ou sejam pares, que apresentavam afirmações negativas) apresentaram concordância entre as respostas. Já os índices negativos revelaram que correlações realizadas entre questões contrárias (ímpar e par), apresentaram concordância inversa, ou seja, se em uma questão ímpar é atribuída pontuação alta, a questão par recebe pontuação baixa, e vice-versa. Para exemplificação dos resultados, podemos citar as questões 5 e 9, a qual apresentaram correlação linear positiva ($r = 0,66$), isso significa que para o aumento da pontuação SUS em uma questão haverá aumento da pontuação na outra. Neste caso, se o usuário acredita que as funcionalidades da interface estão bem integradas (questão 5), logo, se sente confiante para utilizar e interagir com a mesma (questão 9). Como exemplo de correlação linear negativa, onde o aumento da pontuação SUS em uma questão influencia na diminuição da pontuação em outra, têm-se as questões 3 e 8 ($r = -0,71$). Isso indica que se o usuário considera a interface fácil de usar (questão 3), logo, não terá complicações para utilizá-la (questão 8).

Na seção a seguir é apresentada a classificação da interface de teste do projeto cartográfico proposto para a visualização de dados VGI, no contexto de desastres, baseando-se na usabilidade do sistema.

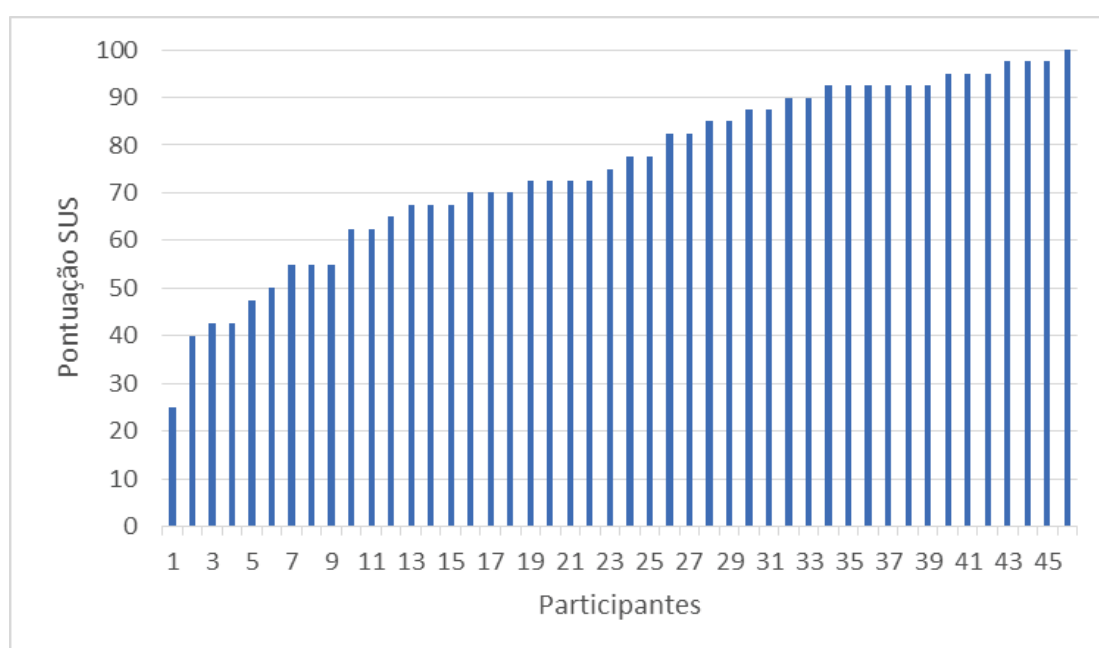
5.3.3. Classificação da Usabilidade da Interface

Por meio do método proposto por Brooke (1996), foi realizada a classificação da usabilidade da interface de teste, do projeto cartográfico, para visualização da qualidade VGI em regiões suscetíveis a desastres.

As respostas fornecidas pelos participantes ao questionário SUS, utilizando-se da escala Likert como parâmetro de avaliação, permitiram determinar uma pontuação média de 75,2 para a usabilidade da interface de teste. De acordo com Sauro (2011), a pontuação obtida está acima da média esperada de 68 pontos e, portanto, permitiu que a interface fosse classificada com nota “B”.

Avaliando a pontuação individual dos participantes de maneira geral, observou-se também que a maioria dos participantes (67,4%) gerou uma pontuação SUS acima da média proposta por Sauro (2011). O Gráfico 27 ilustra, em ordem crescente, a pontuação SUS verificada para cada participante.

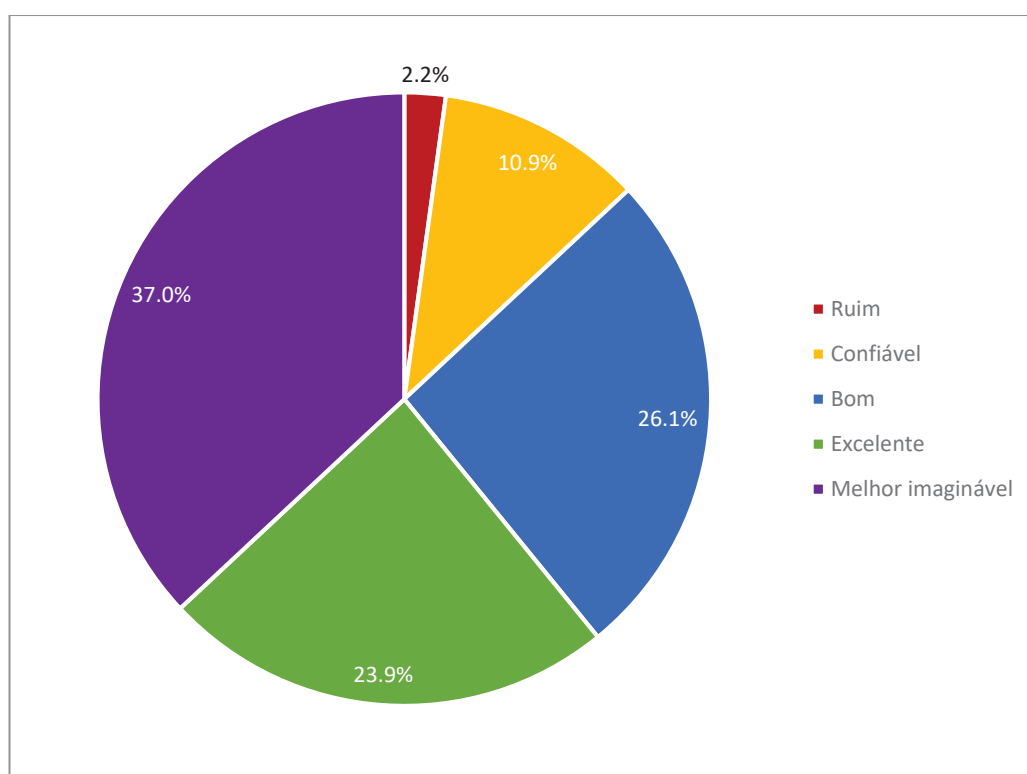
Gráfico 27: Pontuação SUS dos participantes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Baseando-se nos adjetivos propostos por Bangor, Kortum e Miller (2009), a usabilidade do sistema foi classificada considerando a pontuação do questionário SUS de cada participante da pesquisa. O Gráfico 28 apresenta os percentuais das classificações da interface, sugeridas pelos autores, em relação a pontuação obtidas por participante ao responder o questionário SUS.

Gráfico 28: Classificação SUS por adjetivos de Bangor, Kortum e Miller (2009).



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Analisando os resultados individuais, 1 participante (2,2%) classificou a interface como “Ruim”, 5 participantes (10,9%) classificaram como “Confiável”, 12 participantes (26,1%) classificaram o sistema como “Bom”, 11 participantes (23,9%) classificaram como “Excelente” e 17 participantes (37%) classificaram a interface de visualização como “Melhor imaginável”, sendo esta a classificação gerada pela maioria. Portanto, considerando que a pontuação SUS média encontrada foi de 75,2 pontos, a interface de teste do projeto cartográfico pôde então ser classificada como “Excelente”.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido escassez de estudos que se concentram na visualização da qualidade de dados geoespaciais provenientes de plataformas de mapeamento colaborativo, especialmente em regiões propensas a desastres, esta pesquisa teve como objetivo desenvolver uma solução que permitisse visualizar efetivamente esse tipo de informação. Para isso, propôs-se e avaliou-se um projeto cartográfico de um mapa interativo na web para a visualização da qualidade de dados do mapeamento colaborativo em regiões com suscetibilidade a desastres, utilizando parâmetros intrínsecos de qualidade e métodos cartográficos de visualização.

Foi desenvolvida uma interface de teste para o projeto cartográfico, que permitiu visualizar o nível de qualidade dos dados da plataforma OSM por meio do método de grades de áreas. Essa visualização foi baseada em indicadores dos próprios dados da plataforma, como o número de usuários e o número de contribuições relacionados a feições de vias e edificações.

Para validar as hipóteses desta pesquisa, foram realizados dois testes com usuários voluntários. O primeiro teste consistiu na aplicação de um conjunto de tarefas aos participantes para verificar a eficácia do projeto cartográfico proposto. O segundo teste permitiu avaliar a usabilidade da interface de teste do projeto cartográfico, estimando os índices de eficiência, eficácia e satisfação dos usuários após interagirem com a aplicação.

Os testes foram realizados por um conjunto de 46 participantes de diferentes cidades brasileiras, sendo a maioria residente da cidade de Curitiba, capital do Paraná. Grande parte dos participantes informaram que utilizam informações provenientes de plataformas colaborativas e muitos destes relataram possuir de média a alta experiência com a interação desses dados. Além disso, alguns participantes relataram utilizar e mapear dados referentes a vias e edificações e, inclusive, utilizar esses dados como apoio para tomada de decisões. O que ampara o uso dos indicadores adotados neste projeto e reforça a necessidade da exploração de métodos que permitam visualizar a qualidade dos dados colaborativos, principalmente em regiões suscetíveis a desastres.

O teste de tarefa de leitura de mapas permitiu estimar a eficácia do projeto cartográfico elaborado por meio da análise das áreas identificadas pelos participantes ao realizarem as tarefas propostas.

Ao avaliar as médias da “correta” sobreposição, isto é, dos índices de compatibilidade entre as áreas identificadas pelos participantes e as áreas solicitadas para cada tarefa, pode-se afirmar, de maneira generalizada, que o projeto cartográfico demonstrou ser eficaz para o objetivo o qual foi proposto.

A maioria das tarefas realizadas pelos participantes apresentou médias de compatibilidade consideráveis entre as áreas delimitadas e as regiões de interesse. As tarefas 1, 2, 3 e 6 apresentaram os melhores índices de compatibilidade dentre as atividades propostas. Esses resultados podem ser explicados devido a estas tarefas solicitarem a identificação de regiões que possuíam tamanhos grandes de área, além de serem bem distribuídas espacialmente na região do estudo de caso, o que facilitou a percepção dos participantes para a realização das tarefas nestas localidades.

As tarefas 4 e 5, por sua vez, apresentaram índices de sobreposição compatíveis consideráveis. Visto que as áreas de referência para essas tarefas encontravam-se pouco distribuídas no mapa, além de serem pequenas, pode-se afirmar que tiveram um resultado aceitável em relação à percepção dos participantes.

Quando associadas as variáveis de qualidade VGI com as de suscetibilidade a desastres, os resultados obtidos nas tarefas 7 e 8 foram significativamente melhores que os resultados apresentados nas tarefas 9 e 10. Entretanto, os participantes, em sua maioria, acabaram focando na delimitação de áreas que representavam apenas uma das variáveis solicitadas. Acredita-se que fatores como cansaço e tédio também podem ter afetado a atenção dos participantes durante a realização das últimas tarefas, devido ao tempo tomado para efetivação das atividades e pelas ações repetitivas.

Analisando os métodos de representação adotados, percebe-se que os métodos de grade foram mais eficazes ao representar a qualidade dos dados quando visualizados em escala grande, ou seja, quando as grades de tamanho menor eram representadas, facilitando a percepção do usuário ao apresentar as informações de qualidade VGI a nível de detalhes. As grades de tamanho maior, por sua vez, tenderam a apresentar maiores taxas de erros devido a seu grau de generalização da informação.

As variáveis visuais propostas também se mostraram eficazes, de maneira geral, no reconhecimento e identificação dos participantes em relação às diferentes classes apresentadas. Embora a variável valor de cor não tenha sido uma escolha adequada para representar as classes de inundação, os participantes não

demonstraram dificuldade em identificar regiões de alta suscetibilidade a esse tipo de desastre.

Pelos resultados obtidos, observou-se que as dificuldades de percepção das informações pelos participantes se deram, principalmente, quando era necessária a identificação de regiões espacialmente pequenas e pouco distribuídas na região de estudo. Além disso, os resultados de percepção se mostraram mais precisos quando os participantes identificaram as áreas de suscetibilidade e/ou qualidade VGI separadamente. Portanto, novos estudos devem ser executados a fim de explorar a visualização coincidente entre variáveis visuais.

Em relação a aplicação do segundo teste, a média (75,2) atingida por meio das respostas fornecidas pelos participantes ao preencher o questionário SUS permitiu classificar a interface de teste do projeto cartográfico como “B”, de acordo com a classificação de Sauro (2011), e como “Excelente”, segundo a classificação por adjetivos sugerida por Bangor, Kortum e Miller (2009).

Ao relacionar cada afirmação do questionário SUS a fim de estimar as medidas de eficiência, eficácia e satisfação proposta por Araújo (2016), de maneira geral, a interface de teste elaborada mostrou-se parcialmente eficiente, eficaz e satisfatória do ponto de vista dos participantes. Indicando boa aceitação dos usuários para o uso do sistema e de suas funcionalidades.

Quando associadas as afirmações, par a par, com o propósito de entender se há correlação linear entre elas, o coeficiente linear de Pearson encontrado apresentou correlação moderada entre as afirmações do questionário SUS. Este resultado indica que as respostas fornecidas pelos participantes fazem sentido entre si, visto que a concordância com as questões positivas implica na discordância com as questões negativas sobre a interface de teste do projeto cartográfico, e vice-versa.

Pode-se afirmar também que, os métodos adotados para a avaliação do projeto cartográfico em si foram bastante pertinentes para alcançar os resultados referentes ao problema de pesquisa.

A utilização de ferramentas de desenho em mapas web, para identificar regiões espaciais, auxiliou na análise da percepção dos participantes e demonstrou ser uma técnica inovadora, visto que há poucos estudos na literatura abordando tal método. Como exemplo recente, podemos citar Pissetta (2021) que utilizou de ferramentas de desenho e edição em mapas web para testar a percepção dos usuários referente a símbolos pictóricos.

O método abordado para a avaliação da usabilidade da interface de teste também se mostrou válida. Autores como Araújo (2016) e Lima (2020), dentre diversos autores, também utilizaram do questionário SUS para análise da usabilidade em interfaces de mapas web, avaliando suas funcionalidades e simbologias adotadas.

Dessa forma, com base nos resultados obtidos pelos testes de leitura de mapas e testes de usabilidade realizados pelos participantes da pesquisa, pode-se concluir que o projeto cartográfico proposto para a visualização da qualidade de dados do mapeamento colaborativo, no contexto de desastres, se mostrou eficaz para o objetivo proposto. Dessa maneira, a hipótese testada para esta pesquisa pôde ser validada.

Entretanto, vale ressaltar que o projeto proposto, embora tenha apresentado resultados favoráveis quanto à metodologia utilizada, ainda demonstrou algumas falhas que dificultaram a percepção mais precisa dos participantes em algumas tarefas levantadas.

Portanto, como recomendação para futuras pesquisas, é sugerido explorar novos métodos de visualização de qualidade VGI para regiões suscetíveis a desastres de forma mais aprofundada. A inclusão de outras variáveis visuais, métodos de representação e métodos de avaliação diferentes pode contribuir para uma compreensão científica mais abrangente sobre o assunto.

Além disso, os resultados indicaram que os usuários apresentaram maiores taxas de erro ao lidar com grades de tamanho grande, e em escala reduzida, em todas as tarefas propostas. Isso ressalta a importância de estudos que possam estimar tamanhos de grades adequados à percepção do usuário.

Espera-se também que sejam testados outros indicadores de dados de plataformas colaborativas, bem como outros parâmetros intrínsecos de qualidade VGI. Essas investigações adicionais auxiliarão a estimar as informações mais relevantes a serem consideradas em casos de desastre, levando em consideração a necessidade de ações rápidas nessas situações.

Essas direções futuras de pesquisa contribuirão para o avanço do conhecimento na área e fornecerão *insights* valiosos para o desenvolvimento de soluções eficazes de avaliação e visualização da qualidade de dados do mapeamento colaborativo no contexto de desastres.

REFERÊNCIAS

AIRES, M. et al. ANÁLISE DE CHUVA INTENSA ASSOCIADA AO DESASTRE DE ORIGEM NATURAL OCORRIDO EM 2010, EM ANGRA DOS REIS, RJ, APLICANDO O MODELO BRAMS. *RAEGA-O Espaço Geográfico em Análise*, v. 53, p. 71-94, 2021.

ALVALÁ, R. C. S.; BARBIERI, A. F. Desastres naturais. Mudanças climáticas em rede: um olhar interdisciplinar. São José dos Campos, SP: INPE, v. 1, p. 203-230, 2017.

ALZINA, R. B. Metodología de la investigación educativa. Editorial La Muralla, 2004.

ANTONIOU, V.; SKOPELITI, A.; MEASURES AND INDICATORS OF VGI QUALITY: AN OVERVIEW. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, v. 2, 2015.

ARAÚJO, V. O. H. Usabilidade de Geoportais: O Caso do Visualizador da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE). 2016. Dissertação de Mestrado. Masters Dissertation (Defense Engineering), Military Engineering Institute, Rio de Janeiro. 2016.

BALLATORE, A.; ZIPF, A. A conceptual quality framework for Volunteered Geographic Information. In: *International Conference on Spatial Information Theory*. Springer, Cham, 2015.

BANGOR, A.; KORTUM, P.; MILLER, J. Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of usability studies*, v. 4, n. 3, p. 114-123, 2009.

BERRY, B. Approaches to regional analysis: A synthesis. *Annals, Association of American Geographers*. Anais. p.2–11, 1964.

BERTIN, J. *Semiology of graphics*. Translated William J. Berg. London: The University of Wisconsin Press Ltd., 1967.

BOARD, C. Map reading tasks appropriate in experimental studies in cartographic communication. *Cartographica*, vol. 15. 1978.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. 2012.

BRAVO, J. V. M.; SLUTER, C. R. Um estudo comparativo dos símbolos gráficos empregados na representação de estradas & caminhos e de informações turísticas

em mapas do Ordnance Survey e do OpenStreetMap. In: Revista Brasileira de Cartografia. 2016.

BROOKE, J. et al. SUS-A quick and dirty usability scale. Usability evaluation in industry, v. 189, n. 194, p. 4-7, 1996.

CAMBOIM, S. et al. The cell size issue in OpenStreetMap data quality parameter analyses: an interpolation-based approach. Editors, p. 42, 2022.

CAMBOIM, S. P.; BRAVO, J. V. M.; SLUTER, C. An Investigation into the Completeness of, and the Updates to, OpenStreetMap Data in a Heterogeneous Area in Brazil, ISPRS Int. J. Geo-Inf. Doi:10.3390/ijgi4031366, 2015.

CASTELEIN, W.T., GRUS, L., CROMPVOETS, J.W.H.C., BREGT, A.K. A Characterization of Volunteered Geographic Information. In: 13th AGILE International Conference on Geographic Information Science, Guimaraes, Portugal, p.1-10, 2010.

CHILTON, S. OS and OpenStreetMap. Sheetlines, vol. 91, 2011. pp. 20-27.

CIEPŁUCH, B. et al. Comparison of the accuracy of OpenStreetMap for Ireland with Google Maps and Bing Maps. In: Proceedings of the Ninth International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences 20-23rd July 2010. University of Leicester, 2010. p. 337.

CLIBURN, D. C. et al. Design and evaluation of a decision support system in a water balance application. Computers & Graphics, v. 26, n. 6, p. 931-949, 2002.

CNN BRASIL. Deslizamento em Angra dos Reis provoca mortes. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/deslizamento-em-angra-dos-reis-no-rio-provoca-mortes/>>. Acesso em 16 de abril de 2023.

CONSTANTINIDES, E.; FOUNTAIN, S. J. Web 2.0: Conceptual foundations and marketing issues. Journal of direct, data and digital marketing practice , v. 9(3), p. 31–244, 2008.

DEITRICK, S. A. Uncertainty visualization and decision making: Does visualizing uncertain information change decisions. In: Proceedings of the XXIII international cartographic conference. 2007. p. 4-10.

ELIAS, E. N. N. Qualidade de dados geoespaciais em plataforma de mapeamento colaborativo. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia. 2019.

ELWOOD, S. Volunteered e geographic information: key questions, concepts and methods to guide emerging research and practice. GeoJournal, v.72, p.133-135, 2008.

ELWOOD, S.; GOODCHILD, F. M.; SUI, Z. D. Researching Volunteered Geographic Information: Spatial Data, Geographic Research, and New Social Practice, *Annals of the Association of American Geographers*, Taylor & Francis, LLC, 2011.

ESMAIL, R., NAESERI F., ESMAIL, A. Quality assessment of Volunteered Geographic Information. *American Journal for Geographic Information System*, v.2, n.2, p.19-26, 2013.

FONTES, D. S. Utilização da Informação Geográfica Voluntária, sensores físicos e dados oficiais no apoio às tomadas de decisão da Proteção Civil-Desenvolvimento de um protótipo na web integrando várias fontes de Informação Geográfica Voluntária. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra. 2017.

FREITAS, C. M. de et al. Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 19, p. 3645-3656, 2014.

G1. Angra dos Reis ainda se recupera das chuvas do réveillon de 2009. 2010. Disponível em: <<https://g1.globo.com/especiais/eleicoes-2010/noticia/2010/08/angra-dos-reis-ainda-se-recupera-das-chuvas-do-reveillon-de-2009.html>>. Acesso em 16 de abril de 2023.

G1. Árvores caem sobre fiação e fecham estrada de Angra dos Reis. 2015. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2015/01/arvores-caem-sobre-fiacao-e-fecham-estrada-de-angra-dos-reis-rj.html>>. Acesso em 16 de abril de 2023.

GERSHON, N. Visualization of an imperfect world. *IEEE Computer Graphics and Applications*, v. 18, n. 4, p. 43-45, 1998.

GIRRES, J. F.; TOUYA, G. Quality assessment of the French OpenStreetMap dataset. *Transactions in GIS*, 14(4), pp. 435-459, 2010.

GOODCHILD, M. F. "Citizens as sensors: web 2.0 and the volunteering of geographic information", *GeoFocus* (Editorial), nº 7, p. 8-10, ISSN: 1578-5157, 2007.

GOODCHILD, M. F.; GLENNON, J. A. Crowdsourcing geographic information for disaster response: a research frontier. *International Journal of Digital Earth*, v. 3, n. 3, p. 231-241, 2010.

HAKLAY, M. How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets. *Environment and planning B: Planning and design*, v. 37, n. 4, p. 682-703, 2010.

HAKLAY, M.; WARDLAW, J.; MAZUMDAR, S. Citizen Science For Observing and Understanding the Earth, 2014.

HOLLOWAY, T.; BOZICEVIC, M.; BORNER, K. Analyzing and visualizing the semantic coverage of Wikipedia and its authors. *Complexity*, 12(3), 30–40, 2007.

HOWARD, D.; MACEACHREN, A. M. Interface design for geographic visualization: Tools for representing reliability. *Cartography and Geographic Information Systems*, v. 23, n. 2, p. 59-77, 1996.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Características do Município de Angra dos Reis. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/angra-dos-reis.html>>. Acesso em: 04 abr 2023.

IDRIS, N. H.; JACKSON, M. J.; ABRAHART, R. J. Colour coded traffic light labelling: An approach to assist users in judging data credibility in map mashup applications. *Proc. of the 7th International Symposium on Spatial Data Quality Coimbra Portugal*: INESC Coimbra, p. 201-206, 2011.

ISO 19517. INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. Geographic information — Data quality. 2013.

ISO 9241-11. Ergonomics of human-system interaction. Part 11: Usability: Definitions and concepts. 2018.

JOAQUIM, I. P. Avaliação multitemporal da qualidade intrínseca de dados na plataforma OpenStreetMap na cidade da Beira-Moçambique. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba. 2020.

JONES, K. Communicating perceived geospatial data quality of 3D objects in virtual globes. 2011. Tese de Doutorado. Memorial University of Newfoundland.

LEITNER, M.; BUTTENFIELD, B. P. Guidelines for the display of attribute certainty. *Cartography and geographic information science*, v. 27, n. 1, p. 3-14, 2000.

LIMA, M. C. Desenvolvimento de um webgis para campus universitário com práticas de UCD. 2020. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba. 2020.

LIMA, R. S.; BORHER, L. A.; SILVEIRA, A. C.; LIMA, J. P. Mapeamento colaborativo: uma alternativa para a obtenção de mapas digitais para aplicações em transportes. *Engevista*, 2010.

LOCH, R. E. N. Cartografia: Representação, Comunicação e Visualização de dados espaciais. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006.

MACEACHREN, A. M. How maps work: representation, visualization, and design. Guilford Press, 1995.

MACEACHREN, A. Visualizing Uncertain Information, Cartographic Perspective, 13. 1992.

MACHADO, A. A.; CAMBOIM, S. P. Mapeamento colaborativo como fonte de dados para o planejamento urbano: desafios e potencialidades. Revista Brasileira de Gestão Urbana, 11, e20180142. 2019.

MASKREY, A. (Org). Navegando entre brumas. La aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en América Latina. Lima: ITDG - Red de Estudios Sociales em Prevención de Desastres em América Latina, 1998.

MCDUGALL, K. The potential of citizen volunteered spatial information for building SDI. 2009.

MEDEIROS, R. F. PLATAFORMA DE DADOS GEOESPACIAIS ABERTOS PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Curitiba, 2022.

MENEZES, L. O. et al. Comunicação em Geociências na Gestão de Riscos e Desastres Ambientais. Anuário do Instituto de Geociências, v. 44, 2021.

MIRANDA, T. S. Uma Arquitetura Para Contribuição Geográfica Voluntária Em Infraestruturas De Dados Espaciais. Comunidades de Prática. 2010.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. G. Introduction to linear regression analysis. John Wiley & Sons, 2012.

MORERI, K.; FAIRBAIRN, D.; JAMES, P. Issues in developing a fit for purpose system for incorporating VGI in land administration in Botswana, doi.org/10.1016/j.landusepol, 402 – 411, 2018.

MORRISON, J. Towards a functional definition of the science of cartography. The American Cartographer, v. 5, n. 2, p. 97-110, 1978.

NIELSEN, Jakob. Usability engineering. EUA: AP PROFESSIONAL, 1993.

NOAL. et al. Gestão local de desastres naturais para a atenção básica. Acervo de recursos educacionais em saúde. Universidade aberta do SUS [Internet], 2016.

OHSOME. Documentation of the ohsome API. 2023. Disponível em: <<https://docs.ohsome.org/ohsome-api/v1/>>. Acesso em 05 de maio de 2023.

OLIVEIRA, G. A.; BRITO, P. L. Caracterização de aplicações de Informações Geográficas Voluntárias na gestão de riscos hidrológicos. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 69, n. 1, p. 143-161, 2017.

OLSON, J. M. A Coordinate Approach to Map Communication Improvement. *The American Cartographer*, vol. 3, n. 2, pp. 151 - 160. 1976.

OLTEANU-RAIMOND, A. et al. The Scale of VGI in map production: a perspective on European National Mapping Agencies. *Transactions in GIS*, v. 21, n. 1, p. 74-90, 2017.

OPENLAYERS. Documentation of the OpenLayers. 2023. Disponível em: <<https://openlayers.org/>>. Acesso em 05 de maio de 2023.

PAIVA, C. A. Inferência da qualidade de dados VGI a partir de métricas intrínsecas. 2021. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba. 2021.

PARKER, C. J. A Human Factors Perspective on Volunteered Geographic Information. Tese de Doutorado. Loughborough University, Inglaterra, 412 p., 2012.

PARKER, C. J. The fundamentals of human factors design for volunteered geographic information. Springer Science & Business Media, 2014.

PISETTA, J. A. Percepção de símbolos pictóricos para o mapeamento de referência em dispositivos móveis. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba. 2021.

ROBINSON, A. H.; PETCHENIK, B. THE NATURE OF MAPS: essays toward understanding Maps and Mapping. Chicago, EUA: The University of Chicago Press, 1976. 138p.

ROICK, O.; ZIPF, A. A technical framework for visualizing spatio-temporal quality metrics of volunteered geographic information. *Proceedings of GEOINFORMATIK*, 2012.

ROTH, R. E. Visual variables. *International encyclopedia of geography: People, the earth, environment and technology*, p. 1-11, 2017.

SAURO, J. Measuring Usability With The System Usability Scale (SUS), *Measuring U*, 2011.

SERVIGNE, S.; LESAGE, N.; LIBOUREL, T. Quality components, standards, and metadata. *Fundamentals of spatial data quality*, p. 179-210, 2006.

SIEBER, R. E., JOHNSON, P. A. Situating the Adoption of VGI by Government. In D. Z. Sui, S. Elwood, & M. Goodchild (Eds.), *Crowdsourcing geographic knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice*. Dordrecht: Springer Science & Business Media. 2013.

SIEBER, R. Geoweb for social change. *Workshop on Volunteered Geographic*, Santa Barbara, EUA, 2007.

SKOPELITI, A.; ANTONIOU, V.; BANDROVA, T. Visualisation and communication of VGI quality. *Mapping and the Citizen Sensor*, p. 197-222, 2017.

SLUTER, C. R. Uma abordagem sistêmica para o desenvolvimento de projeto cartográfico com parte do processo de comunicação. *Portal de Cartografia das Geociências*, v. 1, n. 1, p. 01-20, 2008.

SUI, D. The wikification of GIS and its consequences: Or Angelina Jolie's new tattoo and the future of GIS. *Computers, Environment and Urban Systems*, v.32, p.1-5, 2008.

TRAME, J.; KEßLER, C. Exploring the lineage of volunteered geographic information with heat maps. *GeoViz*, Hamburg, Germany, 2011.

UOL. Chuva provoca deslizamentos em Angra. 2013. Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2013/03/24/chuva-forte-provoca-deslizamentos-de-terra-em-angra-dos-reis-rj.htm>>. Acesso em 16 de abril de 2023.

VAN EXEL, M. A new OpenStreetmap visualization: Taking the temperature of local OpenStreetMap communities. *Oegeo Martijn van Exel and his OpenStreetMap adventures*, 2011b.

VAN EXEL, M. A new OpenStreetmap visualization: Version contour lines. *Oegeo Martijn van Exel and his OpenStreetMap adventures*, 2011a.

VANDECASTEELE, A.; DEVILLERS, R. Improving volunteered geographic information quality using a tag recommender system: the case of OpenStreetMap. In: *OpenStreetMap in GIScience*. Springer, Cham, 2015. p. 59-80.

WINCKLER, M.; PIMENTA, M. S. Avaliação de usabilidade de sites web. *ESCOLA REGIONAL de Informática*. Porto Alegre: SBC, p. 1-54, 2002.

XAVIER. et al. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2011.

ZIPF, A.; ZIELSTRA, D. Comparative Study of Proprietary Geodata and Volunteered Geographic Information for Germany, Researchgate, 2010.

ZUCHERATO, B.; FREITAS, M. I. C. A determinação de um método de classificação para a elaboração de um atlas escolar “Atlas Ambiental do Estado de São Paulo”. In: COLÓQUIO DE CARTOGRAFIA PARA CRIANÇAS E ESCOLARES, 7, 2011, Vitória. Anais... Vitória, 2011. p. 66-83.

**APÊNDICE A - FORMULÁRIO PARA REALIZAÇÃO DOS TESTES DE
USABILIDADE**

Teste de Tarefas de Leitura de Mapas

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nós, Prof.^a Dr.^a Silvana Philippi Camboim e Prof. Dr. Caio dos Anjos Paiva, do Departamento de Geomática, e o aluno de pós-graduação Guilherme Silva Neivas, do programa de pós-graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, estamos convidando você, profissional que trabalha com dados cartográficos provenientes de mapeamento colaborativo, a participar de um estudo intitulado “Visualização da qualidade de dados do mapeamento colaborativo no contexto de desastres”, o qual visa pesquisar a melhor abordagem para a visualização da qualidade destes dados por meio de testes de usabilidade com os usuários.

- a) O objetivo desta pesquisa é propor uma interface que permita visualizar a qualidade de dados provenientes do mapeamento colaborativo, para áreas suscetíveis a desastres, utilizando-se da avaliação intrínseca de qualidade e métodos cartográficos de visualização.
- b) Caso você concorde em participar da pesquisa, será necessário responder o questionário a seguir com base nas suas experiências sobre a temática em questão e algumas tarefas propostas.
- c) Você deverá acessar o link contido na publicação em rede social e iniciar as respostas para as questões propostas, o que levará de 15 a 20 minutos.
- d) É possível que você experimente algum desconforto, principalmente relacionado a cansaço ou tédio.
- e) Alguns riscos relacionados ao estudo podem ser sentidos, mesmo que raríssimos, como cansaço ou tédio, no entanto o questionário foi construído de forma sucinta para que possa ser respondido rapidamente.
- f) O benefício esperado com essa pesquisa é o desenvolvimento de uma interface de visualização da qualidade de dados do mapeamento colaborativo, para o contexto de desastres, a partir da aplicação de testes de usabilidade, visando atender as necessidades do usuário. A interface poderá servir como ferramenta de auxílio durante situações de desastres e crises humanitárias, onde são necessárias rápidas tomadas de decisão, assim como influenciar no mapeamento colaborativo em grande escala de regiões suscetíveis a desastres que apresentam qualidade ruim.
- g) A pesquisadora Prof.^a Dr.^a Silvana Phillipi Camboim, o Prof. Dr. Caio dos Anjos Paiva e o aluno de mestrado Guilherme Silva Neivas são responsáveis por este estudo e poderão ser localizados no Centro Politécnico – UFPR, Bloco 6, sala PI-06, como também através dos e-mails silvanacamboim@ufpr.br, anjospaiva@gmail.com e guilhermesneivas@gmail.com, e através do telefone 21 991892392, no horário das 9h às 17h, para esclarecer eventuais dúvidas que você possa ter e fornecer as informações que você deseja, antes, durante ou depois de encerrado o estudo. Em caso de emergência, você pode contatar o aluno Guilherme Silva Neivas no telefone: 21 991892392, em qualquer horário.
- h) A sua participação neste estudo é voluntária e se você não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá desistir a qualquer momento e solicitar a devolução desse Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.
- i) O material obtido será utilizado unicamente para essa pesquisa e será destruído/descartado após cinco contados a partir do fim da pesquisa.

j) As informações relacionadas ao estudo poderão ser conhecidas somente pela pesquisadora principal Prof^a Dr.^a Silvana Philippi Camboim, sob forma codificada, para que a sua identidade seja preservada e mantida a confidencialidade. Você terá a garantia de que os dados/resultados obtidos com este estudo serão publicados somente de forma codificada.

k) As despesas necessárias para a realização da pesquisa, como hospedagem do questionário online, não são de sua responsabilidade e você não receberá qualquer valor em dinheiro pela sua participação.

l) Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo e-mail cometica.saude@ufpr.br e/ou telefone 41-3360-7259, das 08:30h às 11:00h e das 14:00h às 16:00h. O Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, que existe nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil e foi criado com o objetivo de proteger os participantes de pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde).

* Indica uma pergunta obrigatória

1. Eu li esse Termo de Consentimento e compreendi a natureza e o objetivo do estudo do qual concordei em participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem qualquer prejuízo para mim. *

Eu concordo, voluntariamente, em participar deste estudo.

Marque todas que se aplicam.

Concordo

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Guilherme Silva Neivas
(Pesquisador Responsável)

Teste de Tarefa de Leitura de Mapas

Você está sendo convidado(a) para participar voluntariamente do Teste de Tarefas de Leitura, que tem como objetivo, verificar o reconhecimento, discriminação e detecção de áreas que representam a qualidade de dados provenientes de mapeamento colaborativo.

LEMBRANDO que este teste não tem como intuito avaliar os voluntários.

As respostas obtidas serão utilizadas como subsídio para a dissertação de mestrado do discente Guilherme Silva Neivas, realizada no âmbito do Grupo de Pesquisa em Cartografia e SIG no Laboratório Geoespacial Livre da Universidade Federal do Paraná (UFPR) do curso de Pós-Graduação em Ciência Geodésicas, sob orientação da Prof^a. Dr^a. Silvana Philippi Camboim e coorientação do Prof. Dr. Caio dos Anjos Paiva.

O teste deverá ser realizado por meio do uso de um COMPUTADOR e o tempo estimado para realização é de 20 minutos.

Caso ocorra alguma dúvida, não hesite em nos contatar:

Guilherme Silva Neivas - Mestrando no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas:
guilhermesneivas@gmail.com

Prof^a. Dr^a. Silvana Camboim - Orientadora:
silvanacamboim@ufpr.br

Prof. Dr. Caio dos Anjos Paiva - Coorientador:
anjospaiva@gmail.com

Caracterização do Participante

Você está sendo solicitado(a) a fornecer algumas informações pessoais, que são essenciais para nossa pesquisa.

2. 1. Qual a sua idade? *

3. 2. Em Cidade/Estado reside? *

4. 3. Grau de escolaridade *

Marcar apenas uma oval.

- Fundamental incompleto
- Fundamental completo
- Ensino Médio incompleto
- Ensino Médio completo
- Superior incompleto
- Superior completo
- Especialização
- Mestrado
- Doutorado

5. 4. Gênero *

Marcar apenas uma oval.

- Feminino
- Masculino
- Outro: _____

6. 5. Possui algum tipo de deficiência visual? *

Marque todas que se aplicam.

- Não possui
- Miopia
- Astigmatismo
- Hipermetropia
- Daltonismo
- Outro: _____

7. 6. Você utiliza mapas provenientes de plataformas colaborativas (ex.: OpenStreetMap)? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

8. 7. Que nível de experiência você considera ter com o uso desse tipo mapa? *

Marcar apenas uma oval.

- Nenhum
 Baixo
 Médio
 Alto

9. 8. Você já utilizou mapas colaborativos, como o OSM, como ferramenta de auxílio para análise e tomada de decisões? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

10. 9. Você participa/participou de alguma ação humanitária em mapeamento colaborativo (ex.: HOT Tasking Manager)? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

11. 9.1. Se marcou sim na pergunta anterior, quais informações geoespaciais você costuma mapear nestas situações?

12. 10. Você utiliza/utilizou dados de mapeamento colaborativo como referência para pesquisas científicas relacionadas a desastres ou crises humanitárias? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

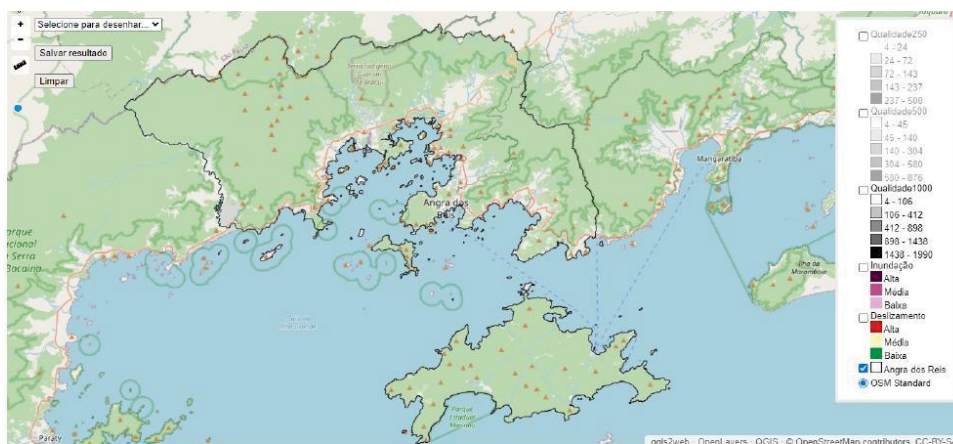
13. 10.1. Se marcou sim na pergunta anterior, quais informações geoespaciais você utilizou/utiliza?

Tarefas de Leitura de Mapa

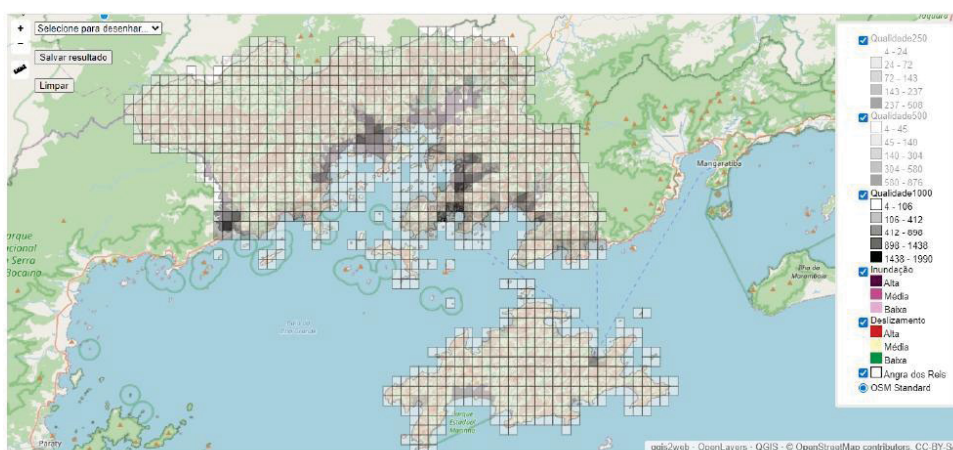
Nesta seção, você realizará tarefas específicas com descrições detalhadas e conteúdo visual.

- Este teste requer tempo e concentração, encontre um local calmo para não ser interrompido durante sua participação.
- Leia as descrições cuidadosamente e observe o conteúdo visual.
- As tarefas propostas visam identificar a sua compreensão sobre o que está sendo representado nos mapas.
- Acesse ao site ([Clique aqui](#)) para realizar a leitura do mapa.
- Siga as instruções abaixo para realização das tarefas propostas neste formulário.

Passo 1: Após acessar ao [site](#), você poderá habilitar/desabilitar as camadas que forem solicitadas por meio do quadro localizado no canto direito da tela.

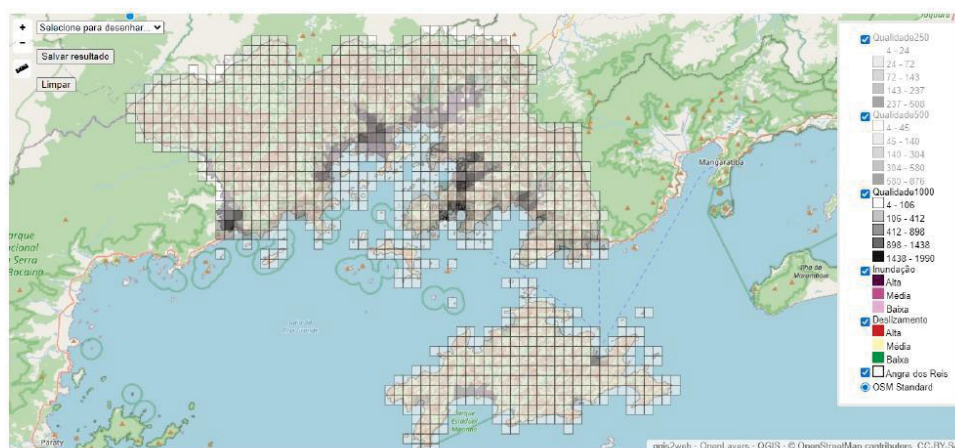


Passo 2: Caso tenha necessidade, você poderá aproximar ou afastar o mapa por meio das ferramentas *zoom in* e *zoom out*, localizadas no canto superior esquerdo da tela, ou utilizando o scroll do mouse.



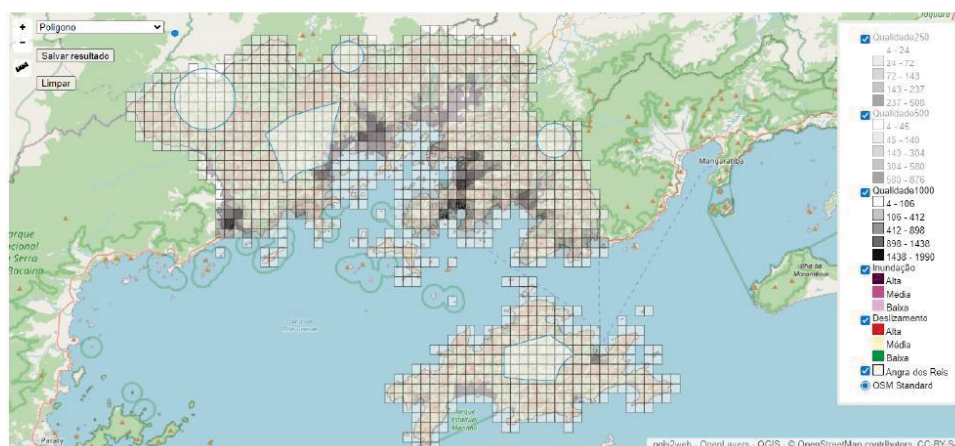
Passo 3: Você identificará as áreas solicitadas na tarefas e, em seguida, poderá delimitar essas áreas utilizando a ferramenta de desenho, localizada no canto superior esquerdo.

- A ferramenta de desenho permite delimitar áreas em formato circular ou em polígonos desenhados a mão livre.
- Para desenhar, apenas basta clicar sobre a área de interesse e arrastar com o mouse.
- Caso queira excluir os desenhos realizados, clique na opção "*Limpar*".



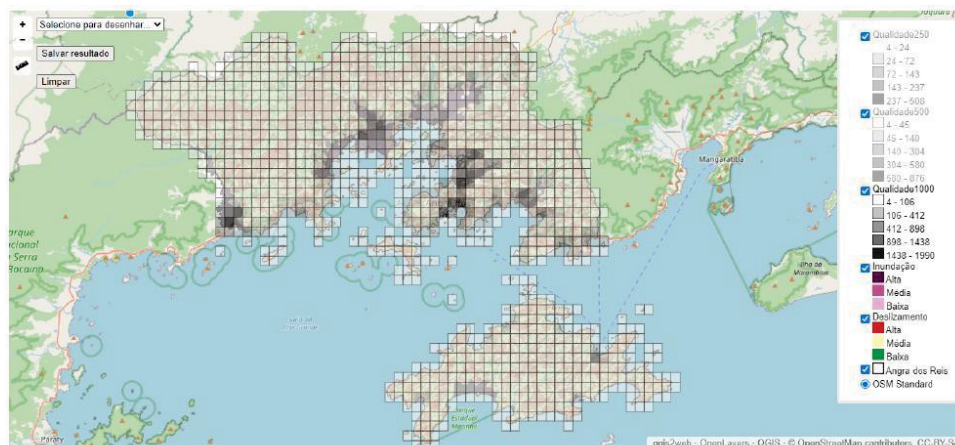
Passo 4: Após desenhar as áreas de interesse, exporte o resultado clicando na opção "*Salvar resultado*".

Assim, você realizará o *download* dos desenhos realizados na interface em um arquivo no formato *.geojson*.



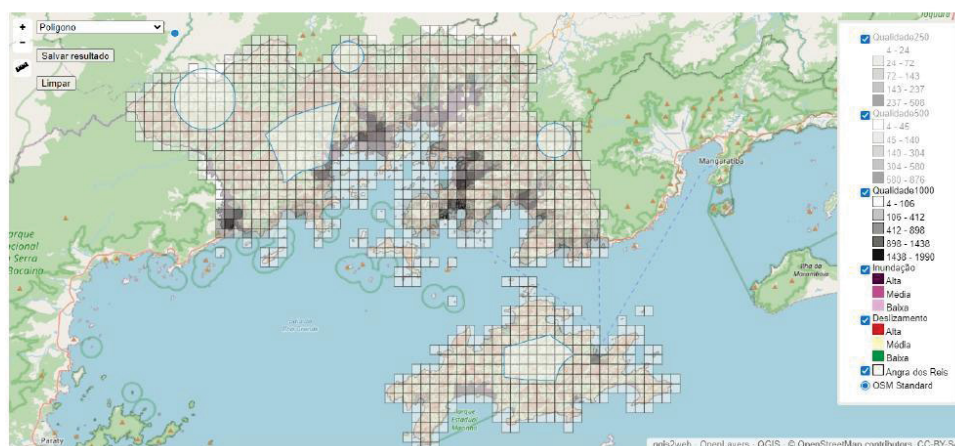
Passo 3: Você identificará as áreas solicitadas na tarefas e, em seguida, poderá delimitar essas áreas utilizando a ferramenta de desenho, localizada no canto superior esquerdo.

- A ferramenta de desenho permite delimitar áreas em formato circular ou em polígonos desenhados a mão livre.
- Para desenhar, apenas basta clicar sobre a área de interesse e arrastar com o mouse.
- Caso queira excluir os desenhos realizados, clique na opção "*Limpar*".



Passo 4: Após desenhar as áreas de interesse, exporte o resultado clicando na opção "*Salvar resultado*".

Assim, você realizará o *download* dos desenhos realizados na interface em um arquivo no formato *.geojson*.



17. 4. Habilite apenas a camada "Inundação" no mapa e identifique áreas que apresentam **baixa** suscetibilidade ao desastre. *
- No mínimo 3 localidades.
- Arquivos enviados:
18. 5. Habilite apenas as camadas de "Qualidade" no mapa e identifique áreas que apresentam **alta** qualidade de dados colaborativos. *
- No mínimo 3 localidades.
- Arquivos enviados:
19. 6. Habilite apenas as camadas de "Qualidade" no mapa e identifique áreas que apresentam **baixa** qualidade de dados colaborativos. *
- No mínimo 3 localidades.
- Arquivos enviados:
20. 7. Habilite todas as camadas do mapa e identifique áreas que apresentam **alta** suscetibilidade a desastres e **alta** qualidade de dados colaborativos. *
- No mínimo 3 localidades.
- Arquivos enviados:
21. 8. Habilite todas as camadas do mapa e identifique áreas que apresentam **alta** suscetibilidade a desastres e **baixa** qualidade de dados colaborativos. *
- No mínimo 3 localidades.
- Arquivos enviados:
22. 9. Habilite todas as camadas do mapa e identifique áreas que apresentam **baixa** suscetibilidade a desastres e **alta** qualidade de dados colaborativos. *
- No mínimo 3 localidades.
- Arquivos enviados:
23. 10. Habilite todas as camadas do mapa e identifique áreas que apresentam **baixa** suscetibilidade a desastres e **baixa** qualidade de dados colaborativos. *
- No mínimo 3 localidades.
- Arquivos enviados:

24. O questionário deverá ser respondido baseado na escala Likert, com pontuação variando de 1 a 5, onde cada pontuação representa as seguintes respostas:
 1 – Discordo totalmente; 2 – Discordo parcialmente; 3 – Não concordo nem discordo; 4 – Concordo parcialmente; 5 – Concordo totalmente.

*

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
1. Acho que gostaria de usar este sistema com frequência.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Achei o sistema desnecessariamente complexo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Achei o sistema fácil de usar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Acho que precisaria do apoio de um técnico para poder utilizar este sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Achei que as várias funções neste sistema estavam bem integradas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Achei que havia muita inconsistência neste sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar esse sistema muito rapidamente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Achei o sistema muito complicado de usar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Me senti muito confiante usando o sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Eu precisava aprender muitas coisas antes de poder usar esse sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>