

**MINISTÉRIO DA DEFESA  
EXÉRCITO BRASILEIRO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CARTOGRÁFICA**

**RAFAEL LARA CARDOSO**

**VISUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA EM AMBIENTES DE BAIXA  
LUMINOSIDADE: AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE MAPAS DIGITAIS EM  
MODO ESCURO**

**RIO DE JANEIRO  
2025**

©2025

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA  
Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha  
Rio de Janeiro – RJ CEP: 22290-270

Este exemplar é de propriedade do Instituto Militar de Engenharia, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmar ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es) e do(s) orientador(es).

Cardoso, Rafael Lara.

Visualização cartográfica em ambientes de baixa luminosidade: avaliação da usabilidade de mapas digitais em modo escuro / Rafael Lara Cardoso. – Rio de Janeiro, 2025.

108 f.

Orientador(es): Ivanildo Barbosa e Daniel Luís Andrade e Silva.

Dissertação (mestrado) – Instituto Militar de Engenharia, Engenharia Cartográfica, 2025.

1. cartografia digital. 2. mapas escuros. 3. percepção do usuário. 4. usabilidade. 5. design de mapas. i. Barbosa, Ivanildo (orient.) ii. Luís Andrade e Silva, Daniel (orient.) iii. Título

RAFAEL LARA CARDOSO

VISUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA EM AMBIENTES DE BAIXA  
LUMINOSIDADE: AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE MAPAS DIGITAIS EM  
MODO ESCURO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação  
em Engenharia Cartográfica do Instituto Militar de Enge-  
nharia, como requisito parcial para a obtenção do título de  
Mestre em Ciências em Engenharia Cartográfica.

Orientador(es): Ivanildo Barbosa, Ph.D.  
Daniel Luís Andrade e Silva, D.Sc.

Rio de Janeiro

2025

**RAFAEL LARA CARDOSO**

**Visualização cartográfica em ambientes de baixa  
luminosidade: avaliação da usabilidade de mapas digitais  
em modo escuro**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Cartográfica do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia Cartográfica.

Orientador(es): Ivanildo Barbosa e Daniel Luís Andrade e Silva.

Aprovada em 05 de fevereiro de 2025, pela seguinte banca examinadora:

---

Prof. TC **Ivanildo Barbosa** - Ph.D do IME - Presidente

---

Prof<sup>a</sup>. **Silvana Philippi Camboim** - D.Sc. da UFPR

---

Prof. TC **Leonardo Assumpção Moreira** - D.Sc. do IME

---

Prof. TC **Luís Andrade e Silva** - D.Sc. do IME

Rio de Janeiro  
2025

*Dedico este trabalho à minha esposa, Marissol, que sempre está ao meu lado para celebrar a vida e superar as dificuldades.*

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão às pessoas que contribuíram significativamente para a realização desta dissertação.

Em primeiro lugar, quero agradecer aos meus orientadores, TC Ivanildo e TC Andrade, pela orientação valiosa, apoio incansável e *insights* enriquecedores ao longo deste processo. Sua orientação foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento acadêmico.

Agradeço à Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN), pelo apoio institucional e pela disponibilização das condições necessárias para a condução da pesquisa. O suporte oferecido, especialmente na organização e disponibilização dos respondentes, foi fundamental para o êxito.

Ao Instituto Militar de Engenharia (IME), expresso minha gratidão pelos meios oferecidos e pela oportunidade de realizar esta pesquisa. A experiência proporcionada por esta instituição foi essencial não apenas para a condução deste trabalho, mas também para meu desenvolvimento acadêmico.

Ao Corpo de Alunos, em especial ao TC Ozias, expresso minha gratidão pelo apoio prestado ao longo de diversas atividades do curso, especialmente pela contribuição para a viabilização da aplicação da avaliação na AMAN.

Agradeço também aos amigos e colegas que, de diferentes formas, contribuíram para o êxito desta pesquisa. Este trabalho não seria possível sem o apoio de todos vocês. Agradeço a cada um que fez parte desta trajetória.

Por fim, à minha esposa, Marissol, dedico uma parcela especial de agradecimento. Sua presença constante, apoio inabalável e compreensão durante toda a jornada foram fundamentais para superar os desafios e alcançar este objetivo. Obrigado por ser minha fonte constante de inspiração e por compartilhar cada momento desta jornada.

*“O Senhor Śrī Kṛṣṇa disse: Ó poderosíssimo filho de Kuntī, é sem dúvida muito difícil refrear a mente inquieta, mas isso é possível pela prática adequada e pelo desapego.”*

*Bhagavad-gītā, Capítulo 6, Verso 35.*

## RESUMO

A geoinformação desempenha um papel vital em diversos setores da sociedade, desde o planejamento urbano até a resposta a desastres naturais. Atividades realizadas em ambientes de baixa luminosidade tornam essencial uma visualização eficaz, e a economia de energia em dispositivos eletrônicos pode ser uma questão relevante. Neste contexto, este estudo investigou o impacto da alteração na simbologia das feições cartográficas, por meio de cores e texturas, em mapas digitais para utilização em ambientes de baixa luminosidade. Foram desenvolvidos dois estilos de mapas digitais: um com cores claras (modo claro) e outro com uma paleta de cores escuras (modo escuro). Os mapas foram apresentados a usuários de geoinformação ( $n=367$ ) em um ambiente controlado de baixa luminosidade. Os participantes realizaram tarefas baseadas nos primitivos objetivos de interação cartográfica - identificação, comparação, classificação e associação (Roth, 2013) - e responderam a um questionário, ambos voltados para avaliar a usabilidade dos mapas nos aspectos de eficácia, eficiência e satisfação. Os resultados indicaram que não houve diferença estatisticamente significativa na eficácia entre os mapas claro e escuro, pois as taxas de acerto foram semelhantes em ambos os estilos. No entanto, o mapa claro proporcionou maior eficiência, com tempos de resposta menores nas tarefas realizadas. Em termos de satisfação, a maioria dos participantes (71,66%) preferiu o mapa escuro, citando conforto visual e menor cansaço ocular. Concluiu-se que, embora o mapa claro ofereça maior *eficiência*, o mapa escuro proporcionou maior *satisfação* aos usuários, sem comprometer a *eficácia* nas tarefas cartográficas. Assim, considera-se que a *usabilidade* entre os dois mapas seja equivalente, uma vez que a alteração nas cores e texturas das feições cartográficas permitiu que os usuários mantivessem uma compreensão adequada das informações em condições de baixa luminosidade. Esses achados sugerem que a adoção de mapas digitais com estilos escuros pode ser vantajosa em contextos específicos.

**Palavras-chave:** cartografia digital. mapas escuros. percepção do usuário. usabilidade. design de mapas.

## ABSTRACT

Geoinformation plays a vital role across various sectors of society, from urban planning to disaster response. Activities conducted in low-light environments make effective visualization essential, and energy conservation in electronic devices can be an important consideration. In this context, this study investigated the impact of altering cartographic feature symbolism, through colors and textures, in digital maps designed for use in low-light settings. Two styles of digital maps were developed: one with light colors (light mode) and the other with a dark color palette (dark mode). These maps were presented to geoinformation users ( $n=367$ ) in a controlled low-light environment. Participants performed tasks based on the objective primitives of cartographic interaction — identification, comparison, classification, and association (Roth, 2013) — and completed a questionnaire, both aimed at evaluating the usability of the maps in terms of effectiveness, efficiency, and satisfaction. The results indicated no statistically significant difference in effectiveness between the light and dark maps, as accuracy rates were similar across both styles. However, the light map offered greater efficiency, with shorter response times for the tasks. In terms of satisfaction, most participants (71.66%) preferred the dark map, citing visual comfort and reduced eye strain. It was concluded that, although the light map provided greater *efficiency*, the dark map offered greater *satisfaction* to users, without compromising *effectiveness* in cartographic tasks. Thus, it is considered that *usability* between the two maps is equivalent, as the changes in colors and textures of cartographic features allowed users to maintain an adequate understanding of information in low-light conditions. These findings suggest that the adoption of digital maps with dark styles may be advantageous in specific contexts.

**Keywords:** digital cartography. dark maps. user perception. usability. map design.

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Exemplo de plataformas com estilos de mapas escuros. . . . .	20
Figura 2.1 – Representação do olho humano. . . . .	22
Figura 2.2 – Sistema de Comunicação Cartográfica. . . . .	24
Figura 2.3 – Cartografia representada por um espaço cúbico no uso do mapa, no qual a visualização e a comunicação ocupam pólos opostos. . . . .	25
Figura 2.4 – Exemplo de boas práticas na aplicação de generalização. . . . .	27
Figura 2.5 – Estrutura de Usabilidade. . . . .	32
Figura 2.6 – Funcionamento do sistema de <i>Vector Tiles</i> . . . . .	37
Figura 3.1 – Fluxograma resumo da metodologia deste trabalho. . . . .	48
Figura 3.2 – Métricas de usabilidade utilizadas na avaliação. Autoria própria. . . . .	50
Figura 3.3 – Textura aplicada nas áreas de vegetação. . . . .	53
Figura 3.4 – Estrutura utilizada para os mapas. Autoria própria. . . . .	55
Figura 3.5 – Estilos de mapa utilizados na avaliação. . . . .	56
Figura 3.6 – Laboratório utilizado para aplicação da avaliação. . . . .	59
Figura 3.7 – Aplicação da avaliação. . . . .	60

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplo de primitivas geométricas na cartografia. . . . .	34
Quadro 2 – Exemplos de cada combinação de objetivo e operando. . . . .	36
Quadro 3 – Preferência dos usuários em relação às camadas de um mapa. . . . .	41
Quadro 4 – Classificação de elementos da carta ortoimagem. . . . .	42
Quadro 5 – Comparação entre os elementos relevantes. . . . .	43
Quadro 6 – Comparação entre as classes dos estilos <i>Monochrome Dark</i> , <i>Monochrome Midnight</i> , <i>Navigation Night</i> e <i>Basic Dark</i> . . . . .	44
Quadro 7 – Tarefas utilizadas na avaliação. . . . .	50
Quadro 8 – Conjunto de tarefas 1. . . . .	51
Quadro 9 – Conjunto de tarefas 2. . . . .	52
Quadro 10 – Classes dos estilos <i>Basic</i> e <i>Basic Dark</i> . . . . .	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Extrato da correspondência entre níveis de zoom e escala de mapa <i>web</i> .	39
Tabela 2 – <i>Zoom</i> inicial, latitude/longitude inicial das questões.	57
Tabela 3 – Cálculo dos graus necessários para criação do buffer com 0,5 cm na tela.	63
Tabela 4 – Contingência por Estilo de Mapa.	69
Tabela 5 – Contingência por Conjunto.	69
Tabela 6 – Contingência por Sessão.	69
Tabela 7 – Média dos tempos de resposta por Estilo de Mapa (em segundos).	71
Tabela 8 – Média dos tempos de resposta por Conjunto (em segundos).	71
Tabela 9 – Média dos tempos de resposta por Sessão (em segundos).	71
Tabela 10 – ANOVA - Análise Geral.	72
Tabela 11 – Resultado questão 1.	73
Tabela 12 – Resultado questão 2.	74
Tabela 13 – Preferências na Questão 3.	74
Tabela 14 – Médias das Questões 1 e 2 por Preferência.	74
Tabela 15 – Análise de Operações com Mapa Claro e Mapa Escuro.	80

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMAN	Academia Militar das Agulhas Negras
ANOVA	Análise de Variância
CONCAR	Comissão Nacional de Cartografia
DCT	Departamento de Ciência e Tecnologia
DSG	Diretoria de Serviço Geográfico
EB	Exército Brasileiro
ET-ADGV	Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais
ET-EDGV	Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais
F Ter	Força Terrestre
IME	Instituto Militar de Engenharia
IOGP	<i>International Association of Oil &amp; Gas Producers</i>
OM	Organização Militar
OSM	<i>OpenStreetMap</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>16</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO . . . . .	16
1.2	MOTIVAÇÃO . . . . .	17
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA . . . . .	17
1.4	HIPÓTESE . . . . .	18
1.5	OBJETIVO GERAL . . . . .	18
1.6	JUSTIFICATIVA . . . . .	18
1.7	TRABALHOS RELACIONADOS . . . . .	19
1.8	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO . . . . .	20
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA . . . . .</b>	<b>21</b>
2.1	FISIOLOGIA VISUAL HUMANA . . . . .	21
2.1.1	OLHO . . . . .	21
2.1.1.1	CONES E BASTONETES . . . . .	22
2.1.1.2	VISÃO FOTÓPICA E ESCOTÓPICA . . . . .	22
2.2	COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA . . . . .	23
2.2.1	COMUNICAÇÃO VS VISUALIZAÇÃO . . . . .	24
2.2.2	GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA . . . . .	26
2.3	PERCEPÇÃO E COGNIÇÃO . . . . .	27
2.3.1	AMBIENTE NOTURNO . . . . .	28
2.3.2	GESTALT . . . . .	28
2.3.3	VARIÁVEIS VISUAIS . . . . .	29
2.3.3.1	CORES . . . . .	30
2.3.4	HIERARQUIA VISUAL . . . . .	31
2.3.5	USABILIDADE . . . . .	31
2.3.5.1	MÉTRICAS DE USABILIDADE . . . . .	32
2.4	TÓPICOS DE CARTOGRAFIA DIGITAL . . . . .	33
2.4.1	PRIMITIVAS GEOMÉTRICAS . . . . .	33
2.4.2	TAXONOMIA DE PRIMITIVAS DE INTERAÇÃO CARTOGRÁFICA . . . . .	34
2.4.3	VECTOR TILES . . . . .	37
2.4.4	ESCALA EM MAPAS WEB . . . . .	38
2.4.5	ESTILO TOPOGRÁFICO . . . . .	39
2.4.5.1	ESPECIFICAÇÕES E NORMAS . . . . .	39
2.4.5.2	CLASSES EM UM MAPA . . . . .	40
2.5	ANÁLISE DE DADOS . . . . .	44

2.5.1	ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) . . . . .	44
2.5.2	TESTE QUI-QUADRADO . . . . .	46
2.5.3	TESTE DE SHAPIRO-WILK . . . . .	46
2.5.4	TESTE DE MANN-WHITNEY U . . . . .	47
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA . . . . .</b>	<b>48</b>
3.1	DEFINIÇÃO DE REQUISITOS . . . . .	49
3.2	ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO . . . . .	50
3.2.1	TAREFAS . . . . .	50
3.2.1.1	CONJUNTOS DE TAREFAS . . . . .	51
3.2.1.2	TEXTURA . . . . .	51
3.2.2	PERGUNTAS . . . . .	53
3.3	CONSTRUÇÃO DOS MAPAS . . . . .	54
3.3.1	ESTILOS DOS MAPAS . . . . .	54
3.3.2	ESCALA E CENTRO DE EXIBIÇÃO DAS TAREFAS . . . . .	56
3.3.3	VALIDAÇÃO . . . . .	57
3.4	APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO E UTILIZAÇÃO DOS MAPAS . . . . .	58
3.4.1	AMBIENTE DE APLICAÇÃO . . . . .	58
3.4.2	DINÂMICA DA AVALIAÇÃO . . . . .	59
3.4.2.1	PERGUNTAS . . . . .	60
3.4.3	APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO . . . . .	61
3.5	ANÁLISE DOS RESULTADOS . . . . .	61
3.5.1	VERIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS . . . . .	62
3.5.2	ANÁLISE QUANTITATIVA . . . . .	65
3.5.3	ANÁLISE QUALITATIVA . . . . .	66
3.5.4	INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS . . . . .	67
3.5.5	ORGANIZAÇÃO DA ANÁLISE . . . . .	67
<b>4</b>	<b>RESULTADOS . . . . .</b>	<b>69</b>
4.1	ANÁLISE GERAL . . . . .	69
4.1.1	EFICÁCIA . . . . .	69
4.1.2	EFICIÊNCIA . . . . .	71
4.1.3	SATISFAÇÃO . . . . .	73
4.1.3.1	ANÁLISE DAS PERGUNTAS OBJETIVAS . . . . .	73
4.1.3.2	ANÁLISE QUALITATIVA . . . . .	75
4.2	ANÁLISE ESPECÍFICA . . . . .	79
4.2.1	<i>IDENTIFICAR</i> . . . . .	80
4.2.2	<i>COMPARAR</i> . . . . .	81
4.2.3	<i>CLASSIFICAR</i> . . . . .	81
4.2.4	<i>ASSOCIAR</i> . . . . .	83

<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .</b>	<b>85</b>
5.1	CONCLUSÕES . . . . .	85
5.2	LIMITAÇÕES DO ESTUDO . . . . .	86
5.3	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS . . . . .	87
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>89</b>
	<b>APÊNDICE A – AVALIAÇÃO . . . . .</b>	<b>96</b>
	<b>APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO . . . . .</b>	<b>108</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

A utilização de cartas, mapas e outros produtos contendo geoinformação desempenha um papel fundamental em vários setores e áreas da produção humana. A geoinformação é essencial para o planejamento e desenvolvimento urbano e regional fornecendo dados sobre a distribuição espacial de elementos físicos e sociais, como estradas, edificações, recursos naturais, população, infraestrutura, entre outros. Ainda, é importante para o gerenciamento de desastres naturais, resposta a emergências e na área de transportes e mobilidade.

No meio militar, a geoinformação é importante por vários motivos. A utilização de geoinformação para o planejamento operacional permite a visualização e análise do terreno além da identificação características geográficas relevantes, rotas de acesso, obstáculos naturais, áreas de interesse estratégico, entre outros elementos essenciais para o desenvolvimento de estratégias e táticas militares (Exército Brasileiro, 2014). Ainda, durante a execução das operações militares a utilização de cartas e produtos cartográficos permite a navegação e orientação dos militares, permitindo a movimentação da tropa com precisão e eficiência em terrenos desconhecidos ou hostis.

Para atender a essas demandas, a Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) é responsável pela produção de geoinformação básica para o Exército Brasileiro (EB). Neste contexto, é desejável que a produção dessa Geoinformação atenda as demandas do Exército Brasileiro, alinhada às suas necessidades estratégicas e operacionais, para que os processos decisórios e as operações militares sejam executados da melhor maneira possível.

Por vezes, por diversos motivos, as execuções de operações ocorrem durante a parte noturna. Por exemplo, o retraimento, um tipo de operação defensiva, é preferencialmente executado durante a parte da noite (Exército Brasileiro, 2017). Modos de deslocamento de patrulha, tais como “em coluna”, são previstos para execução noturna. O ressuprimento da patrulha deve ser feito preferencialmente na parte noturna (Exército Brasileiro, 2004).

A utilização de plataformas eletrônicas para visualização de produtos cartográficos possui a limitação do consumo de energia elétrica. Diversas vezes no cenário de operações a disponibilidade de energia elétrica é limitada, tanto que o controle das infraestruturas de produção de energia é considerado um objetivo prioritário em operações militares (Exército Brasileiro, 2017). A utilização de “modo escuro” (uso predominante de cores pretas e cinzas) para mapas consome menos energia em diodos orgânicos emissores de luz -

*Organic Light Emitting Diode* (OLED) - e diodos orgânicos emissores de luz de matriz ativa - *Active Matrix Organic Light Emitting Diode* (AMOLED) - de telas porque essas telas são exibidas em preto ao “desligar” os *pixels* (Chen *et al.*, 2013). Desta forma, a utilização de produtos que reduzam o consumo de energia elétrica também é positiva no contexto das operações militares.

## 1.2 Motivação

Apesar da DSG ser responsável pelo mapeamento sistemático no Brasil nas escalas 1:250.000 e maiores (Brasil, 1967, §1º, Art. 15), seu principal cliente é o Exército Brasileiro. Atualmente, não é previsto no catálogo de produtos e serviços de geoinformação do EB, sejam básicos ou temáticos, algum produto que seja adaptado para utilização noturna ou em ambientes com baixa luminosidade (CONCAR, 2017). Existem pesquisas na área, tais como Qiao e Wu (2023), que sugerem que, para o uso noturno, mapas com temas escuros possuem maior efetividade na comunicação.

É previsto na doutrina do Exército Brasileiro que, ao utilizar a carta topográfica para se orientar na parte noturna o combatente deve cobrir-se com um poncho para que a luz de sua lanterna não revele sua posição ao inimigo. Esse processo, na prática, pode se tornar cansativo e dificultar a orientação, pois sempre que o usuário necessita consultar o mapa existe a necessidade de parar e retirar um equipamento da mochila (Exército Brasileiro, 1986). Desta forma, espera-se que, ao empregar produtos adaptados para o uso noturno, a operacionalidade da tropa possa aumentar.

Apesar de existirem pesquisas que investigam a percepção noturna de produtos cartográficos para navegação veicular, como Pugliesi e Decanini (2010), atualmente há uma carência de pesquisa na área de percepção cartográfica para produtos cartográficos tais como mapas e cartas.

Dito isso, a ausência de produtos dessa categoria estimula a pesquisa na área, a fim de melhor atender os interesses da F Ter quanto a utilização de produtos cartográficos.

## 1.3 Problema de pesquisa

A carência de produtos cartográficos adaptados para utilização em condições de baixa luminosidade é uma lacuna no catálogo de produtos e serviços de geoinformação. Embora a ausência desses mapas e cartas seja notável em contextos militares, sua falta também impacta negativamente uma variedade de usuários em diferentes setores.

Essa falta de representações cartográficas adequadas para ambientes com baixa luminosidade prejudica a eficácia e a experiência do usuário. A dificuldade de interpretar

mapas em condições de baixa luminosidade pode comprometer a tomada de decisões e a navegação, destacando a necessidade de soluções inovadoras.

Diante desse desafio, a pergunta central que orienta esta pesquisa é: a modificação na representação das feições cartográficas, por meio de cores e texturas, preserva a compreensão adequada desses documentos em condições de baixa luminosidade?

## 1.4 Hipótese

A alteração na representação das feições cartográficas, por meio de cores e texturas, reduz a perda de informação decorrente da redução da luminosidade da mídia de exibição, permitindo que os usuários mantenham uma compreensão adequada, em ambientes de baixa luminosidade, das feições representadas em documentos cartográficos.

## 1.5 Objetivo geral

Investigar o impacto da alteração de cores e texturas na composição da simbologia das feições cartográficas em um produto cartográfico digital, para utilização em ambiente de baixa luminosidade, considerando a acurácia e o conforto visual.

## 1.6 Justificativa

Este trabalho busca preencher uma lacuna na pesquisa de soluções cartográficas adaptadas para condições de baixa luminosidade, um tema ainda pouco explorado, mas com impacto significativo na experiência dos usuários de geoinformação. Representações cartográficas que não consideram a redução de luminosidade podem comprometer tanto a eficácia quanto o conforto dos usuários em diversos contextos.

Além disso, o ambiente noturno, geralmente pouco iluminado, apresenta grandes diferenças em relação ao ambiente diurno. Trata-se de um contexto que, por si só, tende a aumentar o estresse humano; Li *et al.* (2015) sugerem que há uma tendência de os seres humanos sentirem maior medo e, potencialmente, maior estresse à noite em comparação com o dia. Desta forma, ao investigar sobre produtos cartográficos adaptados para uso em situações de baixa luminosidade espera-se que tal situação possa ser abrandada.

Embora de forma tangencial ao escopo principal da pesquisa, observa-se que, em pelo menos dois aspectos, há convergência com as missões institucionais da DSG. Conforme estabelecido no Art. 3º do regulamento do órgão, compete especificamente à DSG: “superintender, planejar, orientar e controlar as atividades relacionadas às imagens, às informações geográficas e meteorológicas e à elaboração de produtos cartográficos” e “promover a realização de estudos e pesquisas para definição ou melhoria de tecnologias, de

processos, metodologias, do material e do equipamento cartográfico adotado pelo Exército” (DCT, 2008).

Desta forma, embora o estudo sobre produtos cartográficos digitais para utilização em ambientes de baixa luminosidade dialogue com a missão da DSG de prover apoio de geoinformação ao EB e fomentar pesquisas para aperfeiçoar tecnologias cartográficas, principalmente se busca beneficiar o usuário de geoinformação em geral, fornecendo um produto mais adequado para ambientes de baixa luminosidade e, assim, aprimorando a percepção cartográfica e o conforto durante o uso.

## 1.7 Trabalhos relacionados

Pugliesi e Decanini (2010) estudaram a preferência dos usuários pela cor de fundo do mapa de um Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel. A teoria da percepção visual foi utilizada como base para o referido trabalho. A pesquisa indica que a 87,5% das pessoas preferem fundo branco para uso durante o dia e 100% das pessoas preferem fundo preto quando em uso noturno. No teste noturno os autores verificaram que a maioria das pessoas expressou que a luminosidade intensa do mapa causa desconforto visual, e o excesso de brilho distrai o foco da estrada. Durante a noite, quando não há luz externa, a pupila se dilata e a intensidade excessiva de luz emitida pelo monitor, com o mapa de fundo claro, se torna bastante desconfortável para a visão, causando incômodo aos usuários do mapa.

Em Qiao e Wu (2023), é apresentada uma pesquisa que avalia a usabilidade de mapas *web* claros e escuros em ambientes com diferentes graus de luminosidades. Quatro pares de tarefas de uso de mapas (claro durante o dia, escuro durante o dia, escuro à noite e claro à noite) são examinados sob três aspectos: eficácia, eficiência e carga cognitiva. Os autores chegam a conclusão que os mapas escuros são os que favorecem uma melhor comunicação quando utilizados de noite. Dos quatro cenários avaliados, o pior desempenho foi a utilização de mapas claros na parte noturna. A avaliação foi feita dividindo as tarefas em duas categorias. “Tarefas isoladas no espaço”, que se referem a tarefas que exigem a identificação da localização de um lugar no mapa e “tarefas de atributos no espaço”, que se referem a tarefas que exigem a comparação ou associação de atributos de diferentes lugares no mapa. Enquanto o desempenho de claro durante o dia é o melhor em tarefas isoladas no espaço, o desempenho de escuro à noite é o melhor em tarefas de atributos no espaço. As descobertas sugerem que alinhar a aparência do mapa (ou seja, cor clara ou escura) com o ambiente (ou seja, um ambiente de muita ou pouca iluminação) é fundamental para uma melhor comunicação cartográfica por mapas da web voltados para o público.

Deeb *et al.* (2015) estudaram o impacto nas preferências dos usuários em mapas digitais no que concerne à visualização dos rótulos em diferentes tipos de fundo (fundo

branco, fundo cinza, fundo de cor quente e fundo de cor fria). O estudo verificou as preferências dos usuários quanto à tipografia dos rótulos, abordando aspectos como tamanho, forma, orientação e textura. Conclui-se que a cor de fundo dos mapas não teve impacto significativo nas preferências dos usuários quanto as opções tipográficas testadas. O estudo sugere que a tipografia dos mapas não deve ser adaptada quando da mudança da cor de fundo nos mapas digitais.

Além desses estudos, existem diversas plataformas que permitem customização de mapas com estilo “modo escuro”. Alguns exemplos de estilos “escuros” são: *Monochrome Dark* (Figura 1.1 a), *Monochrome Midnight* e *Navigation Night* da plataforma Mapbox (2023a) e *Dark Matter* (Figura 1.1 b), *Toner*, *Basic Dark* da plataforma Maptiler (2023d).

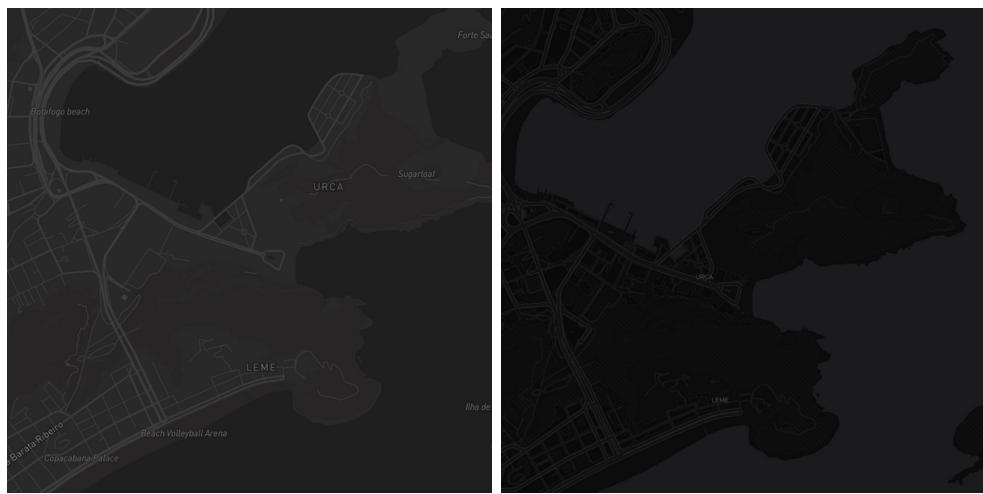


Figura 1.1 – Exemplo de plataformas com estilos de mapas escuros.

Fonte: Mapbox (2023a) e Maptiler (2023d).

## 1.8 Organização do trabalho

O Capítulo 1 (*Introdução*) traz uma contextualização geral do assunto e os motivos que tornam o trabalho relevante. Ainda, indica o objetivo geral da pesquisa e apresenta breves referências de trabalhos relacionados. No Capítulo 2 (*Fundamentação Teórica*) é apresentada a fundamentação teórica que dá base ao presente trabalho, tanto em temas diretamente relacionados a pesquisa quanto aos indiretamente relacionados. A metodologia é apresentada no Capítulo 3 (*Metodologia*), com a aplicação da metodologia sendo apresentada na seção 3.4. Os resultados e discussões da pesquisa são apresentados no Capítulo 4 (*Resultados*). Por fim, o Capítulo 5 (*Considerações Finais*) traz as considerações finais acerca da dissertação aqui apresentada, focando na conclusão da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, é apresentada uma revisão da literatura relevante para o tema central desta dissertação; este capítulo tem como objetivo fornecer uma base sólida de conceitos, teorias e estudos anteriores que embasam o presente trabalho. Na seção *Fisiologia visual humana*, encontram-se tópicos relacionados à biologia humana que possuem relação com o trabalho. Em *Comunicação Cartográfica*, explora-se essa teoria, bem como outros conceitos, tais como Visualização Cartográfica e Generalização Cartográfica. Na seção *Percepção e Cognição*, trata-se de como o usuário percebe e interpreta o mapa, bem como tópicos relevantes para o Cartógrafo relacionados à confecção do mapa. Na seção *Tópicos de Cartografia Digital*, discorre-se sobre a teoria relacionada à estrutura necessária para a confecção dos mapas que serão utilizados nos testes deste trabalho. Na seção *Análise de Dados*, são abordadas ferramentas estatísticas utilizadas para análise de dados na pesquisa, incluindo a Análise de Variância (ANOVA) e o Teste Qui-Quadrado, métodos que permitem verificar diferenças e associações significativas entre grupos.

### 2.1 Fisiologia visual humana

A compreensão da fisiologia humana é essencial na Cartografia, pois influencia diretamente a legibilidade e a eficácia dos mapas. Isso abrange a percepção visual, limitações sensoriais, cognição, memória e usabilidade. Deve-se considerar como os olhos humanos percebem cores, formas e detalhes, para garantir que os mapas sejam adaptados às capacidades visuais e cognitivas dos usuários, e usar cores e símbolos de maneira apropriada.

#### 2.1.1 Olho

O olho humano é um complexo órgão que é responsável captar a luz e convertê-la em sinais nervosos que o cérebro interpreta como imagens visuais. A luz entra no olho através da córnea. A íris controla a quantidade de luz que entra no olho por meio da abertura da pupila. A fóvea, uma leve depressão na retina, é o ponto principal onde os fótons são focados. A parede interna traseira do olho é coberta pela retina, que consiste em células sensíveis à luz. A retina contém cerca de 120 milhões de receptores fotossensíveis, incluindo bastonetes, sensíveis à luz em condições de baixa luminosidade, e cones, responsáveis pela visão de cores e localizados principalmente perto da fóvea. Estas células transformam a informação da luz em sinais nervosos que são enviados ao cérebro por intermédio do nervo óptico (Kuehni, 2012). A Figura 2.1 representa o olho humano de forma simplificada.

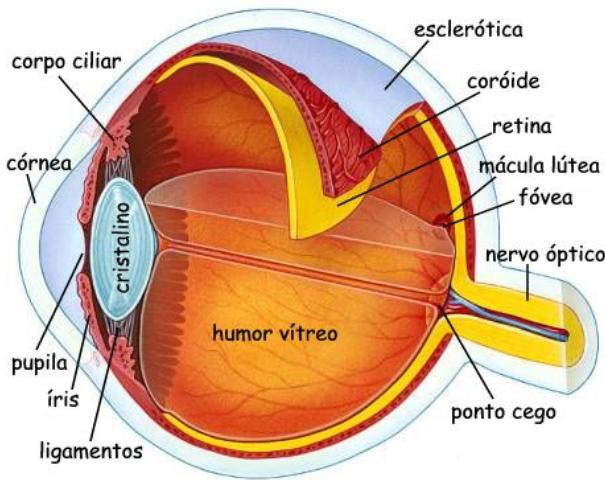


Figura 2.1 – Representação do olho humano.

Fonte: Carvalho (2009).

### 2.1.1.1 Cones e Bastonetes

Os cones e bastonetes são células nervosas, presentes na retina, que atuam como fotorreceptores responsáveis por converter a luz em sinais elétricos. Ao chegar à retina, os impulsos elétricos gerados pelos fotorreceptores são transmitidos por estas células nervosas.

Kuehni (2012) explica que os cones são responsáveis pela visão diurna e pela percepção de cores, permitindo uma visão com mais detalhes e uma ampla gama de tonalidades. Existem três tipos de cones que são sensíveis a diferentes comprimentos de onda de luz, correspondendo às cores vermelho, verde e azul. A combinação das respostas desses cones permite ao ser humano perceber uma ampla gama de cores.

Os bastonetes são mais sensíveis à luz e desempenham uma importante função na visão noturna. Estas células podem distinguir cores e não são boas em discriminar detalhes finos, porém são muito mais sensíveis à luz do que os cones e permitem enxergar com níveis de luz mais baixos (Kuehni, 2012).

### 2.1.1.2 Visão fotópica e escotópica

A visão humana é adaptável a uma ampla variedade de condições de iluminação, desde ambientes muito iluminados até situações de baixa luminosidade. Para se adaptar a essas diferentes condições, o olho humano conta com dois sistemas distintos de visão: a visão fotópica e a visão escotópica (Kuehni, 2012, cap 4, p. 46).

A visão fotópica ocorre sob condições de boa iluminação, como durante o dia ou em ambientes bem iluminados. É mediada principalmente pelos cones. A visão fotópica proporciona uma percepção de cores vivas e detalhes finos. A visão escotópica ocorre sob condições de baixa luminosidade, como à noite ou em ambientes muito escuros. É

mediada pelos bastonetes. A visão escotópica não é sensível às cores, o que significa que em condições de baixa luminosidade o ser humano percebe o mundo em tons de cinza.

Existe uma condição intermediária chamada visão mesópica, que ocorre durante transições de luminosidade, como ao entardecer. Durante a visão mesópica, tanto os cones quanto os bastonetes estão ativos, e a percepção de cores pode ser reduzida em comparação com a visão fotópica, mas ainda é melhor do que na visão escotópica.

Por fim, vale mencionar o fenômeno da “adaptação ao escuro”. Quando o ser humano passa de um ambiente iluminado para um escuro, pode não enxergar muito bem. No entanto, ao longo de minutos, os olhos se adaptam à baixa luminosidade, um processo durante o qual os bastonetes se regeneram quimicamente para se tornarem mais sensíveis à luz, melhorando nossa capacidade de ver no escuro (Goldstein; Cacciamani, 2021, Cap 3, p. 45).

## 2.2 Comunicação Cartográfica

A teoria da Comunicação Cartográfica é uma abordagem conceitual que busca compreender e elucidar a comunicação por meio de mapas. Seu objetivo é examinar a criação, interpretação e utilização dos mapas como formas de comunicação visual, analisando tanto o processo de produção quanto o de recepção de informações cartográficas. Archela e Archela (2002) destacam que esta teoria se estabeleceu durante os anos 1970 e é resultado do estudo de diversos pesquisadores, tais como K. A Salichtchev, A H. Robinson, B. B. Petchenik e J. L. Morrison, L. Ratajski, C. Koeman, A. Kolacny, entre outros.

Essa teoria reconhece que os mapas não são meras representações objetivas da realidade, mas sim artefatos culturais e sociais que carregam consigo significados e mensagens (Archela; Archela, 2002). Tal teoria ressalta a relevância do contexto cultural, social e histórico na elaboração e interpretação dos mapas. Desta forma, o entendimento de cada usuário varia de acordo com o contexto em que se está inserido.

Board (2011) ressalta que a Comunicação Cartográfica é um processo que enfatiza o meio, o iniciador e o receptor da informação que está sendo comunicada, e não apenas o próprio meio. Tal teoria vai além da definição tradicional de cartografia e abrange todo o processo de criação, interpretação e uso de mapas. Desta forma, tem-se que a comunicação cartográfica não se limita ao produto da cartografia, mas enfatiza o processo de transmissão de informações por meio de mapas.

Tal teoria está baseada, também, no fato de que a representação gráfica desempenha um papel crucial na transmissão eficaz de informações espaciais em mapas. O uso da semiologia, que envolve o estudo dos símbolos e seus significados, é importante na criação de mapas significativos e comprehensíveis. Desta forma, o papel do cartógrafo na seleção

símbolos, cores e variáveis visuais apropriados para representar dados espaciais de forma precisa e clara é fundamental. Os princípios da comunicação cartográfica visam melhorar o *design* do mapa e aumentar o fluxo de informações e a compreensão do espaço geográfico (Board, 2011).

É possível sintetizar tal teoria como um sistema, o Sistema de Comunicação Cartográfica (Figura 2.2). Esse sistema representa o mundo real através de mapas, focalizando nas perspectivas tanto do cartógrafo quanto do usuário (Castro, 2007).

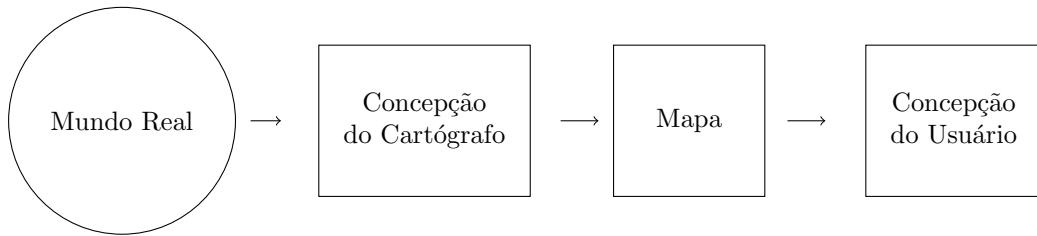


Figura 2.2 – Sistema de Comunicação Cartográfica.

Fonte: Robinson *et al.* (1977).

### 2.2.1 Comunicação vs Visualização

MacEachren (2004) propõe uma distinção entre “cartografia como comunicação” e “cartografia como visualização”. No contexto da comunicação, o cartógrafo é o remetente, o mapa é a mensagem e o leitor do mapa é o receptor. Nesse contexto, o cartógrafo tem a intenção de transmitir informações específicas ao leitor, e o mapa é projetado para ser claro, legível e comprehensível para uma audiência ampla. Há um foco na padronização, símbolos universais e clareza na representação.

Já na visualização os mapas são considerados mais como ferramentas exploratórias e menos como mensagens fixas. A cartografia como visualização é interativa e permite ao usuário explorar, interagir e descobrir padrões e informações no próprio mapa. Em tal contexto, tais mapas são utilizados para análises e interpretações de dados geoespaciais, desta forma existe um foco em ferramentas interativas tais como *zoom* e *pan* (ação de mover - “arrastar” - o mapa em diferentes direções) e capacidades de filtragem.

Para ilustrar a distinção entre Comunicação e Visualização Cartográfica, pode-se considerar um mapa que apresenta símbolos indicando uma alta densidade de edificações em uma determinada área. No contexto de Comunicação Cartográfica, tal representação busca transmitir de forma direta e inequívoca a presença significativa de edificações naquela região. Por outro lado, sob a ótica da Visualização Cartográfica, a representação permite uma análise mais ampla e exploratória, levando à possível identificação de implicações associadas, como potenciais desafios de saneamento básico, riscos de escassez de água, entre outros aspectos.

De forma a resumir tal distinção, MacEachren (1994) propôs um modelo tridimensional que descreve a relação entre seres humanos e mapas no espaço, enfatizando sua aplicação ideal na visualização e comunicação. Essa relação espacial é composta por três dimensões contínuas: o uso de mapas personalizados para indivíduos (privado) ou para o público em geral (público), a utilização de mapas para explorar o desconhecido ou apresentar o conhecido, e o grau de interação homem-mapa, que pode variar entre alta e baixa. Não existe um limite rígido nessa interação entre seres humanos e mapas, pois toda visualização com mapas implica em algum tipo de comunicação, e toda comunicação com mapas envolve algum tipo de visualização. A diferença está na importância atribuída a cada aspecto mencionado. O referido modelo pode ser visto na figura 2.3.

Do ponto de vista da Comunicação, é essencial para o cartógrafo selecionar símbolos, cores e variáveis visuais apropriados para representar dados espaciais de forma precisa e clara para uma audiência ampla. Do ponto de vista da Visualização é importante a utilização de tecnologias que permitam a criação de mapas dinâmicos e interativos, possibilitando a exploração e análise de dados espaciais.

Por fim, é importante ressaltar que nem toda visualização é um meio eficaz de comunicação, e nem toda comunicação é uma visualização eficaz. A habilidade do cartógrafo está em equilibrar essas duas abordagens para criar mapas que atendam às necessidades de sua audiência e propósito (MacEachren, 2004).

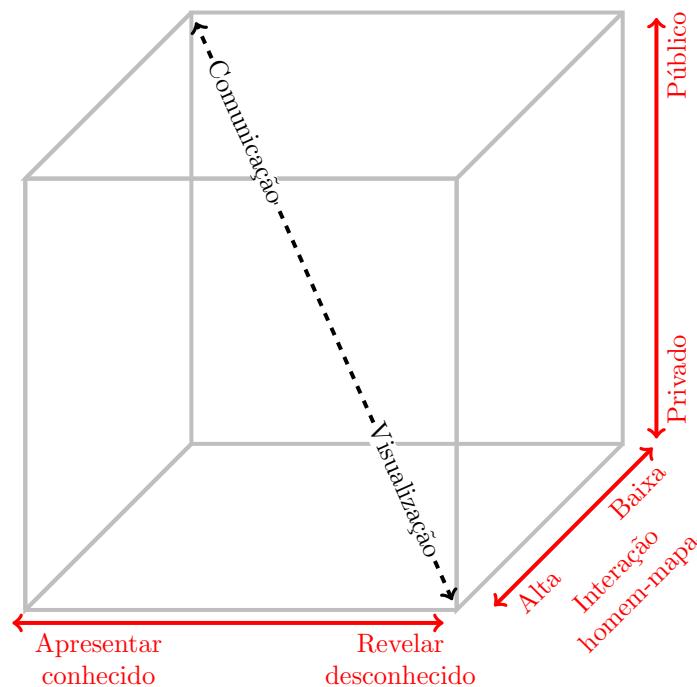


Figura 2.3 – Cartografia representada por um espaço cúbico no uso do mapa, no qual a visualização e a comunicação ocupam pólos opostos.

Fonte: Adaptado de MacEachren (1994, Capítulo 1, p. 06).

### 2.2.2 Generalização cartográfica

É o processo de simplificar e reduzir a complexidade dos dados geográficos para a criação de mapas em diferentes escalas. Envolve a tomada de decisões sobre quais informações incluir ou excluir, como representar características e como simbolizar e classificar dados (McMaster; Shea, 1992).

Normalmente, o processo de generalização cartográfica está relacionado a mudança de escala. Quando se possui dados geoespaciais que foram utilizados para construir um determinado mapa em uma determinada escala e quer-se utilizar os mesmos dados para construir outro mapa em uma escala menor. Desta forma, pode-se dizer que as técnicas de generalização ajudam a compensar as consequências da redução de escala.

Não obstante a generalização cartográfica vai além da simples redução de escala. McMaster e Shea (1992, Capítulo 3, p. 28) resumem que deve-se aplicar a generalização no domínio digital com o objetivo de:

1. reduzir a complexidade;
2. manter a acurácia espacial;
3. manter a acurácia de atributo;
4. manter a qualidade estética;
5. manter a hierarquia lógica; e
6. aplicar as regras de generalização de modo consistente.

Cabe ressaltar que o objetivo “manter a qualidade estética” da generalização possui ampla aplicação nos mapas utilizados nesta pesquisa pois possui estreita relação com o objetivo e hipótese deste trabalho. Nesse sentido, o emprego de operadores de generalização digital pode auxiliar na preservação da qualidade visual do mapa, sem comprometer a legibilidade e a clareza das informações cartográficas McMaster e Shea (1992, Capítulo 3, p. 33).

A generalização também se alinha com a *abstração cartográfica*. Essa etapa constitui a fase do processo de cartografia em que o cartógrafo converte dados não mapeados em um mapa, ao mesmo tempo em que escolhe e organiza os elementos essenciais para facilitar a compreensão do usuário (Dent *et al.*, 2009, Cap 1, p. 16). Esta seleção e escolha deve levar em consideração o propósito do mapa, conforme abordado na subseção 2.2.1.

Pode-se observar na figura 2.4 a redução de escala em duas situações. À esquerda, a generalização não foi realizada, enquanto que na imagem da direita, a generalização adequada aconteceu. Pode-se observar a melhor legibilidade do mapa quando a generalização é bem executada.

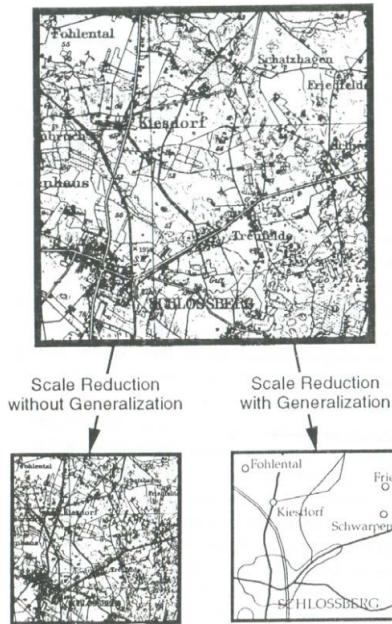


Figura 2.4 – Exemplo de boas práticas na aplicação de generalização.

Fonte: McMaster e Shea (1992, Cap 3, p. 30).

## 2.3 Percepção e Cognição

Percepção e Cognição são conceitos importantes na Cartografia relacionados à forma como os usuários interpretam e compreendem mapas. Griffin (2017) sugere que mapas projetados para auxiliar em uma determinada tarefa serão mais eficazes se reduzirem a carga cognitiva do usuário do mapa - ou seja, se direcionarem a atenção do usuário do mapa para as partes mais informativas do mapa com o mínimo de esforço.

Percepção refere-se ao processo inicial pelo qual as informações visuais de um mapa são recebidas e interpretadas pelos nossos sentidos, principalmente a visão. A percepção de um mapa pode ser dividida em diferentes estágios: percepção, distinção e reconhecimento. Tais estágios constituem uma base para interpretar e compreender um mapa. Eles resultam em conhecimento sobre geoespaço gráfico, ou seja, as representações espaciais criadas no cérebro do receptor (Keates, 2014).

O estágio da percepção envolve a observação inicial do mapa pelos usuários. Nesse estágio, os usuários percebem os elementos visuais presentes no mapa, como cores, linhas, formas, símbolos e textos. Na etapa de distinção, os usuários começam a diferenciar os elementos visuais uns dos outros e a identificar padrões e relações espaciais no mapa. Eles se concentram nos detalhes e nas características específicas, como a identificação de diferentes símbolos e suas representações correspondentes. No estágio de reconhecimento, os usuários atribuem significado aos elementos visuais do mapa e compreendem o que está sendo representado. Falchetta (2006) afirma que elementos visuais, como cores, formas e

linhas, podem ajudar a guiar a percepção, direcionando a atenção para áreas específicas do mapa.

Cognição refere-se ao processo mais complexo e de nível superior de compreender e interpretar as informações percebidas. Envolve a integração das informações percebidas com o conhecimento prévio, a inferência, o raciocínio e a tomada de decisões com base nas informações do mapa.

A cognição está relacionada com a maneira como os usuários interpretam, recordam e usam as informações de um mapa para formar uma compreensão mais profunda ou tomar decisões (Griffin, 2017). Ao examinar um mapa com informações sobre a densidade populacional e recursos hídricos, um usuário pode cognitivamente relacionar áreas de alta densidade populacional com áreas de escassez de água e inferir possíveis tensões ou problemas.

### 2.3.1 Ambiente noturno

Li *et al.* (2015) afirmam que há uma tendência de os seres humanos sentirem maior medo e potencialmente estresse à noite em comparação com o dia; chegou-se a conclusão que as respostas de medo dos participantes da pesquisa foram significativamente maiores à noite em comparação com durante o dia. Sandi (2013) indica que o estresse afeta negativamente a cognição humana, prejudicando a formação de memórias explícitas e raciocínios complexos e flexíveis.

Ainda, em um cenário de operações militares continuadas, diurnas e noturnas existem efeitos deletérios notórios nos militares, e a capacidade da área cognitiva diminui mais rapidamente do que a força e a resistência física (Bezerra, 2000 apud Brito; Silva, 2011). Desta forma, pode-se inferir que o ambiente noturno pode afetar a percepção e cognição do usuário ao utilizar um produto cartográfico.

### 2.3.2 Gestalt

A teoria da *Gestalt* é utilizada no contexto da produção cartográfica e possui relação com a percepção do usuário. Os princípios da *Gestalt* são um conjunto de regras que descrevem como o cérebro humano organiza e interpreta informações visuais. Esses princípios podem ser aplicados à cartografia para entender como as pessoas percebem e interpretam mapas. Existem vários princípios da *Gestalt* que podem ser aplicados à generalização cartográfica. Por exemplo, o princípio da similaridade sugere que elementos visuais semelhantes são percebidos como parte do mesmo grupo tendo a mesma função. O princípio da proximidade sugere que elementos visuais próximos uns dos outros parecem ser mais relacionadas entre si do que se estivessem distantes (Todorovic, 2008).

Provavelmente não há tendência perceptiva mais importante para o design cartográfico do que a organização de figura e fundo. A tendência perceptiva subjacente de uma pessoa é organizar o campo visual em categorias: figuras (objetos importantes) e fundos (coisas menos importantes) (Dent *et al.*, 2009, cap. 12, p. 216).

Desta forma, para um *design* de mapas eficiente é importante incorporar a percepção figura-fundo eliminando estágios iniciais de tentativa e erro (Sharpe, 1974 apud Dent *et al.*, 2009). Assim, pode-se destacar as feições mais relevantes e permitir ao usuário uma compreensão melhor do mapa. Archela e Archela (2002) indicam que a manipulação de cores para aumentar o contraste entre feições é uma ferramenta disponível para alcançar esse objetivo.

### 2.3.3 Variáveis visuais

As variáveis visuais são características dos símbolos usados nos mapas que podem ser manipuladas para representar informações diferentes. Elas são fundamentais para a compreensão da informação que um mapa pretende transmitir. Bertin (1983, Cap 2, p. 42) foi o primeiro a sistematizar as variáveis visuais e as dividiu em sete categorias: posição, tamanho, forma, orientação, cor, textura e valor.

- **Posição (Duas dimensões planares):** Esta variável visual refere-se à especificidade espacial dos símbolos em um mapa. A localização é fundamental, pois determina a posição geográfica exata dos fenômenos em estudo.
- **Tamanho:** O tamanho dos símbolos em um mapa serve como um indicador quantitativo. A variação no tamanho dos símbolos pode representar diferenças na magnitude do fenômeno em questão. Por exemplo, a representação de cidades por círculos de diferentes tamanhos pode indicar variações na população.
- **Forma:** A geometria ou forma dos símbolos fornece informações sobre a natureza do objeto ou fenômeno representado. Utilizam-se diferentes formas para representar e distinguir entre vários recursos ou instalações, tais como aeroportos, hospitais e escolas.
- **Orientação:** A orientação não se limita apenas à indicação do norte geográfico, mas também à direção ou ângulo de símbolos específicos. Esta variável é particularmente relevante ao representar direções de fluxos ou movimentos.
- **Cor:** Refere-se à cor em si, e é frequentemente usada para distinguir entre diferentes categorias ou grupos de dados.

- **Textura:** Esta variável visual diz respeito ao padrão superficial dos símbolos e é útil para distinguir áreas com características distintas, como diferentes categorias de uso do solo.
- **Valor (Grau de preenchimento):** Refere-se à densidade com que um símbolo é preenchido, com possibilidades que vão desde a transparência até a opacidade total.

A aplicação adequada das variáveis visuais revela-se fundamental para a elaboração de mapas escuros de qualidade. Em virtude das especificidades inerentes a esses mapas, existem restrições significativas relacionadas ao emprego de cores. Dessa maneira, ressalta-se a necessidade de se valer de outras variáveis visuais para suplantar tais limitações, assegurando uma representação geográfica precisa e eficaz.

#### 2.3.3.1 Cores

A percepção das cores por parte do ser humano passa por vários aspectos, sejam eles fisiológicos, psicológicos ou subjetivos. A escolha das cores por parte do cartógrafo é parte essencial do processo de representar as informações geográficas. Christophe *et al.* (2011) ressaltam que é crucial examinar esses aspectos antes de escolher e empregar cores em mapas, levando em consideração fatores como acuidade visual, forma e tamanho das áreas coloridas, iluminação, contraste entre as cores, influência do contexto e considerações culturais.

Entre os aspectos fisiológicos, Kraak e Ormeling (2010, Cap 5, p. 68) indicam que tonalidades mais claras demandam uma extensão maior no mapa para que sejam facilmente visíveis e identificáveis em comparação às cores mais escuras e que as cores mais escuras tendem a parecer substancialmente mais proeminentes quando apresentadas na mesma área.

A escolha de cores em um mapa não é trivial, especialmente em mapas desenvolvidos para uso em ambientes de baixa luminosidade em que se há uma preocupação com a quantidade de luz emitida. Demasiado ou pouco contraste podem confundir o usuário. Embora algumas combinações de cores possam afetar negativamente a interpretação do mapa, há outras combinações que criam efeitos agradáveis e complementares, ou que destacam a figura e suavizam o fundo (Christophe *et al.*, 2011).

A utilização de cores na cartografia, conforme destacado por Bertin (1983, cap. 2, p. 90), não é essencial. Em sua essência, a ordem visual é derivada da percepção de valor indicando que uma série monocromática, que varia do branco ao preto, é suficiente para representar um componente ordenado. Embora a cor aumente o alcance da mensagem e enriqueça a estimulação cerebral, ela também apresenta desvantagens, como anomalias de percepção cromática (daltonismo por exemplo) e problemas reprodutivos.

Desta forma, pode-se concluir que o uso das cores deve ser criterioso e tais particularidades devem ser consideradas na construção de mapas adaptados para uso em ambientes de baixa luminosidade. Nesses cenários, a utilização de cores é muitas vezes reduzida para otimizar a legibilidade e eficácia da informação apresentada, uma vez que a visão humana é limitada em condições de pouca luz, conforme destacado em *Visão fotópica e escotópica* (subseção 2.1.1.2). A adoção de texturas distintas, por exemplo, pode ser uma alternativa eficaz para diferenciar componentes em um mapa escuro, em vez de depender exclusivamente de variações de cores.

### 2.3.4 Hierarquia visual

Princípio fundamental na cartografia que orienta a disposição e o destaque dos elementos em um mapa. Sua importância reside na necessidade de transmitir informações de maneira clara e ordenada, facilitando a interpretação e compreensão do leitor. Dent *et al.* (2009, cap. 12, p. 216) destacam que a hierarquia visual na cartografia busca estabelecer uma ordem de relevância entre os elementos cartográficos e é semelhante à estratégia empregada por oradores ao enfatizar pontos cruciais em seus discursos ou por fotógrafos ao ajustar o foco para realçar certos detalhes.

Características geográficas de maior importância devem ser destacadas por meio de símbolos mais proeminentes ou cores mais vivas, enquanto informações secundárias podem ser representadas de maneira mais sutil. Por meio da organização hierárquica, o cartógrafo garante que o leitor reconheça e comprehenda as informações de acordo com o propósito pretendido, assegurando uma comunicação eficiente (Dent *et al.*, 2009).

Na construção de mapas escuros, a hierarquia visual torna-se ainda mais crucial, pois as restrições de luminosidade e contraste exigem uma organização meticolosa para assegurar clareza e eficácia na apresentação dos dados. Nesse contexto, recomenda-se reduzir a quantidade de elementos não essenciais e enfatizar aqueles mais relevantes para o usuário. Dessa forma, valorizar marcos importantes, localidades, limites, a simbologia da cobertura terrestre e estradas principais pode evitar a poluição visual, garantindo que as informações mais relevantes se destaquem e permitindo ao leitor, mesmo em condições de baixa luminosidade, identificar rapidamente os pontos essenciais do mapa.

### 2.3.5 Usabilidade

É a medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso (ABNT, 2021).

Jordan (2002) explica que esse conceito é dividido em três componentes: *eficácia*, que refere-se à habilidade dos usuários de alcançar seus objetivos com o produto; *eficiência*,

que diz respeito à quantidade de recursos necessários para usar o produto; e *satisfação*, que aborda a reação emocional dos usuários ao produto.

Looije *et al.* (2007) aplicam este conceito na avaliação da usabilidade de mapas utilizados em dispositivos móveis, explicitando os desafios tecnológicos associados à usabilidade de um mapa em meio digital. Devido ao espaço limitado dos dispositivos móveis para exibir mapas, a movimentação (*panning*) se torna fundamental para uma melhor experiência do usuário. O método de ampliação e redução de escala de exibição (*zoom*) também é crucial para a eficiência do dispositivo, e sua suavização melhora a usabilidade, ajudando a manter os usuários orientados.

É importante ressaltar que a usabilidade não se baseia apenas nas características intrínsecas de um produto; ela também é influenciada pelo usuário, pelo propósito de sua utilização e pelo contexto em que o produto é empregado (Jordan, 2002). A interação com o mapa, o uso do dispositivo e a forma como as informações são visualizadas são fatores determinantes para a usabilidade de mapas digitais e são fatores que devem ser considerados ao desenvolver mapas digitais adaptados para o uso em ambientes de baixa luminosidade.

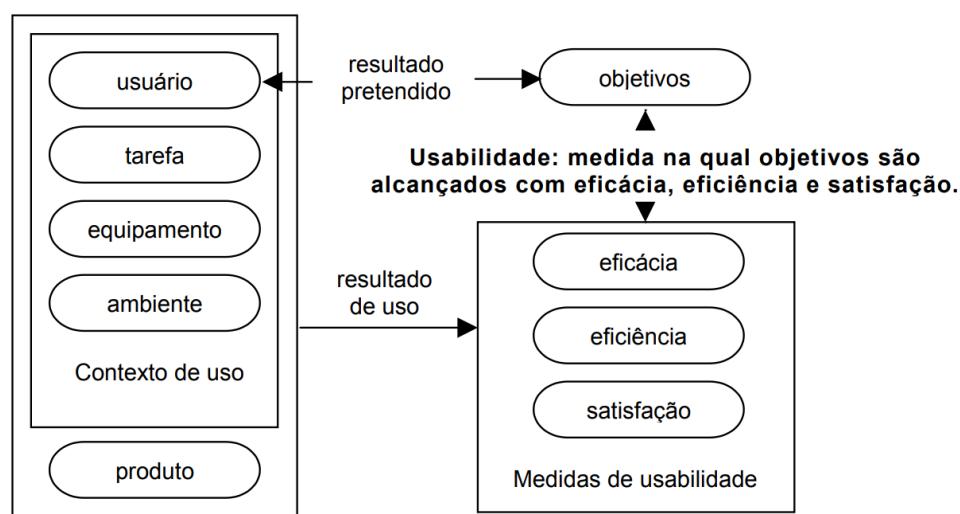


Figura 2.5 – Estrutura de Usabilidade.

Fonte: ABNT (2021).

### 2.3.5.1 Métricas de usabilidade

Para avaliar a usabilidade de um produto, consideram-se três tipos de métricas (Catecati *et al.*, 2011 apud Jordan, 2002):

- Métricas de eficácia: Avaliam se a tarefa foi completada com sucesso e a qualidade do resultado, como por exemplo, completude da tarefa e qualidade do resultado obtido.

- Métricas de eficiência: Focam no desempenho durante a execução da tarefa, como por exemplo, desvios do caminho crítico, taxa de erros, tempo de execução da tarefa e carga mental.
- Métricas de satisfação: Medem a percepção do usuário quanto à experiência de uso, como por exemplo, análise qualitativa por meio de entrevistas e questionários, análise quantitativa usando a escala de Likert (Likert, 1932) ou o diferencial semântico de Osgood (Osgood *et al.*, 1957).

## 2.4 Tópicos de Cartografia Digital

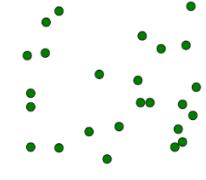
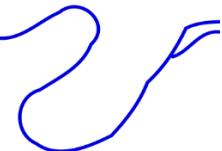
Nesta seção abordam-se tópicos relacionados à representação de dados geoespaciais em ambientes digitais. Tais assuntos estão relacionados à parte estrutural da construção dos mapas digitais e são fundamentais para a construção de mapas adaptados para uso em ambientes de baixa luminosidade.

Inicialmente, apresenta-se o conceito de *Primitivas geométricas*. Em *Taxonomia de primitivas de interação cartográfica* aborda-se a taxonomia das primitivas de interação cartográfica proposta por Roth (2013), que define cinco objetivos cognitivos que os usuários buscam atingir ao interagir com mapas, assim como os operandos de interação que determinam as diferentes formas de exploração das visualizações cartográficas. Posteriormente, discute-se o conceito de *Vector Tiles*, uma técnica que otimiza o armazenamento e transmissão de dados geoespaciais para aplicações interativas. Em *Escala em mapas web* discute-se a complexidade da escala em mapas web, destacando como a escala varia de acordo com o nível de *zoom* e latitude, especialmente sob a projeção de *Mercator*. Ademais, em *Estilo topográfico* a seção aprofunda-se no conceito de estilo topográfico, a importância das classes de um mapa e os estilos de design específicos disponíveis em plataformas de mapas *web*.

### 2.4.1 Primitivas geométricas

São as estruturas básicas usadas para representar entidades geográficas em um sistema de informação geográfica (SIG). Jones (2014) ressalta que a seleção de uma primitiva geométrica específica é determinada pelo grau de detalhamento ou pelo nível de generalização usado para documentar um fenômeno. Pode se observar um exemplo de correspondência entre primitivas, feições e representações no quadro 1.

Quadro 1 – Exemplo de primitivas geométricas na cartografia.

Primitiva	Exemplo de feição representada	Representação
Ponto		
Linha		
Polígono		

Fonte: Adaptado de Olaya (2023).

- O *ponto* representa fenômenos de localização única no espaço ou que têm uma extensão de área pequena em relação à escala do mapeamento, pontos cotados, árvores e torres de transmissão são alguns exemplos;
- A *linha* é uma sequência de pontos conectados que representam uma forma linear no espaço. Linhas frequentemente representam trajetos de fenômenos, como estradas ou rios, que possuem uma aparência linear; e
- O *polígono* é uma forma fechada composta por uma sequência de pontos. Polígonos são usados para representar áreas com limites definidos, como países, estados, lagos, parques, entre outros.

#### 2.4.2 Taxonomia de primitivas de interação cartográfica

Roth (2013) define cinco objetivos cognitivos (*primitivos objetivos*) que os usuários procuram alcançar ao interagir com visualizações baseadas em mapas:

- *Identificar*: Este objetivo envolve reconhecer e nomear entidades ou fenômenos em um mapa. Por exemplo, um usuário pode querer identificar a localização de uma cidade ou um rio.
- *Comparar*: Refere-se à habilidade de analisar duas ou mais entidades para discernir semelhanças ou diferenças. Em um contexto cartográfico, isso pode significar comparar a densidade populacional entre diferentes regiões ou comparar altitudes em um mapa topográfico.

- *Classificar*: Este objetivo envolve organizar ou categorizar elementos em grupos com base em critérios ou características comuns. Por exemplo, um usuário pode querer classificar diferentes tipos de vegetação.
- *Associar*: Envolve estabelecer relações ou conexões entre diferentes elementos ou fenômenos. Isso pode significar associar padrões climáticos a regiões geográficas ou tipos de vegetação.
- *Delinear*: Este objetivo é sobre definir limites ou contornos, o que pode incluir traçar fronteiras ou delinear áreas que compartilham certas características. Por exemplo, um usuário pode querer delinear zonas de risco em um determinado mapa de uma cidade.

Roth (2013) também define os *primitivos operandos*. Esses são elementos fundamentais que definem as formas como os usuários interagem com visualizações cartográficas. São três os operandos propostos:

- *Espaço-isolado*: Este operando refere-se a interações que envolvem apenas o componente geográfico da visualização. Isso significa que o foco está no espaço em si, sem levar em consideração atributos adicionais ou a dimensão temporal. Um exemplo seria mover-se pelo mapa ou ajustar o zoom para explorar diferentes áreas, concentrando-se apenas nas características espaciais.
- *Atributos-no-Espaço*: Descreve interações que focam em atributos mapeados para entender como características ou qualidades de fenômenos geográficos variam no espaço. Isso envolve explorar dados que estão associados a locais específicos no mapa, como a densidade populacional ou tipos de vegetação em diferentes áreas. O foco está em como os atributos estão distribuídos ou como eles variam espacialmente.
- *Espaço-no-tempo*: Abrange interações com o componente temporal do mapa para compreender como fenômenos geográficos mudam ao longo do tempo. Envolve visualizar e analisar mudanças em uma dimensão geográfica ao longo do tempo, como o avanço de uma fronteira urbana, mudanças climáticas em uma região ou a progressão de um evento ao longo do tempo em um espaço específico.

É possível observar no quadro 2 um exemplo da relação entre objetivos e operandos.

Quadro 2 – Exemplos de cada combinação de objetivo e operando.

Objetivos	Operandos		
	Espaço Isolado	Atributos no Espaço	Espaço no Tempo
<b>Identificar</b>	encontrar no espaço (onde?)	encontrar valor do atributo (o quê? ou quem?)	encontrar no tempo (quando?)
<i>Exemplo:</i>	<i>identifique sua casa com base em uma imagem aérea</i>	<i>quais espécies de aves são encontradas em uma área de floresta?</i>	<i>quantos hotéis havia na cidade no final dos anos 1800?</i>
<b>Comparar</b>	diferença entre direções, distâncias, extensões ou formas	diferença entre valores (numéricos); mesmo ou diferente tipo (categórico)	diferença em durações de tempo, composições ou resoluções; mudança
<i>Exemplo:</i>	<i>comparar as distâncias de uma cidade em relação a outras duas</i>	<i>Comparar a densidade populacional entre dois bairros</i>	<i>comparar a vegetação histórica com a vegetação atual</i>
<b>Classificar</b>	ordenar por mais próximo/mais distante	ordenar por mais/menos, melhor/pior	ordenar por primeiro/último
<i>Exemplo:</i>	<i>onde estão as escolas mais próximas da minha casa?</i>	<i>qual município tem a maior taxa de mortalidade por dengue?</i>	<i>Classificar cidades com base em seu crescimento populacional ao longo da última década.</i>
<b>Associar</b>	força de conectividade; roteamento/topologia	correlação entre variáveis	tendência ao longo do tempo; causa/efeito
<i>Exemplo:</i>	<i>esta comunidade está conectada a quais grandes centros urbanos?</i>	<i>o status socioeconômico está correlacionado espacialmente com a expectativa de vida?</i>	<i>verificar se o procedimento de remediação resultou na redução da extensão geográfica do químico</i>
<b>Delimitar</b>	divisão em regiões distintas; agrupado/disperso	divisão em tipos distintos de acordo com valores de atributos	divisão em períodos distintos; picos/vales
<i>Exemplo:</i>	<i>onde estão os aglomerados de alta morbidade de doenças?</i>	<i>encontrar aglomerados de valores de atributos semelhantes dentro de um conjunto de características do mapa</i>	<i>investigar um pico de casos de conduta desordeira em uma área</i>

Fonte: Adaptado de Roth (2013).

### 2.4.3 Vector Tiles

Os “*vector tiles*” são uma forma de armazenar e transmitir dados geoespaciais vetoriais (Ordnance Survey, 2021, Capítulo 1, p. 4). Não há consenso na língua portuguesa sobre como se referir ao termo; portanto, neste trabalho, manter-se-á a expressão em inglês.

Os mapas são divididos de forma sistemática em “*tiles*” que contêm informações vetoriais, como pontos, linhas e polígonos, juntamente com seus atributos associados. Os “*vector tiles*” são projetados para serem usados em aplicações de mapeamento interativo, como navegadores *web* ou aplicativos móveis. Quando um usuário visualiza um mapa em um determinado nível de *zoom*, apenas os azulejos relevantes para essa área específica são solicitados e carregados. Isso permite que os dados geoespaciais sejam transmitidos de forma mais eficiente, reduzindo a quantidade de dados transferidos pela rede.

Os “*vector tiles*” oferecem vantagens em relação aos “*raster tiles*”; eles permitem uma exibição mais nítida e detalhada do mapa em diferentes níveis de zoom, facilitam a renderização de recursos personalizados e interativos, e possibilitam a análise e manipulação dos dados geoespaciais em tempo real (QGIS, 2023). A figura 2.6 exemplifica o funcionamento desse sistema.

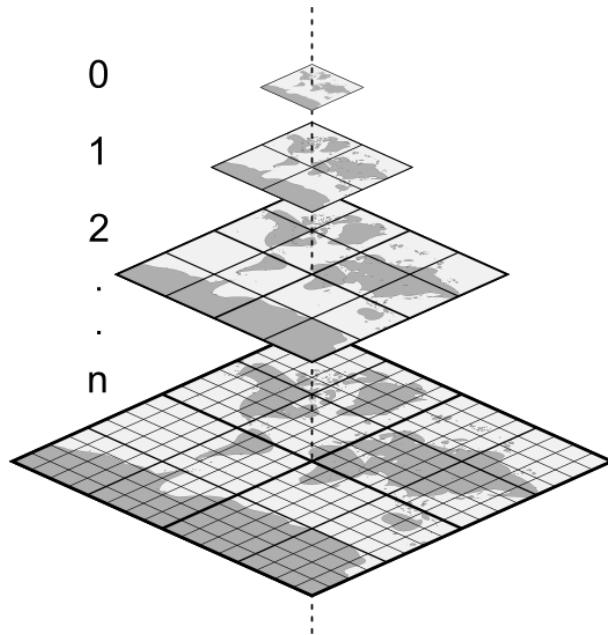


Figura 2.6 – Funcionamento do sistema de *Vector Tiles*.

Fonte: QGIS (2023).

#### 2.4.4 Escala em mapas web

Em mapas *web*, como o *OpenStreetMap* (OSM) ou o *Maptiler*, a escala varia não apenas com o nível de zoom, mas também com a latitude. A escala local de um mapa, é uma função da distorção (Pearson, 2018, Capítulo 1, p. 6 e Capítulo 5). Essa variação de escala em relação à latitude decorre da forma como projetamos a superfície “esférica” da Terra em um plano, uma prática necessária para exibir mapas em dispositivos de tela plana, como computadores e *smartphones*.

A projeção cartográfica mais comumente utilizada em mapas *web* é a “*Pseudo-Mercator*” (EPSG:3857), que é uma projeção cilíndrica conforme (IOGP, 2020). A principal característica desta projeção é que ela preserva os ângulos locais. No entanto, essa propriedade de preservação de ângulos vem à custa de distorções significativas de área e distância, especialmente em latitudes elevadas, próximas aos polos (Dent *et al.*, 2009, Capítulo 3, p. 46). Desta forma, conforme a distorção aumenta, a escala do mapa varia conforme a latitude.

Por exemplo, em um mapa de Mercator, um *tile* no equador cobre uma área geográfica maior do que um *tile* na mesma escala de *zoom* próximo aos polos. No entanto, ambos os *tiles* seriam representados pelo mesmo número de pixels na tela. Portanto, um único pixel no equador representa uma área terrestre maior do que um pixel em latitudes mais altas.

A distância no mundo real de cada pixel em um mapa *web* pode ser calculada da seguinte forma (Openstreetmap Contributors, 2023b):

$$S_{\text{tile}} = C \cdot \frac{\cos(\phi)}{2^{\text{nível de zoom}}} \quad (2.1)$$

$$S_{\text{pixel}} = \frac{S_{\text{tile}}}{256} = \frac{C \cdot \cos(\phi)}{2^{(\text{nível de zoom}+8)}} \quad (2.2)$$

Nas equações 2.1 e 2.2 tem-se que:

- $S_{\text{tile}}$  - Distância horizontal representada por cada bloco quadrado, medida ao longo do paralelo a uma determinada latitude (metros por bloco);
- $C$  - Circunferência equatorial da Terra, aproximadamente 40.075.016,686 m;
- $\phi$  - Latitude em que a distância horizontal é medida;
- Nível de *zoom* - Nível de *zoom* do mapa; e
- $S_{\text{pixel}}$  - Distância horizontal representada por um pixel (metros por pixel).

Considerando a latitude de 22,90°, *tiles* de 256x256 pixels e um tamanho de pixel de 0,3 mm é possível fazer a correspondência conforme quadro 1.

Tabela 1 – Extrato da correspondência entre níveis de zoom e escala de mapa web.

Nível de zoom	m / pixel (latitude 22.90) ~	Escala (na tela) ~
0	144205	1: 480683861
...	...	...
9	282	1: 938836
10	141	1: 469418
11	70	1: 234709
12	35	1: 117354
13	18	1: 58677
14	9	1: 29339
15	4	1: 14669
16	2	1: 7335

Fonte: Autoria própria, adaptado de Openstreetmap Contributors (2023b).

## 2.4.5 Estilo topográfico

Kent (2009, p. 132) afirma que estilo cartográfico de mapas topográficos decorre de escolhas inerentes ao processo de simbolizar uma paisagem. Ory *et al.* (2015, p. 193) verificaram que a visualização de marcos importantes, a nomeação de locais, o tipo de fonte usado, e a simbologia das classes estradas principais, construções e áreas florestais são fundamentais para o reconhecimento de um estilo por parte do usuário de um mapa.

Assim, pode-se concluir que o conceito de estilo em um mapa envolve a estética e as regras de *design* adotadas para representar características geográficas em uma forma cartográfica. Isso engloba a forma como elementos de um mapa são ilustrados. Para a representação do relevo, por exemplo, pode-se utilizar de técnicas como curvas de nível e sombreamento de relevo.

### 2.4.5.1 Especificações e normas

A padronização e a uniformidade na representação de informações são importantes para a clareza e a interpretação adequada dos mapas. Nesse contexto, existem especificações e normas elaboradas para definir estilos em documentos cartográficos, assegurando consistência e compreensibilidade. O manual “T 34-700 - Convenções Cartográficas” (Exército Brasileiro, 2002), que estabelece as normas para a representação de acidentes naturais e artificiais destinados à confecção de cartas topográficas e similares nas escalas de 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000, é um exemplo dessas diretrizes e fornece uma base para a aplicação de símbolos em representações geográficas no contexto da produção da DSG.

Plataformas digitais, como o OSM, possuem sua própria documentação que estabelece o estilo de visualização adotado em sua interface. No caso do OSM, o estilo usado, principalmente, é o *OpenStreetMap Carto* (Openstreetmap Contributors, 2023a).

As Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV) padronizam as estruturas de dados geoespaciais vetoriais oficiais de referência produzidos para compor bases cartográficas relativas às escalas de 1:1.000 e menores (CONCAR, 2017). A ET-EDGV estrutura os dados geoespaciais vetoriais, definindo as classes e subclasses (bem como seus respectivos atributos) que representam as informações geoespaciais. Esta estruturação dos dados é essencial para a definição do estilo de um documento cartográfico, pois permite que se utilize, além da necessária nomenclatura das classes, também de seus atributos para uma melhor representação visual.

A Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV) fornece uma forma padronizada para construir o atributo “geometria” de cada classe de objetos constante da ET-EDGV, bem como dos atributos essenciais à perfeita individualização das instâncias das referidas classes de objetos e os seus respectivos metadados (DSG, 2018). A ET-ADGV estabelece como é feita a aquisição de feições conforme cada escala prevista na ET-EDGV, definindo quais classes devem ser adquiridas em quais escalas e com qual geometria (ponto, linha ou área), por exemplo.

#### 2.4.5.2 Classes em um mapa

As classes em um mapa se referem às diferentes categorias ou grupos nos quais as informações no mapa são divididas ou classificadas. Alguns exemplos de classes de um mapa são: rede rodoviária, hidrografia, uso do solo, edificações. Usualmente as classes podem ser organizadas em formas de “camadas” (*layers*) para a construção de um mapa.

Na pesquisa conduzida por Szrajbman (2020), com a finalidade de entender como os militares da linha bélica utilizam a geoinformação digital e discernir suas demandas específicas, foi analisado quais classes de um mapa são vistas como mais relevantes pelos usuários de geoinformação da F Ter. Os detalhes dessa investigação podem ser conferidos no quadro 3. O autor categorizou as camadas como “Fundamentais”, “Desejáveis” e “Baixa importância”, e, dentro dessas categorias, as organizou em ordem decrescente de importância, das mais relevantes às menos valorizadas.

Quadro 3 – Preferência dos usuários em relação às camadas de um mapa.

Classificação	Camadas	
<b>Fundamentais</b>	Vias de deslocamento	Elemento viário
	OM EB	Vegetação
	Curvas de Nível	Pistas de pouso
	Elemento infraestrutura	Pontos notáveis
	Pontos cotados	Área densamente edificada
<b>Desejáveis</b>	Calhas de rios	Corpos d'água
	Ferroviás	Elementos hidrográficos
	Edificações diversas	Elementos fisiográficos
	Limites especiais	OM outras forças
	Depósitos	PM
<b>Baixa importância</b>	Bombeiros	
	Elementos de transportes	Limites legais
	Edifícios civis do governo	Delegacias
	Delimitações físicas	Ocupação do solo
	Extração mineral	

Fonte: Adaptado de Szrajbman (2020, p. 39).

Cardoso e Diniz (2020) identificaram a relevância dos elementos presentes na Carta Ortoimagem no ponto de vista do usuário de Geoinformação da F Ter. Os autores solicitaram que os respondentes atribuissem notas de acordo com a importância de cada classe em uma carta ortoimagem. O resultado desse questionamento pode ser verificado no quadro 4.

Quadro 4 – Classificação de elementos da carta ortoimagem.

Elementos	Ordem
Rodovias federais e estaduais	1
Localidades: Cidade, Vila, Povoado, Lugarejo, Núcleo, Nomes locais	2
Cotas e curvas de nível	3
Rio com nome	4
Edificações militares	5
Estação geradora de energia	6
Límite de campo de instrução	7
Estação distribuidora de energia	8
Limites de Terra Indígena, Área de Proteção Ambiental, Quilombola	9
Ferrovia	10
Pistas de pouso e helipontos	11
Morro, serra, etc com nome	12
Nomes de Lagos, Lagoas, Represas	13
Edificações portuárias	14
Queda d'água ou corredeiras com nome	15
Ilhas com nome	16
Propriedades rurais	17

Fonte: Adaptado de Cardoso e Diniz (2020, p. 11).

Lima (2022) teve como objetivo investigar sobre as necessidades e possibilidades da F Ter quanto ao apoio de geoinformação. Em sua pesquisa entrevistou militares da linha bélica e militares que trabalham com a produção cartográfica no âmbito do EB e verificou quais são considerados os elementos mais relevantes de uma carta topográfica. O quadro 5 apresenta o resumo de sua verificação bem como a comparação em relação aos trabalhos citados anteriormente.

Quadro 5 – Comparaçāo entre os elementos relevantes.

<b>Ordem Lima (2022)</b>	<b>Szrajbman (2020)</b>	<b>Cardoso e Diniz (2020)</b>
1 Pontes	Vias de deslocamento	Rodovias federais e estaduais
2 Acidentes Naturais	Elemento Viário	Localidades
3 Rodovias	OM	Cotas e Curvas de Nível
4 Curvas de Nível	Vegetação	Rio com nome
5 Aeroportos / Pistas de Pouso	Curvas de Nível	OM
6 Vilas e Aglomerados	Pistas de Pouso	Estação geradora de energia
7 Rios perenes	Elemento infraestrutura	Límite de campo de Instalação
8 Pontos cotados	Pontos Cotados	Estação distribuidora
9 Lagos, Lagoas e Açudes	Áreas Edificadas	Límite de Terra Indígena
10 Hospitais	Calhas de Rios	Ferrovia
11 Bairros e Distritos	Corpos d'água	Pista de Pouso
12 Postos de Saúde	Ferrovias	Morro, serra e etc
13 OM	Elementos hidrográficos	Nomes de Lagos, lagoas e reservas
14 Ferrovias	Edificações diversas	-
15 Vegetação por Porte	Elementos Fisiográficos	-

Fonte: Adaptado de Lima (2022, p. 80).

As plataformas Mapbox (2023a) e Maptiler (2023d) oferecem estilos de design específicos, otimizados para ambientes com baixa luminosidade, em princípio, ideais para aplicações noturnas. Entre esses, destacam-se os estilos *Monochrome Dark*, *Monochrome Midnight*, *Navigation Night* disponíveis na plataforma Mapbox (2023a), bem como o estilo *Basic Dark* da plataforma Maptiler (2023d). O resumo das classes presentes em cada um desses estilos pode ser verificado no quadro 6.

Quadro 6 – Comparação entre as classes dos estilos *Monochrome Dark*, *Monochrome Midnight*, *Navigation Night* e *Basic Dark*.

<b><i>Navigation Night</i></b>	<b><i>Monochrome Dark</i></b> <b><i>Monochrome Midnight</i></b>	<b><i>Basic Dark</i></b>
cobertura do solo	cobertura do solo	cobertura do solo
uso do solo	uso do solo	uso do solo
assentamento	assentamento	assentamento
via fluvial	via fluvial	via fluvial
massa d'água	massa d'água	massa d'água
aeroporto	aeroporto	aeroporto
edificações	edificações	edificações
malha transporte rodoviário	malha transporte rodoviário	malha transporte rodoviário
fronteiras	fronteiras	fronteiras
-	ferrovia	ferrovia
ponto de água	ponto de água	-
parque nacional	parque nacional	-
ponte	ponte	-
túnel	túnel	-
ponto de interesse	ponto de interesse	ponto de interesse
faixas de pedestre	-	-
balsa	-	-
-	estrutura terrestre	-

Fonte: De autoria própria com dados extraídos de Maptiler (2023d) e Mapbox (2023a).

É possível verificar no quadro 6 que os estilos *Monochrome Dark* e *Monochrome Midnight* possuem as mesmas classes pois derivam da mesma origem. O estilo *Navigation Night* possui classes similares a esses pois é originário da mesma plataforma. O estilo *Basic Dark* possui um número menor de classes em relação aos demais.

## 2.5 Análise de Dados

### 2.5.1 Análise de Variância (ANOVA)

A Análise de Variância (ANOVA) é uma técnica estatística utilizada para testar se há diferenças significativas entre as médias de grupos distintos. Essa metodologia é apropriada quando há mais de dois grupos para serem comparados, estendendo a lógica dos testes *t*-student para múltiplos grupos. A ANOVA verifica se as variações entre as médias dos grupos são maiores do que o que seria esperado ao acaso, permitindo identificar se ao menos uma das médias é significativamente diferente das outras (Bruce *et al.*, 2020).

### ANOVA de Uma Via (*One-Way ANOVA*)

A ANOVA de uma via, ou *One-Way ANOVA*, é utilizada quando há uma única variável independente ou fator com dois ou mais níveis, e o interesse reside em determinar se existe uma diferença significativa entre as médias dos grupos. A estatística  $F$ , utilizada na ANOVA, compara a variância entre as médias dos grupos com a variância dentro dos grupos. A fórmula geral para o cálculo do  $F$  é:

$$F = \frac{\text{Variância entre os grupos}}{\text{Variância dentro dos grupos}}$$

Valores elevados de  $F$  indicam que as diferenças entre as médias dos grupos são maiores do que seria esperado ao acaso, sugerindo uma diferença significativa entre os grupos (Bruce *et al.*, 2020).

Um exemplo clássico seria a comparação do tempo de permanência em diferentes páginas da web. Neste caso, cada grupo corresponde a uma página específica, e o objetivo é avaliar se o tempo médio de permanência difere entre as páginas (Bruce *et al.*, 2020).

### ANOVA de Duas Vias (*Two-Way ANOVA*)

A ANOVA de duas vias, ou *Two-Way ANOVA*, é utilizada quando há duas variáveis independentes (fatores) que podem influenciar a variável dependente. Neste caso, a ANOVA não apenas testa os efeitos principais de cada fator separadamente, mas também investiga se há uma interação entre os fatores, ou seja, se a combinação de diferentes níveis dos dois fatores tem um efeito sobre a variável dependente.

Por exemplo, ao testar o tempo de permanência em páginas da web, além de considerar as diferentes páginas (fator 1), também poderíamos incluir o dia da semana (fator 2), avaliando o efeito principal de cada fator e a interação entre os fatores (Bruce *et al.*, 2020).

A ANOVA de duas vias representa um avanço na direção de modelos estatísticos mais sofisticados, como a regressão, nos quais múltiplos fatores e suas interações podem ser analisados de maneira integrada. Esse tipo de análise permite uma compreensão mais aprofundada das variáveis envolvidas, possibilitando a modelagem de interações complexas entre os fatores (Bruce *et al.*, 2020).

### Interpretação do $F$ -Estatístico

Assim como no teste  $t$ -student, que compara a diferença entre duas médias, o  $F$ -estatístico na ANOVA é baseado na razão da variância entre as médias dos grupos (efeito do tratamento) em relação à variância residual. Quanto maior for essa razão, maior será a significância estatística. Se os dados seguem uma distribuição normal, o valor de  $F$  pode

ser comparado a uma distribuição  $F$ -teórica para calcular o valor- $p$  correspondente. Um valor- $p$  menor que 0,05, por exemplo, indicaria que existe uma diferença estatisticamente significativa entre as médias dos grupos (Bruce *et al.*, 2020).

### 2.5.2 Teste Qui-Quadrado

O teste qui-quadrado ( $\chi^2$ ) é uma técnica estatística amplamente utilizada para verificar a associação entre variáveis categóricas. Ele compara as frequências observadas em uma amostra com as frequências esperadas sob a hipótese nula, que postula a ausência de associação entre as variáveis analisadas. Dado que o teste qui-quadrado examina o grau de desvio entre as frequências observadas e esperadas, ele fornece evidências sobre a existência ou não de associações significativas.

Para realizar o teste, calcula-se a estatística  $\chi^2$  com base na seguinte fórmula:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Onde  $O$  representa as frequências observadas,  $E$  as frequências esperadas, e a soma é realizada para todas as células da tabela de contingência. Valores altos de  $\chi^2$  indicam grandes diferenças entre as frequências observadas e esperadas, sugerindo a rejeição da hipótese nula. Em contrapartida, valores baixos indicam que as frequências observadas estão próximas das esperadas, apoiando a hipótese nula (Tallarida *et al.*, 1987; Pandis, 2016).

O teste qui-quadrado, contudo, não mede a magnitude do efeito ou fornece intervalos de confiança; ele apenas testa a existência de uma associação ou correlação entre variáveis. A decisão de rejeitar ou aceitar a hipótese nula é baseada no valor- $p$ , obtido pela comparação da estatística  $\chi^2$  com a distribuição qui-quadrado para os graus de liberdade apropriados, que são calculados pela fórmula:

$$df = (r - 1) \times (c - 1)$$

Onde  $r$  é o número de linhas e  $c$  o número de colunas da tabela de contingência. Esse teste é aplicável a tabelas de contingência com tamanhos amostrais grandes. No entanto, para amostras menores, recomenda-se o uso de testes alternativos (Pandis, 2016).

### 2.5.3 Teste de Shapiro-Wilk

O teste de Shapiro-Wilk é uma técnica estatística utilizada para avaliar a normalidade dos dados. A hipótese nula do teste estabelece que os dados seguem uma distribuição normal. Em contraste, a hipótese alternativa indica que os dados não são normalmente distribuídos. O teste de Shapiro-Wilk oferece uma avaliação da normalidade ao calcular um

valor estatístico que mede o quanto bem a distribuição dos dados se aproxima da distribuição normal teórica (Shapiro; Wilk, 1965).

A estatística do teste é calculada com base na comparação entre as ordens dos valores observados e as esperadas para uma distribuição normal. Um valor de próximo de 1 sugere que os dados estão normalmente distribuídos. O valor-*p* associado permite concluir sobre a normalidade dos dados: valores-*p* inferiores a 0,05 indicam a rejeição da hipótese nula, sugerindo que os dados não são normalmente distribuídos (Razali; Wah *et al.*, 2011).

#### 2.5.4 Teste de Mann-Whitney U

O teste de Mann-Whitney U é uma técnica estatística não paramétrica utilizada para comparar duas amostras independentes. Diferente dos testes paramétricos, o teste de Mann-Whitney U não exige que os dados sigam uma distribuição normal, o que o torna apropriado para dados de distribuição desconhecida ou não normal. A hipótese nula deste teste propõe que as distribuições das duas amostras são iguais, enquanto a hipótese alternativa sugere uma diferença significativa entre elas (Mann; Whitney, 1947).

Para calcular a estatística U, os dados das duas amostras são ordenados e ranqueados conjuntamente. A soma dos ranques para cada grupo é usada para determinar se há uma diferença significativa entre as amostras. Valores elevados da estatística U sugerem que uma amostra tende a ter valores maiores do que a outra. O teste é interpretado através do valor-*p*, onde um valor-*p* inferior a 0,05 indica uma diferença significativa entre as amostras. O teste de Mann-Whitney U é utilizado em estudos onde a suposição de normalidade dos dados não é atendida (Nachar *et al.*, 2008).

### 3 METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo desta pesquisa, foi empregada a metodologia sintetizada no fluxograma apresentado na Figura 3.1, abrangendo desde a definição de requisitos até a análise dos resultados.

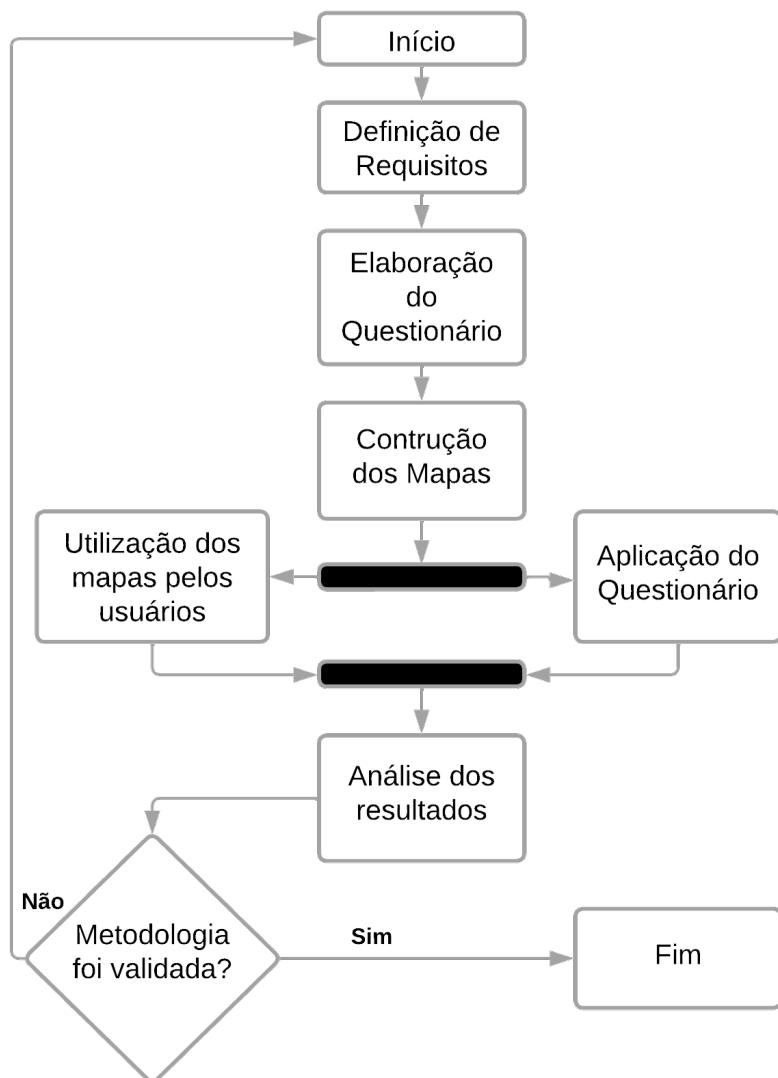


Figura 3.1 – Fluxograma resumo da metodologia deste trabalho.

Fonte: De autoria própria.

### 3.1 Definição de Requisitos

O principal requisito da metodologia foi avaliar a usabilidade de dois mapas, um com estilo de cores claras e outro com estilo de cores escuras. Esse requisito visou garantir a verificação do impacto da alteração na simbologia das feições cartográficas, em conformidade com o objetivo deste trabalho.

Para alcançar esse objetivo, foram definidos os seguintes critérios e diretrizes que nortearam o planejamento e a execução da metodologia:

- Tempo de execução do questionário planejado para permanecer entre 20 e 25 minutos, de modo a manter o foco e a atenção dos participantes durante todo o experimento, sem causar fadiga excessiva;
- Tarefas e perguntas conduzidas exclusivamente por meio de interação com o *software*/mapa, evitando solicitações verbais ou intervenções do avaliador. Essa abordagem visou reduzir distrações e minimizar o aumento da carga mental dos participantes (Çöltekin *et al.*, 2009).
- Questionário dividido em duas partes (tarefas e perguntas), voltado para avaliar a *eficácia*, *eficiência* e *satisfação* dos dois mapas.
  1. Tarefas: Projetadas para estarem alinhadas com os primitivos objetivos (*identificação*, *comparação*, *classificação* e *associação*) e primitivos operandos (*espaço-isolado* e *atributos-no-espac*o), com o objetivo de avaliar a *eficácia* e a *eficiência* dos participantes na interação com os mapas, abrangendo a maior parte dos tipos de operações realizadas por usuários em mapas.
  2. Perguntas: Estruturadas para avaliar a *satisfação* dos participantes, coletando suas percepções subjetivas sobre a experiência de uso dos mapas.
- Mapas com quantidade reduzida de classes, visando facilitar a interação dos usuários e a realização das tarefas.
- Mapas claro e escuro contendo as mesmas classes, diferenciando-se apenas pelas cores e texturas de suas simbologias.
- Interação em ambiente controlado, com variáveis como iluminação e contexto deviadamente padronizadas.
- Dados contendo medidas de *eficácia*, *eficiência* e *satisfação*, possibilitando a realização de análises estatísticas para validar as observações e conclusões do estudo.

## 3.2 Elaboração do questionário

Seguindo os requisitos definidos na seção 3.1 foi desenvolvido um questionário dividido em duas partes: tarefas e perguntas, realizadas em sequência. A execução das tarefas pelos usuários buscou avaliar os quesitos *eficácia* e *eficiência*, enquanto as perguntas tiveram como foco a avaliação da *satisfação* dos respondentes. Assim, foram aplicadas as métricas de usabilidade conforme exposto em *Métricas de usabilidade* (2.3.5.1). A sequência completa da avaliação (*variação 1 - 3.4.2*) pode ser observada no Apêndice A.

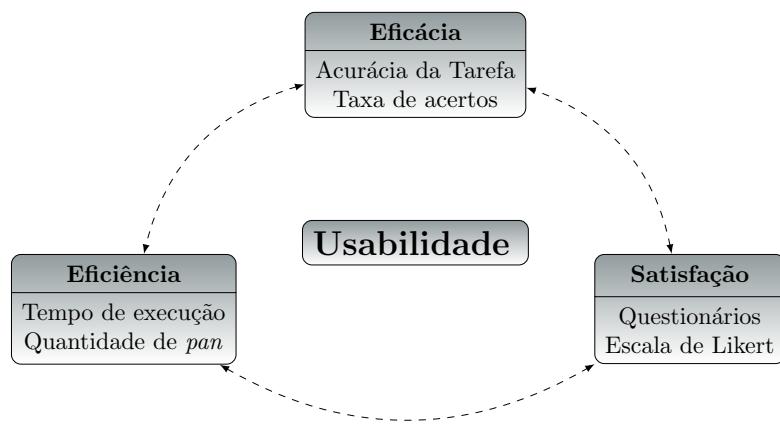


Figura 3.2 – Métricas de usabilidade utilizadas na avaliação. Autoria própria.

### 3.2.1 Tarefas

A primeira parte da avaliação são tarefas que visam medir a *eficácia* e *eficiência* do usuário em cada estilo de mapa. As tarefas foram inspiradas em Roth (2013) e Qiao e Wu (2023), conforme quadro 7:

Quadro 7 – Tarefas utilizadas na avaliação.

Operação	Espaço-isolado	Atributos-no-espaco
Identificar	Tarefa #1: Identificar a localização da feição A no mapa	Tarefa #2: Identificar o tipo da feição B
Comparar	Tarefa #3: Comparar as distâncias da feição A para as feições B e C	Tarefa #4: Comparar as áreas das feições D e E
Classificar	Tarefa #5: Encontrar a feição mais próxima da feição A	Tarefa #6: Encontrar o tipo especificado da feição B que tem a maior área
Associar	Tarefa #7: Encontrar a feição que intersecciona/cruza com a feição A	Tarefa #8: Se o tipo da feição A está espacialmente correlacionado com o tipo da feição B

Fonte: Adaptado de Qiao e Wu (2023).

Nessa etapa da execução de tarefas foram registrados o tempo de execução de cada tarefa e se a tarefa foi concluída com sucesso ou não. Além disso, o número de *pans* foi registrado para cada tarefa. A fim de reduzir o tempo de teste e diminuir a complexidade das tarefas, o objetivo *Delinear* não foi utilizado, bem como o operando *Espaço no tempo*.

### 3.2.1.1 Conjuntos de tarefas

Para possibilitar uma análise estatística mais completa, foram desenvolvidos dois conjuntos de tarefas distintos, porém análogos. Essa abordagem permitiu a criação de variações nos testes, ampliando a robustez da análise.

Os conjuntos de tarefas aplicados nesta pesquisa foram desenvolvidos com base na taxonomia das primitivas de interação cartográfica proposta por Roth (2013), conforme exposto na subseção 2.4.2, que define cinco objetivos cognitivos que os usuários procuram alcançar ao interagir com visualizações baseadas em mapas: *Identificar*, *Comparar*, *Classificar*, *Associar* e *Delinear*. Esses objetivos, em conjunto com os operandos de interação (*Espaço-Isolado*, *Atributos-no-Espaço* e *Espaço-no-Tempo*), formaram a base para a criação dos dois conjuntos de perguntas aplicados aos participantes.

As questões foram elaboradas de forma a exigir que os usuários interagissem com diferentes aspectos dos mapas, tanto no estilo claro quanto no escuro, possibilitando a análise das suas interações e percepções. A seguir, nos quadros 8 e 9 são apresentados os dois conjuntos de tarefas aplicados:

Quadro 8 – Conjunto de tarefas 1.

Operação	Espaço-isolado	Atributos-no-espaco
<i>Identificar</i>	Tarefa #1: Identifique a localização do 'Vale do Agrião' no mapa.	Tarefa #2: O que você acredita serem as linhas pontilhadas no mapa?
<i>Comparar</i>	Tarefa #3: Você considera a localidade de 'Jardim Salaco' mais próxima da localidade 'Parque Imbuí' ou da localidade 'Prata'?	Tarefa #4: Na área de visualização do mapa existem dois lagos, clique no que você considera o de maior área.
<i>Classificar</i>	Tarefa #5: Identifique qual o 'Vale' mais próximo da localidade 'Grotão'.	Tarefa #6: Na área de visualização do mapa existem cinco áreas de vegetação. Clique com o botão direito do mouse nas três de maior área. Comece clicando da maior área, em seguida clique na segunda menor área e assim por diante.
<i>Associar</i>	Tarefa #7: Encontre a 'Rua Doutor Aleixo' que intersecciona a 'Avenida Lício Meira'. Clique com o botão direito do mouse onde você considera que seja a 'Rua Doutor Aleixo'.	Tarefa #8: Identifique a rodovia que você acredita ser a principal ligação entre os municípios de 'Itaipava' e 'Teresópolis'. Clique com o botão direito do mouse no que você considera ser esta principal ligação.

Fonte: De autoria própria

### 3.2.1.2 Textura

A avaliação da textura foi incluída como uma modificação específica no estilo do mapa para avaliar como uma camada visual adicional impactaria a interação dos participantes com a interface. Durante a aplicação da metodologia, exclusivamente nos dias 26 e 27 de agosto de 2024, foi implementada uma camada de textura sobre a camada de

Quadro 9 – Conjunto de tarefas 2.

Operação	Espaço-isolado	Atributos-no-espacô
<i>Identificar</i>	Tarefa #1: Identifique a localização de ‘Campos Elíseos’ no mapa. Clique com o botão direito do mouse onde você acredita ser a localização de ‘Campos Elíseos’.	Tarefa #2: O que você acredita serem as linhas brancas no mapa?
<i>Comparar</i>	Tarefa #3: Você considera a localidade de ‘Ribeirão’ mais próxima da localidade ‘Vale dos Peões’ ou ‘Santiago’?	Tarefa #4: Na área de visualização do mapa existem dois lagos, clique no que você considera o de maior área.
<i>Classificar</i>	Tarefa #5: Identifique, entre as opções fornecidas, qual a localidade mais próxima da localidade ‘Maria Mendonça’.	Tarefa #6: Na área de visualização do mapa existem três áreas de vegetação. Clique com o botão direito do mouse nas três de maior área. Comece clicando na maior área, em seguida clique na segunda menor área e assim por diante.
<i>Associar</i>	Tarefa #7: Encontre a ‘Rua Alfredo Backer’ que intersecciona a ‘Rua Doutor Télio Barreto’. Clique com o botão direito do mouse onde você considera que seja a ‘Rua Alfredo Becker’.	Tarefa #8: Na área de visualização, identifique um curso d’água que auxilia a determinação de um limite entre estados. Clique com o botão direito do mouse onde você considera que seja este curso d’água.

Fonte: De autoria própria

vegetação da cobertura do solo, apenas no estilo escuro do mapa. Essa camada de textura foi configurada para aparecer somente a partir de um nível de *zoom* de 15.4, garantindo que os participantes só tivessem acesso a essa informação visual adicional ao alcançarem um nível específico de detalhamento.

Dessa forma, o impacto dessa textura foi analisado exclusivamente na Tarefa 6 do Conjunto de Tarefas 1, onde os participantes interagiram com o estilo escuro do mapa. Essa camada foi incluída com o objetivo de avaliar se a textura facilitava ou dificultava a interpretação de áreas específicas. A textura, portanto, foi uma variável presente apenas nas Variações 1 e 4, uma vez que nessas configurações o Conjunto de Tarefas 1 foi aplicado juntamente com o estilo escuro do mapa.

Para fins de análise, o desempenho obtido na tarefa que incluía a camada de textura foi comparado com o desempenho na mesma tarefa em que essa camada não estava presente. Esse procedimento permitiu observar diferenças na interação dos usuários com o mapa, com foco nos efeitos que uma camada de textura pode exercer sobre a clareza e precisão do desempenho dos participantes. É possível observar a textura aplicada na figura 3.3, que foiclareada para proporcionar melhor visualização.

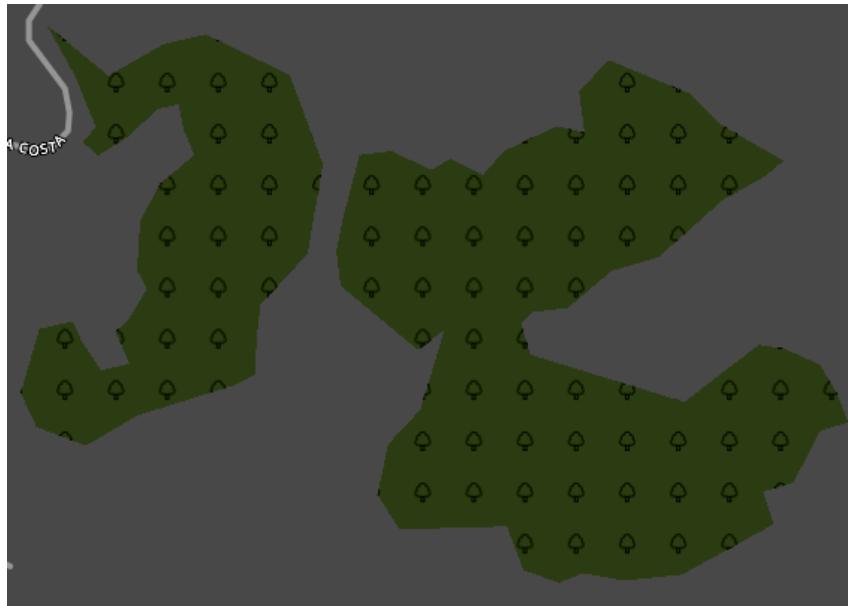


Figura 3.3 – Textura aplicada nas áreas de vegetação.

Fonte: De autoria própria.

### 3.2.2 Perguntas

A fim de verificar a *satisfação* dos usuários ao utilizarem os mapas claro e escuro, foram propostas perguntas adicionais, destinadas a avaliar as percepções subjetivas dos participantes quanto à percepção e conforto na interação com os mapas. Essas perguntas foram as seguintes:

1. Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 'muito desconfortável em relação ao mapa claro' e 5 'muito confortável em relação ao mapa claro', quão confortável foi a experiência de utilizar o mapa escuro em comparação com o mapa claro?
2. Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 'muito difícil interpretação' e 5 'muito fácil interpretação', quão fácil foi a experiência de interpretar o mapa escuro em comparação com o mapa claro?
3. Qual mapa você preferiu utilizar? (Opções: 'Claro', 'Escuro')
4. Explique brevemente por que você preferiu utilizar o mapa escolhido na questão anterior.
5. Quais sugestões ou recomendações você daria para melhorar a experiência geral de uso do mapa escuro?
6. Qual o seu gênero? (Opções: 'Masculino', 'Feminino', 'Outro', 'Prefiro não responder')

A pergunta sobre o gênero dos participantes foi incluída para organizar os dados coletados e permitir futuras análises que considerem possíveis diferenças na percepção e usabilidade dos mapas. Essa informação pode auxiliar em estudos complementares que investiguem variações relacionadas a características demográficas.

### 3.3 Construção dos Mapas

Foram utilizados dois mapas digitais adaptados para visualização em dispositivos eletrônicos. Para atender aos requisitos definidos na seção 3.1, optou-se por dois estilos de mapas similares em relação às classes, mas distintos em sua composição de cores e texturas.

O mapa escuro foi elaborado com um estilo voltado para a visualização em ambientes escuros, empregando cores mais escuras e texturas específicas. O mapa claro foi projetado com um estilo de cores claras, característico de mapas tradicionais e idealizado primariamente para uso em condições de boa iluminação.

Durante a elaboração de ambos os mapas, assegurou-se que a única variação entre eles fosse na seleção de cores e nas texturas adotadas. Os demais elementos, incluindo a densidade de informações, símbolos, escala e disposição de feições, foram mantidos idênticos entre as duas versões, garantindo que quaisquer diferenças percebidas pelos usuários pudessem ser atribuídas exclusivamente ao contraste cromático e textural.

Os mapas foram construídos utilizando a biblioteca Maplibre (2023) em conjunto com a estrutura *TileServer GL* (Maptiler, 2023e). Os vetores foram extraídos da plataforma *OpenStreetMap*. O formato de estilo usado é o *Mapbox Style Specification* (Mapbox, 2023b). Optou-se por esse conjunto de ferramentas devido à excelente integração e interoperabilidade que oferecem. É possível observar na figura 3.4 o resumo das ferramentas utilizadas.

#### 3.3.1 Estilos dos mapas

Para selecionar um estilo de mapa escuro adequado às necessidades deste estudo, inicialmente foram explorados diversos estilos existentes que mantivessem as mesmas classes de informações, diferenciando-se apenas nas cores. Foram analisados os estilos *Monochrome Dark*, *Monochrome Midnight* e *Navigation Night* disponíveis na plataforma Mapbox (2023a), além dos estilos *Dark Matter* e *Basic Dark* da plataforma Maptiler (2023d). A escolha por esses estilos deve-se ao fato de terem sido concebidos, em princípio, para aplicações em ambientes de baixa luminosidade.

Após avaliação, identificou-se que o estilo *Basic Dark* atende de forma eficaz aos requisitos da pesquisa. Esse estilo equilibra adequadamente a visibilidade dos elementos

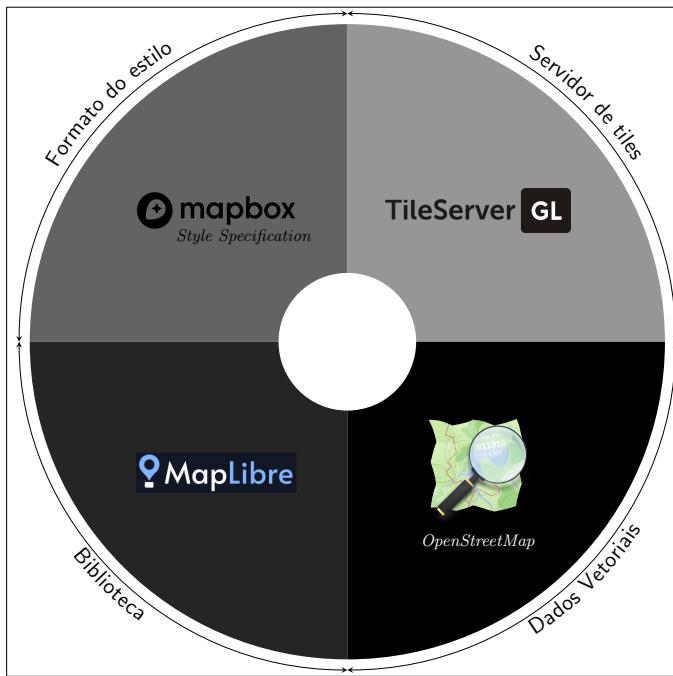


Figura 3.4 – Estrutura utilizada para os mapas. Autoria própria.

cartográficos com a redução do brilho, característica essencial para mapas utilizados em condições de pouca luz. Além disso, apresenta similaridade com o estilo *Basic* (estilo com cores claras), diferenciando-se apenas nas cores.

Para garantir que as classes de informação presentes no estilo *Basic Dark* estivessem alinhadas com as práticas cartográficas e as necessidades dos usuários, consultaram-se os trabalhos de Cardoso e Diniz (2020, p. 11), Szrajbman (2020, p. 39) e Lima (2022, p. 80). Essas referências abordam, em diferentes aspectos, as preferências dos usuários de geoinformação em relação às cartas topográficas e ortoimagens produzidas pela DSG, fornecendo diretrizes sobre quais classes de elementos devem ser incluídas em mapas. Dessa forma, considerando esses trabalhos e o de Ory *et al.* (2015), citado na subseção 2.4.5, priorizaram-se perguntas com foco nas classes: Cobertura do solo, Malha de transporte rodoviário, Massa d’água, Via fluvial, Fronteiras e Assentamento/Ponto de interesse.

A definição das classes para integrar os mapas utilizados neste estudo considerou as demandas dos usuários e o propósito específico das tarefas propostas. Uma das principais complexidades reside em equilibrar a apresentação de informações relevantes, garantindo simultaneamente a clareza e a legibilidade do mapa sob condições de iluminação reduzida. Em contextos de baixa luminosidade, a paleta de cores disponível ao cartógrafo é mais limitada. Por esse motivo, mapas adaptados para uso em ambientes de baixa luminosidade usualmente apresentam um número menor de classes em comparação com mapas tradicionais, a fim de não causar confusão ao usuário ou exigir consultas frequentes à legenda.

Para assegurar que as únicas diferenças entre os mapas fossem as cores e as texturas, selecionou-se o estilo *Basic*, da mesma plataforma Maptiler (2023d), como o mapa claro. O estilo *Basic* é bastante similar ao *Basic Dark*, compartilhando as mesmas classes e elementos cartográficos, mas adaptado para visualização em condições de boa iluminação, diferenciando-se apenas nas cores utilizadas. As classes presentes nos dois estilos podem ser visualizadas no quadro 10. Um extrato da aparência dos dois estilos pode ser verificado na figura 3.5.

Essa escolha permitiu manter a consistência entre os mapas e garantir que quaisquer diferenças percebidas pelos usuários fossem atribuídas exclusivamente ao contraste cromático e às texturas, facilitando assim a avaliação comparativa da usabilidade entre os estilos Claro e Escuro.

Quadro 10 – Classes dos estilos *Basic* e *Basic Dark*.

Classes	
Cobertura do solo	Uso do solo
Assentamento	Via fluvial
Massa d'água	Aeroporto
Edificações	Malha de transporte rodoviário
Fronteiras	Ferrovia
Ponto de interesse	-

Fonte: De autoria própria.



Figura 3.5 – Estilos de mapa utilizados na avaliação.

Fonte: De autoria própria. Estilos de Maptiler (2023c).

### 3.3.2 Escala e centro de exibição das tarefas

Cada tarefa possuía uma escala inicial (*zoom* inicial) de exibição e um ponto central específico, definido por suas coordenadas de latitude e longitude. Os mapas foram configurados para permitir que os usuários ajustassem o nível de *zoom* livremente, variando

desde o nível 4 até o nível 20, para que pudessem explorar melhor o contexto e obter mais informações, caso julgassem necessário durante a execução de cada tarefa. Os níveis de zoom iniciais das tarefas variaram entre os níveis 9 e 16, correspondendo, aproximadamente, às escalas de 1:1.000.000 até 1:5.000, conforme exemplificado na subseção 2.4.4.

Na Tabela 2, são apresentadas os níveis de *zoom* iniciais (coluna 3) e as coordenadas de latitude (coluna 4) e longitude (coluna 5) que definiram o centro da tela de visualização para cada tarefa (questão - coluna 1 - combinada com o conjunto de tarefas - coluna 2). Esses pontos centrais representaram a área de foco inicial exibida no mapa quando o participante acessava cada tarefa, garantindo que a visualização estivesse centralizada na área relevante para a realização das atividades propostas, enquanto o controle de zoom permitiu uma exploração detalhada adicional conforme a necessidade do usuário.

Tabela 2 – *Zoom* inicial, latitude/longitude inicial das questões.

<b>Questão</b>	<b>Conjunto</b>	<b>Nível de Zoom</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
1	1	12	-22,3595	-42,9148
2	1	11,36	-22,4804	-43,0582
3	1	14	-22,37553	-42,98112
4	1	12,98	-22,93283	-42,68367
5	1	13,33	-22,37882	-42,92169
6	1	15,43	-22,506243	-43,142845
7	1	15,92	-22,408469	-42,965494
8	1	12,07	-22,40292	-43,03578
1	2	11,98	-22,39889	-42,27582
2	2	13,95	-22,41275	-42,13894
3	2	13,95	-22,35781	-42,33374
4	2	12,97	-22,13189	-42,33185
5	2	12,79	-22,18349	-42,15117
6	2	13,9	-22,26684	-41,95058
7	2	15,95	-22,369408	-41,78197
8	2	9,18	-21,738	-42,8718

Fonte: De autoria própria.

### 3.3.3 Validação

Antes da aplicação da avaliação e do questionário ao grupo definitivo, foi realizada uma validação preliminar da metodologia, conforme figura 3.1, com um grupo de 11 alunos da graduação em Engenharia Cartográfica do IME. O objetivo desta pré-avaliação foi avaliar a eficácia e clareza das tarefas e perguntas. Durante essa fase, foi observada a interação dos participantes com os mapas e suas respostas ao questionário, buscando identificar desafios, ambiguidades ou mal-entendidos que poderiam surgir.

A coleta de *feedbacks* dos participantes permitiu identificar pontos de melhoria na metodologia, especificamente na parte do questionário.

Após essa etapa de validação, a metodologia foi refinada e preparada para a aplicação definitiva no grupo de teste principal, assegurando a validade e confiabilidade dos dados a serem coletados no estudo.

## 3.4 Aplicação do questionário e utilização dos mapas

### 3.4.1 Ambiente de aplicação

O questionário referente a esta metodologia foi aplicado na Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN), na cidade de Resende - RJ, durante o período de 26 a 29 de agosto de 2024, contando com a participação de 393 usuários de geoinformação, de 18 a 23 anos de idade. Dentre as respostas obtidas, 367 foram consideradas completas e, portanto, analisadas, enquanto 26 foram desconsideradas por estarem incompletas. Todos os participantes preencheram um termo de consentimento livre e esclarecido, conforme o modelo apresentado no Apêndice B.

Os testes foram realizados em um laboratório com 44 máquinas disponíveis, com a seguinte configuração:

- **Arquitetura:** x86\_64;
- **Processador:** Intel(R) Core(TM) i5-3470 CPU @ 3.20GHz;
- **Número de núcleos:** 4 núcleos;
- **Threads por núcleo:** 1;
- **Velocidade do processador:** 1.6 GHz (mínimo) a 3.6 GHz (máximo);
- **Cache:** L1: 128 KiB, L2: 1 MiB, L3: 6 MiB;
- **Memória RAM:** 3,7 GiB;
- **Memória Swap:** 2,0 GiB;
- **Placa Gráfica:** Intel HD Graphics 2500 (driver i915);
- **Monitor:** Dell E1913, resolução 1440x900 @ 60Hz, 18.9" (481mm diagonal), **DPI:** 90, configuração de brilho: 100%, configuração de contraste: 50%;
- **Conexão do monitor:** VGA-1; e
- **Mouses:** três botões, sendo os botões direito e esquerdo para seleção e interação, além de um botão central com função de rolagem.

O laboratório utilizado pode ser observado na Figura 3.6. As avaliações ocorreram diariamente no período mencionado, sempre entre 19:00 e 21:15 horas. Cada grupo de participantes teve um tempo médio de 20 minutos de execução da avaliação.

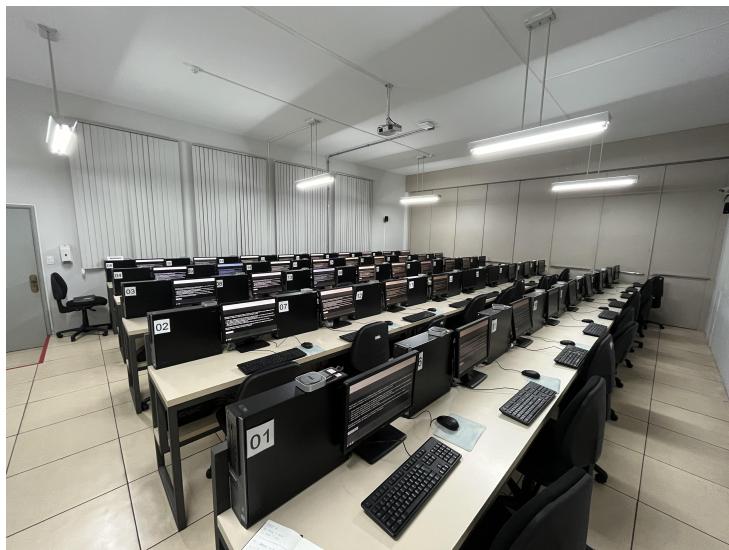


Figura 3.6 – Laboratório utilizado para aplicação da avaliação.

Fonte: De autoria própria.

Além disso, a luminância, métrica que quantifica a luz incidente sobre uma superfície (Ryer, 1997), do ambiente foi aferida utilizando o aplicativo móvel “*LightMeter*” (versão 1.0.9) - instalado em iPhone 13, iOS 18 - que permitiu a medição da intensidade luminosa no laboratório. A leitura obtida foi de 1 lux, o que caracterizou um ambiente de baixa luminosidade. Esse procedimento garantiu um controle adequado das condições de iluminação, assegurando que todos os participantes interagissem com os mapas sob as mesmas condições de luz, conforme planejado na metodologia.

### 3.4.2 Dinâmica da avaliação

A avaliação foi estruturada para ser executada por meio de um *software* de interface, garantindo a entrega consistente das instruções e minimizando as distrações externas. A avaliação foi dividida em duas sessões distintas: em cada sessão, o participante interagia com um estilo de mapa (claro ou escuro) e respondia a um dos conjuntos de tarefas. Após a conclusão das tarefas de ambas as sessões, os participantes também responderam a um questionário para avaliar a experiência com os mapas utilizados, abordando aspectos como conforto e facilidade de interpretação.

Para possibilitar uma análise estatística da influência dos conjuntos de tarefas e da ordem de interação com os mapas, foram realizadas quatro variações distintas da avaliação. As variações envolveram dois conjuntos de tarefas e dois estilos de mapa (claro e escuro). Em cada variação, a ordem de apresentação dos mapas e dos conjuntos de perguntas foi

alterada. A seguir, descreve-se a dinâmica das variações da avaliação, com os números de participantes correspondendo às respostas completas analisadas:

- **Variação 1:** 92 participantes iniciaram a avaliação com o Mapa Escuro, respondendo ao Conjunto de Tarefas 1, e, em seguida, passaram para o Mapa Claro, respondendo ao Conjunto de Tarefas 2.
- **Variação 2:** 89 participantes começaram com o Mapa Escuro e o Conjunto de Tarefas 2, passando posteriormente ao Mapa Claro com o Conjunto de Tarefas 1.
- **Variação 3:** 91 participantes iniciaram a avaliação com o Mapa Claro e o Conjunto de Tarefas 1, e depois foram direcionados ao Mapa Escuro com o Conjunto de Tarefas 2.
- **Variação 4:** 95 participantes começaram com o Mapa Claro e o Conjunto de Tarefas 2, e, em seguida, passaram para o Mapa Escuro com o Conjunto de Tarefas 1.

Essa distribuição foi planejada para garantir que todas as combinações possíveis entre os dois conjuntos de tarefas e os dois estilos de mapa fossem avaliadas, de modo a evitar qualquer viés resultante da ordem de apresentação dos mapas e conjuntos de perguntas.



Figura 3.7 – Aplicação da avaliação.

Fonte: De autoria própria.

#### 3.4.2.1 Perguntas

Após a execução das tarefas, os participantes responderam a um conjunto de perguntas, apresentadas na subseção 3.2.2, que tinham como objetivo captar suas percepções subjetivas em relação aos dois tipos de mapa (claro e escuro). As perguntas foram elaboradas para avaliar a *satisfação*, considerando o conforto de uso e a facilidade de interpretação

dos mapas, buscando identificar possíveis preferências e dificuldades enfrentadas pelos usuários durante a interação.

### 3.4.3 Aplicação do questionário

A aplicação foi conduzida de forma padronizada e sem interferências verbais do avaliador presente no laboratório, conforme planejado na metodologia. Todos os comandos e instruções foram transmitidos aos participantes exclusivamente por meio do *software* desenvolvido para a avaliação, garantindo que as interações dos respondentes fossem guiadas de maneira uniforme e consistente. Essa abordagem visou minimizar possíveis distrações e influências externas, permitindo que o foco dos participantes permanecesse na interface dos mapas e nas tarefas propostas. Dessa forma, buscou-se assegurar a homogeneidade das condições experimentais, preservando a confiabilidade e a comparabilidade dos resultados, de modo que eventuais variações nas respostas pudessem ser atribuídas exclusivamente às diferenças individuais entre os participantes.

Adicionalmente, o *software* desenvolvido para a aplicação do questionário, bem como os dados obtidos a partir da avaliação, encontram-se disponíveis em um repositório no GitHub (Cardoso, 2025). Essa disponibilização visa garantir a transparência e a reproduzibilidade dos métodos e resultados, permitindo que outros pesquisadores tenham acesso às ferramentas utilizadas e possam replicar ou expandir este estudo em futuras investigações.

## 3.5 Análise dos Resultados

A análise dos resultados buscou verificar e comparar a usabilidade entre dois tipos de mapas, claro e escuro, nos quesitos *eficiência*, *eficácia* e *satisfação*. Os aspectos de *eficiência* e *eficácia* foram analisados por meio de uma abordagem quantitativa, envolvendo a mensuração da acurácia, tempo de resposta e a quantidade de *pans* dos participantes nas tarefas propostas. Já o aspecto de *satisfação* foi explorado por meio de uma análise quantitativa e qualitativa, utilizando perguntas que capturaram as percepções subjetivas dos participantes em relação à experiência de uso dos mapas.

Desta forma, analisando esses três quesitos, foi possível comparar a usabilidade entre os dois mapas. Para estruturar essa comparação e testar a existência de diferenças significativas, foram formuladas as seguintes hipóteses estatísticas:

- **Hipótese Nula (H0):** Não há diferença significativa na usabilidade entre os mapas claro e escuro.
- **Hipótese Alternativa (H1):** Há uma diferença significativa na usabilidade entre os mapas claro e escuro.

### 3.5.1 Verificação das respostas

A verificação das respostas das oito tarefas da avaliação foi realizada de maneira sistemática, garantindo que cada resposta recebesse uma classificação correta ou incorreta, conforme os critérios estabelecidos previamente. A avaliação consistia em tarefas de diferentes tipos, como múltipla escolha, identificação de feições e cliques em pontos específicos no mapa. Para a maioria das perguntas, a verificação foi objetiva: se o participante clicasse na feição correta no mapa ou escolhesse a resposta correta em uma questão de múltipla escolha, a resposta era classificada como correta; caso contrário, era marcada como incorreta. Esse processo foi aplicado a seis das oito tarefas, proporcionando uma avaliação da capacidade dos participantes de interagir com os mapas e interpretar as feições cartográficas de maneira eficiente e eficaz.

#### Tarefas 1, 7 e 8

Para as tarefas 1 (de tipo ponto) e 7 e 8 (de tipo linha), uma abordagem adicional foi empregada para garantir maior flexibilidade na verificação das respostas. Nessas tarefas, os participantes deveriam clicar em feições, de tipo ponto ou linha, específicas no mapa, que representavam as respostas corretas. No entanto, para evitar penalizações excessivas em casos de pequenos desvios no clique, foi implementada a de criação de um *buffer* em torno das feições “gabarito” (pontos e linhas).

O *buffer* consistia em uma área poligonal gerada em torno da feição original, de modo que, se o participante clicasse dentro dessa área expandida, a resposta seria considerada correta. Para as tarefas baseadas em pontos, como a tarefa 1, o *buffer* transformava o ponto de referência em um pequeno círculo, garantindo que cliques próximos ao ponto correto fossem aceitos como válidos. Da mesma forma, nas tarefas 7 e 8, que envolviam a identificação de uma linha no mapa, o *buffer* convertia a linha em uma área poligonal, permitindo que cliques próximos à linha correta fossem considerados dentro da margem de aceitação.

Esse método de verificação buscou assegurar que pequenas imprecisões no clique, muitas vezes causadas pela limitação de precisão do dispositivo de entrada ou pela visualização da interface, não resultassem em penalizações injustas aos participantes. O uso do *buffer* garantiu que respostas que estivessem suficientemente próximas da feição correta fossem reconhecidas como corretas, mantendo a precisão da avaliação.

Para uma tela com densidade de 90 dpi, a proporção ideal para o tamanho dos ícones varia entre aproximadamente 0,36 cm (proporção 1:641) e 0,68 cm (proporção 1:334), conforme sugerido por Yan *et al.* (2023). Esta faixa de tamanho, expressa em centímetros, é recomendada para assegurar uma legibilidade adequada e manter a usabilidade, oferecendo um equilíbrio entre visibilidade e clareza dos ícones na interface.

Dessa forma, no contexto desta pesquisa e visando garantir que a área do *buffer* estivesse ajustada de maneira coerente com a escala de visualização e as limitações do dispositivo de entrada, estabeleceu-se que a distância visualizada na tela para os *buffers* deveria ser de 0,25 cm (totalizando 0,5 cm no diâmetro) para todas as questões. Esse valor foi considerado adequado para proporcionar uma área de clique confortável ao usuário, evitando erros por cliques ligeiramente fora da feição esperada. A partir desse objetivo, foram realizados cálculos para determinar os valores de deslocamento em graus necessários para a criação do *buffer* em cada uma das tarefas.

Os cálculos foram baseados na fórmula para conversão de distância por pixel ( $S_{pixel}$ ), que varia conforme o nível de zoom inicial do mapa e a latitude da feição a ser verificada. A equação utilizada para o cálculo foi a Equação 2.2. Com base nessa fórmula, calculou-se o deslocamento necessário em graus para cada tarefa, de modo que o *buffer* gerado fosse consistente com a distância de 0,5 cm na tela. O quadro 3 apresenta os resultados dos cálculos para cada tarefa.

Tabela 3 – Cálculo dos graus necessários para criação do buffer com 0,5 cm na tela.

<b>Questão</b>	<b>Conjunto</b>	<b>Nível de zoom</b>	<b>Latitude</b>	<b>Graus necessários</b>
Q1	1	12,00	-22,3595	0,002813
Q1	2	11,98	-22,39889	0,002851
Q7	1	15,92	-22,40984	0,000186
Q7	2	15,95	-22,369408	0,000182
Q8	1	12,07	-22,40292	0,002679
Q8	2	9,18	-21,738	0,019949

Fonte: De autoria própria.

É importante destacar que, nas tarefas de número 01 (Q1) de ambos os conjuntos, que tinham como objetivo identificar localidades, a resposta foi considerada correta se o usuário clicasse diretamente na etiqueta que continha o nome da localidade. As etiquetas possuíam aproximadamente 0,36 cm de altura e 2 cm de largura na tela, o que proporcionava uma área de clique adicional para facilitar a identificação correta sem penalizações indevidas.

A Tarefa 2, de caráter discursivo, solicitava que os participantes descrevessem o que acreditavam ser uma determinada feição no mapa. A verificação das respostas foi realizada por meio de uma correspondência com um conjunto de *strings* previamente definidas, que representavam as expressões adequadas para a feição em questão. Caso a resposta do participante contivesse qualquer coincidência com alguma dessas *strings*, independentemente de variações sutis na grafia ou capitalização, a resposta era considerada correta. Para a Tarefa 2 do conjunto 1, as palavras aceitas foram “limite” e “fronteira”, enquanto para a mesma pergunta no conjunto 2 foram “rodovia” e “estrada”. Essa abordagem garantiu uma

avaliação consistente das respostas discursivas, respeitando a diversidade de expressão dos participantes ao descreverem a feição cartográfica.

### Tarefa 3 e 5

As tarefas 3 e 5, que envolviam múltipla escolha, foram verificadas de maneira objetiva e imediata. Nessas tarefas, os participantes deveriam selecionar a resposta correta entre três opções. A verificação foi feita comparando a escolha do participante com a resposta correta previamente definida. Se o participante escolhesse a opção correta, a resposta era classificada como correta; caso contrário, era marcada como incorreta.

### Tarefa 4

A Tarefa 4 solicitava que os participantes clicassem em uma feição de polígono no mapa, especificamente na maior área entre duas feições apresentadas. A verificação dessa tarefa seguiu um processo semelhante ao das tarefas 1, 7 e 8, com a diferença de que, por se tratar de uma feição poligonal, não foi necessário criar um *buffer*.

### Tarefa 6

A Tarefa 6 exigiu uma abordagem de verificação mais elaborada, dada a complexidade e os objetivos específicos da atividade proposta. Nesta tarefa, os participantes foram instruídos a clicar em áreas de vegetação no mapa, ordenando-as da maior para a menor em termos de área. Para avaliar o desempenho dos participantes de forma precisa e justa, desenvolveu-se um sistema de pontuação que considerava dois aspectos: a identificação correta das áreas solicitadas e a ordem em que foram selecionadas.

A pontuação máxima para a Tarefa 6 foi estabelecida em seis pontos, correspondendo ao dobro do número de áreas a serem selecionadas, que eram três. Cada participante podia obter até três pontos pela seleção correta das áreas de vegetação, independentemente da ordem em que foram clicadas. Esse critério avaliava a habilidade do participante em reconhecer as feições cartográficas corretas no mapa, refletindo sua capacidade de leitura e interpretação das representações geográficas.

Adicionalmente, foram atribuídos até três pontos pela ordenação correta das áreas selecionadas. Cada área que estivesse na posição correta na sequência esperada resultava em um ponto adicional. Dessa forma, o sistema de pontuação recompensava não apenas a identificação correta das áreas, mas também a compreensão das relações espaciais entre elas, especificamente em relação ao tamanho.

Por exemplo, se um participante selecionasse as três áreas corretas, mas não na ordem correta, receberia três pontos pela identificação, mas nenhum ponto pela ordenação, totalizando três pontos. Se o participante selecionasse duas áreas corretas e uma incorreta,

e apenas uma delas estivesse na posição correta na sequência, receberia dois pontos pela identificação e um ponto pela ordenação, somando três pontos. Esse sistema de pontuação permitiu diferenciar os níveis de desempenho dos participantes, reconhecendo acertos parciais e incentivando a atenção aos detalhes na interpretação das informações espaciais.

Com essa abordagem, a avaliação das respostas na Tarefa 6 refletiu de maneira mais precisa a habilidade dos participantes em interpretar e analisar a distribuição espacial e o tamanho das feições de vegetação no mapa. A metodologia adotada garantiu uma verificação justa e consistente, capturando nuances importantes no desempenho dos participantes e proporcionando uma análise mais abrangente dos dados coletados. Dessa forma, a avaliação das respostas foi adaptada para refletir a diversidade das tarefas propostas, contribuindo para a validade e confiabilidade dos resultados da pesquisa.

Conforme discutido por Miller *et al.* (2009), a elaboração de sistemas de pontuação que avaliam múltiplos aspectos do desempenho permite uma análise mais detalhada. Dessa forma, ao considerar tanto a identificação correta das áreas de vegetação quanto a ordenação adequada dessas áreas, a metodologia aplicada na Tarefa 6 alinha-se às boas práticas em avaliação, permitindo uma avaliação mais abrangente e precisa das habilidades dos participantes.

### 3.5.2 Análise Quantitativa

Na análise quantitativa, os dados oriundos das questões fechadas foram tratados estatisticamente para identificar padrões e tendências. Foram utilizadas as seguintes métricas principais:

- **Acerto (Correto/Incorreto):** A acurácia das respostas fornecidas em relação às tarefas solicitadas.
- **Tempo de Resposta:** O tempo necessário para que os participantes completassem as tarefas propostas.
- **Quantidade de Pan:** O número de movimentos de *pan* realizados pelo usuário no mapa durante a execução das tarefas, indicando o nível de navegação e exploração necessários para completar cada atividade.

Os dados foram submetidos a dois principais testes estatísticos:

1. **Teste Qui-Quadrado:** Este teste foi aplicado para verificar se havia associação significativa entre as condições experimentais (Conjunto, Mapa, Sessão) e a acurácia das respostas dos participantes. As entradas do teste consistiram nos dados categóricos de acertos e erros obtidos em todas as tarefas dos dois conjuntos de perguntas, com

exceção da Tarefa 6, que possui uma metodologia de avaliação diferenciada. A hipótese nula, que postula a ausência de associação entre as condições experimentais e a acurácia, foi rejeitada quando o valor-*p* encontrado foi menor que 0,05.

2. **Análise de Variância (ANOVA):** Foi utilizada para comparar as médias dos tempos de resposta entre as diferentes condições experimentais — Estilo do Mapa (Claro ou Escuro), Conjunto de Tarefas (1 ou 2) e Sessão de realização (1<sup>a</sup> ou 2<sup>a</sup> sessão realizada pelo usuário). As entradas para o teste consistiram nos tempos de resposta registrados para todas as tarefas dos dois conjuntos de perguntas. Esse teste foi aplicado para avaliar tanto os efeitos principais de cada fator quanto as interações entre eles, com o objetivo de identificar diferenças significativas nos tempos médios de resposta. A hipótese nula, que pressupõe a ausência de diferenças significativas entre os grupos analisados, foi rejeitada se o valor-*p* fosse inferior a 0,05.
3. **Teste de Shapiro-Wilk:** Utilizado para avaliar a normalidade das distribuições das pontuações na Questão 6, separadamente para os dois grupos experimentais: grupo com textura e grupo sem textura. Este teste foi aplicado às pontuações obtidas pelos participantes para verificar se as distribuições seguiam a normalidade, um requisito para a aplicação de testes paramétricos. Como os resultados indicaram que as distribuições não eram normais ( $p < 0,0001$  em ambos os grupos), optou-se por empregar um teste não paramétrico (Mann-Whitney U) para a análise subsequente. .
4. **Teste Mann-Whitney U:** Aplicado às pontuações da Questão 6 para comparar os grupos com textura e sem textura. Este teste foi utilizado porque os dados não apresentaram distribuição normal, conforme identificado pelo teste de Shapiro-Wilk. O Mann-Whitney U é apropriado para comparar dois grupos independentes em condições de não normalidade. A análise foi realizada utilizando as pontuações individuais de cada participante em ambos os grupos. A hipótese nula, que assume a igualdade das distribuições entre os grupos, foi rejeitada para valores de *p* inferiores a 0,05.

### 3.5.3 Análise Qualitativa

A análise qualitativa, por sua vez, focou nas respostas abertas obtidas no questionário aplicado aos participantes. As respostas foram examinadas de forma a captar as percepções dos usuários em relação à *satisfação* com o uso dos mapas, suas preferências e eventuais dificuldades encontradas durante a realização das tarefas. Esse processo permitiu explorar os aspectos subjetivos da experiência dos participantes, complementando as informações obtidas na análise quantitativa.

### 3.5.4 Integração dos Resultados

Por fim, os resultados quantitativos e qualitativos foram integrados para proporcionar uma visão geral e abrangente sobre a pesquisa. Foi dada ênfase à correlação entre os dados numéricos, provenientes da ANOVA e do Teste Qui-Quadrado, e as percepções qualitativas dos participantes. Tal correlação permitiu identificar consistências e, eventualmente, discrepâncias entre o desempenho objetivo dos participantes e suas avaliações subjetivas, enriquecendo a compreensão sobre a usabilidade dos mapas claro e escuro.

### 3.5.5 Organização da análise

Para estruturar a avaliação e manter a coerência entre os diferentes quesitos de usabilidade investigados (*eficácia, eficiência e satisfação*), esta pesquisa organizou a análise dos resultados em duas partes: uma **Análise Geral** e outra **Análise Específica**.

Na **Análise Geral**, o foco está na avaliação dos dois mapas (Claro e Escuro) em relação aos três principais quesitos de usabilidade. Essa análise é dividida em três subseções, cada uma dedicada a um dos quesitos:

- Na subseção de *eficácia*, a precisão dos participantes — isto é, sua taxa de acerto nas tarefas — é avaliada por meio do teste Qui-Quadrado, visando identificar possíveis associações entre as variáveis estudadas (Estilo do Mapa, Conjunto de Tarefas e Sessão) e o desempenho dos usuários.
- Na subseção referente à *eficiência*, os tempos de resposta dos participantes foram analisados por meio da Análise de Variância (ANOVA), considerando os efeitos principais dos fatores Estilo do Mapa (Claro ou Escuro), Conjunto de Tarefas (1 ou 2) e Sessão (1<sup>a</sup> ou 2<sup>a</sup> sessão realizada pelo usuário). Esse método permitiu identificar diferenças estatisticamente significativas no impacto de cada fator individualmente nos tempos de resposta.
- Por fim, na subseção de *satisfação*, a análise combina abordagens quantitativas e qualitativas. Os dados obtidos a partir das perguntas objetivas, nas quais os participantes atribuíram notas aos mapas, são analisados estatisticamente, enquanto as respostas discursivas fornecem *insights* acerca das preferências, sugestões e eventuais dificuldades relatadas.

A segunda parte, denominada **Análise Específica**, aprofunda a discussão do desempenho dos participantes, considerando tanto o tipo de primitivo objetivo de cada tarefa (*identificar, comparar, classificar ou associar*) quanto o tipo de primitivo operando (*espaço isolado ou atributos no espaço*). Nessa etapa, são comparados os desempenhos dos usuários no Mapa Claro e no Mapa Escuro em termos de taxa de acerto (eficácia) e tempo

de resposta (eficiência), com base no tipo de tarefa e nos operandos. Essa análise permite verificar como diferentes fatores influenciaram a usabilidade em contextos específicos, oferecendo uma visão mais detalhada da interação dos usuários com os mapas.

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos a partir dos experimentos conduzidos para avaliar a usabilidade dos mapas nos estilos Claro e Escuro.

### 4.1 Análise Geral

#### 4.1.1 Eficácia

Para avaliar a *eficácia* dentro do conceito de usabilidade, foram analisadas as taxas de acerto dos participantes em cada condição experimental. Neste contexto, uma maior taxa de acertos indica maior eficácia na interação com o mapa.

As análises consideraram as respostas agrupadas por Estilo do Mapa, Conjunto de Tarefas e Sessão. Os quadros 4, 5 e 6 apresentam as respectivas tabelas de contingência.

Tabela 4 – Contingência por Estilo de Mapa.

<b>Estilo do Mapa</b>	<b>Erro</b>	<b>Acerto</b>	<b>Taxa de Acerto</b>
Claro	390	2178	84,81%
Escuro	405	2162	84,22%
Qui-quadrado: 0,2982	Valor-p: 0,5850		

Fonte: De autoria própria.

Tabela 5 – Contingência por Conjunto.

<b>Conjunto</b>	<b>Erro</b>	<b>Acerto</b>	<b>Taxa de Acerto</b>
Conjunto 1	414	2153	83,87%
Conjunto 2	381	2187	85,16%
Qui-quadrado: 1,5388	Valor-p: 0,2148		

Fonte: De autoria própria.

Tabela 6 – Contingência por Sessão.

<b>Sessão</b>	<b>Erro</b>	<b>Acerto</b>	<b>Taxa de Acerto</b>
Sessão 1	418	2149	83,72%
Sessão 2	377	2191	85,32%
Qui-quadrado: 2,3997	Valor-p: 0,1214		

Fonte: De autoria própria.

## Interpretação dos Resultados

Os testes Qui-Quadrado foram realizados com o objetivo de avaliar se existe uma associação estatisticamente significativa entre as variáveis experimentais (Estilo do Mapa, Conjunto de Tarefas e Sessão) e a *eficácia* dos participantes, medida pelas taxas de acerto nas tarefas propostas.

- **Estilo do Mapa:** O teste Qui-Quadrado entre o Estilo do Mapa (Claro vs. Escuro) e o Acerto das Respostas resultou em um valor-p de 0,5850, superior ao nível de significância de 0,05. Isso indica que não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula, ou seja, não existe uma associação estatisticamente significativa entre o estilo visual do mapa e o desempenho dos participantes em termos de acertos. Em termos práticos, isso sugere que tanto o mapa Claro quanto o Escuro proporcionam níveis semelhantes de eficácia (84,81% em comparação a 84,22%), permitindo que os usuários realizem as tarefas com precisão equivalente.
- **Conjunto de Tarefas:** O teste Qui-Quadrado, que comparou os resultados obtidos a partir do 1º e do 2º Conjuntos de Tarefas e o Acerto das Respostas, apresentou um valor-p de 0,2148. Como este valor é maior que 0,05, concluímos que não há associação estatisticamente significativa entre o conjunto de tarefas utilizado e a eficácia dos participantes. Isso sugere que os dois conjuntos de perguntas possuem níveis de dificuldade equivalentes e que as diferenças observadas nas taxas de acerto não são significativas (83,87% em comparação a 85,16%). Dessa forma, assegura-se que os conjuntos de tarefas foram adequadamente balanceados em termos de dificuldade.
- **Sessão:** O teste Qui-Quadrado, que analisou a relação entre a Sessão (1ª ou 2ª) e o Acerto das Respostas, apresentou um valor-p de 0,1214. Embora este valor seja inferior aos anteriores, ainda é maior que o nível de significância adotado, o que impede a rejeição da hipótese nula. Assim, não há evidências de que a ordem de apresentação das tarefas tenha influenciado significativamente a eficácia dos participantes (83,72% em comparação a 85,32%). Esse resultado sugere que não ocorreram efeitos significativos de aprendizagem ou fadiga que pudesse impactar as taxas de acerto entre as sessões, garantindo a consistência no desempenho dos participantes ao longo do experimento.

Os resultados dos testes Qui-Quadrado indicam que não houve diferenças estatisticamente significativas nas taxas de acerto dos participantes em relação ao Estilo do Mapa, ao Conjunto de Tarefas ou à Sessão. Isso sugere que, no contexto deste estudo, a *eficácia* dos usuários não foi afetada pelas variáveis analisadas.

A ausência de diferença significativa na eficácia entre os mapas Claro e Escuro indica que ambos os estilos são igualmente eficazes para a execução das tarefas, permitindo

que a escolha do estilo visual seja guiada por fatores como conforto visual ou contexto de uso, sem comprometer a acurácia. Além disso, a equivalência nas taxas de acerto entre os conjuntos de perguntas reforça a validade dos instrumentos de pesquisa, assegurando que os participantes foram avaliados de forma consistente e que os conjuntos estavam equilibrados em complexidade e conteúdo, eliminando possíveis vieses. Por fim, a consistência no desempenho dos participantes entre as sessões sugere que efeitos como aprendizagem ou fadiga não influenciaram significativamente a eficácia, fortalecendo a confiabilidade dos resultados e indicando que a ordem de apresentação das tarefas não afetou a capacidade dos usuários.

#### 4.1.2 Eficiência

Para avaliar a eficiência dentro do conceito de usabilidade, foram analisados os tempos de resposta dos participantes em cada pergunta. Neste contexto, tempos de resposta mais baixos indicam maior eficiência na interação com o mapa.

As tabelas 7, 9 e 8 apresentam a média dos tempos de resposta de cada tarefa para cada estilo de mapa, sessão e conjunto de tarefas.

Tabela 7 – Média dos tempos de resposta por Estilo de Mapa (em segundos).

<b>Estilo do Mapa</b>	<b>Tempo Médio de Resposta (s)</b>
Claro	20,68
Escuro	22,00

Fonte: De autoria própria.

Tabela 8 – Média dos tempos de resposta por Conjunto (em segundos).

<b>Conjunto</b>	<b>Tempo Médio de Resposta (s)</b>
Conjunto 1	22,28
Conjunto 2	20,40

Fonte: De autoria própria.

Tabela 9 – Média dos tempos de resposta por Sessão (em segundos).

<b>Sessão</b>	<b>Tempo Médio de Resposta (s)</b>
Sessão 1	24,24
Sessão 2	18,44

Fonte: De autoria própria.

Observa-se que, em média, os participantes levaram menos tempo para responder às perguntas utilizando o mapa no estilo Claro em comparação com o mapa no estilo Escuro.

Para verificar se as diferenças nos tempos médios de resposta são estatisticamente significativas, foi realizada uma ANOVA, que permite comparar as médias dos grupos e determinar se pelo menos um deles difere significativamente dos demais.

O quadro 10 apresenta os resultados da ANOVA.

Tabela 10 – ANOVA - Análise Geral.

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	F-Estatística	Valor-p
Estilo do mapa	3,43e+09	1	6,89	8,67e-03
Conjunto	6,41e+09	1	12,88	3,35e-04
Sessão	6,21e+10	1	124,68	1,02e-28

Fonte: De autoria própria.

### Interpretação dos Resultados

Os resultados da ANOVA indicam que todas as fontes de variação analisadas tiveram um efeito estatisticamente significativo nos tempos de resposta (Valor-p < 0,05). A seguir, detalhamos a interpretação de cada fator:

- **Estilo do Mapa:** Com um Valor-p de 8,67e-03, pode-se concluir que há uma diferença estatisticamente significativa nos tempos de resposta entre os mapas Claro e Escuro. Isso sugere que o estilo visual do mapa influencia a eficiência dos usuários.
- **Conjunto:** O Valor-p de 3,35e-04 indica que os tempos de resposta diferem significativamente entre os diferentes conjuntos de perguntas. Esse resultado sugere que as tarefas do Conjunto 1 influenciaram o tempo de resposta dos participantes, resultando em uma média de tempo mais alta em comparação ao Conjunto 2.
- **Sessão:** Com um Valor-p de 1,02e-28, há evidências de que a ordem de apresentação (primeira ou segunda sessão) afeta significativamente os tempos de resposta. Os resultados indicam uma redução nos tempos de resposta na segunda sessão, com média de 18,44 s em comparação à primeira sessão, que teve média de 24,24 s. Este resultado pode ser explicado pelo *efeito de aprendizagem*, no qual os participantes, ao desenvolverem maior familiaridade com a interface e com os procedimentos durante a primeira sessão, demonstraram velocidade superior na segunda. Este processo de aprendizagem contribuiu para maior eficiência nas respostas subsequentes, resultando em tempos de resposta reduzidos conforme os participantes se adaptaram à dinâmica da avaliação. Esse achado reforça a importância de um período de treinamento inicial para os operadores, garantindo que possam alcançar maior eficiência em suas interações com a interface desde as primeiras tarefas.

### 4.1.3 Satisfação

Para avaliar a *satisfação* dos usuários, um questionário foi aplicado ao final da avaliação, conforme descrito na subseção 3.2.2. O questionário continha perguntas objetivas e discursivas destinadas a capturar as percepções subjetivas dos participantes em relação à experiência de uso de cada estilo de mapa.

#### 4.1.3.1 Análise das Perguntas Objetivas

As três primeiras perguntas do questionário eram de caráter objetivo e buscavam quantificar o nível de conforto, facilidade de interpretação e preferência dos participantes em relação aos mapas Claro e Escuro. Os resultados obtidos são apresentados a seguir.

**Questão 1:** “*Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 ‘muito desconfortável em relação ao mapa claro’ e 5 ‘muito confortável em relação ao mapa claro’, quanto confortável foi a experiência de utilizar o mapa escuro em comparação com o mapa claro?*”

Tabela 11 – Resultado questão 1.

Valores	Contagem	Porcentagem
1	5	1,36%
2	27	7,36%
3	58	15,80%
4	158	43,05%
5	119	32,43%
Média	Mediana	Desvio Padrão
3,98	4	0,95
<b>Número de Respondentes:</b> 367		

Fonte: De autoria própria.

A média de 3,98 indica que, em geral, os participantes consideraram a experiência de utilizar o mapa escuro como *confortável* em comparação com o mapa claro. A mediana de 4,00 reforça essa tendência. Além disso, 75,48% dos participantes atribuíram notas iguais ou superiores a 4. O desvio padrão de 0,95 revela que houve alguma variação nas respostas, mas que a maioria dos participantes avaliou o conforto de forma positiva.

**Questão 2:** “*Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 ‘muito difícil interpretação’ e 5 ‘muito fácil interpretação’, quanto fácil foi a experiência de interpretar o mapa escuro em comparação com o mapa claro?*”

A média de 3,95 sugere que os participantes consideraram a interpretação do mapa escuro como *fácil* em comparação com o mapa claro. A mediana de 4,00 reforça essa tendência. Além disso, 71,94% dos participantes atribuíram notas iguais ou superiores a 4. O desvio padrão de 0,90 aponta para uma consistência nas respostas, com variação relativamente baixa.

Tabela 12 – Resultado questão 2.

Valores	Contagem	Porcentagem
1	1	0,27%
2	25	6,81%
3	77	20,98%
4	153	41,69%
5	111	30,25%
Média	Mediana	Desvio Padrão
3,95	4	0,90
<b>Número de Respondentes:</b> 367		

Fonte: De autoria própria.

**Questão 3:** “Qual mapa você preferiu utilizar?”

Tabela 13 – Preferências na Questão 3.

Preferência	Contagem	Porcentagem
Escuro	263	71,66%
Claro	104	28,34%

Fonte: De autoria própria.

A maioria dos participantes (**71,66%**) preferiu utilizar o mapa escuro. Este resultado evidencia uma preferência pelo estilo escuro, indicando que este mapa atendeu melhor às expectativas da maioria dos usuários.

Para compreender melhor a relação entre a preferência dos participantes e suas avaliações de conforto e facilidade de interpretação, foi realizada uma análise das médias das questões 1 e 2 segmentadas pela preferência declarada na questão 3. Os resultados são apresentados no Quadro 14.

Tabela 14 – Médias das Questões 1 e 2 por Preferência.

Preferência	Questão 1	Questão 2
Claro	3,50	3,38
Escuro	4,17	4,17

Fonte: De autoria própria.

Observa-se que os participantes que declararam preferência pelo **Mapa Escuro** atribuíram notas mais altas às questões de conforto e facilidade de interpretação, com médias de aproximadamente 4,17 em ambas as questões. Esse resultado é coerente, uma vez que aqueles que preferem o mapa escuro apresentaram uma experiência mais positiva em termos de conforto e facilidade de interpretação ao utilizar este estilo de mapa.

Por outro lado, os participantes que preferiram o **Mapa Claro** deram notas inferiores ao mapa escuro, com médias de 3,50 na questão de conforto e 3,38 na questão

de facilidade de interpretação. Esse resultado também se mostra consistente, pois reflete uma avaliação mais crítica do mapa escuro entre os usuários que preferiram o mapa claro.

Esse padrão reforça a influência da preferência individual nas percepções subjetivas de *satisfação* dentro do conceito de usabilidade, indicando uma correspondência entre a preferência declarada e a avaliação dos aspectos de conforto e interpretação.

#### 4.1.3.2 Análise Qualitativa

A análise qualitativa dos resultados visa explorar as percepções subjetivas dos participantes em relação à usabilidade dos mapas nos estilos Claro e Escuro, com foco particular na *satisfação* e nas sugestões de melhoria. Essa abordagem permite compreender as preferências dos usuários e os aspectos que influenciam sua experiência ao utilizar os diferentes estilos de mapa.

Para essa análise, foram consideradas as respostas a duas perguntas discursivas presentes no questionário (subseção 3.2.2): a pergunta número 4, que solicitava aos participantes que explicassem brevemente os motivos de sua preferência por um dos estilos de mapa; e a pergunta número 5, que pedia sugestões e recomendações para melhorar a experiência de uso do mapa escuro.

A questão 4 solicitou aos participantes que explicassem brevemente os motivos de sua preferência pelo mapa escolhido na questão anterior. A análise qualitativa das respostas a seguir está segmentada de acordo com a preferência dos participantes em relação ao estilo do mapa.

Em relação aos participantes que preferiram o **Mapa Escuro** os principais temas identificados foram:

1. **Conforto visual e redução do cansaço ocular:** Os participantes destacaram que o mapa escuro proporciona maior conforto visual e reduz o cansaço ou irritação nos olhos, especialmente em ambientes com pouca iluminação. Eles mencionaram que a menor luminosidade e contraste do mapa escuro tornam a visualização mais agradável e menos agressiva à visão.
2. **Melhor contraste e destaque de feições:** Os participantes observaram que o mapa escuro oferece melhor contraste, o que facilita a identificação e distinção de elementos como estradas, rios, vegetação e limites territoriais. Eles perceberam que as cores e símbolos se destacam mais contra o fundo escuro.
3. **Adequação ao ambiente de baixa luminosidade:** Diversos participantes mencionaram que, por estarem em um ambiente escuro durante o teste, o mapa escuro foi mais adequado, evitando o desconforto causado pelo brilho excessivo do mapa claro.

4. **Facilidade de foco e concentração:** Alguns participantes relataram que o mapa escuro permitiu melhor foco e concentração nas tarefas, reduzindo distrações causadas pelo excesso de luminosidade ou informações.
5. **Preferência estética e costume com modos escuros:** Alguns participantes expressaram uma preferência pessoal pelo mapa escuro, associando-o a um *design* mais moderno ou mencionando que já estão acostumados a utilizar modos escuros em outros dispositivos e aplicativos.
6. **Redução de irritação e sensibilidade ocular:** Participantes com sensibilidades específicas, como astigmatismo ou irritação ocular, apontaram que o mapa escuro foi menos agressivo à visão.
7. **Percepção de menor poluição visual:** Alguns participantes sentiram que o mapa escuro parecia menos poluído ou sobrecarregado de informações, facilitando a interpretação. É importante destacar que a quantidade de classes e elementos exibidos foi exatamente a mesma nos mapas claro e escuro, indicando que essa percepção está mais relacionada ao contraste ou ao estilo visual do mapa escuro.
8. **Destaque de elementos específicos:** Alguns participantes mencionaram que certos elementos, como estradas, rios e limites territoriais, eram mais facilmente identificáveis no mapa escuro devido ao contraste com o fundo.
9. **Menor esforço e fadiga visual:** A redução do esforço necessário para visualizar o mapa foi citada como um benefício, permitindo que os participantes mantivessem a atenção por mais tempo sem sentir fadiga.

A análise qualitativa das respostas dos participantes que preferiram o **Mapa Escuro** revela que o conforto visual é o principal fator influenciando sua preferência. Os usuários valorizam a redução do cansaço e irritação ocular, especialmente em ambientes de baixa luminosidade, onde o mapa escuro se torna mais adequado e menos agressivo à visão. Além disso, a percepção de melhor contraste e destaque dos elementos cartográficos facilita a identificação e interpretação das informações no mapa escuro. A familiaridade com modos escuros em outros dispositivos e aplicativos também contribui para a preferência por este estilo de mapa.

Esses *insights* indicam que o mapa escuro atende às necessidades de usuários que buscam uma experiência visualmente confortável e eficiente na interpretação de mapas. Considerando que uma parcela significativa dos participantes preferiu o mapa escuro, é recomendável que aplicações cartográficas ofereçam opções de personalização que incluam modos claros e escuros, permitindo que os usuários escolham o estilo que melhor se adapta às suas preferências e ao contexto de uso.

Em relação aos participantes que preferiram o **Mapa Claro** os principais temas identificados foram:

1. **Melhor visibilidade e nitidez dos detalhes:** Os participantes mencionaram que o mapa claro proporciona uma melhor visualização dos detalhes e elementos cartográficos. Eles relataram que as cores e contrastes no mapa claro facilitam a identificação de características como ruas, curvas de nível, cursos d'água e vegetação.
2. **Facilidade de interpretação e leitura:** Os participantes destacaram que o mapa claro é mais intuitivo e facilita a leitura e interpretação das informações apresentadas. Isso pode estar relacionado ao costume de utilizar mapas claros e à familiaridade com esse estilo.
3. **Costume e familiaridade:** Vários participantes atribuíram sua preferência ao hábito e à familiaridade com mapas claros, uma vez que esse é o estilo mais comumente utilizado em diversas aplicações e documentos cartográficos.
4. **Melhor contraste e diferenciação de cores:** O contraste entre as cores no mapa claro foi apontado como um fator que facilita a distinção entre diferentes elementos e áreas do mapa.
5. **Maior detalhamento:** Alguns participantes perceberam o mapa claro como sendo mais detalhado, o que contribuiu para uma experiência de uso melhor.
6. **Facilidade de visualização apesar do desconforto visual:** Alguns participantes reconheceram que, apesar do mapa escuro ser mais confortável para os olhos em termos de luminosidade, preferiram o mapa claro pela facilidade de visualização, mesmo que isso pudesse causar algum desconforto ocular.

A análise qualitativa das respostas dos participantes que preferiram o **Mapa Claro** revela que a familiaridade e o costume com mapas claros desempenham um papel significativo em sua preferência. A percepção de que o mapa claro oferece melhor visibilidade, nitidez dos detalhes, facilidade de interpretação e um contraste mais eficaz entre as cores contribuiu para uma experiência de uso mais satisfatória para esses usuários.

Esses *insights* sugerem que, embora o mapa escuro tenha sido preferido pela maioria, o mapa claro ainda atende às necessidades de uma parcela significativa de usuários que valorizam a clareza e a familiaridade proporcionadas por esse estilo. Portanto, oferecer opções de personalização que permitam ao usuário escolher entre mapas claros e escuros pode ser benéfico para atender às diversas preferências e melhorar a satisfação geral dos usuários.

A questão 5 buscou coletar sugestões e recomendações dos participantes para melhorar a experiência geral de uso do **Mapa Escuro**. Tanto os participantes que

preferiram o **Mapa Claro** quanto aqueles que preferiram o **Mapa Escuro** forneceram *insights* sobre o Mapa Escuro. Os principais temas identificados nas respostas foram:

1. **Aumento do contraste e destaque de elementos cartográficos:** Os participantes sugeriram que aumentar o contraste entre os elementos do mapa e o fundo escuro melhoraria a legibilidade e a facilidade de interpretação. Eles recomendaram destacar linhas, estradas, cursos d'água, limites territoriais e outros detalhes com cores mais vivas ou brilhantes para facilitar a visualização.
2. **Uso de cores mais vivas e variedade de cores:** Os participantes apontaram que o uso de cores mais vibrantes ou uma paleta de cores mais diversificada poderia melhorar a distinção entre diferentes elementos no mapa escuro. Sugeriram a utilização de cores que se destacam para representar áreas como vegetação, cursos d'água e estradas.
3. **Melhoria na nitidez e detalhamento:** Alguns participantes sugeriram que aumentar a nitidez e o detalhamento dos elementos no mapa escuro poderia facilitar a interpretação e a usabilidade. Destacaram a importância de aprimorar a representação de detalhes como rodovias, trilhas, limites territoriais e áreas urbanas.
4. **Variedade de cores:** A dificuldade em diferenciar elementos devido a tonalidades semelhantes foi mencionada. Participantes recomendaram o uso de contrastes mais fortes e a exploração de uma maior variedade de tons para facilitar a distinção entre diferentes áreas e símbolos.
5. **Familiarização e treinamento do usuário:** Alguns participantes reconheceram que a falta de familiaridade com o mapa escuro pode afetar a experiência de uso e sugeriram que a prática e o treinamento poderiam melhorar a adaptação a esse estilo de mapa.
6. **Inclusão de legendas e instruções:** A disponibilização de legendas claras e instruções foi mencionada como forma de auxiliar na interpretação dos símbolos e elementos presentes no mapa escuro.
7. **Personalização e ajustes de configuração:** Participantes sugeriram que permitir ajustes no contraste, brilho e intensidade das cores poderia ajudar os usuários a adaptarem o mapa escuro às suas preferências e necessidades visuais.
8. **Sem sugestões ou observações:** Alguns participantes declararam não ter sugestões específicas para a melhoria do mapa escuro ou consideraram que o mapa já oferecia uma boa experiência.

As sugestões fornecem diretrizes para aprimorar o **Mapa Escuro**. A necessidade de aumentar o contraste e melhorar a nitidez dos elementos cartográficos são recomendações recorrentes, indicando que a legibilidade e a distinção entre diferentes componentes do mapa podem ser aprimoradas.

Além disso, a inclusão de legendas, instruções e opções de personalização pode auxiliar os usuários a se adaptarem melhor ao mapa escuro. A familiarização e o treinamento dos usuários também surgem como fatores importantes para uma experiência de uso mais satisfatória, sugerindo que a exposição contínua e o uso frequente desse estilo de mapa podem reduzir a resistência inicial e melhorar a usabilidade.

Ao implementar as sugestões apresentadas, entende-se que é possível tornar o mapa escuro mais acessível e eficaz para um público mais amplo, aumentando a satisfação geral dos usuários. Essas *insights* reforçam a importância de considerar as preferências e necessidades de diferentes grupos de usuários ao desenvolver interfaces cartográficas, contribuindo para o aprimoramento contínuo dos produtos cartográficos digitais.

## 4.2 Análise específica

Nesta seção, aprofunda-se a análise dos resultados, examinando detalhadamente o desempenho dos participantes em tarefas específicas nos mapas Claro e Escuro. O objetivo é compreender como os primitivos objetivos das tarefas (*identificar, comparar, classificar e associar*) e os primitivos operandos (*espaço isolado e atributos no espaço*) influenciam a usabilidade em termos de eficiência e eficácia em cada estilo de mapa.

Para isso, calcularam-se os tempos médios de resposta e as taxas de acerto para cada combinação de operação e operando, permitindo uma comparação detalhada entre os mapas Claro e Escuro. O quadro 15 resume esses dados, apresentando os valores de tempo médio de realização (coluna 2), taxa de acerto (coluna 3) e média de arrastos do mapa (coluna 4) para atividades realizadas no mapa Claro, e tempo médio de realização (coluna 5), taxa de acerto (coluna 6) e média de arrastos do mapa (coluna 7) para atividades realizadas no mapa Escuro, considerando cada tipo de tarefa (coluna 1).

Tabela 15 – Análise de Operações com Mapa Claro e Mapa Escuro.

<b>Operação</b>	<b>Média tempo (s)</b>	<b>Mapa Claro</b>		<b>Mapa Escuro</b>		<b>Média Pan</b>
		<b>Taxa de Acer- tos</b>	<b>Média Pan</b>	<b>Taxa de Acer- tos</b>	<b>Média Pan</b>	
<b>Identificar</b>	29,1	69,99%	4,01	32,5	63,76%	4,85
Espaço Isolado	19,6	85,52%	3,64	21,7	84,47%	4,63
Atributos no Espaço	38,6	54,50%	4,38	43,2	43,05%	5,07
<b>Comparar</b>	16,8	96,05%	0,55	17,3	96,04%	0,60
Espaço Isolado	27,1	94,01%	0,81	27,1	93,99%	0,67
Atributos no Espaço	6,5	98,09%	0,29	7,5	98,09%	0,53
<b>Classificar</b>	14,7	88,01% (Q5) / 5,26 (Q6)	1,27	15,2	91,28% (Q5) / 5,29 (Q6)	1,23
Espaço Isolado	26,1	88,01% (Q5)	1,38	25,2	91,28% (Q5)	1,02
Atributos no Espaço	10,9	5,26 (Q6)	1,24	11,8	5,29 (Q6)	1,30
<b>Associar</b>	28,1	86,78%	3,24	29,8	89,37%	3,32
Espaço Isolado	32,2	82,29%	4,76	36,7	84,47%	5,33
Atributos no Espaço	24,0	91,28%	1,72	23,0	94,28%	1,31

Fonte: De autoria própria.

#### 4.2.1 *Identificar*

A análise da operação *Identificar* revelou que o tempo médio de resposta foi menor no mapa Claro (29,1 s) em comparação com o mapa Escuro (32,5 s), indicando que os participantes foram mais rápidos ao identificar elementos no mapa Claro.

Em relação à eficácia, a taxa de acertos também foi maior no mapa Claro (69,99%) do que no mapa Escuro (63,76%). Isso sugere que os participantes não apenas responderam mais rapidamente, mas também de forma mais acurada ao utilizar o mapa Claro para tarefas de identificação.

Agrupando os resultados pelos primitivos operandos, foi observado que, para o *Espaço Isolado*, o tempo médio de resposta foi menor no mapa Claro (19,6 s) em comparação com o mapa Escuro (21,7 s), e a taxa de acertos foi ligeiramente maior no mapa Claro (85,52%) em relação ao mapa Escuro (84,47%). Isso indica que, ao identificar elementos em espaços isolados, o mapa Claro proporcionou uma usabilidade ligeiramente melhor em termos de *eficiência* e *eficácia*.

Para o operando *Atributos no Espaço*, os tempos médios de resposta foram significativamente maiores em ambos os mapas, com o mapa Claro apresentando um tempo médio de 38,6 s e o mapa Escuro de 43,2 s. A taxa de acertos foi substancialmente menor nesta categoria, sendo de 54,50% no mapa Claro e 43,05% no mapa Escuro. Esses resultados sugerem que as tarefas de identificação envolvendo atributos no espaço foram mais desafiadoras para os participantes, especialmente no mapa Escuro, que apresentou tempos de resposta mais longos e taxas de acerto mais baixas.

Esses achados indicam que o mapa Claro proporcionou melhor desempenho geral nas tarefas de identificação, tanto em termos de velocidade quanto de precisão. A maior dificuldade encontrada nos atributos no espaço, especialmente no mapa Escuro, pode

estar associada a questões de contraste e destaque de elementos cartográficos, conforme apontado nas análises qualitativas anteriores.

#### 4.2.2 Comparar

Na operação *Comparar*, os tempos médios de resposta foram semelhantes entre os mapas Claro e Escuro. O mapa Claro apresentou um tempo médio de resposta de 16,8 s, enquanto o mapa Escuro teve um tempo médio de 17,3 s. A diferença de aproximadamente 0,5 s é relativamente pequena, sugerindo que ambos os mapas proporcionaram eficiência semelhante nas tarefas de comparação.

Em termos de eficácia, as taxas de acertos foram praticamente idênticas nos dois mapas, com 96,05% no mapa Claro e 96,04% no mapa Escuro. Esses índices de acerto indicam que os participantes foram acurados nas tarefas de comparação, independentemente do estilo do mapa.

Ao analisar os primitivos operandos, observou-se que para o *Espaço Isolado*, os tempos médios de resposta foram praticamente iguais entre os mapas Claro (27,1 s) e Escuro (27,1 s), com taxas de acertos também muito próximas (94,01% no Claro e 93,99% no Escuro). Isso reforça a conclusão de que o estilo do mapa não influenciou significativamente a usabilidade nas tarefas de comparação envolvendo espaços isolados.

Para o operando *Atributos no Espaço*, os tempos médios de resposta foram menores em ambos os mapas, com 6,5 s no mapa Claro e 7,5 s no mapa Escuro. As taxas de acertos foram elevadas e iguais em ambos os mapas (98,09%). Apesar do tempo médio de resposta ligeiramente maior no mapa Escuro, a diferença não é significativa, indicando que os participantes conseguiram executar as tarefas de comparação de atributos no espaço de forma eficiente e precisa em ambos os estilos de mapa.

#### 4.2.3 Classificar

Na operação *Classificar*, foi avaliada a eficácia por meio da taxa de acertos na questão 5 e a pontuação média na questão 6, que refletem a qualidade da classificação realizada pelos participantes.

O tempo médio de resposta foi ligeiramente menor no mapa Claro (14,7 s) em comparação com o mapa Escuro (15,2 s), indicando que os participantes foram um pouco mais rápidos ao classificar utilizando o mapa Claro.

Em relação à eficácia na questão 5, a taxa de acertos foi de 88,01% (Q5) no mapa Claro e 91,28% (Q5) no mapa Escuro, sugerindo que os participantes tiveram um desempenho ligeiramente melhor no mapa Escuro para esta tarefa específica. A pontuação média na questão 6 foi semelhante entre os mapas, com 5,26 (Q6) no mapa Claro e 5,29

(Q6) no mapa Escuro, indicando que ambos os mapas permitiram uma classificação de qualidade equivalente.

Analizando os tempos médios de resposta, observou-se que, para o operando *Espaço Isolado*, o tempo médio foi maior em ambos os mapas, com 26,1 s no mapa Claro e 25,2 s no mapa Escuro. Já para o operando *Atributos no Espaço*, os tempos médios de resposta foram menores, sendo 10,9 s no mapa Claro e 11,8 s no mapa Escuro. Esses resultados indicam que a eficiência, medida pelo tempo de resposta, variou conforme o tipo de operando, independentemente do estilo do mapa.

Esses achados sugerem que os participantes foram mais rápidos nas tarefas envolvendo o operando *Atributos no Espaço*, independentemente do estilo do mapa. No operando *Espaço Isolado*, os tempos médios de resposta foram maiores em ambos os mapas. A eficácia nas tarefas de classificação foi ligeiramente superior no mapa Escuro, porém a diferença na pontuação média entre os mapas foi mínima. Isso indica que ambos os mapas proporcionaram uma experiência de classificação semelhante em termos de qualidade, e que a eficiência variou mais em função do tipo de operando do que do estilo do mapa.

#### Análise do Efeito da Textura

Para investigar o impacto da adição de uma camada de textura sobre a camada de vegetação no mapa escuro, foi realizada uma análise específica na Questão 6, que corresponde à operação *Comparar* com o operando *Atributos no Espaço*. Essa análise visou avaliar se a presença da textura influenciou o desempenho dos participantes na tarefa de comparação de atributos espaciais.

#### Hipóteses:

- **Hipótese Nula ( $H_0$ ):** Não há diferença estatisticamente significativa nas pontuações da Questão 6 entre o grupo com textura e o grupo sem textura. As distribuições das pontuações dos dois grupos são iguais.
- **Hipótese Alternativa ( $H_1$ ):** Existe uma diferença estatisticamente significativa nas pontuações da Questão 6 entre o grupo com textura e o grupo sem textura. As distribuições das pontuações dos dois grupos não são iguais.

Os resultados obtidos indicam que o grupo que utilizou o mapa escuro com textura (Grupo com Textura) apresentou uma média de pontuação de 5,44 (mediana = 6,00; desvio padrão = 1,02;  $N = 80$ ), enquanto o grupo que utilizou o mapa escuro sem textura (Grupo sem Textura) obteve uma média de 5,03 (mediana = 6,00; desvio padrão = 1,18;  $N = 107$ ). Ambas as distribuições não seguiram a normalidade, conforme o teste de Shapiro-Wilk ( $p < 0,0001$  em ambos os casos).

Para verificar a existência de diferença estatisticamente significativa entre os grupos, foi aplicado o teste não paramétrico de Mann-Whitney U. O resultado do teste apresentou uma estatística U de 5.068,5 com valor  $p = 0,0107$ , indicando que há diferença significativa entre os grupos ( $p < 0,05$ ).

Esses achados sugerem que a adição da camada de textura no mapa escuro contribuiu para um melhor desempenho dos participantes na tarefa de comparação de atributos no espaço. A presença da textura pode ter facilitado a percepção e distinção das áreas de vegetação, aprimorando a eficácia na execução da tarefa.

Portanto, a inclusão de texturas em mapas escuros mostra-se uma estratégia eficaz para melhorar a usabilidade em tarefas que envolvem a comparação de atributos espaciais, especialmente em níveis de zoom elevados, onde detalhes adicionais podem ser essenciais para a compreensão do mapa.

#### 4.2.4 *Associar*

Na operação *Associar*, os tempos médios de resposta foram menores no mapa Claro (28,1 s) em comparação com o mapa Escuro (29,8 s), indicando que os participantes foram mais rápidos ao associar informações utilizando o mapa Claro.

Quanto à eficácia, a taxa de acertos foi ligeiramente maior no mapa Escuro (89,37%) em comparação com o mapa Claro (86,78%), sugerindo que, apesar de serem mais rápidos no mapa Claro, os participantes foram um pouco mais precisos no mapa Escuro.

Analizando os primitivos operandos, para o *Espaço Isolado*, os tempos médios de resposta foram maiores em ambos os mapas, com 32,2 s no mapa Claro e 36,7 s no mapa Escuro. As taxas de acertos foram de 82,29% no mapa Claro e 84,47% no mapa Escuro, indicando um desempenho ligeiramente melhor no mapa Escuro em termos de eficácia, embora com tempos de resposta maiores.

Para o operando *Atributos no Espaço*, os tempos médios de resposta foram menores, com 24,0 s no mapa Claro e 23,0 s no mapa Escuro. Neste caso, o mapa Escuro proporcionou um tempo médio de resposta menor e uma taxa de acertos superior (94,28% no Escuro contra 91,28% no Claro).

Esses resultados indicam que, nas tarefas de associação envolvendo atributos no espaço, o mapa Escuro ofereceu melhor desempenho tanto em eficiência quanto em eficácia. Já nas tarefas envolvendo espaço isolado, apesar do tempo de resposta ser maior no mapa Escuro, a eficácia foi ligeiramente superior.

De forma geral, a operação de associação parece ser influenciada pelo estilo do mapa, com o mapa Escuro proporcionando uma eficácia ligeiramente superior, especialmente em tarefas envolvendo atributos no espaço. Isso pode estar relacionado à forma como os

elementos são destacados no mapa Escuro, facilitando a associação de informações pelos usuários.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 Conclusões

O objetivo principal desta pesquisa foi investigar, segundo a percepção dos usuários de geoinformação, o impacto da alteração na simbologia das feições cartográficas, por meio de cores e texturas, em um produto cartográfico digital para utilização em ambiente de baixa luminosidade. A hipótese formulada sugere que tais alterações reduzem a perda de informação decorrente da redução da luminosidade da mídia de exibição, permitindo que os usuários mantenham uma compreensão adequada das feições representadas em condições de baixa luminosidade.

Para alcançar o objetivo da pesquisa, foi desenvolvida uma metodologia que envolveu a criação de dois mapas digitais: um com estilo de cores claras e outro com estilo de cores escuras. Os mapas foram apresentados a usuários de geoinformação em um ambiente controlado de baixa luminosidade, onde realizaram tarefas relacionadas à identificação, comparação, classificação e associação e responderam específicas destinadas a avaliar a *eficácia, eficiência e satisfação* na interação do usuário com o mapa.

A coleta de dados incluiu medidas quantitativas, como o tempo de resposta e a taxa de acertos nas tarefas, bem como dados qualitativos obtidos por meio de questionários que capturaram as percepções subjetivas dos participantes em relação aos mapas claro e escuro. A análise estatística dos dados buscou identificar diferenças significativas entre os dois estilos de mapa nos aspectos de *eficácia* e *eficiência*. A análise qualitativa das respostas abertas permitiu compreender as preferências dos usuários e os fatores que influenciaram sua *satisfação*.

Os resultados obtidos indicam que não houve diferença estatisticamente significativa na *eficácia* entre os mapas claro e escuro, sugerindo que a precisão nas tarefas propostas não foi afetada pelo estilo do mapa.

Em termos de *eficiência*, os participantes apresentaram tempos de resposta menores ao utilizar o mapa claro. A análise estatística revelou que o estilo do mapa influenciou significativamente os tempos de resposta, com o mapa claro permitindo uma interação mais rápida. Esse resultado sugere que, embora a *eficácia* tenha sido mantida em ambos os estilos, o mapa claro proporcionou maior rapidez na execução das tarefas e, consequentemente, melhor *eficiência*.

Quanto à *satisfação*, 71,66% preferiu o mapa escuro, avaliando-o positivamente em termos de conforto visual e facilidade de interpretação em ambientes de baixa luminosidade. Os motivos apontados incluíram o menor cansaço visual, melhor contraste e adequação

a ambientes escuros. Por outro lado, 28,34% dos participantes preferiu o mapa claro, destacando a familiaridade, facilidade de interpretação e melhor visibilidade dos detalhes.

A análise específica das operações cartográficas revelou que o mapa claro proporcionou maior *eficiência* em todos os primitivos objetivos, enquanto o mapa escuro apresentou *eficácia* ligeiramente superior em operações de *classificação* e *associação*. Essas diferenças podem estar relacionadas a fatores como contraste, destaque de elementos cartográficos e familiaridade dos usuários com cada estilo de mapa.

Essas diferenças podem ser atribuídas a fatores como contraste e familiaridade dos usuários com cada estilo de mapa. Enquanto o mapa Claro pode facilitar a rápida identificação de elementos devido ao maior contraste entre símbolos e fundo, o mapa Escuro pode melhorar a precisão em tarefas que exigem atenção a detalhes específicos, possivelmente por reduzir o cansaço visual e melhorar o foco dos participantes.

Diante disso, percebe-se que esses *insights* enfatizam a importância de considerar o contexto de uso e o tipo de tarefa ao escolher ou desenvolver estilos de mapas para aplicações cartográficas. Oferecer opções personalizáveis, que permitam aos usuários selecionar o estilo que melhor atenda às suas necessidades e preferências, pode aprimorar a usabilidade e a satisfação em diferentes situações.

Em relação à avaliação da usabilidade, constatou-se que a *eficácia* foi similar em ambos os mapas. Embora o mapa claro tenha oferecido maior *eficiência* em termos de velocidade de interação, o mapa escuro foi preferido pela maioria dos usuários devido ao conforto visual, indicando que a alteração nas cores e texturas pode contribuir positivamente para a *satisfação* do usuário em condições de baixa luminosidade. Dessa forma, os achados deste estudo sugerem que a alteração na representação das feições cartográficas, por meio de cores e texturas, permite que os usuários mantenham uma compreensão adequada das informações em ambientes de baixa luminosidade, confirmando a hipótese proposta.

Essas conclusões têm implicações para o campo da Cartografia; A adoção de mapas digitais com estilos escuros pode melhorar a experiência do usuário em ambientes de baixa luminosidade, reduzindo o cansaço visual e aumentando o conforto, sem comprometer a acurácia das tarefas cartográficas.

## 5.2 Limitações do Estudo

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas ao interpretar os resultados. Primeiramente, a amostra foi composta por participantes de um contexto específico, o que pode limitar a generalização dos achados para outras populações. Além disso, o experimento foi conduzido em um ambiente controlado, que, embora simule

condições de baixa luminosidade, pode não refletir completamente as condições reais de uso.

Outra limitação diz respeito ao *efeito de aprendizagem* observado entre as sessões, que pode ter influenciado os tempos de resposta e a familiaridade dos participantes com os mapas. Embora tenha sido considerado na análise, esse efeito pode ter impactado a comparação entre os estilos de mapa.

Por fim, a avaliação da *satisfação* foi baseada em questionários autorrelatados, que, apesar de fornecerem *insights* valiosos, estão sujeitos a vieses individuais e subjetivos.

### 5.3 Sugestões para Trabalhos Futuros

Embora o presente estudo tenha sido conduzido em um ambiente controlado que simulou condições de baixa luminosidade, é importante validar os achados em cenários operacionais reais. Recomenda-se a realização de experimentos em campo, onde fatores como clima, terreno, estresse e outras variáveis ambientais podem afetar a interação dos usuários com os mapas. A avaliação em condições práticas permitirá verificar a aplicabilidade das conclusões em situações reais de uso, identificar desafios não observados em ambiente controlado e ajustar os mapas para melhor atender às necessidades dos usuários em contextos operacionais.

Há potencial para investigar o uso de tecnologias avançadas na personalização e adaptação de mapas digitais. Estudos podem examinar como a realidade aumentada, inteligência artificial e interfaces adaptativas podem ser integradas ao design de mapas para ajustar automaticamente aspectos visuais com base em condições contextuais, como a luminosidade ambiental, e nas preferências individuais dos usuários. Pesquisas nessa área podem incluir o desenvolvimento e teste de algoritmos de aprendizado de máquina que analisem padrões de uso para otimizar a interface, ou o uso de sensores de luminosidade para adaptar dinamicamente o contraste e as cores do mapa.

Outra direção para pesquisas futuras é a utilização de dispositivos de rastreamento ocular (*eye tracking*) para aprofundar a compreensão sobre a interação dos usuários com mapas digitais em ambientes de baixa luminosidade. O rastreamento ocular permite capturar dados precisos sobre os padrões de fixação e movimentos oculares dos usuários enquanto interagem com o mapa, fornecendo detalhes sobre quais elementos visuais atraem mais atenção e quais as áreas de dificuldade na interpretação.

Pesquisas que incorporam o *eye tracking* podem investigar como diferentes estilos de mapas influenciam a atenção visual e a eficiência na busca de informações geoespaciais. Por exemplo, pode-se analisar se o mapa escuro direciona a atenção dos usuários de maneira diferente em comparação ao mapa claro, ou se determinados elementos cartográficos são

mais facilmente identificados em um estilo específico. Além disso, o rastreamento ocular pode auxiliar na identificação de sobrecarga cognitiva ou esforço visual, especialmente em condições de baixa luminosidade.

Os resultados desta pesquisa evidenciaram variações nas preferências dos usuários em relação aos estilos de mapa, com alguns demonstrando predileção pelo mapa claro e outros pelo escuro. Diante disso, recomenda-se o aprofundamento de estudos que investiguem o impacto da personalização de mapas digitais na usabilidade. Pesquisas futuras podem explorar quais elementos visuais são mais significativos para diferentes grupos de usuários e como a possibilidade de personalização influencia a *eficiência* e a *eficácia* na interação com mapas em ambientes de baixa luminosidade.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. *NBR 9241-11. Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores. Parte 11 – Orientações sobre Usabilidade*. Rio de Janeiro, 2021. Citado nas pp. 31, 32.
- ARCHELA, R. S.; ARCHELA, E. Correntes da cartografia teórica e seus reflexos na pesquisa. *Geografia*, v. 11, n. 2, p. 161–170, 2002. Disponível em: <[https://docs.fct.unesp.br/docentes/geo/raul/cartografia\\_tematica/leitura%202/1-correntes%20da%20cartografia%20te%C3%ADrica.pdf](https://docs.fct.unesp.br/docentes/geo/raul/cartografia_tematica/leitura%202/1-correntes%20da%20cartografia%20te%C3%ADrica.pdf)>. Acesso em: 30 mai. 2023. Citado nas pp. 23, 29.
- BERTIN, J. *Semiology of graphics*. [S.l.]: University of Wisconsin press, 1983. Citado nas pp. 29, 30.
- BEZERRA, E. R. Fadiga de Combate: Propostas para viabilizar o combate continuado. *Revista Militar de Ciência e Tecnologia*, 2000. Disponível em: <[https://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT\\_4\\_tri\\_2011/RMCT\\_041\\_E6A\\_11.pdf](https://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT_4_tri_2011/RMCT_041_E6A_11.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2023. Citado na p. 28.
- BOARD, C. Cartographic communication. In: DODGE, M.; KITCHIN, R.; PERKINS, C. (Ed.). *The map reader: theories of mapping practice and cartographic representation*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2011. P. 37–47. Citado nas pp. 23, 24.
- BRASIL. *Decreto-Lei nr. 243, de 28 de fevereiro de 1967*. [S.l.: s.n.], fev. 1967. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1960-1969/decreto-lei-243-28-fevereiro-1967-376132-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 27 dez. 2024. Citado na p. 17.
- BRITO, L. A. T.; SILVA, L. F. C. F. da. A influência da fadiga de combate na utilização de cartas. *Revista Militar de Ciência e Tecnologia*, 2011. Disponível em: <[https://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT\\_4\\_tri\\_2011/RMCT\\_041\\_E6A\\_11.pdf](https://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT_4_tri_2011/RMCT_041_E6A_11.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2023. Citado na p. 28.
- BRUCE, P.; BRUCE, A.; GEDECK, P. *Practical statistics for data scientists: 50+ essential concepts using R and Python*. [S.l.]: O'Reilly Media, 2020. Citado nas pp. 44–46.
- CARDOSO, R. L. Usability evaluation of digital maps in light and dark modes, 2025. Disponível em: <<https://github.com/cardoso-ime/usability-evaluation-of-digital-maps-in-light-and-dark-modes>>. Acesso em: 6 jan. 2025. Citado na p. 61.
- CARDOSO, R. L.; DINIZ, F. d. C. Análise da aplicabilidade de produtos cartográficos expeditos nos diferentes escalões do Exército Brasileiro. *Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais*, 2020. Citado nas pp. 41–43, 55.

- CARVALHO, G. d. *Saiba mais sobre o olho humano*. [S.l.: s.n.], 2009. Disponível em: <<http://gelson-dct.blogspot.com/2009/11/saiba-mais-sobre-o-olho-humano.html>>. Acesso em: 13 nov. 2023. Citado na p. 22.
- CASTRO, J. F. M. Comunicação cartográfica e visualização cartográfica. Boletim paulista de geografia, v. 87, p. 67–83, 2007. Disponível em: <<https://publicacoes.agb.org.br/index.php/boletim-paulista/article/download/696/578>>. Acesso em: 30 mai. 2023. Citado na p. 24.
- CATECATI, T.; FAUST, F. G.; ROEPKE, G. A. L.; ARAUJO, F. S.; ALBERTAZZI, D.; RAMIREZ, A. R. G.; FERREIRA, M. G. G. Métodos para a avaliação da usabilidade no design de produtos. DAPesquisa, v. 6, n. 8, p. 564–581, 2011. Citado na p. 32.
- CHEN, X.; CHEN, Y.; MA, Z.; FERNANDES, F. C. A. How is Energy Consumed in Smartphone Display Applications? Proceedings of the 14th Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, 2013. ISBN: 9781450314213. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/2444776.2444781>>. Acesso em: 30 mai. 2023. Citado na p. 17.
- CHRISTOPHE, S.; ZANIN, C.; ROUSSAFFA, H. Colours harmony in cartography. In: PROCEEDINGS of the 25th International Cartographic Conference. [S.l.: s.n.], 2011. P. 3–8. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/236330793\\_Colours\\_harmony\\_in\\_cartography](https://www.researchgate.net/publication/236330793_Colours_harmony_in_cartography)>. Acesso em: 7 dez. 2023. Citado na p. 30.
- ÇÖLTEKİN, A.; HEIL, B.; GARLANDINI, S.; FABRIKANT, S. I. Evaluating the effectiveness of interactive map interface designs: a case study integrating usability metrics with eye-movement analysis. Cartography and Geographic Information Science, v. 36, n. 1, p. 5–17, 2009. Publisher: Taylor & Francis. Citado na p. 49.
- CONCAR. *Especificação técnica para a estruturação de dados geoespaciais vetoriais de defesa da força terrestre 3.0 (ET-EDGV)*. [S.l.]: Biblioteca Digital do Exército, 2017. Disponível em: <[https://bdgex.eb.mil.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=81&Itemid=353&lang=pt](https://bdgex.eb.mil.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=81&Itemid=353&lang=pt)>. Acesso em: 30 out. 2023. Citado nas pp. 17, 40.
- DCT. *Regulamento da Diretoria de Serviço Geográfico (R-74)*. [S.l.]: Departamento de Ciência e Tecnologia, 2008. Disponível em: <[www.sgex.eb.mil.br/sg8/001\\_estatuto\\_regulamentos\\_regimentos/02\\_regulamentos/port\\_n\\_113\\_cmdo\\_eb\\_14mar2008.html](http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/001_estatuto_regulamentos_regimentos/02_regulamentos/port_n_113_cmdo_eb_14mar2008.html)>. Acesso em: 13 nov. 2023. Citado na p. 19.
- DEEB, R.; OOMS, K.; EETVELDE, V. V.; MAEYER, P. D. Towards a deeper understanding of cartographic text visualisation: Assessment of user preferences and colour influence. The Cartographic Journal, v. 52, n. 4, p. 325–335, 2015. Citado na p. 19.
- DENT, B. D.; TORGUSON, J.; HODLER, T. W. *Cartography : thematic map design*. 6. ed. [S.l.: s.n.], 2009. ISBN 978-0-07-294382-5. Citado nas pp. 26, 29, 31, 38.

- DSG. *Norma da especificação técnica para aquisição de dados geoespaciais vetoriais (ET-ADGV 3.0)*. [S.l.]: Biblioteca Digital do Exército, 2018. Disponível em: <[https://bdgex.eb.mil.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=82&Itemid=354&lang=pt](https://bdgex.eb.mil.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=82&Itemid=354&lang=pt)>. Acesso em: 30 out. 2023. Citado na p. 40.
- EXÉRCITO BRASILEIRO. *C 21-74 - Instrução Individual para o Combate*. [S.l.]: Biblioteca Digital do Exército, 1986. Disponível em: <<https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/326/5/C-21-74-final.pdf>>. Acesso em: 4 out. 2023. Citado na p. 17.
- \_\_\_\_\_. *C 21-75-1 - Patrulhas*. [S.l.]: Biblioteca Digital do Exército, 2004. Citado na p. 16.
- \_\_\_\_\_. *EB70-MC-10.223 - Operações*. 5. ed. [S.l.]: Biblioteca Digital do Exército, 2017. Citado na p. 16.
- \_\_\_\_\_. *Manual de Campanha EB20-MC-10.209 - Geoinformação*. [S.l.]: Biblioteca Digital do Exército, 2014. Disponível em: <<https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/manuais-eb/EB20-MC-10.209.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2023. Citado na p. 16.
- \_\_\_\_\_. *T 34-700 - convenções cartográficas*. 2. ed. [S.l.]: Biblioteca Digital do Exército, 2002. Disponível em: <<https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/1/2596/1/T-34-700-1-Parte.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2023. Citado na p. 39.
- FALCHETTA, P. Perception, cognition and technology in the reading of digital cartography. *e-Perimetron*, v. 1, n. 1, p. 77–80, 2006. Disponível em: <[https://www.academia.edu/82997770/Perception\\_cognition\\_and\\_technology\\_in\\_the\\_reading\\_of\\_digital\\_cartography](https://www.academia.edu/82997770/Perception_cognition_and_technology_in_the_reading_of_digital_cartography)>. Acesso em: 30 abr. 2023. Citado na p. 27.
- GOLDSTEIN, E. B.; CACCIAMANI, L. *Sensation and perception*. [S.l.]: Cengage Learning, 2021. Citado na p. 23.
- GRIFFIN, A. L. Cartography, visual perception and cognitive psychology. In: THE Routledge handbook of mapping and cartography. [S.l.]: Routledge, 2017. P. 44–54. Citado nas pp. 27, 28.
- IOGP. *EPSG:3857 - WGS 84 / pseudo-mercator*. [S.l.]: International Association of Oil & Gas Producers, 2020. Disponível em: <[https://epsg.org/crs\\_3857/WGS-84-Pseudo-Mercator.html](https://epsg.org/crs_3857/WGS-84-Pseudo-Mercator.html)>. Acesso em: 27 dez. 2024. Citado na p. 38.
- JONES, C. B. *Geographical information systems and computer cartography*. [S.l.]: Routledge, 2014. Citado na p. 33.
- JORDAN, P. W. *An introduction to usability*. [S.l.]: Crc Press, 2002. Citado nas pp. 31, 32.
- KEATES, J. S. *Understanding maps*. [S.l.]: Routledge, 2014. Citado na p. 27.
- KENT, A. Topographic maps: methodological approaches for analyzing cartographic style. *Journal of Map & Geography Libraries*, v. 5, n. 2, p. 131–156, 2009. Citado na p. 39.

- KRAAK, M.-J.; ORMELING, F. *Cartography: Visualization of spatial data.* [S.l.]: Pearson Education, 2010. Citado na p. 30.
- KUEHNI, R. G. *Color: An introduction to practice and principles.* [S.l.]: John Wiley & Sons, 2012. Citado nas pp. 21, 22.
- LI, Y.; MA, W.; KANG, Q.; QIAO, L.; TANG, D.; QIU, J.; ZHANG, Q.; LI, H. Night or darkness, which intensifies the feeling of fear? *International Journal of Psychophysiology*, v. 97, n. 1, p. 46–57, 2015. Citado nas pp. 18, 28.
- LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*, 1932. Citado na p. 33.
- LIMA, L. L. d. *Cartografia rápida para apoio a operações militares.* 2022. Mestrado em Engenharia Cartográfica – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro. Citado nas pp. 42, 43, 55.
- LOOIJE, R.; BRAKE, G. M. te; NEERINCX, M. A. Usability engineering for mobile maps. In: PROCEEDINGS of the 4th international conference on mobile technology, applications, and systems and the 1st international symposium on Computer human interaction in mobile technology. [S.l.: s.n.], 2007. P. 532–539. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/220983009\\_Usability\\_engineering\\_for\\_mobile\\_maps](https://www.researchgate.net/publication/220983009_Usability_engineering_for_mobile_maps)>. Acesso em: 10 nov. 2023. Citado na p. 32.
- MACEACHREN, A. M. *How maps work: representation, visualization, and design.* [S.l.]: Guilford Press, 2004. Citado nas pp. 24, 25.
- \_\_\_\_\_. *Visualization in modern cartography: setting the agenda.* [S.l.]: Pergamon Oxford, 1994. Citado na p. 25.
- MANN, H. B.; WHITNEY, D. R. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The annals of mathematical statistics*, p. 50–60, 1947. Publisher: JSTOR. Citado na p. 47.
- MAPBOX. *Mapbox.* [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <<https://www.mapbox.com/maps/>>. Acesso em: 5 nov. 2023. Citado nas pp. 20, 43, 44, 54.
- \_\_\_\_\_. *Mapbox Style Specification.* [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <<https://docs.mapbox.com/style-spec/guides/>>. Acesso em: 5 nov. 2023. Citado na p. 54.
- \_\_\_\_\_. *Monochrome Dark.* [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <<https://studio.mapbox.com/>>. Acesso em: 5 nov. 2023. Citado nas pp. 20, 43, 44, 54.
- \_\_\_\_\_. *Monochrome Midnight.* [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <<https://studio.mapbox.com/>>. Acesso em: 5 nov. 2023. Citado nas pp. 20, 43, 44, 54.
- \_\_\_\_\_. *Navigation Night.* [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <<https://api.mapbox.com/styles/v1/mapbox/navigation-night-v1.html>>. Acesso em: 5 nov. 2023. Citado nas pp. 20, 43, 44, 54.

- MAPLIBRE. *MapLibre GL JS*. [S.l.]: GitHub, 2023. Disponível em: <<https://github.com/maplibre/maplibre-gl-js>>. Acesso em: 13 nov. 2023. Citado na p. 54.
- MAPTILER. *Basic*. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <<https://cloud.maptiler.com/maps/basic-v2/>>. Acesso em: 13 nov. 2023. Citado na p. 56.
- \_\_\_\_\_. *Basic Dark*. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <<https://cloud.maptiler.com/maps/basic-v2-dark/>>. Acesso em: 13 nov. 2023. Citado nas pp. 20, 43, 44, 54–56.
- \_\_\_\_\_. *Dark Matter*. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <<https://cloud.maptiler.com/maps/darkmatter/customize>>. Acesso em: 13 nov. 2023. Citado nas pp. 20, 54, 56.
- \_\_\_\_\_. *Maptiler*. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <<https://www.maptiler.com/>>. Acesso em: 13 nov. 2023. Citado nas pp. 20, 43, 44, 54, 56.
- \_\_\_\_\_. *TileServer GL*. [S.l.]: GitHub, 2023. Disponível em: <<https://github.com/maptiler/tileserver-gl>>. Acesso em: 13 nov. 2023. Citado na p. 54.
- \_\_\_\_\_. *Toner*. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <<https://api.maptiler.com/maps/toner-v2/style.json>>. Acesso em: 13 nov. 2023. Citado na p. 20.
- MCMASTER, R. B.; SHEA, K. S. Generalization in digital cartography. In. Citado nas pp. 26, 27.
- MILLER, M. D.; LINN, R. L.; GRONLUND, N. E. Measurement and assessment in teaching, 2009. Publisher: Merrill/Pearson, citado na p. 65.
- NACHAR, N. *et al.* The Mann-Whitney U: A test for assessing whether two independent samples come from the same distribution. Tutorials in quantitative Methods for Psychology, v. 4, n. 1, p. 13–20, 2008. Citado na p. 47.
- OLAYA, V. *Geographical data*. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <<https://volaya.github.io/gis-book/en/Data.html>>. Acesso em: 24 out. 2023. Citado na p. 34.
- OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS. *OpenStreetMap Carto*. [S.l.]: GitHub, 2023. Disponível em: <<https://github.com/gravitystorm/openstreetmap-carto>>. Acesso em: 23 out. 2023. Citado na p. 39.
- \_\_\_\_\_. *Zoom levels*. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <[https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Zoom\\_levels](https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Zoom_levels)>. Acesso em: 28 set. 2023. Citado nas pp. 38, 39.
- ORDNANCE SURVEY. *Getting started with vector tiles*. [S.l.: s.n.], 2021. Disponível em: <<https://www.ordnancesurvey.co.uk/documents/user-guides/getting-started-with-vector-tiles-v1.0.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2025. Citado na p. 37.
- ORY, J.; CHRISTOPHE, S.; FABRIKANT, S. I.; BUCHER, B. How do map readers recognize a topographic mapping style? *The Cartographic Journal*, v. 52, n. 2, p. 193–203, 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/284898837\\_How\\_Do\\_Map\\_Readers\\_Recognize\\_a\\_Topographic\\_Mapping\\_Style](https://www.researchgate.net/publication/284898837_How_Do_Map_Readers_Recognize_a_Topographic_Mapping_Style)>. Acesso em: 27 ago. 2023. Citado nas pp. 39, 55.

- OSGOOD, C. E.; SUCI, G. J.; TANNENBAUM, P. H. *The measurement of meaning*. [S.l.]: University of Illinois press, 1957. Number: 47. Citado na p. 33.
- PANDIS, N. The chi-square test. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics, v. 150, n. 5, p. 898–899, 2016. Publisher: Elsevier. Citado na p. 46.
- PEARSON, I. *Map Projections Theory and Applications*. [S.l.]: Routledge, 2018. Citado na p. 38.
- PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S. Cor de fundo de mapas de sistemas de guia de rota. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. [S.l.: s.n.], jul. 2010. P. 1–7. Citado nas pp. 17, 19.
- QGIS. *Working with Vector Tiles*. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <[https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/user\\_manual/working\\_with\\_vector\\_tiles/vector\\_tiles\\_properties.html](https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/user_manual/working_with_vector_tiles/vector_tiles_properties.html)>. Acesso em: 28 set. 2023. Citado na p. 37.
- QIAO, L.; WU, M. Light mode and dark mode: Which one is suitable when using public-facing web maps? An experimental evaluation using eye-tracking. Transactions in GIS, abr. 2023. ISSN 14679671. DOI: 10.1111/tgis.13038. Citado nas pp. 17, 19, 50.
- RAZALI, N. M.; WAH, Y. B. *et al.* Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. Journal of statistical modeling and analytics, v. 2, n. 1, p. 21–33, 2011. Citado na p. 47.
- ROBINSON, A. H.; PETCHENIK, B. B.; KANAKUBO, T. The map as a communication system. Map: Journal of the Japan Cartographers Association, v. 15, n. 1, p. 1–10, 1977. Citado na p. 24.
- ROTH, R. E. An empirically-derived taxonomy of interaction primitives for interactive cartography and geovisualization. IEEE transactions on visualization and computer graphics, v. 19, n. 12, p. 2356–2365, 2013. Publisher: IEEE. Citado nas pp. 7, 8, 33–36, 50, 51.
- RYER, A. Light measurement handbook, 1997. Publisher: International Light. Citado na p. 59.
- SANDI, C. Stress and cognition. Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science, v. 4, n. 3, p. 245–261, 2013. Citado na p. 28.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika, v. 52, n. 3-4, p. 591–611, 1965. Publisher: Oxford University Press. Citado na p. 47.
- SHARPE, D. T. *The psychology of color and design*. [S.l.]: Nelson-Hall, 1974. Citado na p. 29.
- SZRAJMAN, A. D. *Geoinformação Digital: uso e necessidades no Exército Brasileiro*. 2020. Mestrado – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro. Citado nas pp. 40, 41, 43, 55.

TALLARIDA, R. J.; MURRAY, R. B.; TALLARIDA, R. J.; MURRAY, R. B. Chi-square test. Manual of pharmacologic calculations: with computer programs, p. 140–142, 1987. Publisher: Springer. Citado na p. 46.

TODOROVIC, D. Gestalt principles. Scholarpedia, v. 3, n. 12, p. 5345, 2008. Disponível em: <[http://www.scholarpedia.org/article/Gestalt\\_principles](http://www.scholarpedia.org/article/Gestalt_principles)>. Acesso em: 19 set. 2023. Citado na p. 28.

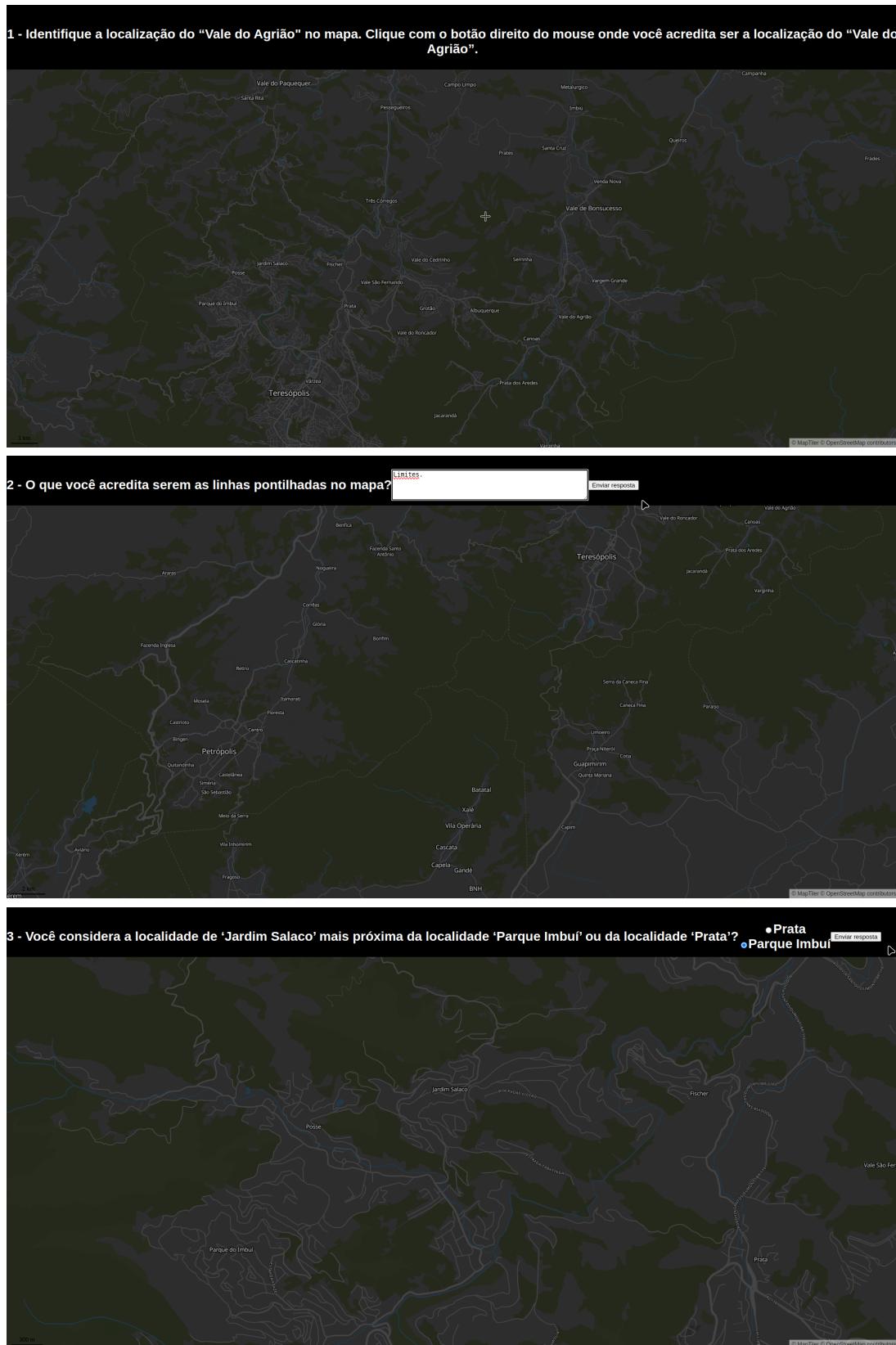
YAN, W.; ZHANG, X.; DENG, L.; LIU, Z. Research on the generality of icon sizes based on visual attention. Engineering Reports, v. 5, n. 3, e12577, 2023. Publisher: Wiley Online Library. Citado na p. 62.

## APÊNDICE A – AVALIAÇÃO

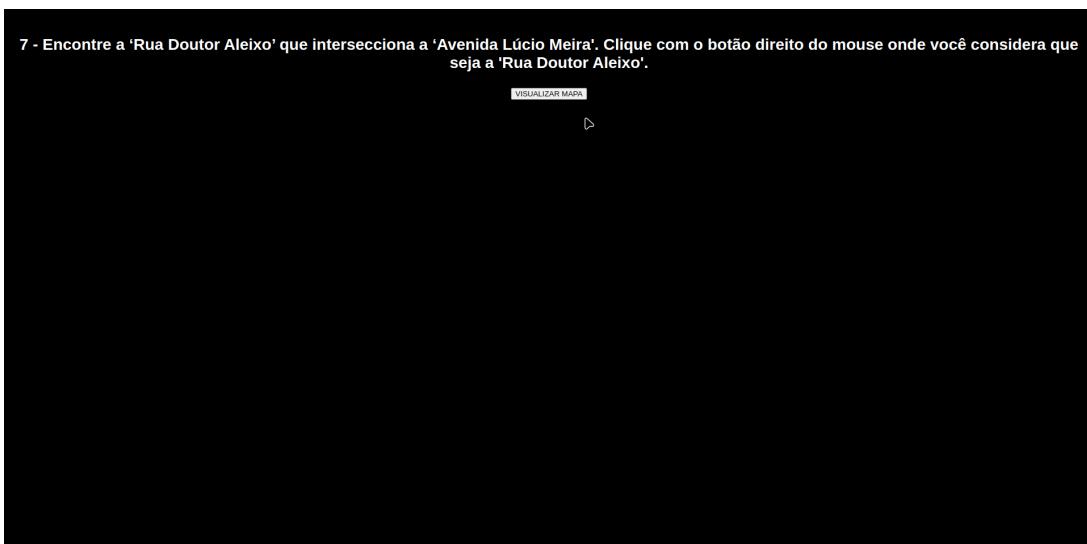
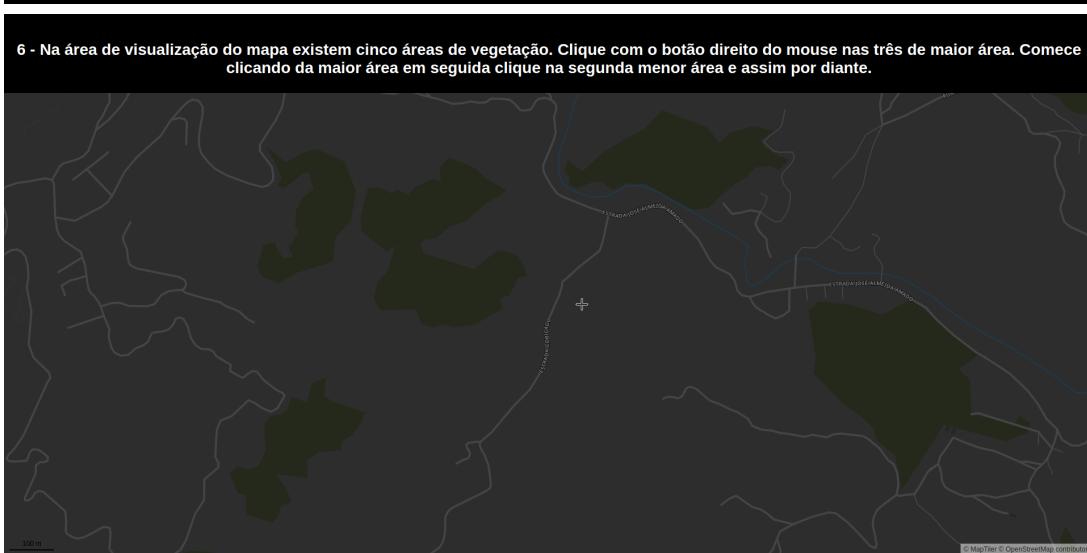
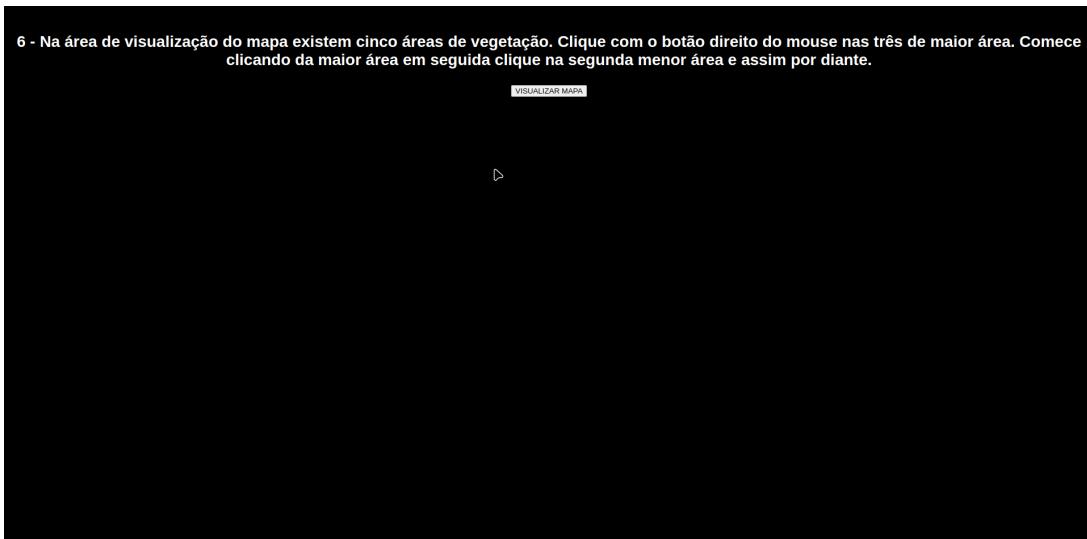
Neste apêndice, apresentam-se as capturas de tela realizadas durante a aplicação da avaliação. As imagens ilustram cada etapa do processo, mostrando a interface utilizada pelos participantes, as instruções apresentadas e o processo de interação com os mapas, desde as orientações iniciais até a conclusão do teste. A sequência de capturas, apresentada a seguir em ordem progressiva, reflete o fluxo de trabalho seguido durante a avaliação, fornecendo uma visão completa de sua execução. Todas as imagens incluídas neste apêndice são de autoria própria.

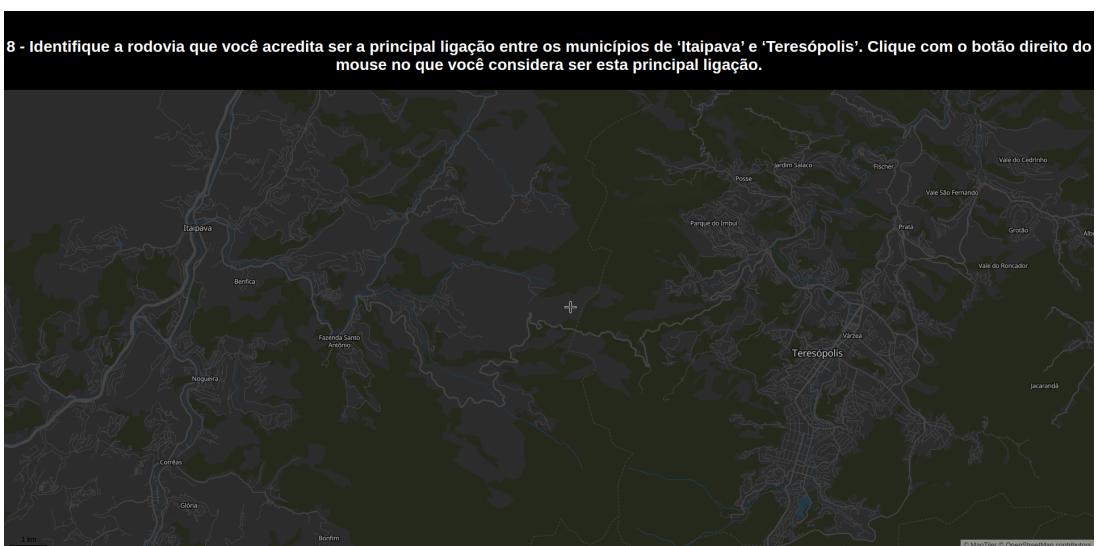
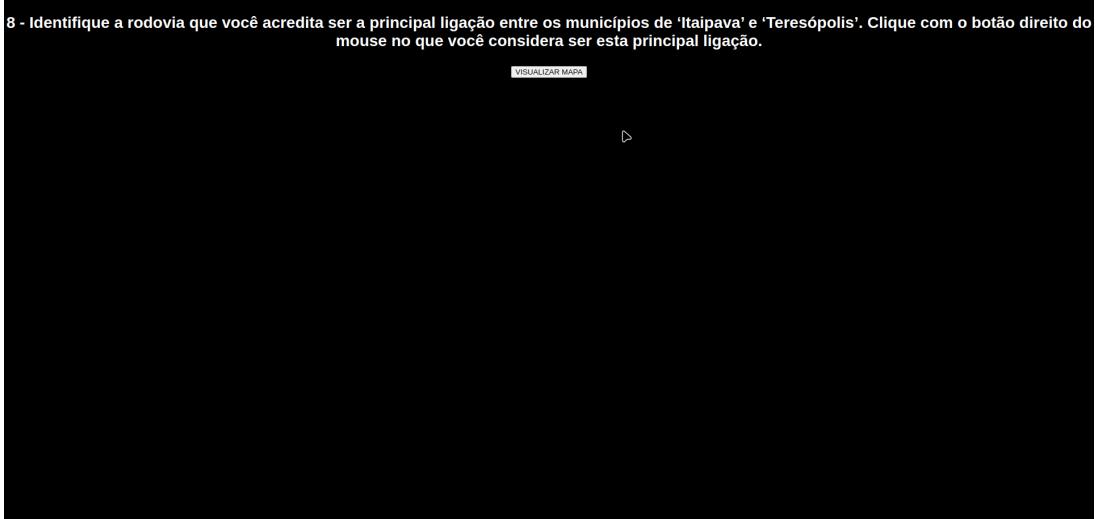
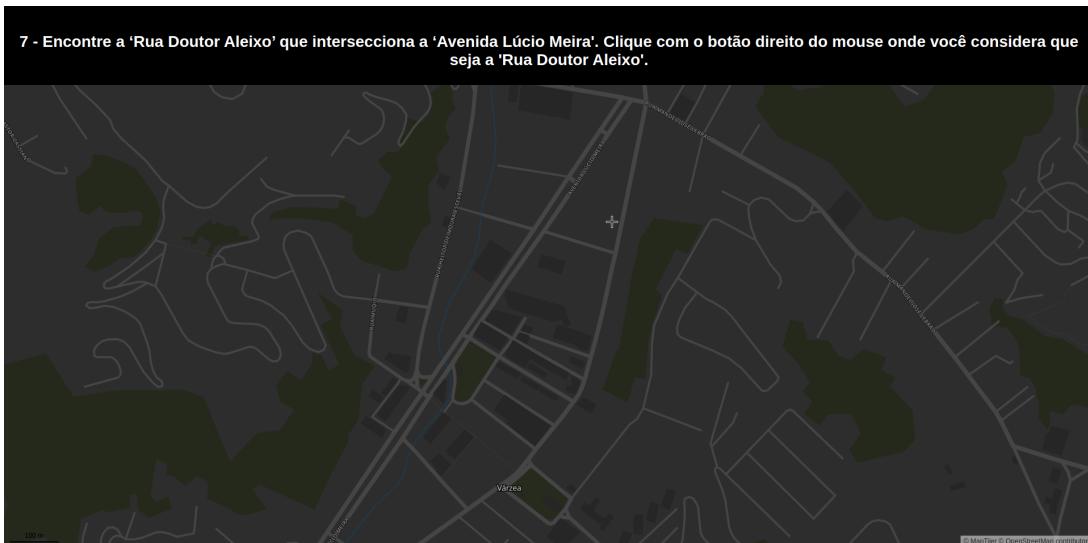
The screenshots show a sequence of a user interface for a map-based evaluation task:

- Screenshot 1:** A grid of 25 map thumbnails from various locations in Brazil. Below the grid, instructions read: "Você agora iniciará uma avaliação cujo o objetivo é analisar a 'usabilidade', ou seja, facilidade de uso de dois tipos de mapas: um com tema claro e outro com tema escuro." A bulleted list provides guidelines: "Serão feitas solicitações de forma automática. Leia atentamente as instruções de cada solicitação.", "Use o zoom para aproximar ou afastar a visualização do mapa.", "Em algumas perguntas/solicitações será necessário clicar no mapa, utilize o botão direito do mouse para clicar no mapa quando for solicitado.", "Para explorar diferentes áreas utilize o botão esquerdo do mouse para 'arrastar' o mapa.", and "Sua participação é anônima e nenhum dado pessoal será coletado. Sua colaboração nos ajudará a identificar o estilo de mapa mais intuitivo. Obrigado!"
- Screenshot 2:** A second grid of map thumbnails, identical to the first one. It includes a "Começar a avaliação" button at the top left and a "VISUALIZAR MAPA" button at the bottom right.
- Screenshot 3:** A large, dark gray rectangular area with white text at the top: "1 - Identifique a localização do 'Vale do Agrião' no mapa. Clique com o botão direito do mouse onde você acredita ser a localização do 'Vale do Agrião'." At the bottom right is a "VISUALIZAR MAPA" button.







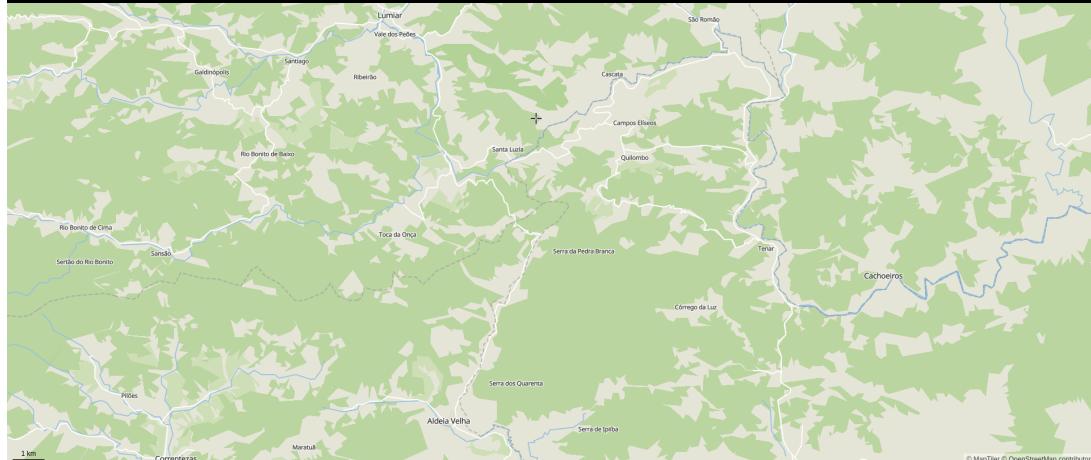


1 - Identifique a localização de 'Campos Elíseos' no mapa. Clique com o botão direito do mouse onde você acredita ser a localização de 'Campos Elíseos'.

VISUALIZAR MAPA

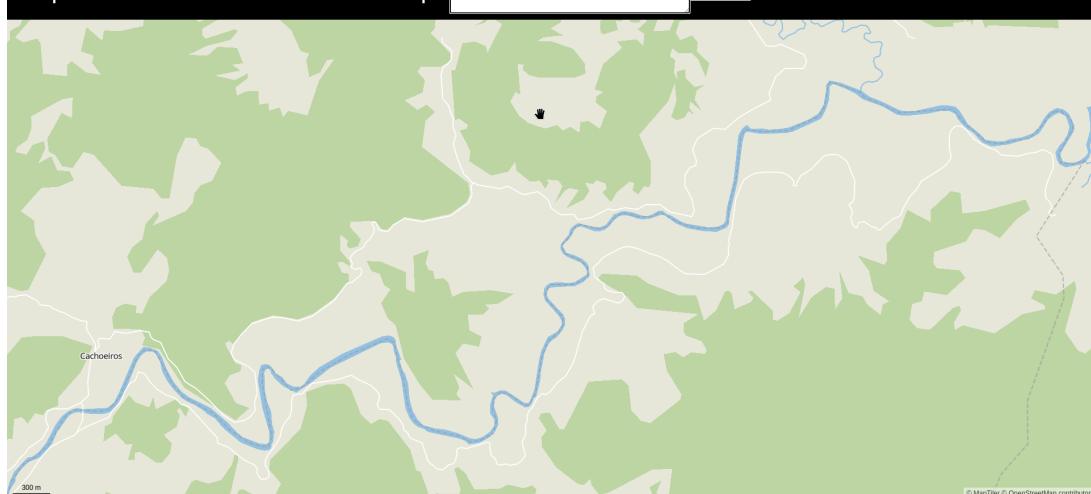


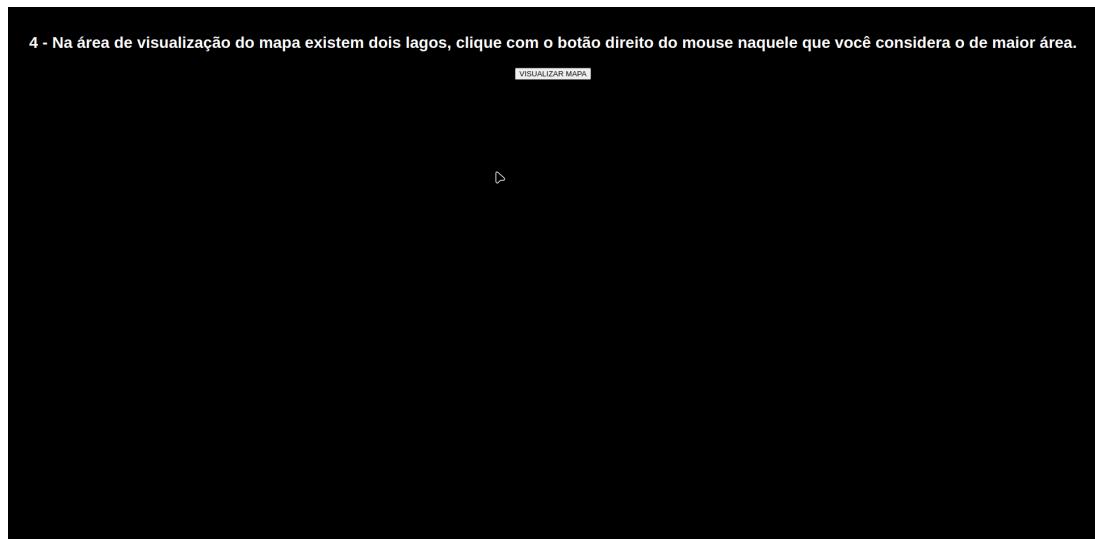
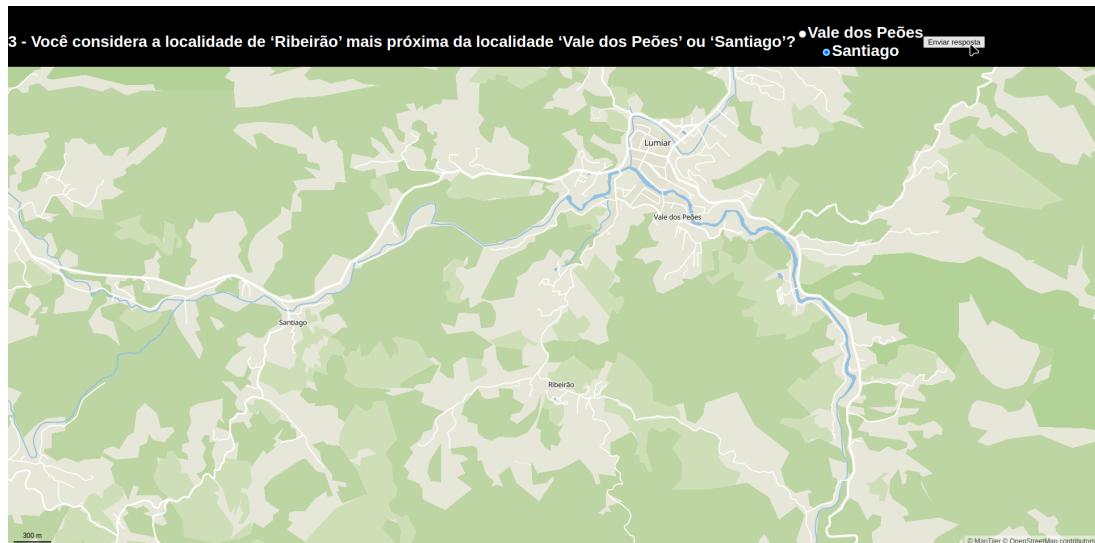
1 - Identifique a localização de 'Campos Elíseos' no mapa. Clique com o botão direito do mouse onde você acredita ser a localização de 'Campos Elíseos'.



2 - O que você acredita serem as linhas brancas no mapa?

Rodovias.  
Enviar resposta





5 - Identifique, entre as opções fornecidas, qual a localidade mais próxima da localidade 'Maria Mendonça'.  
● Ponte Nova  
● Gravatá  
● Ponte de Zinco

Enviar resposta

6 - Na área de visualização do mapa existem três áreas de vegetação. Ordene-as de acordo com a sua área. Comece clicando com o botão direito na de maior área, em seguida clique na de segunda menor área e assim por diante.

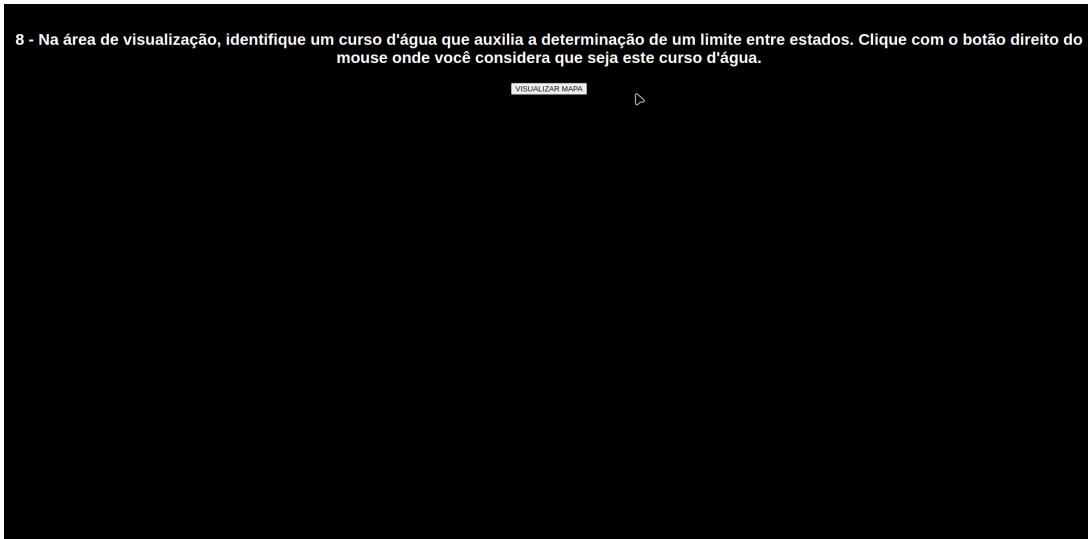
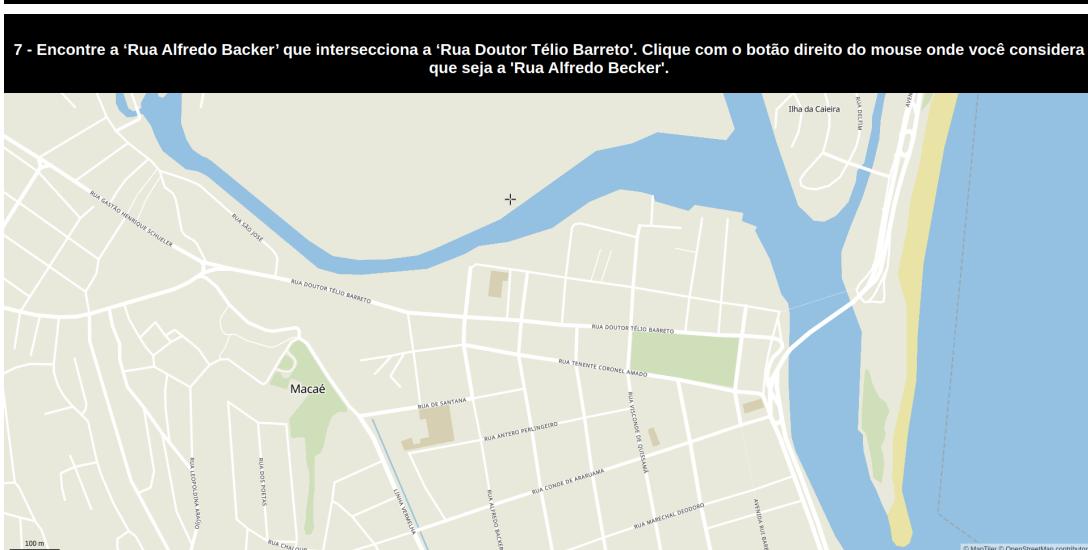
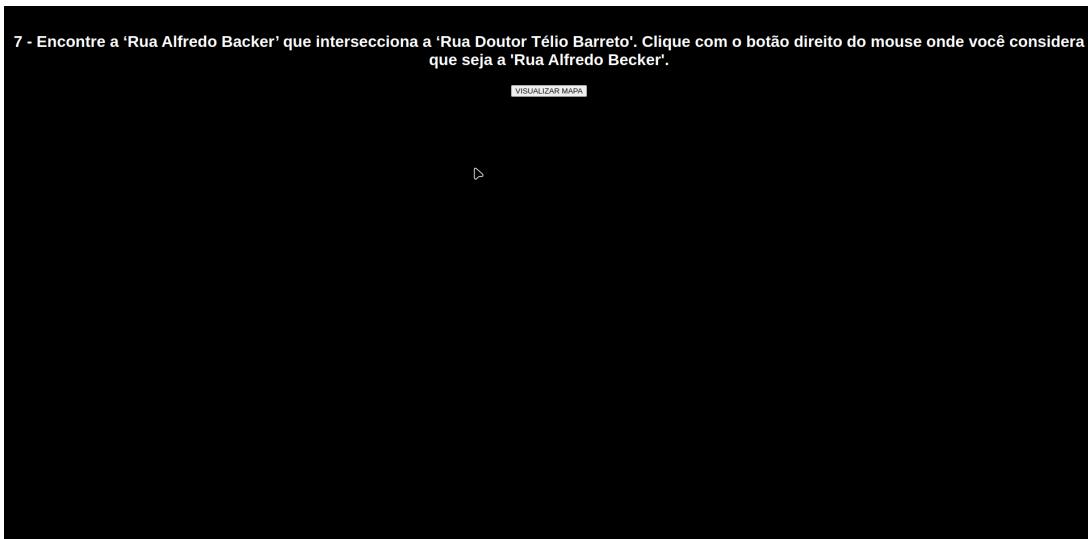
VISUALIZAR MAPA

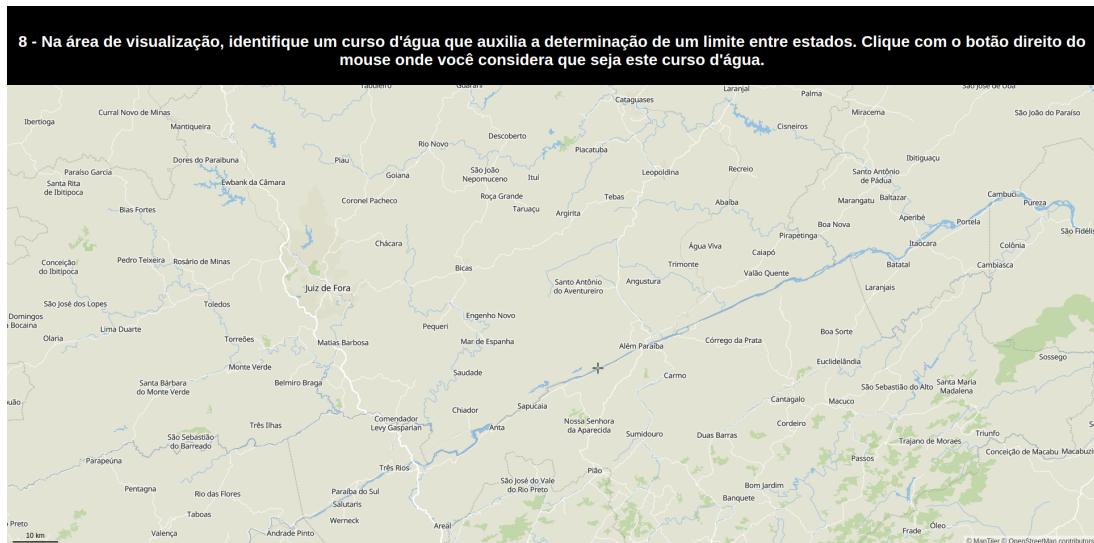
▷

6 - Na área de visualização do mapa existem três áreas de vegetação. Ordene-as de acordo com a sua área. Comece clicando com o botão direito na de maior área, em seguida clique na de segunda menor área e assim por diante.

300 m

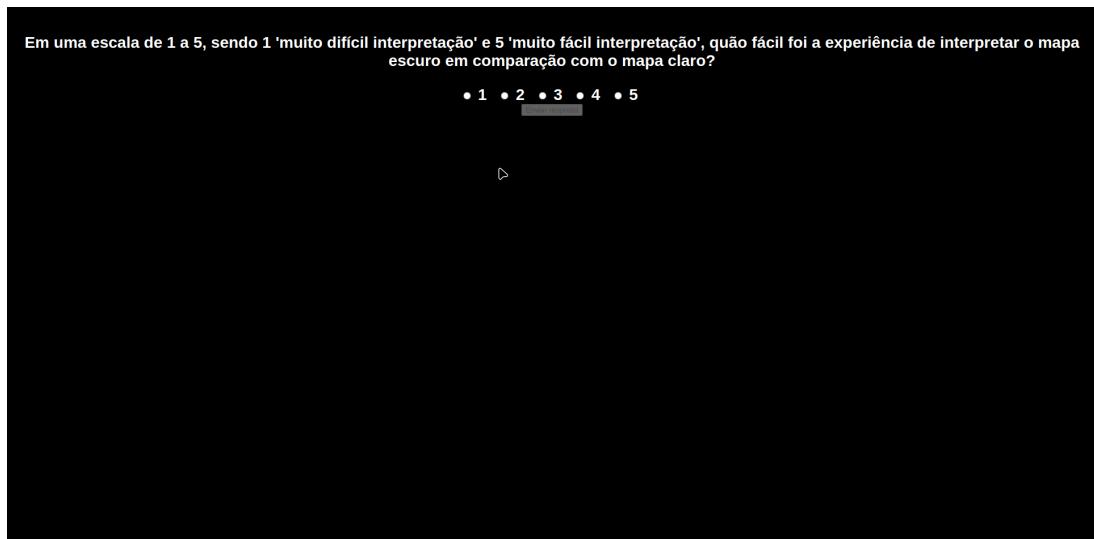
© MapTiler © OpenStreetMap contributors





Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 'muito desconfortável em relação ao mapa claro' e 5 'muito confortável em relação ao mapa claro', quão confortável foi a experiência de utilizar o mapa escuro em comparação com o mapa claro?

• 1 • 2 • 3 • 4 • 5



Qual mapa você preferiu utilizar?

• Claro • Escuro

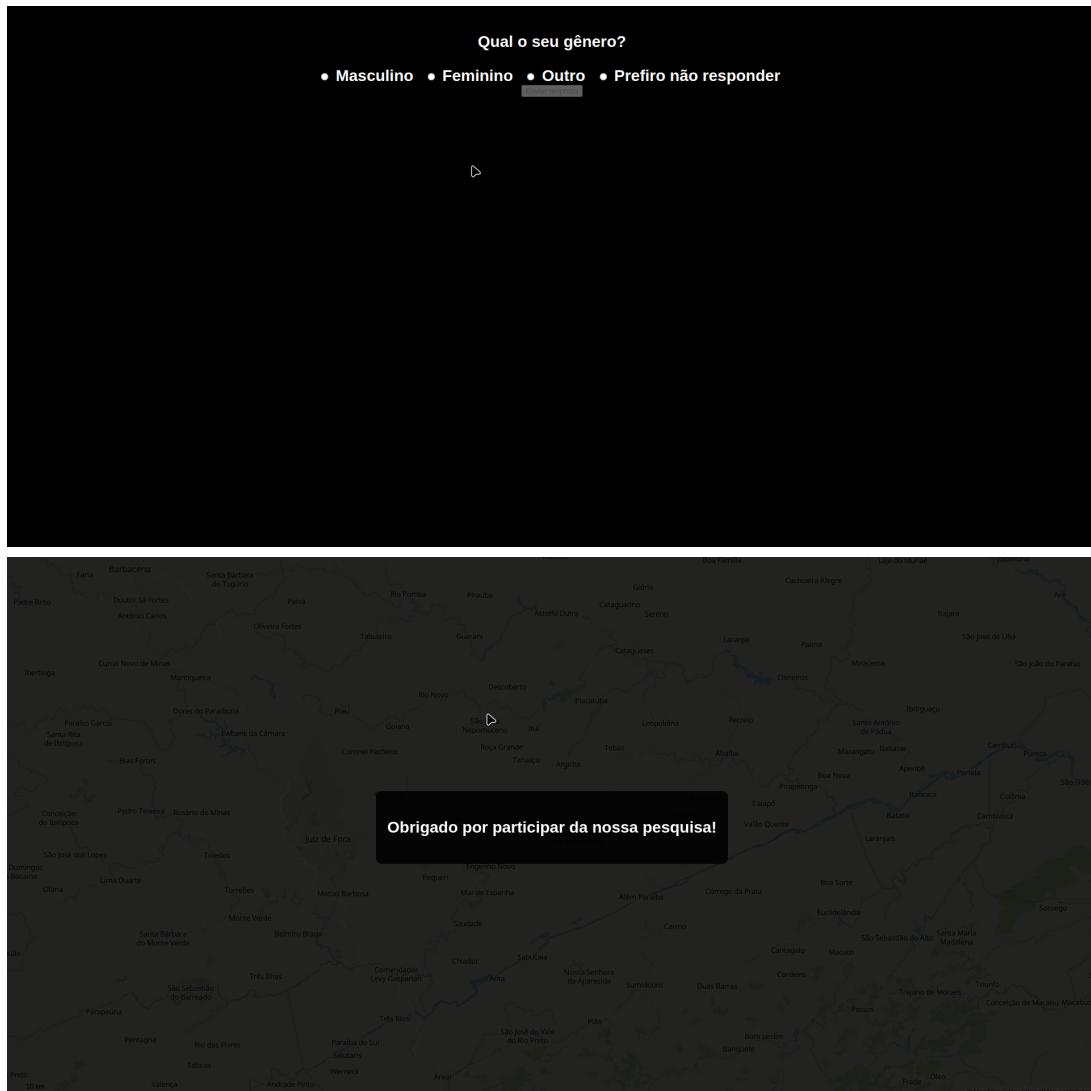
▷

Explique brevemente por que você preferiu utilizar o mapa escolhido na questão anterior.

▷

Quais sugestões ou recomendações você daria para melhorar a experiência geral de uso do mapa ESCURO? Utilize esse espaço para colocar quaisquer observações e/ou sugestões que tenha.

▷



## APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO

O Senhor(a) está sendo convidado(a) a participar da pesquisa “**Prospecção de tecnologias para exibição da informação geográfica digital em modo escuro**” sob a responsabilidade do pesquisador Cap Rafael Lara Cardoso e orientação do TC Ivanildo Barbosa. A presente pesquisa pretende investigar, segundo a percepção do usuário de geoinformação, o impacto da alteração na simbologia das feições cartográficas, por meio de cores e texturas, em um produto cartográfico digital para utilização em ambiente de baixa luminosidade.

**Coleta de dados:** a pesquisa utilizará a coleta de dados através da aplicação de um teste digital desenvolvido pelo pesquisador. **Nenhum dado coletado terá caráter pessoal; todas as informações coletadas não poderão ser relacionadas à identidade do respondente.**

**Destino dos dados coletados:** o pesquisador será responsável pelos dados originais coletados da pesquisa por meio do teste. Estes dados permanecerão sob a posse do pesquisador por 3 anos e, após este período, poderão ser destruídos. Os conhecimentos gerados através da pesquisa não serão utilizados de forma a prejudicar os respondentes participantes ou a instituição na qual a pesquisa foi realizada. Os dados obtidos por meio do teste serão utilizados para a dissertação de mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Cartográfica do Instituto Militar de Engenharia e também para produção científica.

**Riscos, prevenção e benefícios para o participante da pesquisa:** não existem riscos visto que a pesquisa é totalmente anônima. O benefício esperado com o desenvolvimento da pesquisa será o preenchimento de lacunas na área estudada, além de informações que possam contribuir para o estabelecimento de diretrizes para o desenvolvimento de um estilo de mapa adaptado para uso em ambientes de baixa luminosidade.

Para qualquer outra informação e solicitar acesso ao resultado da pesquisa o senhor(a) poderá entrar em contato com o pesquisador pelo e-mail: cardoso@ime.eb.br.

Ao assinar o verso deste documento, o(a) Sr(a). consente com a sua participação na referida pesquisa e com os termos aqui apresentados.