

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VINÍCIUS BERGMANN MARTINS

PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO *IN SITU* DE MAPAS ACESSADOS POR
DISPOSITIVOS MÓVEIS

CURITIBA

2023

VINÍCIUS BERGMANN MARTINS

PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO *IN SITU* DE MAPAS ACESSADOS POR
DISPOSITIVOS MÓVEIS

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Área de Concentração em Cartografia e Sistemas de Informação Geográfica, Departamento de Geomática, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências Geodésicas.

Orientador: Prof. Dr. Marcio Augusto Reolon Schmidt

CURITIBA

2023

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

Martins, Vinícius Bergmann

Proposta para avaliação in situ de mapas acessados por dispositivos
móveis / Vinícius Bergmann Martins. – Curitiba, 2023.

1 recurso on-line : PDF.

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

Orientador: Marcio Augusto Reolon Schmidt

1. Mapas digitais. 2. Mapas – Escalas. 3. Auxílios à navegação. 4.
Smartphones. I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-
Graduação em Ciências Geodésicas. III. Schmidt, Marcio Augusto Reolon. IV.
Título.

Bibliotecário: Elias Barbosa da Silva CRB-9/1894

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação CIÊNCIAS GEODÉSICAS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **VINÍCIUS BERGMANN MARTINS** intitulada: **PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO IN SITU DE MAPAS ACESSADOS POR DISPOSITIVOS MÓVEIS**, sob orientação do Prof. Dr. MARCIO AUGUSTO REOLON SCHMIDT, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

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

CURITIBA, 24 de Novembro de 2023.

Assinatura Eletrônica

27/11/2023 10:47:14.0

MARCIO AUGUSTO REOLON SCHMIDT

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

27/11/2023 21:09:01.0

JULIA CELIA MERCEDES STRAUCH

Avaliador Externo (ESCOLA NACIONAL DE CIÊNCIAS ESTATÍSTICAS
)

Assinatura Eletrônica

27/11/2023 10:36:04.0

LUCIENE STAMATO DELAZARI

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

27/11/2023 10:53:57.0

ANDRE LUIZ ALENCAR DE MENDONÇA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS)

AGRADECIMENTOS

A elaboração e desenvolvimento desta pesquisa foram possíveis graças à contribuição de diversas pessoas e instituições.

Gostaria de expressar meu agradecimento ao meu orientador, o Prof. Dr. Marcio Augusto Reolon Schmidt, por seus ensinamentos, amizade construída e apoio constante ao longo da realização desta pesquisa.

A banca avaliadora, composta pela Prof^ª. Dr^ª. Luciene Stamato Delazari, Prof^ª. Dr^ª. Julia Celia Mercedes Strauch e Prof. Dr. André Luiz Alencar de Mendonça, por suas valiosas contribuições para melhoria da pesquisa realizada.

Gostaria de estender meus sinceros agradecimentos aos voluntários que gentilmente se dispuseram a participar dos experimentos, tornando possível a condução prática da pesquisa.

Também gostaria de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo incentivo à pesquisa e pelo suporte financeiro proporcionado durante a realização desta pesquisa.

Por fim, desejo expressar minha gratidão ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná (PPGCG/UFPR) pela oportunidade de fazer parte de sua história.

EPÍGRAFE

“O destino concreto do homem é a reabsorção das circunstâncias.”

José Ortega y Gasset

RESUMO

Os mapas digitais móveis são amplamente utilizados em diversas atividades cotidianas e acessados principalmente através de dispositivos móveis, tais como os *smartphones*. Esses serviços oferecem uma variedade de recursos aos usuários, incluindo navegação em tempo real e informações sobre pontos de interesse espaciais diversos. No entanto, a avaliação desses mapas é predominantemente realizada em laboratório, frequentemente sem considerar as variações ambientais e contextuais que podem impactar a navegação dos usuários em situações reais de uso. Essa abordagem pode, em última instância, restringir a eficácia da avaliação, uma vez que os usuários têm distintas necessidades e expectativas ao navegar em ambientes e contextos diversos de utilização de mapas. Portanto, foi identificada a necessidade de explorar e estudar metodologias para coleta de dados que considerem essas variações e possibilitem uma avaliação mais eficaz e precisa. Esta pesquisa propõe a identificação de uma metodologia adaptada para avaliar o planejamento de uma rota em laboratório e a navegação em campo, levando em consideração os aspectos ambientais e do contexto de uso. Esta pesquisa fundamenta-se na hipótese de que existe uma correlação entre as características dos métodos de teste empregados na avaliação de mapas digitais móveis e as fases de execução da tarefa de navegação pessoal, no âmbito do uso de mapas. O objetivo foi identificar e comparar esses métodos de avaliação, levando em consideração o contexto específico do ambiente em que o mapa é utilizado. Para testar essa hipótese e atingir o objetivo da pesquisa, foram analisados e comparados os principais métodos de avaliação citados na literatura científica da última década, levando em conta os métodos mais empregados em pesquisas que avaliam mapas digitais móveis, a similaridade dos métodos e a frequência de menções em publicações científicas. Após a identificação dos métodos mais empregados, foram conduzidos experimentos com usuários em diferentes contextos de uso, tanto em laboratório com em *in situ*, levando em consideração ambientes *indoor* e *outdoor*. Avaliou-se a influência de diversas variáveis contextuais no planejamento e definição de rotas, bem como na navegação *in situ*. As abordagens mais comuns envolvem a aplicação de Questionários, muitas vezes complementados por Entrevistas e/ou o Protocolo *Think Aloud*, possibilitando a coleta de dados qualitativos e quantitativos. Essas avaliações são geralmente realizadas em experimentos controlados, conduzidos de maneira moderada. Observou-se que, em experimentos realizados em ambientes de laboratório, a Entrevista se mostrou eficaz para a captura de nuances relacionadas à utilização do mapa. O Protocolo *Think Aloud* provou ser eficaz para coleta de dados *in situ*, fornecendo *insights* detalhados sobre os processos cognitivos dos usuários de mapas em um contexto multitarefa. O estudo também contribuiu para uma compreensão mais profunda do processo de planejamento de rotas e sua execução em campo. A contribuição desta pesquisa reside na definição e no auxílio a outros pesquisadores na justificativa da escolha metodológica com base em critérios objetivos para a realização de avaliações de mapas digitais móveis. Portanto, esta pesquisa contribui para a definição e o refinamento das técnicas de avaliação de mapas digitais móveis, adaptando-as para se adequar a diversos contextos de uso. Esta adaptação, por sua vez, auxilia no desenvolvimento de mapas digitais mais eficientes, com interfaces intuitivas e amigáveis para uma ampla gama de usuários.

Palavras-chave: Testes com Usuários. Navegação. smartphones. Métodos.

ABSTRACT

Mobile digital maps are widely utilized in various everyday activities and primarily accessed through mobile devices, such as smartphones. These services offer a variety of features to users, including real-time navigation and information about diverse spatial points of interest. However, the evaluation of these maps is predominantly conducted in a laboratory setting, often without considering environmental and contextual variations that may impact users' navigation in real-world usage scenarios. This approach can ultimately restrict the effectiveness of the evaluation, as users have distinct needs and expectations when navigating in diverse map usage environments and contexts. Therefore, there is a recognized need to explore and study methodologies for data collection that take these variations into account, enabling a more effective and accurate assessment. This research proposes the identification of an adapted methodology to evaluate route planning in a laboratory and field navigation, considering environmental and usage context aspects. The research is based on the hypothesis that there is a correlation between the characteristics of the testing methods employed in the evaluation of mobile digital maps and the phases of personal navigation task execution within the realm of map usage. The goal was to identify and compare these evaluation methods, taking into account the specific context of the map's usage environment. To test this hypothesis and achieve the research objective, the main evaluation methods mentioned in scientific literature over the last decade were analyzed and compared. This analysis considered the most commonly used methods in research evaluating mobile digital maps, the similarity of methods, and the frequency of mentions in scientific publications. After identifying the most commonly used methods, experiments were conducted with users in different usage contexts, both in the laboratory and in situ, considering indoor and outdoor environments. The influence of various contextual variables on route planning and definition, as well as in situ navigation, was assessed. The most common approaches involve the application of questionnaires, often complemented by interviews and/or the Think Aloud protocol, enabling the collection of qualitative and quantitative data. These evaluations are generally conducted in controlled experiments, carried out moderately. It was observed that in experiments conducted in laboratory environments, interviews proved effective in capturing nuances related to map usage. The Think Aloud protocol was found to be effective for in situ data collection, providing detailed insights into the cognitive processes of map users in a multitasking context. The study also contributed to a deeper understanding of the route planning process and its execution in the field. The contribution of this research lies in defining and assisting other researchers in justifying methodological choices based on objective criteria for the evaluation of mobile digital maps. Therefore, this research contributes to the definition and refinement of mobile digital map evaluation techniques, adapting them to fit various usage contexts. This adaptation, in turn, aids in the development of more efficient digital maps with intuitive and user-friendly interfaces for a wide range of users.

Keywords: Users testing. Navigation. Smartphones. Methods.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – TAREFAS OPERACIONAIS PARA VISUALIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL.....	29
FIGURA 2 – DIMENSÕES DOS MAPAS; (a) MÓVEL; (b) ANALÓGICO.	32
FIGURA 3 – EFEITO DAS VARIÁVEIS VISUAIS NA ATENÇÃO SELETIVA.	44
FIGURA 4 – NÚMERO DE PUBLICAÇÕES NO DECORRER DE UMA DÉCADA.	56
FIGURA 5 – ORGANIZAÇÃO DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO.	57
FIGURA 6 – SÍNTESE DAS ETAPAS DO TRABALHO.....	66
FIGURA 7 – PONTOS DE INÍCIO E FIM DA ROTA PARA REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....	71
FIGURA 8 – ROTA PARA REALIZAÇÃO DOS TESTES.....	72
FIGURA 9 – INTERFACE DO <i>DATA LOGGING</i> CONTADOR DE TOQUES.	85
FIGURA 10 – PALAVRAS QUE MAIS APARECERAM NOS DADOS OBTIDOS COM OS ARTIGOS.....	95
FIGURA 11 – MCA LOCAL DE APLICAÇÃO DE TESTES COM USUÁRIOS EM MAPAS.	96
FIGURA 12 – MÉTODOS UTILIZADOS EM AVALIAÇÕES DE MAPAS MÓVEIS.	98
FIGURA 13 – MCA CORRESPONDENDO A CARACTERIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES.	105
FIGURA 14 – (I, III, V, VII, IX) REPRESENTADO EM VERMELHO A ROTA PLANEJADA EM LABORATÓRIO (a), EM PRETO ROTA REALIZADA EM CAMPO (b), (II, IV, VI, VIII, X) MAPA COGNITIVO.....	109
FIGURA 15 – OPÇÕES DE CAMINHO: INÍCIO DA ROTA <i>OUTDOOR</i>	113
FIGURA 16 – OPÇÕES DE CAMINHO: LOCAL TRANSIÇÃO.	115
FIGURA 17 – (I, III, V, VII, IX) REPRESENTADO EM VERMELHO A ROTA PLANEJADA EM LABORATÓRIO (a). EM PRETO ROTA REALIZADA EM CAMPO (b). (II, IV, VI, VIII, X) MAPA COGNITIVO.....	121
FIGURA 18 – PAUSA DURANTE A NAVEGAÇÃO <i>IN SITU</i> , PARTICIPANTE E-1.	128
FIGURA 19 – PAUSAS DURANTE A NAVEGAÇÃO <i>IN SITU</i> , PARTICIPANTE E-2.	129
FIGURA 20 – FREQUÊNCIA DE REFERÊNCIAS ESPACIAIS REPRESENTADAS NOS MAPAS COGNITIVOS.....	135
FIGURA 21 – TEMPO GASTO PELOS PARTICIPANTES PARA PLANEJAR E PERCORRER A ROTA.....	136

FIGURA 22 – CARGA DE TRABALHO NASA-TLX MEDIDA EM LABORATÓRIO...	139
FIGURA 23 – CARGA DE TRABALHO NASA-TLX MEDIDO <i>IN SITU</i>	142
FIGURA 24 – NÚMERO DE CLIQUES CONTABILIZADOS NOS EXPERIMENTOS. .	144
FIGURA 25 – NÚMERO DE PALAVRAS EXPERIMENTO EM LABORATÓRIO, GRUPO 1.	147
FIGURA 26 – NÚMERO DE PALAVRAS EXPERIMENTO EM LABORATÓRIO, GRUPO 2.	149
FIGURA 27 – NÚMERO DE PALAVRAS EXPERIMENTO EM CAMPO, GRUPO 1.....	153
FIGURA 28 – NÚMERO DE PALAVRAS EXPERIMENTO EM CAMPO, GRUPO 2.....	154
FIGURA 29 – PONTOS DE REFERÊNCIA, NO LOCAL DE TRANSIÇÃO.	157
FIGURA 30 – PONTOS DE REFERÊNCIA, AMBIENTE <i>INDOOR</i>	158

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – MÉTODOS DE AVALIAÇÃO ORGANIZADO EM GRUPOS.	68
QUADRO 2 – ORGANIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS E MÉTRICAS DE AVALIAÇÃO.	73
QUADRO 3 – RELAÇÃO ENTRE CONDIÇÃO, LOCAL, AVALIAÇÃO E TAREFA. ...	100
QUADRO 4 – CLASSIFICAÇÃO DAS REFERÊNCIAS ESPACIAIS TRANSCRITAS, EXPERIMENTO EM LABORATÓRIO, GRUPO 1.....	148
QUADRO 5 – CLASSIFICAÇÃO DAS REFERÊNCIAS ESPACIAIS TRANSCRITAS, EXPERIMENTO EM LABORATÓRIO, GRUPO 2.....	150
QUADRO 6 – CLASSIFICAÇÃO DAS REFERÊNCIAS ESPACIAIS TRANSCRITAS, EXPERIMENTO EM LABORATÓRIO, GRUPO 1.....	154
QUADRO 7 – CLASSIFICAÇÃO DAS REFERÊNCIAS ESPACIAIS TRANSCRITAS, EXPERIMENTO EM LABORATÓRIO, GRUPO 2.....	155
QUADRO 8 – COMBINAÇÃO METODOLÓGICA SUGERIDA.	165

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – QUESTÕES ESPACIAIS E AS TAREFAS ASSOCIADAS AO USO DE MAPAS.	27
TABELA 2 – n° DE PUBLICAÇÕES NA PLATAFORMA WEB SCIENCE ENTRE 2012- 2022.	55
TABELA 3 – INFORMAÇÕES DOS ARTIGOS SELECIONADOS.	90

LISTA DE SIGLAS

CAFe - Comunidade Acadêmica Federada

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEP/SD - Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde

CSV – Comma Separated Values

E - Entrevista

G - Gigabyte

GPS - Sistemas de Posicionamento Global

IHC - Interação Humano Computador

LABCARTO - Laboratório de Cartografia

LBS - Serviços Baseados em Localização

MCA - Análise de Correspondência Múltipla

NASA-TLX - *NASA Task Load Index*

P1 - Ponto 1

P2 - Ponto 2

PCA - Análise de Componentes Principais

PPGCG/UFPR - Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná

RA - Realidade Aumentada

RU - Restaurante Universitário

SD - Secure Digital Card

TA - *Think Aloud*

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UCD - *Design* Centrado no Usuário

UCM - WebGIS UFPR Campus Map

UFPR - Universidade Federal do Paraná

URUT - Teste de Usabilidade Remoto Não Moderado

UX - Experiência do Usuário

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 OBJETIVOS	21
1.1.1 Objetivo geral	21
1.1.2 Objetivos específicos	21
1.2 JUSTIFICATIVA	22
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	25
2.1.1 Interação do usuário com a interface móvel	33
2.2 ASPECTOS DE PROJETO CARTOGRÁFICO EM MAPAS DIGITAIS	35
2.2.1 Visualização Cartográfica e símbolos Cartográficos.....	37
2.2.1.1 Escalas de Medição	38
2.2.1.2 Variáveis Visuais.....	39
2.2.2 Navegação com mapas digitais móveis	39
2.3 PERCEPÇÃO E COGNIÇÃO	41
2.3.1 Percepção.....	43
2.3.2 Cognição.....	45
2.4 AVALIAÇÕES DE MAPAS ENVOLVENDO USUÁRIOS	47
2.4.1 Considerações sobre a realização de testes com usuários	49
2.4.2 Influência da mudança de ambientes na realização de testes com usuários	51
2.5 AVALIAÇÃO DE MAPAS DIGITAIS MÓVEIS: PRINCIPAIS METODOLOGIAS PARA COLETA DE DADOS.....	52
2.5.1 Métodos utilizados na coleta de dados em testes com usuários	55
2.5.2 Correlação entre a Tarefa de uso do mapa e os Métodos de Avaliação	65
3 MATERIAL E MÉTODOS	66
3.1 DETERMINAÇÃO DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO.....	67
3.2 SELEÇÃO DOS MÉTODOS	69
3.3 APLICAÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....	71
3.3.1 Caracterização dos participantes	77
3.3.2 Dispositivo móvel utilizado nos experimentos.....	77
3.3.3 Mapa digital móvel utilizado para realizar os experimentos	77
3.3.4 Aplicação dos experimentos	78
3.3.5 Quantidade de participantes e aplicação experimental.....	79
3.3.6 Tarefa de uso do mapa aplicada em laboratório	80

3.3.6.1	Questão espacial aplicada em laboratório	80
3.3.7	Tarefas de uso do mapa e obtenção de dados <i>in situ</i>	81
3.3.7.1	Questão espacial aplicada em campo	81
3.3.8	Avaliação da carga de trabalho	83
3.4	COMPARAR A ROTA DOS USUÁRIOS	83
3.4.1	Aplicação do mapa cognitivo ao final da rota em campo	84
3.5	COLETA DE DADOS EMPREGANDO O <i>DATA LOGGING</i>	84
3.6	ANÁLISE DOS DADOS QUALITATIVOS E COMPARAÇÃO DAS INFORMAÇÕES ESPACIAIS	86
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	88
4.1	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO MAIS EMPREGADOS	88
4.1.1	Métodos e o contexto para realizar a avaliação de mapas digitais móveis	95
4.1.1.1	Grupos de métodos de avaliação frequentemente utilizados para avaliar mapas digitais móveis	98
4.2	RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS EM LABORATÓRIO E <i>IN SITU</i>	104
4.3	RESULTADOS DO GRUPO 1: PROTOCOLO <i>THINK ALOUD</i>	106
4.3.1	Planejamento e proposição de rota	107
4.3.2	Comparação da rota dos participantes: Grupo 1	107
4.3.3	Rota planejada virtualmente, rota realizada no terreno e o mapa cognitivo gerados pelos participantes do Grupo 1	108
4.3.3.1	Análise da navegação em campo por etapas: Método Protocolo <i>Think Aloud</i>	113
4.4	RESULTADOS DO GRUPO 2 MÉTODO ENTREVISTA	118
4.4.1	Planejamento e proposição de rota	118
4.4.2	Rota virtual comparada com a rota realizada <i>in situ</i> e com o mapa cognitivo	120
4.4.2.1	Análise da navegação <i>in situ</i> aplicação do método Entrevista	126
4.4.3	Comparação do planejamento da rota em laboratório: Protocolo <i>Think Aloud</i> versus Entrevista	131
4.4.4	Comparação entre a navegação <i>in situ</i> : Protocolo <i>Think Aloud</i> X Entrevista	132
4.5	RESULTADOS QUANTITATIVOS	135
4.5.1	Análise Comparativa dos Mapas Cognitivos nos Grupos: Contabilização de Feições Relevantes	135
4.5.2	Tempo de Navegação e planejamento da rota	136
4.5.3	Avaliação da carga de trabalho: Experimento realizado em laboratório	139
4.5.4	Avaliação da carga de trabalho: Experimento <i>in situ</i>	141

4.5.5 Avaliação das interações dos usuários com o UCM	144
4.6 COMPARAÇÃO DAS INFORMAÇÕES ESPACIAIS OBTIDAS PELOS MÉTODOS COMPARADOS	147
4.6.1 Palavras com conotação espacial mencionadas durante a avaliação em laboratório	147
4.6.1.1 Análise das palavras mencionadas durante a avaliação em laboratório: Comparação dos métodos Protocolo <i>Think Aloud</i> x Entrevista.....	151
4.6.2 Análise das palavras mencionadas durante a avaliação realizada em campo.....	153
4.6.2.1 Análise das palavras mencionadas durante a avaliação realizadas em campo, comparação dos métodos Protocolo <i>Think Aloud</i> x Entrevista	156
4.7 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO COMPARADOS.....	160
4.8 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS AVALIAÇÃO EM CONTEXTOS DISTINTOS.....	161
4.8.1 Comparação entre os métodos: Protocolo <i>Think Aloud</i> e Entrevista aplicados em laboratório.....	161
4.8.2 Comparação entre os métodos: <i>Think Aloud</i> e Entrevista aplicados <i>in situ</i>	162
4.9 AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS COMBINADAS	164
4.9.1 Combinação metodológica recomendada avaliação considerando o contexto.....	165
5 CONCLUSÕES.....	167
REFERÊNCIAS	170
APÊNDICE	192

1 INTRODUÇÃO

Os mapas digitais acessados por meio de dispositivos móveis, com destaque para os *smartphones*, têm sido amplamente adotados para diversas tarefas cotidianas por diversos grupos de usuários, destacando-se a navegação (DICK, GONÇALVES e VITORINO, 2017; RICKER e ROTH, 2018). Atualmente, os *smartphones* apresentam poder de processamento comparável a certos dispositivos *desktops*, além da vantagem da portabilidade em função de seu tamanho reduzido. Isso permite que esses dispositivos sejam utilizados em diferentes locais, o que é um benefício importante para muitos usuários. O que possibilita que mesmo usuários com pouca experiência em tecnologia possam utilizá-los com facilidade.

Em termos gerais, os mapas digitais acessados por dispositivos móveis permitem aos usuários obter informações sobre sua localização em tempo real, bem como acessar recursos adicionais, como serviços baseados em localização, rotas e informações sobre pontos de interesse. Esses serviços que integram a localização de um dispositivo móvel com outras informações para fornecer maior valor agregado são conhecidos como Serviços Baseados em Localização (LBS) (BASIRI *et al.*, 2016; HUANG *et al.*, 2018; NAVRATIL e SCHMITZER 2019; TROJAN e GREGOR, 2018). Os LBS podem oferecer notícias, gerenciamento de frota de veículos, rastreamento de ativos, propaganda, edição de dados espaciais, informações turísticas, entre outros. É possível observar que o aumento na quantidade de dispositivos e serviços que possibilitam o acesso a informações de localização está criando uma ampla gama de oportunidades e desafios para novas pesquisas no contexto da cartografia (ABEDI *et al.*, 2020; PÁL *et al.*, 2021; PURWITANINGSIH *et al.*, 2022).

A utilização de mapas digitais para a realização de tarefas de navegação, como *Google Maps*, *Waze*, *Here*, e outros, tem aumentado a necessidade de compreender os procedimentos e estratégias de uso durante a navegação. De acordo com Roth *et al.* (2017), a integração de novos hardwares e *softwares* traz à tona questões contemporâneas que afetam os usuários de mapas digitais, incluindo simbologia, efeitos de aprendizagem, fadiga e privacidade. Destaca-se a validação ecológica dos dados coletados em testes com usuários, que usualmente devem ser executados em ambientes reais de uso do mapa digital. A literatura aponta para aspectos relevantes da interação dos usuários com o mapa, tais como mudanças na dimensão da tela dos dispositivos, visibilidade do mapa e de suas funcionalidades, interações gestuais, variações na luminosidade dos ambientes e exposição a outras circunstâncias singulares que afetam a utilização dos mapas digitais *in situ* (PETERSON, 2007; MENDONÇA, 2013; LIAO *et al.*, 2016; GRIFFIN *et al.*, 2017; REICHENBACHER, 2019).

Conforme Roth (2015), os mapas digitais interativos acessados por dispositivos móveis possibilitam elevada experiência na navegação, especialmente no apoio à tomada de decisão espacial. As características relacionadas à interação dos usuários de mapas digitais, estão sujeitas a alterações em função da escolha do dispositivo empregado, normalmente podem ser utilizados os celulares, *tablets*, *Smart Watch* e *Smart Glasses*. Estes diferentes dispositivos móveis podem influenciar as estratégias de interação dos usuários e, dependendo das características do dispositivo utilizado, a abordagem interativa do usuário antes, durante e após a navegação pode ter variações com maior ou menor intensidade (OHLEI *et al.*, 2019; ZAGERMANN *et al.*, 2020; LEE *et al.*, 2022).

Portanto, os mapas digitais acessados por dispositivos móveis trouxeram para a cartografia novos paradigmas em termos de produção, representação, comunicação e cognição dos indivíduos envolvidos nos processos de interação com os elementos do mapa (GOLDSTEIN, *et al.*, 2013; VICENTIY *et al.*, 2016). Com os novos desafios surge também a necessidade de mais pesquisas, especialmente quando se trata da avaliação relacionada a utilização desses mapas por usuários diversos em tarefas reais de navegação (ROTH *et al.*, 2017). Nesse contexto, diversas questões devem ser consideradas como aspectos físicos do dispositivo, aspectos de projeto cartográfico, aspectos operacionais se referindo ao contexto de uso, tarefas de navegação com trocas de ambientes e aspectos de interação e cognição dos usuários.

Os aspectos físicos dos dispositivos móveis são relevantes para o uso de mapas digitais em tarefas de navegação (YANG *et al.*, 2019). Os *smartphones*, por exemplo, são dispositivos extremamente populares e que oferecem a interação através da tela sensível ao toque e integrando uma variedade de sensores, tais como GPS, giroscópios, acelerômetros entre outros, além de uma capacidade de processamento cada vez mais significativa. Esses recursos possibilitam ao usuário acessar, visualizar e interagir com diversos serviços, incluindo os mapas digitais (GUALDA *et al.*, 2021).

Os aspectos de projeto cartográfico representam a combinação de requisitos funcionais e não funcionais do projeto de interface usuário e interface mapa. O projeto cartográfico, integrando o conhecimento científico da cartografia, desempenha um papel crucial na produção eficiente de mapas, estabelecendo a base para a comunicação cartográfica. Essa interação não é apenas determinada pela linguagem cartográfica específica de cada mapa, mas também pelo propósito para o qual os mapas são destinados (MENDONÇA *et al.*, 2010). Assim, uma etapa inicial no desenvolvimento do projeto cartográfico envolve compreender e definir os usos previstos para os mapas a serem construídos (SLUTER, 2008).

O mapa digital móvel, enquanto interface interativa entre o usuário e a realidade, representa um sistema de *software* em que os mapas digitais atuam como interfaces entre o usuário e os fenômenos espaciais. Este sistema permite ao usuário gerar, consultar e manipular mapas, com suporte de um conjunto de ferramentas computacionais (SLUTER, 2001). Bem como visualizar e utilizar a representação cartográfica utilizada e o projeto de símbolos e ícones do mapa. Quando os usuários realizam interação com a interface dos mapas digitais, ocorre o estabelecimento de um elo entre o usuário e o dispositivo de acesso ao mapa, que permite a utilização das funcionalidades do serviço. Contudo, se uma aplicação for mal planejada pode apresentar problemas diversos, podendo representar um obstáculo para as estratégias de interação adotadas pelos usuários (ONEY *et al.*, 2018).

Em termos gerais, os aspectos operacionais se referem ao ambiente de uso e ao acesso aos dados. Eles abordam questões como iluminação do ambiente, ruídos, desvios de atenção por parte do usuário, interdições por terceiros, sobreposições à linha de visada do usuário, fluxo de veículos e pessoas, variação na velocidade e conexão da internet e toda a dinâmica em que o usuário se encontra ao acessar o mapa e realizar a navegação (BRATA e LIANG, 2020; VERMA *et al.*, 2020; XU *et al.*, 2022). Por sua vez, os aspectos cognitivos são do próprio usuário, que recebem, processam e interpretam as informações para a tomada de decisão espacial, empregando estratégias de navegação como o *guiding* ou *wayfinding* (KAPAJ *et al.*, 2021).

Navegar por diferentes locais pode ser uma tarefa exigente e desafiadora, pois existem diferenças individuais variadas entre os usuários, especialmente quando se trata da capacidade de compreensão do ambiente (DILLEMUTH, 2009; WANG *et al.*, 2022). Da mesma forma, a seleção e implementação de métodos e técnicas de avaliação de mapas em tempo real e *in situ* representam um desafio significativo. Conforme Skoulas (2023), o método representa um processo organizado, lógico e sistemático empregado na pesquisa, instrução, investigação e apresentação de resultados. Em contrapartida, a técnica refere-se aos procedimentos utilizados para atingir um resultado específico, seja no contexto científico ou em outras atividades. No contexto científico, o método científico é empregado como uma abordagem sistemática e lógica para resolver problemas ou fornecer respostas, enquanto a técnica desempenha o papel de meio para alcançar resultados desejados (ALYRIO, 2009).

Devido à ampla gama de fatores que podem influenciar a condução de experimentos, impactando a capacidade de navegação do usuário e a coleta de dados com os métodos orientados por diretrizes técnicas específicas de avaliação. Esses fatores incluem a forma de condução do experimento, como a presença de um moderador ou a realização de experimentos

não moderados, variações entre ambientes *indoor* e *outdoor*, elementos específicos do contexto de uso do mapa, condições climáticas, características presentes ao longo da rota e influências comportamentais. Portanto, é essencial uma análise cuidadosa desses aspectos ao planejar e executar avaliações eficazes. Além disso, outros fatores podem influenciar a utilização dos mapas, como crenças pessoais, compreensão cultural, conhecimento tácito e explícito, dentre outros (SPEAKE e AXON, 2012; WHYTE e LAMBERTON, 2020). Esses fatores, combinados com a utilização de dispositivos móveis para a navegação, podem ser extremamente sensíveis ao contexto de uso e suscetíveis a influências diversas, tornando especialmente complexa a tarefa de avaliar os mapas digitais móveis e as mudanças nas respostas dos usuários.

Diversas pesquisas que abordam a avaliação de mapas apresentadas na literatura são aplicadas em ambientes controlados como os laboratórios, desconsiderando a validação ecológica dos dados durante os testes (ZHANG e CHASE, 2018; NGÔ *et al.*, 2020; WODEHOUSE *et al.*, 2020; AMORIM e PUGLIESI, 2021; SASINKA *et al.*, 2021), como por exemplo, avaliação das diferenças entre usuários com baixo conhecimento e usuários especialistas, aplicação de Entrevistas, Questionários e *Eye Tracking* (DONG *et al.*, 2018; HERMAN, *et al.*, 2018; PETTERSON *et al.*, 2019; OLTEANU-RAIMOND *et al.*, 2020; LI *et al.*, 2022), aplicação de Protocolos verbais durante a execução de tarefas em um mapa digital projetado para suprir as informações de acessibilidade (JIMENEZ e MORREALE, 2015; CAROLAN, 2022), avaliação da simbologia de mapas temáticos (KLETTNER, 2020; WANG e YU, 2021; CASTILLA *et al.*, 2021) e avaliação de mapas com diferentes soluções de projeto (BARTLING *et al.* 2021; BRAGA *et al.*, 2021; MOHD NIZAM *et al.*, 2021; WILJÉN *et al.*, 2022).

Para obter uma avaliação mais precisa e aprofundada dos mapas digitais móveis, é fundamental considerar o contexto de uso durante a aquisição dos dados. Isso envolve retratar as interações dos usuários com os mapas avaliados à medida que se deslocam, são influenciados pelos fatores ambientais e tomam decisões em tarefas geográficas. Para isso, é importante incorporar uma abordagem metodológica que combine dados qualitativos e quantitativos durante o processo de navegação no campo, obtendo, armazenando e documentando estímulos e respostas verbais dos participantes (SPEAKE e AXON, 2012). Essa abordagem tem o potencial de viabilizar uma análise mais completa e significativa dos mapas digitais móveis e de como são utilizados na prática.

Portanto, surge a necessidade de estabelecer uma validação ecológica para os métodos e técnicas de avaliação de uso de mapas, com enfoque na tarefa de navegação pessoal. Esta pesquisa busca identificar quais métodos de avaliação, dentre os mais utilizados, podem ser

adaptados para o ambiente real, considerando suas vantagens e limitações em relação à tarefa geográfica de navegação apoiada por mapas digitais móveis. Portanto, esta pesquisa assume como hipótese a existência de uma relação entre as características dos métodos de testes e o contexto empregado na avaliação dos mapas digitais móveis.

A validação ecológica dos métodos e técnicas de avaliação do uso de mapas foi realizado por meio da identificação e caracterização das metodologias mais utilizadas em experimentos com usuários de mapas, e análise das características desses testes que podem ser adaptadas para tempo de execução da tarefa visando a coleta tanto dados qualitativos quanto quantitativos relacionados à compreensão dos usuários em relação a rota e a utilização do mapa acessado por dispositivo móvel (*smartphone*). A pesquisa busca contribuir para o desenvolvimento de uma metodologia adaptada de avaliação de mapas digitais móveis durante a navegação pessoal, considerando aspectos ambientais e contextuais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral consiste em identificar, comparar e avaliar metodologias combinadas empregadas na coleta de dados em experimentos com usuários de mapas digitais móveis, considerando aspectos ambientais e do contexto de uso.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar e caracterizar os métodos de avaliação que são mais utilizados em pesquisas que avaliam mapas digitais móveis;
- Analisar a correspondência entre as etapas da tarefa de navegação em ambientes distintos e as combinações metodológicas de avaliação, visando identificar a eficácia e as contribuições de cada abordagem para a coleta de dados;
- Realizar a comparação da rota dos usuários por meio da análise da rota virtual, rota real e mapa cognitivo, utilizando as metodologias de avaliação comparadas;
- Comparar alterações nas interações dos usuários com o mapa digital móvel durante a realização de tarefas espaciais *in situ* e virtual;
- Realizar a análise dos dados qualitativos transcritos e investigar a quantidade e a qualidade das informações espaciais obtidas pelos métodos comparados.

1.2 JUSTIFICATIVA

O progresso na compreensão do raciocínio humano na utilização de mapas e representações abstratas semelhantes tem sido lento em comparação com o rápido avanço tecnológico. Roth *et al.* (2017), apresentam um conjunto de oportunidades para pesquisa empírica em cartografia. Enfatizando a necessidade de abordagens para coleta de dados relacionados à interação com mapas, especialmente durante a realização de tarefas de navegação *in situ* (ROTH *et al.*, 2017). Alguns autores apontam para a falta de uma estrutura teórica para investigar e compreender este tipo de aspecto na utilização dos mapas (MACEACHREN, 2013; HALL, 2016). Segundo Roth *et al.* (2017), há oportunidades na adoção de novas abordagens para tratar mapas e visualizações interativas, como materiais de estudo inclusivos.

A pesquisa de Roth *et al.* (2017), destacam a necessidade de incorporar métodos qualitativos e mistos na investigação em cartografia para complementar as abordagens quantitativas. Além disso, enfatiza a importância de padronizar os métodos de relatório, definir tarefas de alto nível para estudos com usuários, realizar estudos de campo, adaptar métodos para a cartografia interativa e racionalizar o processo de engenharia de usabilidade. Também incentiva pesquisas empíricas na área de visualização interativa, explorando a interatividade em diferentes contextos de uso, especialmente em mapas acessados por dispositivos móveis.

A utilização de dispositivos móveis para apoiar a navegação é extremamente sensível ao contexto de uso, como por exemplo estar sujeita a alteração nas condições meteorológicas, iluminação dos ambientes, ruídos e insegurança por parte dos usuários. Esses fatores podem afetar a utilização e a aceitabilidade do mapa digital móvel por parte dos usuários. Neste sentido é válido destacar que existe necessidade de serem realizados estudos mais detalhados envolvendo os usuários de mapas acessados por dispositivos móveis, considerando a realização de tarefas reais de navegação (LI e LUXIMON, 2019). A navegação por mapas acessados por dispositivos móveis envolve parâmetros que vão desde comunicação efetiva de eventos e instruções, até questões de segurança, como por exemplo o cansaço dos usuários e sobrecarga cognitiva, provocadas por questões de atenção dividida (GARDONY *et al.*, 2013).

Além disso, existe uma forte tendência de serviços de navegação pessoal migrarem de mapa 2D para representações 3D, ou ao menos oferecer as duas funcionalidades, de forma recíproca (DONG *et al.*, 2021). Segundo Coltekin *et al.*, (2020), a democratização no acesso a diferentes tecnologias, associado a avanços na computação gráfica necessitam de um reexame adequado dos impactos transformadores que a tecnologia está provocando na navegação dos

usuários. O reconhecimento de gestos das mãos e o isolamento dos movimentos precisos dos dedos também são áreas de pesquisas que podem ser promissoras. Mesmo que não sejam exatamente intuitivos, os gestos podem inclusive ser melhor estudados a partir da perspectiva de uma “língua de sinais” na utilização de mapas interativos (WEN, *et al.*, 2021). Os fatores humanos relacionados ao uso de tecnologias que suportam diferentes representações sugerem a adequação de métodos que considerem a interação entre usuários e dispositivos. Nesse sentido, é importante considerar a utilização de dispositivos portáteis em situações reais de acesso e interação com o mapa (BRUGGER *et al.*, 2019).

Por bastante tempo, têm sido discutidos aspectos que envolvem a interação dos usuários com mapas, evidenciando lacunas nesse processo (HARROWER, 2007). Os mapas disponíveis em meios digitais são considerados um dos aspectos mais interessantes e desafiadores da cartografia, especialmente no que se refere à avaliação das interações dos usuários com esses sistemas em locais de uso natural, ou *in situ*, com ênfase na validação ecológica dos dados (MONTELLO *et al.*, 2018; ROTH *et al.*, 2017; SKOPELITI e STAMOU, 2019). Modificações nas formas de representar, utilizar e avaliar os mapas estão ocorrendo, fazendo surgir novos desafios, com uma das áreas mais promissoras sendo a navegação virtual perspectiva, com destaque para as tarefas envolvendo *wayfinding* (MONTELLO e RAUBAL, 2013; DONG *et al.*, 2021).

Parte significativa dos estudos envolvendo avaliação de mapas digitais são realizadas em laboratório. Como por exemplo o emprego de métricas fundamentadas em medidas de rastreamento do movimento dos olhos *Eye Tracking* desconsiderando a validação ecológica dos resultados (KRASSANAKIS, 2013; KIEFER *et al.*, 2016; HERMAN *et al.*, 2017; ARDISSONO *et al.*, 2018; BURIAN *et al.*, 2018; LIAO *et al.*, 2019; RZESZEWSKI e KOTUS, 2019; KEIL *et al.*, 2019). Alguns outros estudos realizam coleta de dados em ambientes de utilização real dos mapas, especialmente durante a navegação (LIAO *et al.*, 2016; DONG *et al.*, 2021). A coleta de dados *in situ* apresenta maior complexidade, uma vez que envolve diversos fatores ambientais, nesse contexto, torna-se necessária a combinação de diferentes métodos qualitativos e quantitativos (ROTH *et al.*, 2017). Muitas vezes apenas uma fonte de dados não possibilita a explicação de “como?” e “porquê?” as coisas ocorrem da forma que ocorrem. Por exemplo, conforme Liao *et al.* (2019), apenas os parâmetros de rastreamento ocular isolados não são indicadores confiáveis da complexidade de uso do mapa.

Conforme Dong *et al.* (2020), os métodos de coleta de dados têm o papel de auxiliar os pesquisadores a obter conclusões baseadas em resultados empíricos. No entanto, grande parte dos estudos tendem a ignorar os processos ambientais envolvidos durante a navegação,

especialmente em relação à avaliação da utilização de mapas digitais móveis *in situ* (LIANG *et al.*, 2012; REHMAN e CAO, 2016; DIAO e SHIH, 2018; DIRIN *et al.*, 2018; NADZIR *et al.*, 2019; SKULIMOWSKI *et al.*, 2019; YANG *et al.*, 2019; SANJAYA *et al.*, 2020; MATSUO *et al.*, 2020; DARVISHY *et al.*, 2020; SHARIN *et al.*, 2020; EINFELDT e DEGBELO, 2021; DREWLOW *et al.*, 2022; NAIR *et al.*, 2022).

Portanto, esta pesquisa se justifica por produzir embasamento científico para contribuir com uma abordagem voltada ao aperfeiçoamento e validação de combinações metodológicas para a avaliação de mapas digitais utilizados em tarefas de navegação *in situ*. A partir das investigações relacionadas e observações de padrões entre os usuários de mapas acessados por *smartphones* em diferentes ambientes, espera-se obter uma compreensão mais aprofundada do comportamento do usuário e obter informações valiosas para contribuir com a avaliação e desenvolvimento de mapas digitais mais eficazes, inclusivos e acessíveis.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A revolução tecnológica tem impulsionado mudanças nos dispositivos de acesso e nas ferramentas de análise dos dados espaciais, adaptando-se ao progresso do hardware (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Os mapas digitais móveis são facilmente acessíveis a partir de praticamente qualquer local, desde que os dispositivos possuam recursos suficientes para comportar o sistema, o que atualmente não é um problema para a maioria dos celulares, *tablets* e computadores de mesa. Segundo Roth (2015), os mapas estão cada vez mais interativos e são disponibilizados online ou por meio de aplicativos. A estruturação das representações cartográficas, a classificação dos dados e a organização das informações mapeadas, juntamente com a utilização de técnicas como Interação Humano-Computador (IHC), *design* Centrado no Usuário (UCD) e Experiência do Usuário (UX), exigem um intenso trabalho colaborativo entre produtores, provedores e consumidores de sistemas, visando aprimorar o sistema para melhor atender às necessidades dos usuários (MENDONÇA *et al.*, 2010; KOZEL, 2013).

No século passado, um dos aspectos importantes da cartografia foi o reconhecimento explícito da relevância dos usuários dos mapas (MONTELLO, 2002). Na atualidade, os usuários dos mapas continuam sendo uma parte fundamental nas diferentes etapas do processo cartográfico, especialmente na produção de mapas digitais. Segundo Roth (2011), a pesquisa cartográfica se concentra principalmente na representação cartográfica, na interação cartográfica ou na influência que cada uma dessas áreas tem sobre a outra. Além disso, os produtores e usuários de mapas devem ser considerados, visto que as representações e interações são pensadas pelos produtores levando em conta as necessidades dos usuários.

Roth *et al.* (2017) argumentam que quanto mais interativo for um mapa digital, maior será a necessidade de abordar questões relacionadas à percepção, cognição, nível cultural e prático que afetam a experiência do usuário ao utilizá-lo, resultando em amplas influências interdisciplinares nos estudos que envolvem usuários. No entanto, enquanto a IHC se concentra na ciência básica, o UCD e UX estão mais preocupados em melhorar a comunicação entre os sistemas e os usuários. O UCD se refere principalmente ao processo ou estratégia de interação aplicada ao estudo da interface (ROTH, 2015), enquanto a UX trabalha com foco na experimentação do usuário com o produto (CURCIO *et al.*, 2019).

Griffin *et al.* (2017) afirmam que, em todas as etapas do processo de produção de mapas, é essencial envolver as partes interessadas, especialmente os usuários, por meio da realização de tarefas de uso do mapa e da plataforma de acesso. O próprio usuário é o fator mais importante para determinar como as informações contidas no mapa são processadas. Conforme

Roth (2015), os cartógrafos precisam estar cada vez mais familiarizados com tópicos de *design* de representação e interação para compreender como codificar adequadamente as informações geográficas com base em princípios de percepção, cognição e semiótica. Esses princípios são fundamentais para codificar adequadamente uma interface, a fim de que ela seja facilmente utilizável por meio de processos interativos (MACEACHREN, 2013). Os mapas disponibilizados em ambientes digitais, com representação estática, passaram a ser poderosos à medida em que se adiciona a interatividade, fornecendo ao usuário uma compreensão mais completa dos fenômenos geográficos mapeados (MACEACHREN, 1994).

As definições de “interação cartográfica” e “interface cartográfica” apresentam distinções importantes. Enquanto as interfaces cartográficas representam as ferramentas digitais utilizadas para a interação com mapas, a interação cartográfica é um processo mais abrangente, que envolve a exploração e a compreensão das informações geográficas pelos usuários (NIELSEN, 1993; HAKLAY e TOBÓN, 2003). Embora as interfaces cartográficas sejam uma parte essencial da experiência de interação cartográfica, o sucesso de sua utilização depende da facilidade com que permitem a realização de tarefas específicas (ROSSETTO *et al.*, 2020). A qualidade da interação cartográfica, por sua vez, é influenciada por diversos fatores, como a usabilidade da solução e a adequação da representação das informações geográficas aos princípios de percepção, cognição e semiótica (ROTH, 2011). Em resumo, as interfaces cartográficas e a interação cartográfica são conceitos interdependentes, mas a última é mais ampla e inclui a compreensão das informações geográficas pelo usuário em diferentes contextos e aplicações.

Com base nas perspectivas de Maceachren (1994) sobre a utilização de mapas em meio analógico e na visão de Roth (2011), constatou-se a necessidade de mais pesquisas para entender como os usuários compreendem e utilizam mapas e representações abstratas, devido aos rápidos avanços tecnológicos. De fato, os mapas móveis enfrentam desafios semelhantes aos mapas acessados por *desktop* e mapas impressos, como simbologia, projeções cartográficas e generalizações. No entanto, os mapas digitais acessados por meio de dispositivos móveis apresentam novos desafios para a cartografia, especialmente relacionados à interação e navegação *in situ* (GOLDSTEIN *et al.*, 2013; VICENTIY *et al.*, 2016). A construção de mapas para serem acessados por dispositivos móveis pode representar desafios significativos para os cartógrafos.

O uso de mapas digitais móveis está intrinsecamente ligado à navegação para solucionar questões espaciais, envolvendo a interpretação cartográfica, a interação com a interface e o contexto em que a tarefa é realizada. Embora a interatividade possa melhorar a

utilidade de um aplicativo, altos níveis de interação podem dificultar a conclusão de algumas tarefas, a depender do conhecimento do usuário, sem acrescentar valor à compreensão da representação cartográfica (ROTH, 2011). Segundo o autor, quanto mais claramente definidas as tarefas de uso do mapa, menor deve ser o nível de interatividade fornecido ao usuário.

Embora a habilidade e experiência do usuário sejam fatores relevantes para a interação cartográfica e que necessitam ser levados em consideração em avaliações de interfaces cartográficas, altos níveis de habilidade ou experiência nem sempre são indispensáveis para uma interação bem-sucedida, mesmo com interfaces cartográficas que ofereçam muitas interações com uma grande quantidade de liberdade. De acordo com Roth e Harrower (2008), o êxito da interação cartográfica depende da relação entre a complexidade da interface e a motivação do usuário. Com o objetivo de compreender por que e como os usuários decidem gerar, pesquisar, recuperar e utilizar mapas no processo de resolução de problemas geográficos, abrangendo não apenas o uso efetivo de uma exibição cartográfica existente, mas também os processos cognitivos empregados para encontrar, selecionar, recuperar, ajustar, aprender e gerar exibições de mapas (ROTH, 2011; DU *et al.*, 2021).

A finalidade da interação cartográfica é organizada por meio de uma série de perguntas geográficas que ajudam os usuários a se orientarem durante a solução de tarefas espaciais (VAN ELZAKKER, 2004). Board (1984), apresentou uma lista dessas perguntas, envolvendo localização, associação espacial, interação espacial e mudança espacial em mapas analógicos (Tabela 1). Essas perguntas podem ser associadas aos propósitos de leitura de mapas, que incluem identificação, comparação, ordenação, associação e delimitação.

TABELA 1 – QUESTÕES ESPACIAIS E AS TAREFAS ASSOCIADAS AO USO DE MAPAS.

QUESTÕES	TAREFAS
Elementares	
O que existe?	Diferenciação e reconhecimento de objetos, identificação externa.
O que existe em um determinado local?	Identificação de objetos, identificação interna.
Em um determinado local, quanto do fenômeno existe?	Estimar quantidades.
Onde está esse objeto geográfico?	Localizar um objeto.
Intermediárias	
O que está próximo do objeto geográfico?	Posição em relação a outros objetos.
Qual é a distância a outros objetos similares?	Definir a distância relativa ou absoluta.
Este objeto geográfico é conectado a outros objetos?	Encontrar vínculos espaciais.
Porque existe um objeto geográfico?	Explicar a localização de um objeto.
Qual é a distribuição espacial do objeto?	Encontrar a ordem, padrões ou anomalias espaciais.

Onde estão os valores máximos e mínimos?	Quantificar as anomalias espaciais, como variações no relevo.
Onde estão os limites de uma distribuição espacial?	Delimitar uma distribuição.
O que se aproxima / o que se afasta?	Conectar a região de estudo com o mundo exterior.
Temporais	
Esse objeto geográfico sempre esteve lá?	Determinar as mudanças em posição.
Houve mudanças nos padrões de distribuição espacial?	Estabelecer tendências.
Quais os processos espaciais estão ocorrendo?	Detectar processos.
Gerais	
Quais são as influências de fora da região?	Contemplar o contexto espacial.
Que padrões relevantes estão lá?	Recapitular os padrões encontrados.
Existem relações entre padrões espaciais?	Descobrir correlações, dependências ou conflitos.
Quais os fatores que causam a estrutura regional?	Estruturar a informação geográfica.
Identificação de diferentes regiões?	Regionalização.
Quais são as características geográficas da região?	Obter <i>insight</i> e uma visão geral da região.

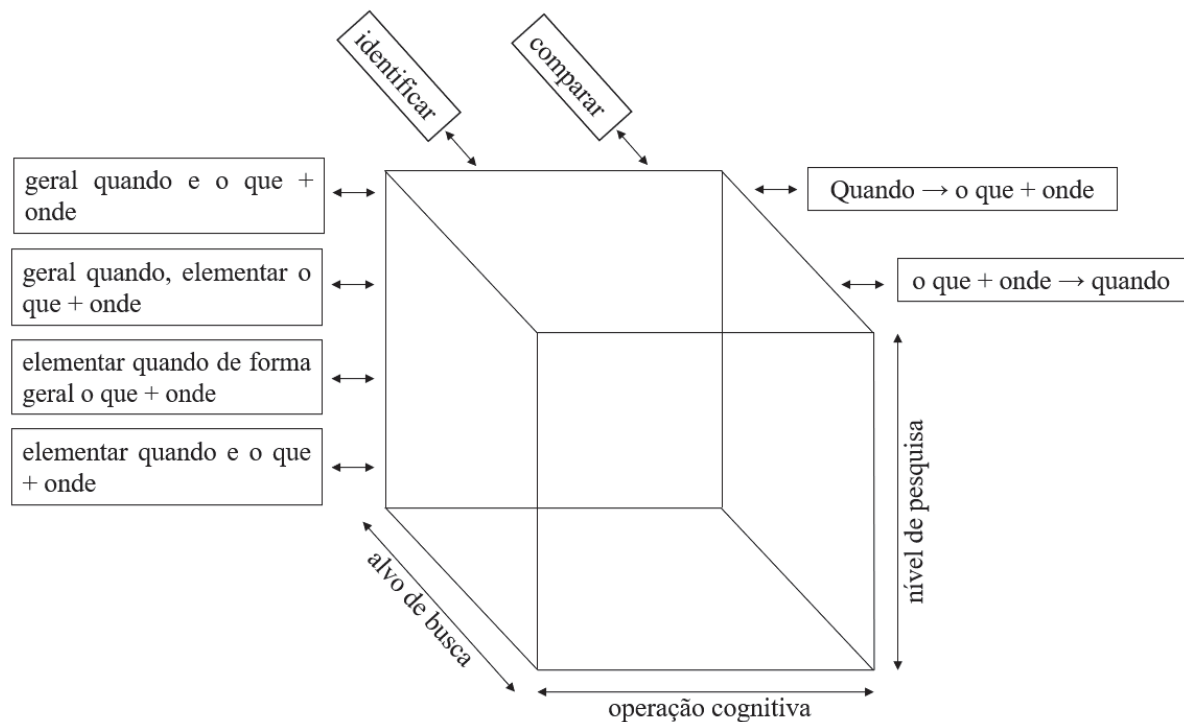
FONTE: (BOARD, 1984; SCHMIDT, 2012).

A avaliação da interação cartográfica através das perguntas geográficas não pode ser feita sem considerar o dispositivo pelo qual o usuário se comunica com o mapa. A ênfase na tecnologia empregada para fornecer a interação cartográfica pode ser descrita como uma perspectiva centrada na tecnologia (ROTH, 2011). Entretanto, é importante ressaltar que a tecnologia evolui constantemente e o objetivo final é auxiliar na elaboração de teorias, estruturas e diretrizes que possam ser amplamente aplicáveis em todas as tecnologias ou na maioria delas, permanecendo úteis mesmo quando as tecnologias atuais já não são mais utilizadas. De acordo com Norman (1984) e Harrower *et al.* (2000), três características de exibição variáveis afetam a representação e a interação cartográfica: resolução da tela, tamanho da tela e a quantidade de bits. Além disso, Roth (2011) sugere incluir nessa lista a capacidade de luminância, taxa de atualização, distância de visualização esperada, continuidade de exibição, condições de iluminação, portabilidade do dispositivo e ambiente de interação.

De acordo com Roth (2011), alcançar um desempenho ideal em mapas é um desafio para os desenvolvedores, que precisam encontrar um equilíbrio adequado entre a interação do usuário com os dados brutos no lado do servidor e a interação do usuário com uma abstração capturada dos dados no lado do cliente. Esse equilíbrio é particularmente importante no contexto da análise visual, uma vez que as interações dos usuários precisam ser dimensionadas para conjuntos de dados volumosos e multivariados, bem como para representações gráficas complexas e em escala dinâmica. Conforme Roth (2011) e Andrienko *et al.*, (2003), é possível

relacionar a interação com questões de leitura de mapas e apresenta um domínio de interação que combina perguntas espaciais com processos de interação e visualização de forma espaço-temporal. Conforme Roth (2011) a utilização de um domínio de tarefas operacionais para caracterizar o conjunto completo de tarefas que um usuário pode requisitar ao utilizar um mapa digital e uma tipologia de tarefa operacional para visualização espaço-temporal. As tarefas de visualização espaço-temporal variam de acordo com três dimensões: propósito, nível de busca e objetivo do usuário, como demonstrado na (Figura 1).

FIGURA 1 – TAREFAS OPERACIONAIS PARA VISUALIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL.



FONTE: Traduzido de Andrienko *et al.*, (2003) e Roth (2011).

Conforme Andrienko *et al.*, (2003) e Roth (2011) a (Figura 1) representa a tipologia de tarefas operacionais utilizada na revisão de técnicas e ferramentas de geovisualização para dados espaço-temporais. Essa tipologia aborda a dimensão componente da operação cognitiva, que se refere ao processo analítico visual empregado na representação cartográfica, identificando possíveis tarefas realizadas por um usuário, como “localizar” e “comparar”. A segunda dimensão está relacionada ao “alvo de busca”, apresentando a estrutura “quando, onde, o quê”. Cada uma das duas categorias incorpora tarefas de identificação e comparação, isto é, a determinação de relações, sendo, por sua vez, diferenciadas de acordo com os níveis de leitura.

- Quando → o que + onde: O tempo é dado enquanto outros tipos de informação (objetos, locais, propriedades, relacionamentos) precisam ser descobertos e descritos;

- O que + onde → quando: O tempo precisa ser descoberto para determinadas informações de outros tipos.

No “nível de pesquisa” a componente temporal deve ser analisada da mesma forma que realizamos para o “alvo de busca”. Nesse sentido, a primeira questão deve ser atribuída ao nível de pesquisa elementar, embora, à primeira vista, pareça referir-se a um conjunto, ao passo que a segunda questão pertence legitimamente ao nível de pesquisa geral. Concretamente, os componentes de dados foram divididos em “quando”, por um lado, e “o que + onde”, por outro, e relacionados a dois níveis de pesquisa. Isso resulta em quatro categorias:

- Geral “quando” e geral “o quê + onde”: descrevem a evolução da situação geral ao longo do tempo;
- Geral “quando” e elementar “o que + onde”: descrevem a dinâmica das características deste objeto (neste local) ao longo do tempo;
- Elementar “quando” e geral “o quê + onde”: descrevem a situação em determinado momento;
- Elementar “quando” e elementar “o quê + onde”: descrevem características deste objeto (localização exata) em determinado momento.

As tarefas operacionais para visualização espaço-temporal adaptadas por Roth (2011), e proposto por Andrienko *et al.*, (2003), correspondem à informação espaço-temporal investigada. Essa dimensão inclui algumas das perguntas espaciais propostas por Board (1984), como identificar, comparar, associar, localizar e categorizar, entre outras. Embora essas perguntas sejam mais focadas nas questões elementares, o cubo de Roth (2011) leva em consideração apenas a identificação e a comparação, assim como a proposta original de Andrienko *et al.* (2003).

De acordo com Ward e Yang (2003), as interações mais comuns em mapas digitais móveis incluem navegação, seleção e variação de escala. A navegação envolve o uso de ferramentas de *pan* e *zoom* que permitem aos usuários controlar a posição da câmera e o alcance da visão, o que é representado na tela do dispositivo. A seleção é uma operação fundamental que permite aos usuários indicar um objeto ou região de interesse para ser alvo de alguma operação, como destacar, apagar ou modificar. A variação de escala é uma operação comum na área de visualização exploratória, na qual o espaço da tela para uma ou mais áreas de foco é ampliado para permitir que os usuários visualizem detalhes, enquanto outras áreas e objetos passam a ocupar menos espaço para preservar o contexto.

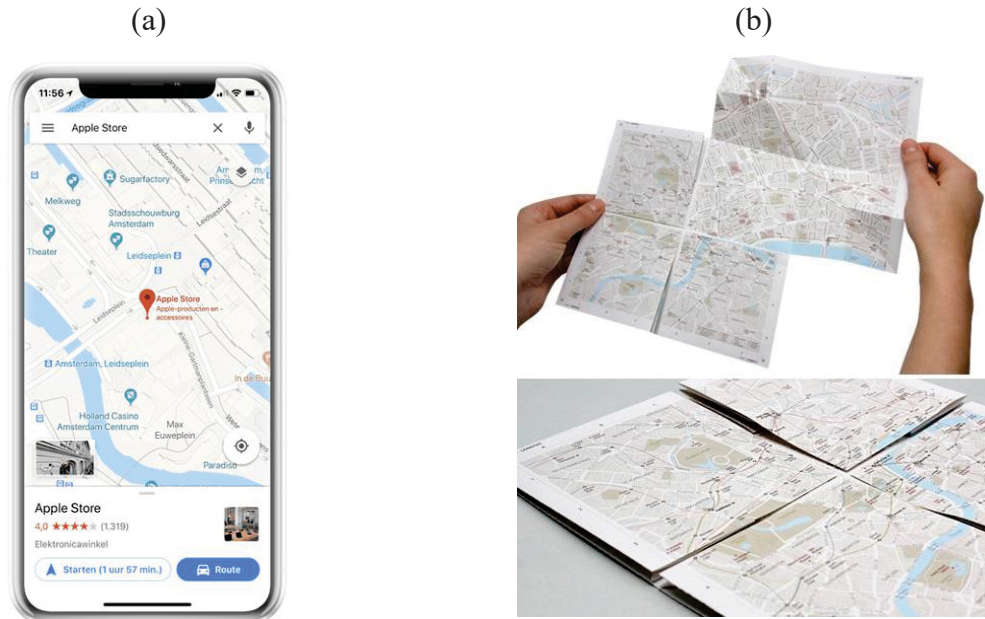
Ward e Yang (2003) propuseram um domínio de espaços de interação que se concentra principalmente na distinção entre interação de dados e interação gráfica, mas que também inclui

várias subdivisões dentro de cada uma delas. Os espaços de interação identificados pelos autores são os seguintes:

- Espaço de tela: interação com pixels da tela e não os próprios dados, geralmente consiste em ações e ferramentas digitais da interface como botões de *zoom*, *pan* e rotação;
- Espaço dos valores dos dados: interação com dados multivariados, como a seleção de dados a partir de consultas a banco de dados, no qual por exemplo é possível selecionar e organizar em uma estrutura hierárquica;
- Espaço da estrutura de dados: interação com componentes de organização de dados, geralmente envolve exibir a estrutura e permitir que o usuário identifique regiões de interesse;
- Espaço de atributos: interação com widgets gráficos para ajustar a visualização por atributo, como por exemplo, a distorção de um mapa de cores expondo uma faixa de cores para alguns dados, permitindo enfatizar subconjuntos de informações específicas;
- Espaço de objetos: interação num objeto 3D sobre o qual a visualização é projetada, os dados são mapeados para um objeto geométrico, e esse objeto conhecido como projeção pode sofrer interações e transformações, como rotação, redimensionamento e distorção de perspectiva;
- Espaço de estruturas de visualização: interação nas etiquetas (toponímias representadas) e orientação da visualização. Incluem a escolha de componentes para ocultar, mover ou reorganizar, como por exemplo selecionar um eixo em coordenadas paralelas e arrastar para um novo local para descobrir diferentes relacionamentos entre as dimensões de dados.

As considerações apresentadas por Ward e Yang (2003) e por Roth (2011) se tornaram mais relevantes com a popularização dos dispositivos móveis. Nesse tipo de dispositivo para acesso a mapas digitais, aspectos importantes para a interação incluem restrição espacial, interatividade e manipulação do mapa. Segundo Cybulski e Horbiński (2020), a visualização do mapa digital em dispositivos móveis é distinta em relação aos mapas impressos. A tela do dispositivo móvel impõe restrições espaciais ao processo de visualização e interação com o mapa (Figura 2 - a). Além de ser menor, a área de visualização é frequentemente compartilhada com menus, propagandas e outros botões, o que significa que menos dados do mapa são visualizados de uma só vez. Isso pode dificultar a capacidade do usuário de visualizar o mapa, especialmente durante a execução de tarefas de navegação. Em mapas clássicos (Figura 2 - b), a visualização dos elementos depende do que é limitado pelas decisões do projeto cartográfico.

FIGURA 2 – DIMENSÕES DOS MAPAS; (a) MÓVEL; (b) ANALÓGICO.



FONTE: O AUTOR.

Para lidar com a restrição espacial imposta pelas telas de dispositivos móveis, os usuários tendem a aumentar a quantidade de interação com o mapa (MUEHLENHAUS, 2015). Embora as operações de *zoom* e *pan* utilizando gestos no mapa com os dedos sejam semelhantes às utilizadas em um mouse ou touchpad em um computador de mesa ou notebook, a limitação do tamanho da tela normalmente requer mais interações para visualizar o contexto e interpretar o conteúdo do mapa. Portanto, é possível afirmar que existe uma correlação entre as dimensões da tela e o nível de interatividade, visto que a quantidade de informações disponibilizadas simultaneamente em mapas móveis tende a ser reduzida (MUEHLENHAUS, 2015; CYBULSKI e HORBIŃSKI, 2020). No entanto, é necessário ressaltar que essa relação não pode ser analisada isoladamente, sendo necessário considerar também a influência da própria aplicação em questão, uma vez que diferentes interfaces e funcionalidades podem impactar significativamente a experiência do usuário.

Uma das características notáveis dos usuários de mapas digitais acessados por dispositivos móveis é sua constante interação e ajuste das variáveis de *zoom*, panorâmica e inclinação, além de estarem em movimento, o que resulta em mudanças na localização, velocidade, fatores ambientais e distâncias nas rotas definidas (KARAMPANA, 2019). Esse conjunto de variáveis adiciona à lista de fatores que os desenvolvedores de mapas digitais devem considerar ao projetar mapas móveis. Dependendo do ambiente e das circunstâncias em que o usuário do mapa se encontra, pode haver uma série de influências que afetam sua

interação, incluindo a divisão de atenção, a visualização de símbolos, a alteração na luminosidade do ambiente e a percepção da distância entre as características representadas.

De acordo com Ibarra *et al.* (2013), as limitações de espaço em interfaces podem ser solucionadas com estratégias como alterações de *zoom*, rolagem ou *links* para outras janelas. Esses autores afirmam que o uso do *zoom* em mapas digitais oferece vantagens para a percepção espacial, retenção de conhecimento e navegabilidade, independentemente da escala utilizada. Permite ampliar ou reduzir o nível de detalhe, explorar áreas específicas e adaptar a navegação às necessidades individuais. É uma funcionalidade essencial para uma melhor experiência de uso de mapas digitais móveis. Conforme Ibarra *et al.* (2013), o *zoom* é eficaz quando há necessidade de explorar itens na interface do dispositivo. No entanto, persiste o problema quando muitos itens precisam ser exibidos simultaneamente na tela dos dispositivos móveis tradicionais (IBARRA *et al.*, 2013; WANG *et al.*, 2020).

2.1.1 Interação do usuário com a interface móvel

Conforme Johnsson e Magnusson (2020), a interface do usuário é um componente crucial para a interação entre o usuário e um sistema computacional. A área de IHC surgiu para estudar o usuário e suas características psicológicas e cognitivas, unindo conceitos de psicologia, ciências sociais e ciências da computação (QI *et al.*, 2019). Segundo Wu *et al.* (2006), a interação entre o usuário e o sistema pode ser categorizada em dois tipos principais: discreta e contínua. A interação discreta consiste em registrar uma única posição para cada dedo, sem qualquer movimento adicional ou gestos. Um exemplo é a seleção e arraste de um objeto na tela, em que o usuário seleciona o objeto com um dedo, o mantém pressionado e o arrasta para uma nova posição. Por outro lado, a interação contínua envolve uma mudança contínua na posição dos dedos, como ocorre nos gestos de *zoom* em mapas digitais (MARTINS, 2016), em que o usuário utiliza dois dedos para aproximar ou afastar o *zoom*, sem retirá-los da tela.

Dispositivos com interfaces sensíveis ao toque apresentam benefícios e desafios em relação à interação humano-computador. Entre as limitações, destaca-se a oclusão da tela pelos dedos do usuário, especialmente em dispositivos com telas menores (GESSLEIN *et al.*, 2020). A precisão da interação tátil também pode ser afetada pela destreza motora dos usuários e pela dificuldade em selecionar objetos virtuais com precisão, particularmente em dispositivos com telas reduzidas (JEONG *et al.*, 2020). Ademais, a interação por meio de toque pode aumentar a carga física sobre o usuário, causando fadiga muscular quando os braços são mantidos suspensos por longos períodos (STIR e ZAIT, 2022). Além disso, o toque acidental pode levar

a interações não intencionais quando o usuário acidentalmente toca na tela com a mão ou os dedos (STIR e ZAIT, 2022).

Conforme destacado por Tseng *et al.* (2021), o ambiente em que o usuário está inserido pode influenciar suas estratégias de interação. Isso pode levar a dificuldades ao interagir com dispositivos móveis em espaços públicos ao utilizar aplicativos que exigem movimentos de braços e mãos durante a interação com a Realidade Aumentada (RA). Lin (2014) destaca que os gestos mais comuns utilizados pelos usuários de *smartphones* incluem tocar na tela, tocar e deslizar, pressionar e arrastar, pinçar com dois dedos e tocar duas vezes. Durante o acesso a mapas por meio de dispositivos móveis, é comum a necessidade de alteração na orientação do dispositivo e rotação do mapa, especialmente durante a navegação para auxiliar na manutenção da orientação espacial do usuário. Essa necessidade pode ser resolvida por meio de acomodações do dispositivo, como mudança de posição de paisagem para retrato. Liu *et al.* (2012) explicam que a rotação de objetos em telas sensíveis ao toque normalmente é feita utilizando dois dedos, com cada dedo desempenhando um papel diferente. Dependendo do contexto e da tarefa de uso da interface, as estratégias de interação dos usuários podem variar, como observado por Williams e Shekhar (2019).

As interfaces de mapas digitais móveis apresentam grande potencial para exibir, atualizar e representar conteúdos dinâmicos, podendo ser adaptados facilmente às necessidades dos usuários (PAELKE e SESTER, 2010). No entanto, em comparação com mapas estáticos em papel, os mapas digitais tornaram-se mais complexos de analisar devido aos recursos dinâmicos adicionados. As interfaces de mapas interativos digitais normalmente são compostas por uma área de exibição de dados cartográficos, na qual o próprio mapa é apresentado, e um conjunto de elementos da interface gráfica, que permitem a interação do usuário com os dados do mapa (COLTEKIN *et al.*, 2016). Além disso, recursos específicos de *smartphones*, como entrada ou sensores de toque único e multitoque, estendem ainda mais esse espaço de *design*, mas também introduzem restrições, como o tamanho reduzido de tela e a precisão reduzida do ponteiro em comparação com a utilização de dispositivos *desktop*. As dimensões reduzidas da tela do dispositivo móvel podem afetar a escala dos elementos interativos, que dependem do espaço disponível para sua visualização pelo usuário. Isso influencia a entrada de toque, requerendo margens de tolerância maiores do que as interações com mouse em dispositivos *desktop*. Essas limitações podem dificultar a interação do usuário com a interface, especialmente em ambientes desfavoráveis, como ambientes com muita luz ou em movimento. Portanto, os *designers* de interface devem levar em consideração essas restrições e propor

soluções que permitam uma interação eficiente e intuitiva com o mapa digital móvel, a fim de maximizar a usabilidade e a experiência do usuário (LI e LUXIMON, 2019; CHEN e LI, 2020).

Ao projetar mapas digitais, é válido considerar não apenas as capacidades do dispositivo de acesso, mas também o contexto de uso, especialmente em dispositivos móveis utilizados em espaços públicos, onde a mobilidade e as condições ambientais diversas podem impactar a interação do usuário. É importante destacar que diversos fatores, como variações de temperatura, precipitação, vento, ruído, congestionamento e até mesmo fatores emocionais, podem impactar as estratégias de interação das pessoas que utilizam mapas digitais para navegação (ROTH *et al.*, 2018). Portanto, ao projetar mapas digitais móveis, é necessário levar em consideração essas variáveis contextuais a fim de garantir uma experiência de uso eficiente e satisfatória para os usuários.

Conforme destacado por Silvis *et al.* (2018), esses mapas se tornaram mais dinâmicos, com múltiplas perspectivas, e alguns são abertos ao público para revisão por meio de códigos abertos. Através da navegação em tela, os usuários podem facilmente visualizar pontos de interesse e características emergentes da paisagem, como edifícios em 3D e condições de trânsito em tempo real. Além disso, a mobilidade física do usuário é influenciada pelas informações fornecidas pela interface do mapa. Ao utilizar um aplicativo de mapa digital, a posição georreferenciada do usuário se move na superfície do mapa, ajustando-se ao seu percurso em tempo real, conforme ressaltado por Silvis *et al.* (2018). Essa interação permite ao usuário explorar virtualmente espaços mapeados e visualizar locais sem a necessidade de visitá-los fisicamente. Estratégias interativas, como ícones ou avatares na tela, como o *Pegman* do *Google Earth* ou o ponto azul no *Google Maps*, são utilizadas para facilitar essa experiência (JENSON, 2015; LAMMES, 2017).

2.2 ASPECTOS DE PROJETO CARTOGRÁFICO EM MAPAS DIGITAIS

Os aspectos de projeto cartográfico representam a combinação de requisitos funcionais e não funcionais do projeto da interface usuário e da interface mapa (SOMMERVILLE, 2011; KONNO, 2018). Eles também são responsáveis pela estruturação dos espaços dos valores de dados, de atributos e de visualização dos mapas digitais (WARD e YANG, 2003). A câmera de visualização do mapa, por sua vez, representa os olhos do observador, através da qual os objetos podem ser identificados. Elementos como a cor de fundo, ângulo de visada e abertura da câmera, assim como a distância entre os objetos em uma cena, podem alterar a percepção de um símbolo. Além disso, do ponto de vista do usuário, a influência na percepção do espaço é

alterada por meio de uma vista limitada, em função da posição, atitude, velocidade e configurações da câmera em perspectiva (LOPEZ *et al.*, 2020; DERBIE *et al.*, 2021).

Em mapas digitais que utilizam vista perspectiva, os símbolos podem ser exibidos alinhados a diferentes fundos ou objetos, dependendo da posição e orientação da câmera. Essa questão pode ser contornada com o uso da discriminação de cores na representação dos símbolos, na qual as tonalidades das cores utilizadas levam em consideração o ponto de vista do usuário e as variações no contraste figura-fundo (SAROT e DELAZARI, 2018). No entanto, a cor é um elemento de *design* muito importante na criação de mapas, mas também pouco estável, principalmente quando se trata de mapas acessados por dispositivos móveis. De acordo com Muehlenhaus (2015), é comum as cores parecerem diferentes para os usuários de mapas digitais, devido a fatores como a tecnologia utilizada e a iluminação do ambiente. Além disso, Schmidt (2012) constatou que o contraste dos símbolos em relação ao fundo pode variar de acordo com a movimentação da posição da câmera. Por exemplo, um símbolo como uma árvore pode apresentar alto contraste em relação ao céu azul, mas baixo contraste quando exposto contra uma representação de vegetação (SCHMIDT e DELAZARI, 2013).

Na criação de mapas convencionais, há convenções de cores que são esperadas pelos usuários, como estradas em branco e cinza, massas de água em azul, vegetação em verde e locais perigosos em vermelho. Geralmente, as cores utilizadas na base cartográfica são neutras ou escuras para facilitar o contraste figura-fundo e destacar a simbologia no mapa (MUEHLENHAUS, 2015). No entanto, é importante lembrar que as pessoas percebem as cores de forma diferente, e aproximadamente 5% da população mundial é afetada pelo daltonismo, com maior incidência em homens do que em mulheres (PETTS, 2020). De acordo com Muehlenhaus (2015), é recomendado evitar a utilização de cores vermelho e verde na mesma saturação e valor para representar diferentes tipos de dados em mapas, pois indivíduos com daltonismo podem ter dificuldade em distingui-las.

Os mapas digitais, como o popular *Google Maps*, são compostos por uma variedade de ícones, frequentemente representando escolas, estradas, hotéis, hospitais, restaurantes, bibliotecas, entre outros, que são continuamente aprimorados ao longo do tempo. Um exemplo disso é o uso ampliado do ícone em forma de gota invertida, que se tornou proeminente com a popularização dos mapas do *Google* (MUEHLENHAUS, 2015; SHIVE *et al.*, 2019). Essa escolha de símbolos pode ser explicada pela Teoria da Gestalt, que sugere que quanto menor a quantidade de unidades compositivas, mais simétrica e regular é a figura composta, resultando em informações mais legíveis, especialmente quando apresentadas em tamanhos reduzidos (GRANHA, 2001). No entanto, em muitos casos, o usuário do mapa pode precisar consultar

um título, legenda ou texto para determinar o que o símbolo está representando. Por isso, uma comunicação visual eficaz requer o uso de uma simbolização intuitiva.

A simbologia utilizada em mapas é influenciada pelo período histórico e pelo público que irá consumi-lo, sendo que a simplificação e a evolução constante da simbologia são fatores importantes (MUEHLENHAUS, 2015). No entanto, a escolha dos símbolos também é influenciada pelo contexto cultural e histórico, o que pode levar a mudanças na sua interpretação ao longo do tempo. Independentemente do período histórico, a simplicidade e a natureza pictórica dos símbolos geralmente são mais eficazes na comunicação (PISETTA, 2021). Por fim, a interpretação e a percepção dos símbolos dependem de diversas características, incluindo o público-alvo, o contexto de uso do mapa, os dispositivos de acesso e os propósitos que devem ser atendidos pelos usuários.

2.2.1 Visualização Cartográfica e símbolos Cartográficos

O mapa é um produto cartográfico e constitui uma representação visual do mundo real, podendo ser de forma analógica ou digital (BERTIN, 1983). Essa representação gráfica, como proposto por Robinson e Petchenik (1976), abrange diversos tipos de mapas, todos compartilhando a característica de retratar de maneira visual um fenômeno ou objeto presente no mundo real. O conceito de “meio”, conforme explicado por Dent *et al.* (2009), engloba tanto aspectos culturais quanto físicos que compõem o ambiente global. A definição adicional de mapas como ferramentas para visualização de dados geoespaciais, apresentada por Kraak e Ormeling (2010), destaca a utilidade dessas representações gráficas na transmissão de informações sobre a localização e atributos de objetos ou fenômenos terrestres. Dessa forma, os mapas desempenham um papel crucial ao fornecer informações essenciais aos usuários, guiando suas decisões durante a navegação e auxiliando os usuários na tomada de decisões informadas (LONGLEY *et al.*, 2005). Os dados geoespaciais englobam informações relacionadas à posição, atributos e espaço-tempo de objetos ou fenômenos (KRAAK e ORMELING, 2010).

Quando se projeta um mapa, é um dos principais objetivos dos cartógrafos que os usuários alcancem uma visualização precisa dos dados geoespaciais, assegurando simultaneamente uma representação clara do conteúdo visualizado (SLUTER, 2001). Os gráficos desempenham um papel significativo nesse processo, como destacado por Bertin (1983), ao afirmar que a representação gráfica é um dos sistemas fundamentais de signos concebidos pela mente humana para armazenar, compreender e comunicar informações essenciais. Como uma linguagem para os olhos, os gráficos aproveitam as propriedades

onipresentes da percepção visual, constituindo a parte racional do mundo das imagens (BERTIN, 1983). Considerando os tipos de dados e os valores atribuídos, o cartógrafo deve selecionar elementos gráficos eficientes para representar essas informações em um mapa. Jacques Bertin, pioneiro nesse contexto, concentrou-se nos sistemas de signos e na semiótica, que envolve a compreensão de como um objeto pode representar outro. Essa compreensão, conforme Roth (2017), auxilia os cartógrafos na determinação de como um símbolo de mapa pode descrever um objeto ou fenômeno do mundo real, adquirindo significado para o usuário do mapa.

2.2.1.1 Escalas de Medição

Os atributos cartográficos podem ser classificados como qualitativos ou quantitativos existindo quatro tipos de variáveis: nominais, ordinais, intervalo e razão. Os dois primeiros são chamados de dados qualitativos e os dois últimos são dados quantitativos. Os dois primeiros (nominal e ordinal) são avaliados em termos de palavras ou atributos chamados dados qualitativos, enquanto variáveis intervalo e razão fazem parte dos dados quantitativos (DENT *et al.*, 2009).

- Escala nominal: Refere-se a dados puramente descritivos, como nomes, nos quais não há significado em ordenar, somar ou multiplicar esse tipo de dado. Exemplos de dados nominais incluem cores, sexo, raça, religião, etc.
- Escala ordinal: São os dados que se podem ordenar ou hierarquizar, como por exemplo, dados categóricos que possuem uma ordem natural, como as fronteiras políticas que são classificadas hierarquicamente (nacional, estadual, municipal, etc.) ou rotas de transporte (rodovia principal, rodovia secundária, estrada de baixa capacidade, estrada não pavimentada). Novamente as operações matemáticas não possuem significado.
- Escala intervalo: Corresponde a dados representados em escalas de valores definidas, como escalas de temperatura ou equidistância entre curvas de nível. Nessa escala, é significativo realizar operações de adição ou subtração, mas a multiplicação ou a divisão não têm significado. Importante notar que a escala de intervalo não necessariamente começa em zero, e a presença de zero não indica a ausência do fenômeno.
- Escala razão: Caracteriza-se por números com significado aritmético, em que o zero representa a ausência do fenômeno, e todas as operações matemáticas são significativas. Nessa escala, é possível realizar operações entre atributos e calcular medidas como densidades.

2.2.1.2 Variáveis Visuais

A simbolização de mapas envolve variáveis visuais, fundamentais para a representação gráfica em mapas, sendo componentes do sistema gráfico (DENT *et al.*, 2009). Os dados cartográficos podem ter dimensão zero, representados por pontos, unidimensionais, representados por linhas, bidimensionais, representados como áreas, tridimensionais, representados como volume, ou multidimensionais, representados ao longo do tempo (DENT *et al.*, 2009). Manipular as variáveis visuais que melhor correspondem aos dados geográficos examinados pode criar representações eficazes (DENT *et al.*, 2009). Essas variáveis visuais podem ser usadas para visualizar diferenças qualitativas e quantitativas entre os dados cartográficos (BERTIN, 1983). Além disso, elas podem ser aplicadas a diferentes geometrias, como pontos, linhas e áreas, diversos tipos de dados (socioeconômicos, estatísticos, fenômenos naturais, topográficos, etc.) e escalas de medida (nominal, ordinal, intervalar, razão).

Duas das variáveis são as dimensões planas, referindo-se ao posicionamento X e Y no espaço bidimensional, utilizado para representar a localização de objetos, independentemente de serem simbolizados por pontos, linhas ou áreas. Elas são empregadas na medição nominal ou ordinal, servindo como referência geral para identificar a localização. As seis variáveis restantes compreendem tamanho, forma, orientação, textura, saturação e valor, proporcionando ao cartógrafo a capacidade de fornecer informações adicionais para exibir configurações espaciais mais complexas ou dados quantitativos, muitas vezes na forma de mapas temáticos (BERTIN, 1983). Portanto, as sete variáveis visuais, a saber, posição, tamanho, forma, orientação, textura, saturação e valor, são empregadas para representar dados em mapas, sendo as variáveis de posição X e Y utilizadas para indicar a localização dos objetos espaciais no mapa (DENT *et al.*, 2009).

2.2.2 Navegação com mapas digitais móveis

A navegação é definida como o processo de movimento de um ponto de partida para um destino (MONTELLO, 2005). De acordo com Aditya *et al.* (2018), a estrutura tecnológica empregada nos sistemas de navegação depende da estrutura de posicionamento utilizada, que pode ser fornecida por meio de uma solução assistida por rede ou serviços de posicionamento baseados em dispositivos móveis. Com a rápida popularização dos *smartphones* e o desenvolvimento acelerado de aplicativos, foram criadas mais oportunidades para aprimorar as técnicas de posicionamento local, utilizando especialmente o Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e sensores inerciais incorporados nos dispositivos.

O monitoramento do modelo de navegação dos pedestres pode ser realizado por meio da observação de mudanças na velocidade e espaço ocupado, o que pode ser utilizado como parâmetro para identificar motivações e obstáculos encontrados durante o percurso (MA e YARLAGADDA, 2015). Além disso, é possível verificar o modelo de caminhada das pessoas por meio da posição e orientação geradas pelos usuários em campo durante a conclusão da tarefa. Usando a interação na web como metáfora, o modelo de caminhada pode ser típico de uma tarefa de busca, em que um local e um alvo específicos estão na mente do viajante (ADITYA *et al.*, 2018). Segundo Liao *et al.* (2017), a navegação com mapas digitais móveis em campo engloba predominantemente a auto-localização, a aquisição de conhecimento espacial e a navegação assistida por tarefas de busca, tais como a pesquisa de endereços. Essas três tarefas são amplas e envolvem especialmente o planejamento e a execução de tarefas espaciais.

Conforme destacado por Schmidt (2012), a leitura de mapas durante a navegação envolve diversas tarefas cognitivas cruciais, incluindo a compreensão da simbologia, o planejamento de rotas, a auto localização e a rotação do mapa. Conforme Loben (2004), estas tarefas cognitivas são essenciais para identificar um caminho "navegável". Durante a realização de tarefas de orientação espacial em avaliações de mapas com a participação de usuários, é importante considerar não apenas a percepção visual e espacial, mas também os processos cognitivos e de atenção envolvidos. Essas tarefas abrangem a capacidade de se orientar em ambientes familiares e não familiares, que incluem a orientação espacial egocêntrica e a orientação alocêntrica (LOPEZ *et al.*, 2020; DERBIE *et al.*, 2021). Na orientação egocêntrica, a perspectiva é colocada em primeira pessoa, permitindo que o usuário se sinta inserido na representação. Essa abordagem utiliza as informações sensoriais motoras provenientes dos movimentos do corpo em relação ao espaço, permitindo uma compreensão mais intuitiva da orientação espacial (LITHFOUS *et al.*, 2013; LESTER *et al.*, 2017).

A vista alocêntrica coloca o usuário a parte da visualização e o usuário tem a sensação de estar fora da representação, e oferece uma visão ampla do ambiente. Nesse modo, o observador pode identificar a posição de pontos de referência topográficos e sua relação com outros elementos do entorno, assim como a direção desses pontos e as distâncias estimadas pelo usuário (IACHINI *et al.*, 2009; LITHFOUS *et al.*, 2013). Por exemplo, em sistemas de navegação veicular, a posição do usuário é representada por um símbolo, como uma seta ou um carro, no mapa.

Segundo Costa (2020), a perspectiva alocêntrica, também conhecida como vista de topo em mapas bidimensionais, apresenta diferenças substanciais em relação ao processo

cognitivo envolvido na orientação espacial do indivíduo em um ambiente. Ao contrário da perspectiva egocêntrica, as representações aloclétricas são orientadas pelo objeto, não pelo observador, e demandam a utilização de um mapa cognitivo para a orientação (LITHFOUS *et al.*, 2013; COLOMBO *et al.*, 2017).

Contudo, durante a navegação em campo o processo de extração de informações do ambiente pelo usuário ocorre de forma dinâmica e extremamente rápido (WOLBERS e WIENER, 2014). Nesse contexto, o usuário extrai e armazena uma representação mental das posições relativas dos objetos no espaço, independentemente de sua própria localização no espaço de visão, configurando, assim, uma representação aloclétrica. Essa abordagem é especialmente proeminente em pontos de decisão, notadamente quando são feitos julgamentos sobre a posição relativa de objetos com base na memória de onde foram localizados anteriormente (EKSTROM *et al.*, 2014).

A navegação aloclétrica é conceitualmente independente do indivíduo, constituindo uma abordagem oposta à navegação egocêntrica, que depende da posição do indivíduo e frequentemente localiza objetos espaciais a partir de referências próprias. De acordo com Ekstrom *et al.* (2014), os seres humanos naturalmente empregam um modelo mental que combina ambas as abordagens, realizando tarefas de navegação dependentes do conceito de movimento. Em resumo, a estratégia de navegação implica a combinação de representações mentais aloclétricas e egocêntricas, e, conforme Ekstrom *et al.* (2014), independentemente da representação utilizada nos pontos de decisão, o usuário do mapa é capaz de representar o ambiente em relação à sua posição imediata no espaço, facilitando a escolha de rotas adequadas, execução de curvas corretas e estimativa de distâncias até o objetivo. Portanto, durante a navegação em campo, a representação predominante tende a ser essencialmente egocêntrica, dada a dependência inicial da orientação e movimentação do indivíduo, mesmo que o mapa contenha uma representação aloclétrica (EKSTROM *et al.*, 2014; WHISTANCE, 2022).

2.3 PERCEPÇÃO E COGNIÇÃO

A compreensão da cognição e percepção refere-se à apreensão da metodologia e dos elementos aos quais um indivíduo direciona sua atenção em uma cena visual específica (PETCHENIK, 1977). Em relação aos mapas, eles servem como estímulos em uma cena visual para examinar os processos cognitivos dos indivíduos ao realizar tarefas específicas. Assim, a cognição e percepção do mapa podem ser observadas. A percepção e cognição do mapa estão intrinsecamente vinculadas às variáveis visuais do mapa e à tarefa de navegação espacial,

desempenhando um papel crucial na forma como o usuário visualiza e interpreta as informações espaciais. Quando combinadas com escalas de dados de medição, essas variáveis proporcionam uma experiência sensorial rica, aprimorando a compreensão do usuário sobre as características geoespaciais (SKOULAS, 2023).

Na cartografia, o conhecimento sobre percepção e cognição é fundamental para estudos que envolvem a interpretação de simbologias, navegação, auto localização do usuário, a descrição e identificação de pontos de interesse, bem como para a compreensão das estratégias de interação do usuário com a interface do mapa (PETCHENIK, 1977; GRIFFIN, 2017). Os aspectos cognitivos são inerentes ao usuário, que recebe, processa e interpreta informações para a tomada de decisão espacial ao empregar estratégias de navegação, como o *guiding* ou *wayfinding*. Entretanto, a avaliação *in situ* e em tempo real é uma tarefa desafiadora, devido à influência de vários fatores, como conhecimento espacial prévio, habilidades distintas e características oftalmológicas, incluindo possíveis deficiências visuais, que podem afetar a capacidade de interação do usuário.

Além de outros fatores, como crenças pessoais, compreensão cultural, conhecimento tácito e explícito, que podem influenciar a utilização de mapas (WHYTE e LAMBERTON, 2020), a utilização de dispositivos móveis para a navegação pode ser altamente sensível ao contexto de uso e suscetível a influências diversas. A transferência de informação de um sistema multimídia interativo, como os dispositivos móveis, para os usuários, depende da utilização de diferentes canais e modalidades de comunicação. Nesse processo, os aspectos cognitivos e de percepção humanos são utilizados na construção de representações, formação de memórias e tomadas de decisão (BUZIEK, 1999).

A abordagem dos estudos sobre percepção e cognição está centrada nas influências das variáveis ambientais e no comportamento dos indivíduos, com o objetivo de investigar as relações entre as características espaciais e as experiências individuais (REIS e LAY, 2006; MITCHELL, 1993). A cognição refere-se à construção de significado e sua modelagem das relações entre o indivíduo e o ambiente, bem como a consideração dos efeitos do ambiente sobre as atitudes e comportamentos dos indivíduos, têm implicações importantes para o *design* e a avaliação de mapas. Portanto, é crucial considerar informações sobre o ambiente e questões comportamentais ao avaliar uma interface do ponto de vista do usuário (REIS e LAY, 2006; GRIFFIN, 2017).

A análise dos procedimentos de cognição e percepção pode proporcionar entendimentos sobre a metodologia e os elementos de atenção de um indivíduo em uma cena visual específica (SKOULAS, 2023). No contexto dos mapas, eles podem servir como

estímulos em uma cena visual para examinar os processos cognitivos durante tarefas específicas. Consequentemente, a cognição e percepção do mapa tornam-se observáveis. O estudo da cognição e percepção cartográfica em mapas pode oferecer informações valiosas sobre os elementos, variáveis e simbolizações que se destacam, contribuindo para a formação de imagens mentais (REIS e LAY, 2006; SKOULAS, 2023). A identificação de elementos de mapas que captam a atenção, aliada à investigação da percepção e cognição do mapa, auxilia na concepção de visualizações de mapas precisos e eficazes. A interpretação da cognição, percepção e atenção do mapa pode ser realizada por meio de métodos experimentais qualitativos e quantitativos que empregam diferentes tipos de mapas, estilos e características relacionadas a interface cartográfica (SKOULAS, 2023).

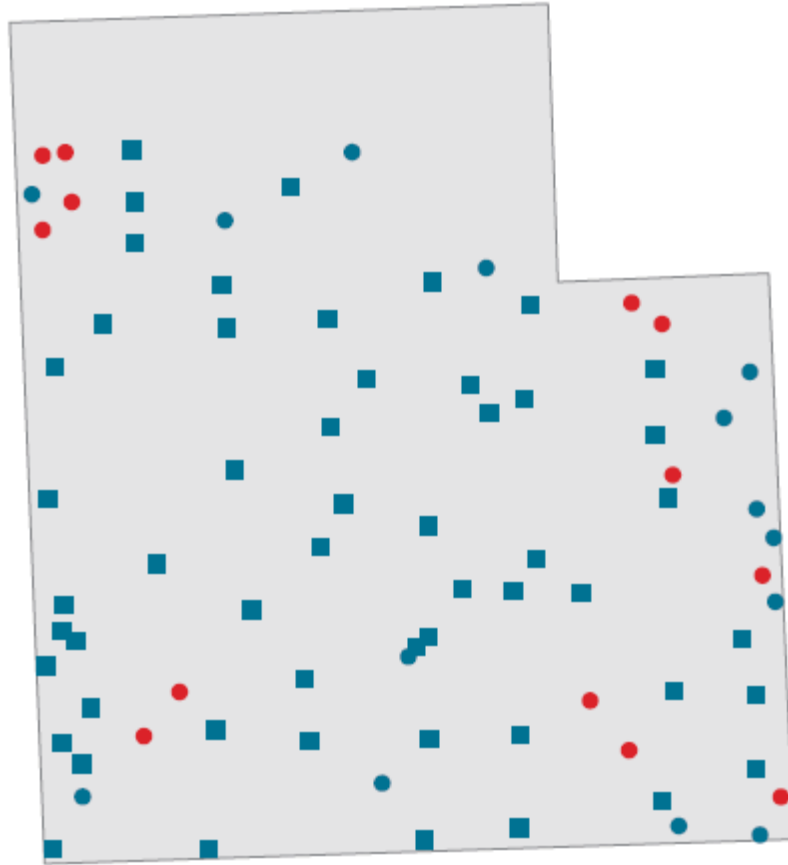
2.3.1 Percepção

De acordo com Reis e Lay (2006), o conceito de percepção é fundamentalmente definido de duas maneiras. A primeira delas está relacionada à interação entre o espaço e o usuário por meio dos sentidos básicos, como visão, olfato, audição, tato e paladar, e é dependente dos estímulos físicos, sendo geralmente associada à percepção visual. Como a visão é o sentido dominante nos seres humanos, fornecendo muito mais informação do que todos os outros sentidos combinados, a percepção visual é a mais relevante na interação do usuário com o espaço. Os outros sentidos, como som, cheiro e tato, normalmente não respondem por mais de 10% do estímulo sensorial, enquanto mais de 80% é fruto do estímulo visual (DANCE *et al.*, 2021). A segunda maneira de entender a percepção está relacionada à interação entre o espaço e o usuário por meio dos sentidos básicos e de outros fatores, como memória, personalidade, cultura e tipo de transmissão. Essa maneira de compreender a percepção pode ser entendida como a totalidade dos processos de interação entre usuários e o espaço e tende a ser confundida com o conceito de cognição.

A psicologia desempenhou um papel importante no desenvolvimento de regras práticas para a criação de hierarquias visuais pelos cartógrafos, identificando quais variáveis visuais são processadas pré-atenção pelo sistema olho-cérebro (FABRIKANTE *et al.*, 2010). O processamento pré-atenção, que ocorre antes da atenção consciente, permite que características como matiz de cor sejam rapidamente identificadas, como pode ser observado na (Figura 3), sem que o usuário precise inspecionar cada símbolo individualmente (GRIFFIN, 2017). Entretanto, é difícil identificar símbolos com outras variáveis visuais, como a forma, com um único olhar. A combinação de diferentes variáveis visuais pode tornar a identificação mais

complexa, como no caso de quadrados e círculos azuis, onde a combinação de cor e forma não é processada pré-atenção, exigindo mais tempo de análise.

FIGURA 3 – EFEITO DAS VARIÁVEIS VISUAIS NA ATENÇÃO SELETIVA.



FONTE: (GRIFFIN, 2017).

A hierarquia visual adequada é fundamental para melhorar o desempenho dos usuários de mapas, resultando em uma utilização mais eficiente e com menor esforço mental (GRIFFIN, 2017). De acordo com Reis e Lay (2006), o conceito de percepção pode ser compreendido tanto em termos sensoriais quanto em termos de experiências, incluindo informações e valores que o indivíduo tem sobre o ambiente ao seu redor. No entanto, é importante distinguir a experiência sensorial exclusiva da experiência cognitiva, pois elas têm implicações para as interações espaciais dos indivíduos. Por exemplo, as características morfológicas podem ser percebidas da mesma maneira por indivíduos com diferentes experiências, memórias, valores e motivações (STEVENSON, 2006). Portanto, a percepção está relacionada à forma como o cérebro interpreta os sinais provenientes dos sentidos humanos (KESKIN, 2020).

2.3.2 Cognição

Compreender os esquemas cognitivos que os usuários de mapas utilizam pode auxiliar os cartógrafos a projetar mapas que exijam menos esforço cognitivo, resultando em menor carga cognitiva (GRIFFIN, 2017). O processamento da informação visual depende tanto da percepção visual, através do que é visualizado, associado à pré-atenção, quanto de processos e estratégias cognitivas, através dos quais os usuários interagem com seu conhecimento existente. Através da cognição, a percepção das sensações adquire valores e significados, e forma uma imagem no universo de conhecimento do indivíduo. Isso envolve necessariamente o reconhecimento, a memória e os pensamentos, gerando expectativas sobre o ambiente, que se traduzem em atitudes e comportamentos dos usuários (WEBER, 1995; REIS e LAY, 2006).

Os processos de aprendizagem, memória e generalização são essenciais para que os indivíduos possam adaptar suas atividades a um ambiente construído ou adaptar o ambiente construído às suas necessidades, por meio de intervenções físicas. Embora a percepção e a cognição sejam eventos que ocorrem simultaneamente, a percepção ocorre funcionalmente antes da consciência do indivíduo sobre o significado e valor de um objeto, ou seja, antes do processo cognitivo. Os conceitos de percepção e cognição diferem em termos de extensão geográfica ou escala espacial e simultaneidade temporal. A percepção refere-se a algo imediato dentro do campo de visão, enquanto a cognição abrange um contexto espacial mais amplo, especialmente em situações onde os espaços de interesse estão obstruídos visualmente ou são tão extensos que não podem ser apreendidos em sua totalidade de uma única vez (GOLLEDGE e STIMSON, 1997). Esses espaços de pequena escala são registrados na memória e organizados cognitivamente para conter eventos e objetos que estão fora do campo sensorial imediato do indivíduo (WEBER, 1995; GOLLEDGE e STIMSON, 1997). Portanto, os processos e estratégias cognitivas incluem habilidades como saber onde procurar determinado comando em uma tela digital, interpretar informações encontradas em um mapa com base em outros conhecimentos armazenados na memória de longo prazo (GRIFFIN, 2017). É esperado que diferentes usuários de mapas possuam e utilizem diferentes informações armazenadas em sua memória ao interpretar e interagir com mapas.

A realização de avaliações de usuários baseadas apenas em percepções subjetivas e *feedback* sobre um protótipo pode não fornecer medidas objetivas, como precisão, tempo e número de interações do usuário. Para avaliar efetivamente um sistema, é comum combinar medidas subjetivas e objetivas, incluindo testes de navegação (COLTEKIN *et al.*, 2016). Geralmente, esse tipo de avaliação é realizado por meio de um modelo aberto, que incentiva os

participantes a fornecerem qualquer informação relacionada ao aprendizado espacial da rota, por exemplo.

A literatura científica apresenta diversos métodos para examinar o papel dos mapas no processo cognitivo durante a navegação. Um método tradicionalmente empregado em pesquisas sobre a navegação humana é a medição do desempenho comportamental dos participantes (BRUGGER *et al.*, 2019; KHENAK *et al.*, 2020). A precisão e o tempo de resposta são métricas comuns utilizadas para avaliar a eficácia e a eficiência, respectivamente, das tarefas que envolvem o uso de mapas (DONG *et al.*, 2020). Algumas evidências na literatura, como o estudo de Liao *et al.* (2016), indicam que a coleta do tempo de resposta é uma forma útil de identificar diferenças no desempenho dos usuários de mapas 3D e 2D, já que participantes que levaram menos tempo para responder às tarefas apresentaram maior desempenho.

Uma maneira eficaz de acessar a cognição humana sobre o espaço é por meio da criação de mapas cognitivos, que são ilustrados pelos usuários geralmente após tarefas espaciais. Como a navegação por um local permite a geração de conhecimento espacial, os indivíduos armazenam informações sobre seu ambiente e utilizam essas informações para tomar decisões espaciais (HEFT, 1996; INGOLD, 2000). De acordo com Chowdhoree *et al.* (2019), os mapas cognitivos são processos representacionais em construção e nunca estão completamente terminados. Os mapas cognitivos não exibem necessariamente um alto grau de precisão espacial, mas servem para facilitar as respostas verbais e espacialmente descritas dos participantes. Tais mapas podem conter distorções espaciais, que podem indicar resultados interessantes, permitindo aos pesquisadores construir, organizar, analisar e apresentar evidências de investigações empíricas para apoiar conceitos, teorias e modelos estabelecidos (BRENNAN, 2010; WAGNER, 2011).

A aquisição de conhecimento espacial envolve habilidades cognitivas importantes, como a capacidade de rotacionar objetos, identificar símbolos e se auto localizar. A partir dessas habilidades, o usuário pode obter informações sobre distância, direção (azimutes), sequência de pontos de referência, rotas e conhecimento de terreno. Navegar em diferentes ambientes, seja conhecido ou desconhecido, requer competências cognitivas significativas. A formação de associações entre ações e pontos de referência é uma estratégia fundamental na navegação. Geralmente, elementos como pontos ao longo da rota, pontos fora da rota que podem ser globais e locais são utilizados para auto localização e auto orientação, e para pontos de confirmação (FERREIRA *et al.*, 2018). A aquisição de conhecimento por referências é comum em situações de mudança de curso ou quando o indivíduo precisa fazer uma escolha sobre a rota. Por

exemplo, em uma encruzilhada, o usuário pode escolher uma placa ou uma árvore como referência (SCHMIDT, 2012).

Conforme Peterson (1994), a cognição refere-se aos processos inteligentes e aos produtos mentais humanos, abrangendo atividades como percepção, pensamento, raciocínio, resolução de problemas e imagens mentais. O conhecimento visual percebido manifesta-se na forma de imagens mentais, diretamente vinculadas à memória cerebral (KESKIN *et al.*, 2023). Essas imagens mentais, conforme destacado por Keskin (2020), são formadas quando um indivíduo se concentra em um objeto, resultando na criação de uma representação mental do ambiente. Esta representação é predominantemente influenciada por dois fatores principais: o conhecimento prévio armazenado na memória cerebral e a observação e compreensão do objeto focalizado (KESKIN *et al.*, 2023). Keskin (2020) acrescenta: “A Cognição Espacial pode ser definida como a reestruturação do espaço a nível mental e sua reflexão assimilada. A cognição espacial está relacionada tanto ao ambiente físico quanto às habilidades dos indivíduos em relação às características pessoais do indivíduo.”

2.4 AVALIAÇÕES DE MAPAS ENVOLVENDO USUÁRIOS

As avaliações de mapas envolvendo usuários podem ser realizadas em laboratórios (CHU *et al.*, 2017; BRADE *et al.*, 2017; SAKPERE *et al.*, 2017; DIRIN *et al.*, 2018; DIAO e SHIH, 2018; YANG *et al.*, 2019; SKULIMOWSKI *et al.*, 2019; SANJAYA *et al.*, 2020; SHARIN *et al.*, 2020; MATSUO *et al.*, 2020; DARVISHY *et al.*, 2020; EINFELDT e DEGBELO, 2021; NAIR *et al.*, 2022; DREWLOW *et al.*, 2022), ou *in situ*, como em estudos de campo ou ambientes não controlados (ZAHABI e KABER, 2018; ADITYA *et al.*, 2018; BRATA e LIANG, 2019; MONTUWY *et al.*, 2019; NADZIR *et al.*, 2019; BRATA e LIANG, 2020; LU *et al.*, 2021; SWOBODZINSKI *et al.*, 2021; DONG *et al.*, 2021; BRATA *et al.*, 2021; VINCENT *et al.*, 2022; QIU *et al.*, 2023). No primeiro caso, os participantes são submetidos a um conjunto de cenários que levam a tarefas específicas em um produto ou serviço, enquanto são monitorados por um moderador em um ambiente controlado. Em estudos realizados em campo, as interações do participante com a interface ocorrem no ambiente natural, o que pode tornar desafiador a coleta de dados de forma padronizada, especialmente quando se trata de avaliar a usabilidade de mapas acessados por dispositivos móveis, onde o usuário manipula a interface por meio do toque direto na tela do dispositivo (LIN, 2014).

Os testes com usuários de mapas podem ser classificados como moderados ou não moderados. No primeiro tipo, um moderador está presente fisicamente durante a aplicação do

roteiro de teste, enquanto no segundo tipo o teste é realizado sem a presença do moderador. Durante o teste moderado, o moderador pode solicitar *feedbacks* em determinadas etapas do teste, intervir caso o participante não compreenda as instruções ou enfrente algum problema técnico, além de permitir improvisações e correções de ordem técnica. No entanto, esse tipo de teste pode ser considerado intrusivo, demorado e pode exigir muito esforço para recrutar participantes. Além disso, os participantes podem sentir desconforto ao se encontrarem fora de seu ambiente habitual, o que pode alterar o comportamento natural dos indivíduos (SCHIRRA e ALLISON, 2018).

A coleta de dados pode ser um desafio em avaliações de mapas acessados por dispositivos móveis em ambientes não específicos, independentemente do tipo de teste utilizado, que pode incluir indagações para facilitar a obtenção de dados e estimular os participantes a realizar determinadas interações com a interface avaliada (HERTZUM *et al.*, 2015). Uma alternativa aos testes presenciais é a realização de testes remotos, que podem ocorrer de forma síncrona, em que o administrador do teste e o usuário estabelecem contato em tempo real por equipamentos como telefone ou *chat*, ou de forma assíncrona, por exemplo, por e-mail (ALGHAMDI *et al.*, 2013). O teste remoto, seja síncrono ou assíncrono, caracteriza-se por ter uma menor presença do experimentador, o que pode representar uma vantagem em certas configurações, como a redução de possíveis influências sociais na interação do participante com a interface. Além disso, o teste remoto pode ser mais econômico em relação ao teste presencial.

A coleta de dados em testes remotos pode apresentar desafios em relação ao controle experimental, como a possibilidade de distração do participante durante a realização da tarefa, o que pode impedir a documentação de certos dados (SAUER *et al.*, 2019). Para superar essas desvantagens, foi desenvolvida o formato de avaliação denominado Teste de Usabilidade Remoto Não Moderado (URUT), que se caracteriza por ter uma estrutura rígida e pouco abrangente na coleta de informações (LEWIS *et al.*, 2015; RELAWATI *et al.*, 2022; PARAMARTHA *et al.*, 2022). Essa rigidez pode dificultar a exploração de conceitos e ideias durante o teste e, consequentemente, a documentação de questões comportamentais, dúvidas e reações dos usuários no momento da interação com a interface avaliada.

O URUT é realizado de forma totalmente remota, sem a presença de um moderador, por meio de ferramentas que auxiliem o usuário a executar as tarefas (LEWIS *et al.*, 2015). Para garantir a efetividade do URUT, é fundamental fornecer detalhes suficientes sobre as tarefas que os participantes devem concluir, a fim de que eles possam fazer o teste sem assistência. O

URUT pode ser aplicada em situações que demandem economia de tempo e envolvem um público grande ou amplamente disperso a um baixo custo (PARAMARTHA *et al.*, 2022).

No entanto, o URUT apresenta uma desvantagem importante: a perda de uma variedade de dicas não verbais, como expressões faciais e linguagem corporal dos participantes (LEWIS *et al.*, 2015). Além disso, problemas de natureza técnica, como dificuldades de conexão ou problemas para solucionar as tarefas propostas, podem ser um obstáculo significativo e levar ao abandono do teste pelos participantes (RELAWATI *et al.*, 2022).

Segundo Sherwin *et al.* (2022), a escolha do método de teste adequado exige considerações sobre a influência de fatores como as demandas das tarefas e as características ou propriedades do produto desenvolvido. Essas questões também foram abordadas por Sauer *et al.* (2010), que destacam quatro fatores principais que podem influenciar os resultados dos testes: características dos usuários (como educação formal e idade), propriedades do produto (como o dispositivo de acesso), tarefas de uso (como a realização de rotas) e ambiente de teste (*indoor* ou *outdoor*), que está relacionado a características físicas como o tamanho do laboratório, mas também a questões sociais como a presença de observadores ou moderador durante a aplicação do teste. Segundo Sherwin *et al.* (2022), ambos os fatores podem influenciar os resultados do teste, incluindo fatores como conhecimento e questões comportamentais do aplicador do teste.

2.4.1 Considerações sobre a realização de testes com usuários

A elaboração de cenários para a realização de testes é uma etapa crucial no processo de pesquisa, sendo necessário um planejamento adequado para se alcançar os resultados pretendidos. Além disso, é indispensável a definição de métricas, que consistem em medidas de desempenho que permitem a análise dos resultados obtidos por meio da coleta de dados, que podem ser tanto quantitativos como qualitativos (DREYER, 2021). As métricas devem ser cuidadosamente selecionadas de acordo com o objetivo da pesquisa e com as características do produto ou serviço em questão, a fim de garantir que os resultados obtidos sejam relevantes e confiáveis. Dessa forma, a escolha adequada das métricas é fundamental para a avaliação objetiva do desempenho do produto ou serviço em análise.

Os testes qualitativos são uma forma eficiente de se obter informações sobre a experiência do usuário, incluindo seus pensamentos, sentimentos e percepções em relação à interface do mapa. No entanto, como observado por Ribeiro *et al.* (2018), as avaliações qualitativas podem ser complementadas por métodos como Questionários e *Data Logging* para coletar dados abrangentes e precisos sobre o comportamento dos usuários. Os métodos

qualitativos permitem responder a questões como “O que?”, “Por que?”, “Quando?”, “Quem?”, “Onde?” e “Como?”, enquanto os testes quantitativos, como Questionários, *Data Logging* ou Testes A/B, podem responder a perguntas relacionadas a “Quanto?” e “Qual o total?”. Quando combinados, esses métodos podem fornecer informações completas sobre a experiência do usuário, incluindo métricas quantitativas e qualitativas. No entanto, se aplicados isoladamente, os testes quantitativos podem ser limitados a métricas orientadas a dados, sem espaço para suposições, intuições e *insights* dos participantes.

De acordo com Mendonça (2013), a realização de testes que avaliam a interação por meio do toque na tela de dispositivos móveis requer consideração de três pressupostos básicos. O primeiro pressuposto refere-se aos usuários e suas expectativas sobre o que é natural e desejável ao interagir com mapas em dispositivos móveis. O segundo pressuposto diz respeito às formas pelas quais os usuários tendem a interagir com as representações cartográficas em diferentes dispositivos. Já o terceiro pressuposto propõe a avaliação da utilização dos mapas móveis e suas finalidades.

Com o objetivo de se obter uma avaliação adequada de um serviço, é recomendável a utilização de métodos de teste que possibilitem a produção de dados de natureza qualitativa e quantitativa. Tais dados podem incluir informações como o número de vezes que o usuário consulta o dispositivo móvel durante a navegação, o número de cliques realizados, além da contagem da taxa de erro, taxa de sucesso, tempo gasto para completar uma tarefa, índice de satisfação, carga de trabalho e *feedback* dos participantes durante a sessão de teste, entre outras métricas a serem avaliadas. Como destaca Dreyer (2021), é importante ser seletivo sobre as métricas que serão empregadas na testagem, uma vez que nem todos os aspectos da funcionalidade de um produto ou solução precisam ser mensurados.

Para realizar uma avaliação efetiva de mapas digitais móveis, é fundamental levar em consideração o contexto de uso, que pode variar entre locais *indoor* e *outdoor*, bem como a interação do usuário com a interface do mapa. Cada ação realizada pelo usuário deve ser analisada para determinar se contribui para o cumprimento bem-sucedido da tarefa espacial. Para avaliar essas interações, podem ser aplicadas tarefas que podem ser decompostas em ações sequenciais necessárias para alcançar o objetivo do teste (KAHRAMAN *et al.*, 2010). Além disso, a coleta de dados tanto quantitativos quanto qualitativos é essencial para obter uma avaliação abrangente e precisa. Esses dados podem incluir o número de cliques, o tempo gasto para completar a tarefa, a taxa de erro, a taxa de sucesso, o *feedback* dos participantes e a carga de trabalho (TEIXEIRA, 2014). No entanto, é importante ser seletiva na escolha das métricas a

serem utilizadas na avaliação, a fim de garantir uma análise adequada e direcionada aos objetivos da pesquisa.

2.4.2 Influência da mudança de ambientes na realização de testes com usuários

Avaliar mapas digitais móveis em campo, durante a realização de tarefas de navegação apresenta desafios significativos. Primeiramente, projetar e conduzir estudos realistas que capturem situações-chave no contexto de uso do mapa pode ser complexo. Além disso, a aplicação de técnicas de avaliação estabelecidas, como observação do usuário e protocolos verbais, pode ser dificultada em contexto de campo. Ademais, avaliações de campo podem resultar em perda de controle sobre os usuários, dificultando a coleta e interpretação dos dados. Fatores como movimentos involuntários dos usuários, perda de direção e dificuldades para correção da rota podem afetar a configuração e os dados coletados. Por outro lado, testes realizados em laboratórios, levantam preocupações quanto à validade ecológica das descobertas. A combinação de estudos de laboratório e campo pode fornecer uma avaliação mais abrangente e convincente (GRUBERT *et al.*, 2015; FOGLI *et al.*, 2020). Em comparação com um local isolado de aplicação, questões como mobilidade podem afetar a atenção das pessoas e a forma como interagem com dispositivos móveis em diferentes contextos e ambientes. Além disso, testes aplicados em usuários que acessam mapas utilizando dispositivos móveis estão sujeitos a desafios decorrentes das características singulares do dispositivo, como tamanho de tela, capacidade limitada de dados, mudança de contexto do usuário e alterações ambientais (HARRISON *et al.* 2013).

Segundo Pugliesi *et al.* (2013), a navegação humana em espaços abertos é um problema central nos estudos que avaliam a usabilidade de mapas digitais. Mendonça (2013) afirma que a navegação em campo produz exigências cognitivas, como o aumento da necessidade de uso da memória e o emprego do raciocínio lógico, o que pode afetar as regras relacionadas à solução de tarefas. Além disso, Li e Luximon (2019) afirmam que dispositivos móveis são particularmente sensíveis aos efeitos da sobrecarga cognitiva devido às suas restrições de *design* e à diversidade de ambientes nos quais o dispositivo pode ser utilizado.

Os dados coletados *in situ* podem ser considerados mais confiáveis e realistas em comparação com experimentos de laboratório. Estudos de campo enfrentam desafios significativos devido à mobilidade dos usuários, dificultando a coleta de dados e o controle das condições do teste (KALLIO e KAIKKONEN, 2005). Além disso, pode ser complexo estabelecer um ambiente realista que simula o contexto natural de uso da aplicação móvel. Conforme Kumar e Mohite (2018), as técnicas empregadas em testes envolvendo usuários

normalmente são adequadas para contextos estáticos e definidos, enquanto o contexto de aprendizagem móvel é muitas vezes improvisado e difícil de observar, prever ou mesmo simular.

Em estudos *in situ*, torna-se difícil coletar dados, portanto são necessárias estratégias que facilitem a coleta. Por exemplo, no estudo realizado por Sauer *et al.* (2019), os resultados não mostraram nenhum efeito provocado pela variação dos métodos de teste. No entanto, ocorreram influências de outros fatores contextuais, como o nível de dificuldade das tarefas, a presença do experimentador no local do teste e a variação de contextos ambientais durante a aplicação do teste. Isso indica que os resultados dos testes com usuários podem ser influenciados por fatores do contexto de uso da interface (SONDEREGGER *et al.*, 2016). Sendo assim, Sauer *et al.* (2019) aconselham testar interfaces móveis o mais próximo possível de situações reais de utilização. Por essas razões, os testes aplicados *in situ* têm suas vantagens na forma de níveis mais elevados de validade ecológica dos dados obtidos no campo (ROTH *et al.*, 2017).

Os participantes de testes aplicados *in situ* podem realizar as tarefas em ambientes reais de uso, possibilitando que os avaliadores determinem como os usuários utilizam uma tecnologia fora do laboratório. Conforme Kumar e Mohite (2018), estudos aplicados em campo muitas vezes revelam questões que não seriam observadas em um ambiente controlado. Existem vários tipos de especialização que podem ser relevantes para a interação cartográfica, incluindo a leitura geral de mapas, o uso de dispositivos de computação e a quantidade de educação formal ou treinamento em criar e utilizar representações cartográficas (ROTH, 2011). Para a coleta de dados em campo sobre a navegação dos usuários que utilizam mapas digitais, Zhang *et al.* (2014) propõem três etapas fundamentais no aprendizado espacial: a identificação de pontos de referência; o emprego de rotas vinculadas a pontos de referência; e, por fim, a utilização dos pontos de referência.

2.5 AVALIAÇÃO DE MAPAS DIGITAIS MÓVEIS: PRINCIPAIS METODOLOGIAS PARA COLETA DE DADOS

Existem diversas métricas subjetivas e objetivas disponíveis para avaliar mapas digitais, como a usabilidade, o comportamento dos usuários, qualidade das representações, desempenho do sistema, precisão, tempo de conclusão de tarefas, satisfação do usuário, utilidade percebida, número de rolagens, cliques realizados pelo usuário e movimento dos olhos. Além disso, é importante considerar as questões fundamentais relacionadas ao

aprendizado espacial durante a interação com mapas, descritas por Roth (2011) como: “O que?”, “Por quê?”, “Quando?”, “Quem?”, “Onde?” e “Como?”. Dessa forma, existem oportunidades de estudos com usuários de mapas que abordam questões como visualização, interação e prática profissional em cartografia, que se encaixam no perfil do trabalho que está sendo realizado. Portanto, serão destacados brevemente os pontos ressaltados na pesquisa de Roth *et al.* (2017).

- É necessário expandir a investigação em cartografia, incorporando métodos qualitativos e mistos, para complementar e enriquecer as abordagens quantitativas. Embora os métodos quantitativos ofereçam uma visão importante, há limitações em sua capacidade de explicar completamente como os mapas funcionam. Para isso, é importante combinar estudos controlados em laboratório com estudos de campo, integrando conceitos centrais e epistemologias críticas, como discurso, reflexividade e intertextualidade. Dessa forma, é possível obter uma compreensão mais completa do funcionamento dos mapas e aprimorar a qualidade das investigações em cartografia.
- Melhorar a consistência e a precisão na elaboração de relatórios por meio da adoção de métodos padronizados. Como estabelecer diretrizes claras e consistentes para a seleção e parametrização de métodos, visando aprimorar a qualidade dos relatórios, facilitar a interpretação dos resultados e possibilitar a síntese e a disponibilização dos dados de forma eficiente.
- Propõe-se definir e avaliar tarefas de alto nível, baseadas em *insights*, a fim de complementar as tarefas de referência em estudos com usuários. Tais tarefas de alto nível devem englobar a avaliação da qualidade das estratégias de interação dos usuários, por meio de atividades que estimulem a exploração aberta, a tomada de decisão espacial e a construção de conhecimento espacial. Complementar estudos laboratoriais com estudos de campo: Realizar estudos de campo com mapas digitais “*in situ*”, ou em seu contexto real de uso.
- A adaptação de métodos para estudos de UCD na cartografia interativa deve levar em consideração o papel desses estudos na avaliação de mapas digitais em contextos específicos. É importante considerar as oportunidades e os impedimentos relacionados à pesquisa cartográfica em situações em que se deseja avaliar a qualidade de um único mapa digital para um determinado público-alvo. Além disso, é recomendável formular recomendações para melhorar a eficácia dos estudos UCD na cartografia interativa.
- O processo de UCD para a cartografia precisa ser racionalizado e contextualizado. É necessário comparar e otimizar os processos de avaliação de modo a identificar os

contextos que requerem a utilização de determinados métodos de avaliação dos usuários em detrimento de outros.

- Realizar pesquisas empíricas na área de cartografia com ênfase em visualização interativa. Tais como conceitualização da interatividade em estudos com usuários, passando pelo ambiente em que ocorre a interação, até a natureza da aplicação e da plataforma utilizada para essa interação. Dessa forma, há uma ampla gama de possibilidades para a exploração de questões ainda não abordadas que merecem maior atenção no contexto das técnicas e metodologias de avaliação.
- Realizar uma investigação sobre o valor da interatividade em novos casos de uso do mapa, explorando estratégias de interação adequadas para um público amplo, que utiliza mapas e visualizações interativas para fins de comunicação, personalização e entretenimento, principalmente por meio da web e dispositivos móveis. Esses contextos de uso e usuários diversos apresentam desafios metodológicos distintos em relação aos participantes, materiais e procedimentos, e a transferência de *insights* sobre a visualização exploratória para esses contextos requer uma análise cuidadosa.
- Avaliar interações em dispositivos móveis: A maioria dos mapas digitais atualmente pode ser acessada por meio de dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*, que possuem telas.

Os experimentos podem ser realizados em contexto de laboratório ou em estudos aplicados *in situ*. Existem diversas métricas de avaliação que podem ser realizadas em mapas, sendo a usabilidade uma dessas formas (MARAMBA *et al.*, 2019). A usabilidade, definida como a capacidade do *software* ser compreendido, aprendido, operado e atrativo aos usuários em condições específicas, é considerada um dos fatores de qualidade mais importantes para novas tecnologias. As técnicas de avaliação de usabilidade podem envolver usuários especialistas, que geralmente realizam tarefas de uso no sistema avaliado com o objetivo de identificar problemas de usabilidade e classificá-los por grau de severidade (KOMARKOVA *et al.*, 2019; HARLEY *et al.*, 2019; BARTLING *et al.*, 2019; SAARE *et al.*, 2020). Outra forma de avaliar a usabilidade é envolver usuários não especialistas para obter uma avaliação do sistema do ponto de vista do usuário final (MENDONÇA, 2013).

De acordo com Saare *et al.* (2020), as características normalmente utilizadas para avaliar a usabilidade são definidas pela ISO 9241-11 (2018). Eficácia refere-se à relação entre o efeito da ação e os objetivos pretendidos, quando os usuários alcançam certos objetivos ao interagir com o sistema. A eficiência está relacionada à capacidade do usuário de realizar interações de acordo com o esperado, levando em consideração indicadores como tempo,

esforço mental, físico, operacional e ambiental. Finalmente, a satisfação visa assegurar a probabilidade de os usuários escolherem voluntariamente utilizar o sistema (COURSARIS e OSCH, 2016). É importante destacar que estudos de usabilidade geralmente se concentram em resolver problemas relacionados à interface, mas estudos com usuários podem ter outros objetivos, como avaliar questões relativas à percepção, comportamento, atitude e preferências culturais, além das questões relacionadas à interação dos usuários com o mapa digital por meio do dispositivo de acesso.

2.5.1 Métodos utilizados na coleta de dados em testes com usuários

A avaliação da interação de usuários com mapas digitais acessados por dispositivos móveis pode ser realizada por meio de diversas combinações de métodos (PUGLIESI *et al.*, 2013). Não há testes específicos para avaliar o uso de mapas em *smartphones* durante a navegação *in situ*. Em geral, os pesquisadores avaliam o desempenho do uso de mapas combinando a coleta de dados quantitativos e qualitativos (KERKOVITS e SZIGETI, 2018; CARRERA *et al.*, 2020; HALIK e KENT, 2021; BARTLING *et al.*, 2021; BARTLING *et al.*, 2022). No entanto, observa-se que, em geral, esses pesquisadores não detalham as razões que fundamentam a seleção da metodologia adotada, carecendo de critérios objetivos para tal escolha.

Com o propósito de identificar os principais métodos empregados nas avaliações de usabilidade de mapas digitais, procedeu-se à análise da plataforma *Web of Science*, que disponibiliza um vasto acervo de publicações científicas. Para quantificar o número de publicações pertinentes ao tema e publicadas entre os anos de 2012 e 2022, realizou-se uma busca no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que está disponível para instituições brasileiras participantes e permite acesso remoto via Comunidade Acadêmica Federada (CAFe). A busca foi conduzida utilizando a combinação de termos “usabilidade” e nomes de métodos de teste comumente aplicados em avaliações de usabilidade. Os resultados obtidos foram registrados na (Tabela 2). É importante ressaltar que a busca foi limitada à plataforma *Web of Science* e, portanto, pode não incluir todas as publicações relacionadas ao tema.

TABELA 2 – n° DE PUBLICAÇÕES NA PLATAFORMA WEB SCIENCE ENTRE 2012-2022.

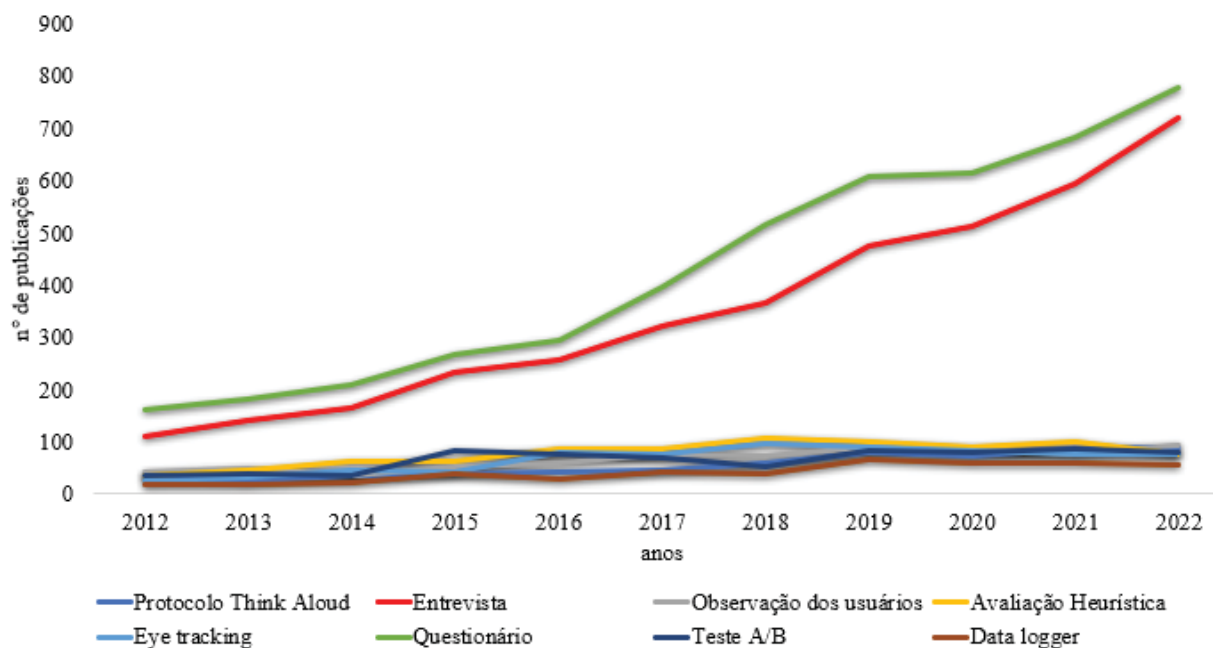
Método de avaliação	Palavras chaves	n° de publicações, acesso em 28/09/2023
<i>Protocolo Think Aloud</i>	<i>TS=(usability AND Think Aloud)</i>	609
<i>Entrevista</i>	<i>TS=(usability AND interview)</i>	3897

<i>Observação dos usuários</i>	<i>TS=(usability AND user observation)</i>	734
<i>Avaliação Heurística</i>	<i>TS=(usability AND heuristic evaluation)</i>	855
<i>Eye Tracking</i>	<i>TS=(usability AND Eye Tracking)</i>	720
<i>Questionário</i>	<i>TS=(usability AND questionnaires)</i>	4710
<i>Teste A/B</i>	<i>TS=(usability AND A B test)</i>	715
<i>Data Logging</i>	<i>TS=(usability AND Data Logging)</i>	450

FONTE: O AUTOR.

Foi realizado um estudo utilizando palavras-chave com operadores booleanos para buscar publicações na base de dados *Web of Science*. O período de busca foi limitado entre os anos de 2012 e 2022, com o objetivo de selecionar artigos recentes e limitar a quantidade de resultados. As palavras-chave utilizadas foram selecionadas com base no termo TS, que indica tópicos pesquisados nos campos Título, Resumo e Palavras-chave. Os resultados obtidos foram apresentados na (Tabela 2). Na (Figura 4), é possível observar a quantidade de publicações relacionadas a cada método de avaliação de usabilidade ao longo dos anos.

FIGURA 4 – NÚMERO DE PUBLICAÇÕES NO DECORRER DE UMA DÉCADA.



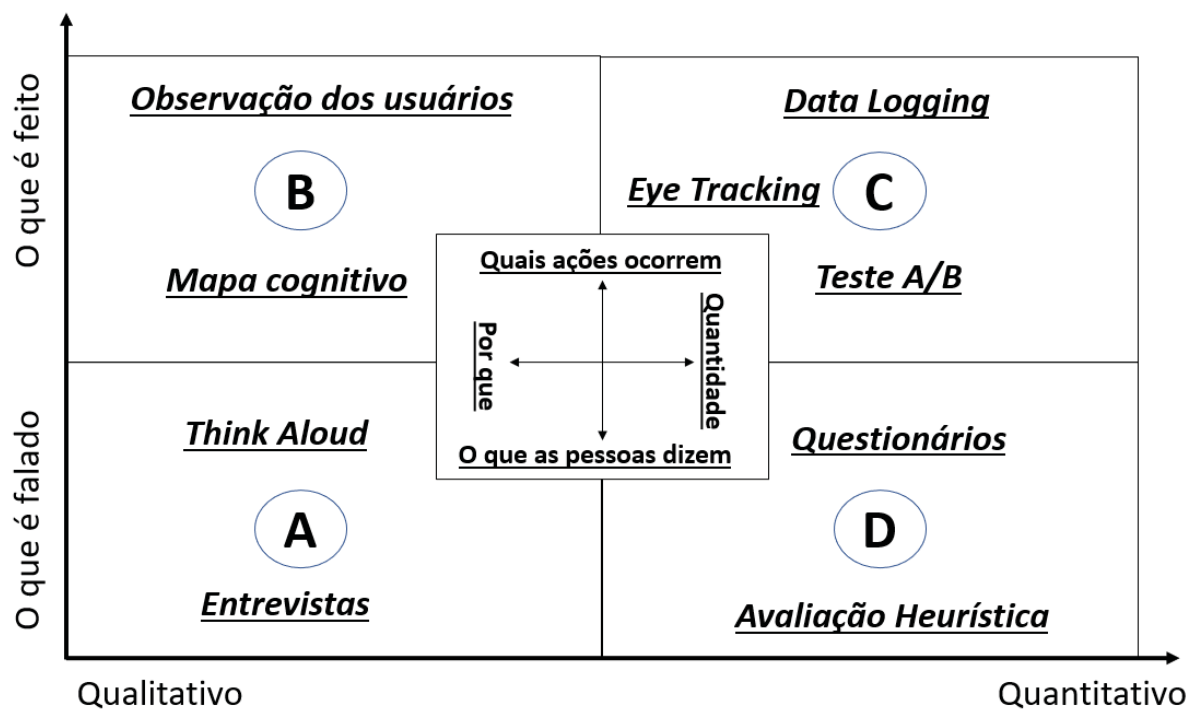
FONTE: O AUTOR.

Na (Figura 4), é possível observar um aumento no número de publicações científicas que tratam da avaliação de usabilidade por meio de Entrevistas e Questionários, enquanto os demais métodos se mantiveram estáveis. Embora métodos como Protocolo *Think Aloud*, Observação dos Usuários, Avaliação Heurística e *Eye Tracking* também tenham crescido ao longo dos anos, eles apresentam um número menor de publicações em comparação com os

métodos de Entrevistas e Questionários. Os métodos Teste A/B e *Data Logging* também apresentam uma leve tendência de crescimento ao longo do tempo, embora com um número menor de publicações em relação aos outros métodos analisados. No entanto, os métodos de Entrevistas e Questionários são os mais amplamente utilizados em avaliações, como a usabilidade e são amplamente aceitos pela comunidade científica. Esses métodos serão apresentados e discutidos com mais detalhes a seguir.

Muitos estudos optam por utilizar dois ou mais métodos combinados, frequentemente selecionando aqueles em que os pesquisadores possuem maior familiaridade e que podem ser adequados para atender aos objetivos fundamentais da avaliação, conforme a escolha dos avaliadores. Com o objetivo de proporcionar uma compreensão mais clara sobre as circunstâncias de aplicação de cada método e os tipos de dados que cada um é mais adequado para produzir, é proposta uma visualização estruturada na (Figura 5).

FIGURA 5 – ORGANIZAÇÃO DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO.



FONTE: Adaptado de Rohrer (2014).

A (Figura 5) ilustra os eixos “O que é falado x O que é feito” (eixo comportamental) e “Qualitativo x Quantitativo” (classificação do teste), que permitem distinguir os estudos de acordo com as perguntas respondidas e os propósitos aos quais são mais adequados. Os métodos orientados para atitudes e verbalização das ações tendem a possibilitar o entendimento das crenças expressas pelos usuários, enquanto os métodos orientados para comportamento buscam entender as ações tomadas pelos usuários em relação ao produto ou serviço em análise. Os

estudos qualitativos englobam a coleta de dados através de observações diretas dos participantes do estudo e são mais adequados para abordar questões relacionadas a como ou por que resolver um problema específico. Por outro lado, os métodos quantitativos se baseiam em medidas mensuráveis e coletam dados por meio da contagem de observações.

O eixo “O que é falado x O que é feito” permite compreender a relação entre o que as pessoas dizem e o que elas fazem. Após a organização dos dados de acordo com os critérios estabelecidos na (Figura 5), os resultados devem ser submetidos à análise. Considerando que a posição no gráfico proporciona uma proposta para organizar os métodos entre ações e verbalizações, bem como o tipo de informação coletada, oferecendo uma proposta para facilitar a compreensão dos respectivos métodos, sem constituir uma classificação rígida.

O método é um processo organizado, lógico e sistemático aplicado à pesquisa, instrução, investigação ou apresentação. Os métodos podem ser classificados em qualitativos e quantitativos. E técnicas referem-se a procedimentos ou conjunto de procedimentos com o objetivo de obter um resultado específico, seja no campo da ciência, tecnologia, artes ou em qualquer outra atividade (SKOULAS, 2023). Exemplos de técnicas incluem aplicação dos experimentos moderados ou não moderados.

- a) Protocolo *Think Aloud*: É considerado um método introspectivo, classificado como um método de avaliação gerador de dados qualitativos, o qual consiste em solicitar aos usuários que expressem em voz alta seus pensamentos e estratégias mentais durante uma tarefa de navegação, permitindo ao pesquisador obter *insights* sobre seu processo cognitivo e percepções. O Protocolo *Think Aloud* possui uma característica qualitativa, com sua origem na psicologia (VAN SOMEREN *et al.*, 1994). Este método possibilita a coleta de *insights* acerca dos problemas existentes e como se pode trabalhar para solucioná-los. O responsável por aplicar o teste pode atribuir tarefas especiais para estimular o participante a falar em voz alta durante o teste, sobre pontos específicos. Este método pode ser aplicado em várias etapas do ciclo de desenvolvimento de aplicações, desde a avaliação de usabilidade de protótipos até a análise das funcionalidades de produtos finalizados.

O Protocolo *Think Aloud* consiste em um relatório oral do conteúdo da memória de curto prazo, representando um modelo aproximado dos processos cognitivos que os participantes apresentam normalmente durante a realização de tarefas (ERICSSON e SIMON, 1993). Uma das principais vantagens da aplicação do Protocolo *Think Aloud* é que os participantes devem verbalizar seus pensamentos, ao mesmo tempo em que estão imersos na solução da tarefa espacial, evitando assim efeitos de latência que permitam lembrar informações enquanto pensam em voz alta (YOSHIDA, 2008; LEHNHART *et al.*, 2019).

No entanto, é importante ressaltar que o método, quando aplicado de maneira tradicional, isto é, não existindo a flexibilidade para o moderador realizar perguntas adicionais ou solicitar esclarecimentos conforme necessário ao longo da solução da tarefa espacial. A ausência de flexibilidade no método Protocolo *Think Aloud* convencional pode restringir a obtenção de dados, intensificar a possibilidade de equívocos de interpretação e dificultar a análise de tarefas complexas, como a avaliação da usabilidade de um mapa digital móvel. Com a finalidade de maximizar a quantidade de dados obtidos e complementar as informações adquiridas por meio da aplicação do Protocolo *Think Aloud*, alguns pesquisadores optam por empregar o método Entrevista após a execução do experimento. Por exemplo, Van Elzakker e Delikostidis (2010) avaliaram o uso de marcos para orientação e navegação *in situ* e ambiente virtual, utilizando os métodos combinados Questionário, Protocolo *Think Aloud*, Mapa Cognitivo e Entrevista como etapa complementar após a conclusão do experimento. De maneira semelhante, Wenig *et al.* (2016) investigaram a navegação *indoor*, adotando uma combinação metodológica para coleta de dados que incluiu Questionário, Protocolo *Think Aloud* e Entrevista, esta última conduzida separadamente com cada participante após a conclusão de todas as tarefas.

Como principal desvantagem do Protocolo *Think Aloud*, o processo de verbalização poderá induzir no participante respostas pouco intuitivas, em função dos processos normais de construção de pensamento vir a ser alterado durante o tempo em que o participante está pensando em voz alta e ao mesmo tempo realizando alguma tarefa (LEHNHART *et al.*, 2019). Principalmente em função do pensamento em voz alta exigir do indivíduo o compartilhamento de recursos do sistema cognitivo, que poderiam ser empregados exclusivamente na realização das tarefas (BANNERT e MENGELKAMP, 2008). Outro fator é que a aplicação do Protocolo *Think Aloud* pode distrair o participante ou mesmo intimidá-lo em determinadas circunstâncias específicas (WEBBER *et al.*, 2021). Por fim, quando o participante é solicitado a descrever o que está pensando durante a tarefa, geralmente recorre apenas a pensamentos imediatos que estão na memória de curto prazo, não sendo utilizada a memória de longo prazo, o que dificulta a obtenção de conclusões mais profundas e estruturadas. Por fim, o método Protocolo *Think Aloud* consome muito tempo para análise e correlação com outros dados sobre as ações executadas durante os testes.

- b) Entrevistas: É considerado um método interativo, que geralmente envolve uma interação direta entre o pesquisador e o usuário, por meio de perguntas específicas, a fim de obter informações detalhadas sobre suas experiências de navegação, percepções e opiniões em

relação ao uso de mapas digitais móveis. Segundo Nielsen (1993), as Entrevistas são adequadas para estudos exploratórios onde pouco se conhece acerca daquilo que se está procurando. Elas muitas vezes fornecem descobertas com viés subjetivo e fenomenológico, por meio da observação e entendimento das experiências práticas dos usuários, e dependem da habilidade do entrevistador (KOLETSIS *et al.*, 2017).

As Entrevistas podem ser aplicadas em todas as fases que demandam a coleta de dados envolvendo ações práticas do usuário. Elas possibilitam uma compreensão mais profunda das motivações envolvidas nas etapas que compõem a rota do usuário, normalmente sendo realizadas perguntas de forma direta ao conduzir as sessões de teste (FISH, 2021). Além disso, a Entrevista permite que o entrevistador esclareça quaisquer dúvidas que possam surgir durante o processo, orientando o usuário em todas as etapas do teste.

No entanto, a realização de Entrevistas de forma moderada exige que os participantes e os moderadores estejam presentes no mesmo local ou conectados por ferramentas digitais. Embora ofereça claros benefícios ao moderador, como a capacidade de controlar a sessão e observar o comportamento dos participantes, a realização da entrevista pode se tornar um teste caro e complexo de ser executado, especialmente nas etapas relacionadas à coleta e análise dos resultados. Além disso, existe a possibilidade dos participantes se sentirem desconfortáveis devido à presença do moderador durante a sessão de testes.

Portanto, esta abordagem oferece ao pesquisador a flexibilidade de atribuir tarefas, fazer comentários e formular perguntas em tempo real enquanto os participantes usam o mapa. Isso é particularmente útil em momentos de silêncio por parte do participante, ou após a realização de determinada tarefa espacial, permitindo uma exploração mais aprofundada dos aspectos relevantes. No entanto, é importante ressaltar que a objetividade das perguntas desempenha um papel fundamental na precisão das respostas obtidas. Esta consideração está alinhada com a observação de Wolcott e Lobczowski (2021), os quais destacam a importância de um treinamento apropriado para os entrevistadores, visando mitigar vieses ideológicos, evitar interferências desnecessárias e abster-se de expressar afirmações durante o procedimento, assegurando, deste modo, uma comunicação uniforme.

- c) Observação dos usuários: A observação dos usuários é um método que permite a identificação de problemas de UX durante a interação dos usuários com a interface avaliada. Esse método é caracterizado pela passividade do aplicador, que observa o participante executando um conjunto de instruções sem a interferência direta por meio de diálogos. Por meio da observação, é possível avaliar a linguagem corporal e as expressões

faciais dos participantes, o que pode fornecer informações valiosas sobre a experiência do usuário (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Embora seja um método útil, a aplicação da observação dos usuários pode apresentar desafios. Alguns participantes podem sentir-se intimidados com a presença do pesquisador, o que pode afetar a sua interação natural com a interface (VAN ELZAKKER e DELIKOSTIDIS, 2010). Além disso, a gravação do teste para análise posterior pode gerar preocupações relacionadas à privacidade e à segurança dos dados. É necessário garantir que os equipamentos utilizados para a gravação sejam confiáveis e que o teste seja realizado em um ambiente livre de interrupções. Outra limitação da observação dos usuários é que alguns participantes podem interagir pouco com a interface durante a sessão de teste. Apesar dessas limitações, a observação dos usuários é um método rápido e eficaz para obter uma visão objetiva do contexto de teste, sem interromper a atenção do participante com diálogos.

- d) *Eye Tracking*: O método *Eye Tracking* possibilita a medição do movimento dos olhos dos participantes durante a realização de tarefas e interações com interfaces digitais, permitindo a análise dos locais de foco visual relevantes para a construção da cena visual (LIAO *et al.*, 2019). Este método é aplicado por meio de dispositivos de rastreamento ocular, que coletam medidas precisas de localização e tempo de observação dos olhos dos participantes (KRASSANAKIS, 2013; KIEFER *et al.*, 2016; LIAO *et al.*, 2019; ARDISSONO *et al.*, 2018; DONG *et al.*, 2021).

No entanto, é importante ressaltar que os movimentos dos olhos podem não refletir diretamente a atenção dos participantes, devido ao fenômeno da atenção encoberta, em que uma pessoa pode prestar atenção em algo que não está olhando diretamente (GRIFFIN, 2017). Além disso, na atualidade o uso do *Eye Tracking* pode ser restrito devido aos altos custos associados à aquisição e manutenção dos equipamentos necessários.

- e) *Questionário*: Os questionários são métodos para coleta de dados compostos por uma série de indagações sobre um tema específico, contendo perguntas de natureza aberta e/ou fechada. Segundo Kovacic e Green (2012), os Questionários podem limitar as possibilidades de resposta dos usuários e apresentar uma abordagem objetiva. O sucesso na aplicação de Questionários está diretamente relacionado à qualidade das perguntas elaboradas, pois é possível gerar resultados estruturados, representados por frequências, que podem ser analisados por meio de métodos quantitativos. O uso de questionários é considerado uma forma flexível e conveniente de coletar *feedbacks*, produzindo resultados quantitativos e qualitativos que permitem identificar pontos positivos e negativos do

serviço avaliado, como desempenho, satisfação e *feedbacks*. Esses Questionários podem ser distribuídos por meio de redes sociais ou aplicados fisicamente, utilizando papel e caneta.

No entanto, a aplicação de Questionários também apresenta desvantagens, como a possibilidade de escolha de respostas antes de concluir a leitura completa da questão, resultando em dados pouco confiáveis. Para minimizar esse efeito, é fundamental elaborar Questionários breves e com perguntas simples, a fim de aumentar o comprometimento dos participantes e a adesão ao teste. Além disso, a falta de resposta em algumas questões pode ocorrer, especialmente quando não são obrigatórias, seja por esquecimento ou por dificuldades em interpretar as perguntas. Para contornar esses problemas, é necessário um planejamento cuidadoso na elaboração dos Questionários, considerando a simplicidade do conteúdo, evitando perguntas complexas ou confusas, além de evitar erros de ortografia e desvios gramaticais. A apresentação gráfica também deve ser cuidadosamente planejada, visando facilitar a compreensão das perguntas pelos participantes.

Avaliação de mapas geralmente envolvem tarefas que possibilitam ao responsável pelo teste identificar possíveis dificuldades na utilização do produto. Por exemplo, para mensurar a magnitude do problema de UX, é possível empregar métodos que apresentam escalas numéricas, geralmente classificados como métodos quantitativos.

Na literatura, existem diversos métodos utilizadas para medir a usabilidade de forma quantitativa, como a escala de resposta psicométrica com destaque para a escala de *Likert* (COOPER e HARPER, 1969; REID e NYGREN, 1988; COLEMAN, 1993; HARPER e NORMAN, 1993; NIELSEN, 1993; SAURO e ZAROLIA, 2015).

O *NASA Task Load Index* (NASA-TLX) é um método popularmente empregado para mensurar a carga de trabalho cognitiva (HART e STAVELAND, 1988), enquanto Questionários com Escala *Likert* são comumente utilizados para avaliar os processos envolvidos em participantes que utilizam mapas (PUGLIESI *et al.*, 2013; SAURO e ZAROLIA, 2015; CARBONELL e MEDLER, 2019). Os Questionários geram respostas psicométricas e podem transformar uma experiência subjetiva em dados quantitativos (WENCZEL *et al.*, 2017; DONG *et al.*, 2020).

- f) Avaliação Heurística: O método de avaliação heurística é comumente empregado para avaliar soluções de *design* já consolidadas. Esse método consiste na participação de especialistas em UX aplicando um conjunto de heurísticas para identificar possíveis falhas no *design* do sistema (NIELSEN, 1993). No contexto da cartografia, inúmeras heurísticas de usabilidade foram introduzidas em pesquisas aplicadas (KUPARINEN, 2016;

KARAMPANAH, 2019; KOMARKOVA *et al.*, 2019; HARLEY *et al.*, 2019; BARTLING *et al.*, 2019).

A avaliação heurística é um método poderoso para medir a usabilidade de uma solução já desenvolvida. No entanto, como qualquer método, existem prós e contras. Como destacam Baker e Sun (2016), a capacidade dos especialistas em UX em aprender e aplicar as heurísticas pode variar significativamente. Além disso, comparando o número de problemas que cada avaliador descobre, especialmente quando há um grande número de especialistas envolvidos, pode haver diferenças consideráveis. Normalmente, é recomendado o envolvimento de cerca de cinco especialistas (NIELSEN, 1993). Outro aspecto importante é que a aplicação da avaliação heurística requer a participação de especialistas na temática da interface desenvolvida, como profissionais da área de cartografia no caso de mapas. Isso pode dificultar o recrutamento de participantes ou mesmo tornar a aplicação do experimento significativamente cara para ser executada.

- g) **Teste A/B:** É um método de avaliação denominado Teste A/B, utilizado para comparar diferentes *design* de uma mesma página web e determinar a mais eficaz. Diferentemente do teste de usabilidade, que explora o comportamento do usuário, o Teste A/B consiste em dividir os usuários em dois grupos aleatórios, ambos orientados a utilizar diferentes versões da interface da solução desenvolvida, a fim de medir o efeito dessas atribuições no comportamento do usuário.

O Teste A/B é um método quantitativo, que normalmente é aplicada em situações em que uma porcentagem semelhante de usuários é atribuída a cada grupo. Os dados coletados incluem o registro de acertos e erros dos participantes em cada protótipo. Os resultados são analisados para determinar qual protótipo supera o outro (XU e CHEN, 2016).

- h) **Data Logging** (gravação de dados): É um método fundamentado no emprego de sistemas computacionais que possibilitam a coleta automatizada de dados relacionados ao uso da interface avaliada. Como coleta do número e posição dos clicks. Por exemplo, os usuários podem ser estimulados a executarem um conjunto pré-definido de tarefas enquanto o *Data Logging* coleta informações sobre o tempo e número de interações. O que pode oferecer informações úteis sobre a utilização da interface. A coleta de dados numéricos, como a quantidade de clicks é uma forma útil para avaliar o desempenho de uso da solução desenvolvida, geralmente é um método para coleta de dados aplicado em laboratório (VAN ELZAKKER *et al.*, 2008).

Especialmente em dispositivos *desktop* o fluxo de cliques pode ser representado por meio de mapas de calor, que produzem uma representação visual de como os usuários utilizam

a interface. Onde são identificadas as suas partes mais quentes representadas por cores vermelhas que correspondem a maior atividade e cores frias, em tons de azul, representando menor atividade. A vantagem do método é que pode ser considerado uma boa maneira de observar e medir objetivamente o comportamento dos usuários de uma interface. A desvantagem é que são necessárias aquisição ou desenvolvimento de programas específicos que armazenam e disponibilizam os dados. Conforme Xu e Chen (2016), existem problemas de se coletar dados com *Data Logging*, especialmente sobre a posição que ocorre o toque na interface, devido a interação com o dispositivo ser variável e depender do contexto. Especialmente por estar sujeita ao ambiente de uso, perda de sinal de internet durante o período do experimento, alteração na quantidade de toques e interações repetitivas com a tela do dispositivo, como arrastar e clicar em locais aleatórios e toques acidentais o que produz muitos ruídos nos dados coletados.

- i) Mapa cognitivo: O método mapa cognitivo é uma abordagem utilizada na coleta de dados em avaliações de usuários de mapas, que visa obter *insights* sobre a compreensão espacial e as estratégias cognitivas dos indivíduos após a navegação. Nesse método, os participantes são solicitados a desenhar um mapa a partir de sua memória ou representar mentalmente uma área geográfica específica (REHMAN e CAO, 2016). O objetivo é mapear as informações e conceitos que eles associam com a área em questão, identificando características, pontos de interesse, conexões e outras relações espaciais, acessando a memória de longo prazo dos usuários. O mapa cognitivo permite capturar a percepção subjetiva do usuário, suas prioridades e a maneira como eles estruturam e organizam o conhecimento espacial (REHMAN e CAO, 2015).

As vantagens do método do mapa cognitivo incluem a obtenção de *insights* sobre a percepção individual do espaço, a compreensão dos processos mentais durante a navegação e a identificação de elementos relevantes para o usuário. Além disso, esse método permite uma abordagem mais aberta e flexível, possibilitando a expressão de informações não captadas por avaliações mais estruturadas. No entanto, algumas desvantagens devem ser consideradas. A interpretação dos mapas cognitivos pode ser subjetiva e dependente do contexto cultural e do conhecimento prévio do participante. Além disso, a qualidade dos mapas desenhados pode variar, afetando a confiabilidade e a consistência dos dados coletados (BIEDENWEG *et al.*, 2020). Portanto, é importante considerar essas limitações ao analisar os resultados do mapa cognitivo.

2.5.2 Correlação entre a Tarefa de uso do mapa e os Métodos de Avaliação

A correlação entre a tarefa e o método de avaliação é um aspecto crucial em avaliações de mapas acessados por *smartphones* (HORBINSKI *et al.*, 2019). Diferentes tipos de tarefas exigem abordagens de avaliação distintas para obter resultados precisos e relevantes. Por exemplo, tarefas relacionadas à identificação de pontos de interesse podem se beneficiar de métodos qualitativos, como Entrevistas ou Protocolo *Think Aloud*, permitindo aos participantes expressar suas percepções e estratégias durante a navegação (REHRL *et al.*, 2012; FOGLI *et al.*, 2020; SWOBODZINSKI *et al.*, 2021; NAIR *et al.*, 2022).

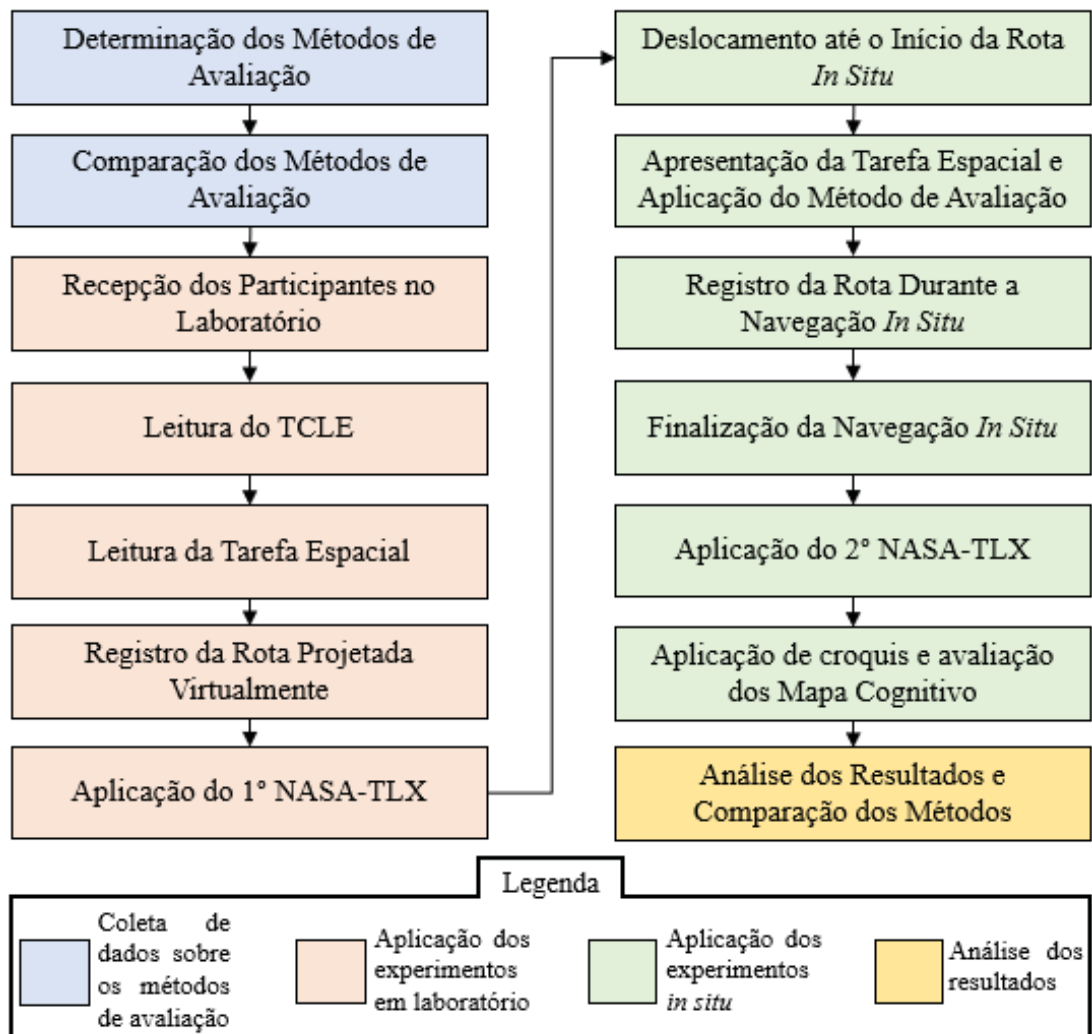
Por outro lado, tarefas que envolvem coleta de dados quantitativos, como eficiência do tempo de navegação ou taxa de erros na identificação de destinos, podem ser avaliadas por meio de Questionários combinados com *Data Logging* para obter informações qualitativas adicionais. Além disso, o ambiente onde a tarefa é realizada também influencia a escolha do método de avaliação (LIANG *et al.*, 2012; KRATZ *et al.*, 2010; EINFELDT e DEGBELO, 2021; SCHIRMER *et al.*, 2015). Tarefas em ambientes como laboratórios, podem se beneficiar de testes mais estruturados e controlados (CHU *et al.*, 2017; YANG *et al.*, 2019; MATSUO *et al.*, 2020). Enquanto tarefas em locais *in situ*, como ruas ou parques, podem exigir abordagens mais flexíveis e adaptáveis, como o uso de Protocolos verbais durante a navegação (DELIKOSTIDIS e VAN ELZAKKER, 2011; MALY *et al.*, 2013; DELIKOSTIDIS *et al.*, 2016; LU *et al.*, 2021; VINCENT, *et al.*, 2022).

Além da correlação entre o tipo de tarefa e o método de avaliação, é importante considerar características críticas das tarefas espaciais e o método de avaliação. Nesse sentido, métodos de avaliação que permitam capturar e analisar detalhadamente as interações espaciais são essenciais. Por exemplo, o uso de tecnologias como gravações em áudio e vídeo durante a navegação pode fornecer *insights* valiosos sobre a percepção e o comportamento dos participantes em relação ao ambiente espacial (SWOBODZINSKI *et al.*, 2021; VINCENT, *et al.*, 2022). Portanto, ao avaliar mapas digitais móveis em tarefas espaciais, é fundamental considerar tanto o tipo de tarefa quanto às características críticas do ambiente espacial e selecionar o método de avaliação mais adequado para obter resultados precisos e relevantes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Esta seção descreve os procedimentos metodológicos empregados para coletar e organizar os dados, com o propósito de alcançar os objetivos específicos da pesquisa. O propósito foi identificar, avaliar e comparar metodologias adaptadas para avaliar mapas digitais móveis durante a navegação dos usuários tanto virtualmente como *in situ*, levando em consideração os aspectos ambientais e a comparação do contexto de uso do mapa. A (Figura 6) ilustra uma simplificação esquemática do planejamento e execução da pesquisa, sendo que as cores presentes nas caixas da (Figura 6) representam distintas fases do processo de investigação. As caixas em azul simbolizam a 1ª etapa, dedicada à coleta de dados sobre os métodos de avaliação. A cor salmão representa a 2ª etapa, relacionada à aplicação dos experimentos no laboratório. A 3ª etapa, na cor verde, corresponde a continuidade dos experimentos *in situ*. Por fim, a 4ª etapa, na cor amarela, simboliza a compilação e análise dos resultados.

FIGURA 6 – SÍNTESE DAS ETAPAS DO TRABALHO.



FONTE: O AUTOR.

A (Figura 6) apresenta de maneira simplificada as principais etapas da pesquisa. Inicialmente, foi realizada uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de identificar os métodos amplamente empregados na avaliação de mapas digitais móveis. Posteriormente, os principais métodos foram selecionados com base em semelhanças, como características dos dados coletados e sua popularidade. Para em seguida ser conduzidos experimentos nos quais os participantes interagiram com um mapa digital móvel, abrangendo tanto laboratório, como locais *indoor* e *outdoor*.

Durante a utilização do mapa digital móvel pelos participantes, o moderador acompanhou todas as fases de planejamento e navegação, que envolviam a execução de tarefas espaciais. As alterações ocorridas na interação com o mapa digital móvel foram documentadas de maneira sistemática. Os dados qualitativos coletados foram transcritos e submetidos a uma análise detalhada. Com a finalidade de comparar tanto a quantidade quanto a qualidade das informações espaciais adquiridas por meio dos diversos métodos de avaliação empregados.

Com essa abordagem metodológica comparativa, buscou-se contribuir para melhor compreensão dos métodos na avaliação de mapas digitais móveis e sua relação com as etapas da tarefa de navegação em contextos diversos. Ao término dos experimentos foram coletados dados correspondentes à carga de trabalho dos participantes. Adicionalmente, ao concluir os experimentos realizados em campo, os participantes foram convidados a elaborar, à mão livre, um mapa cognitivo da rota percorrida, sem consultar novamente o mapa digital móvel, com o intuito de complementar a análise dos dados coletados.

3.1 DETERMINAÇÃO DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

Realizou-se uma seleção de estudos na área da cartografia, buscando por artigos publicados em periódicos internacionais, utilizando palavras-chave combinadas: “*usability*”, “*maps*”, “*navigation*” e “*mobile*”. Essas palavras-chave foram escolhidas para abordar diferentes dimensões da avaliação dos mapas digitais móveis, e como forma de delimitar o tema em algumas dimensões relevantes para a análise da avaliação de mapas digitais móveis. O termo “*mobile*” indica a tecnologia utilizada, distinguindo os mapas acessados por dispositivos móveis, como *smartphones*, de mapas acessados por meio de outros dispositivos, como computadores *desktops* e laptops, por exemplo. O termo “*navigation*” refere-se à tarefa de utilizar os mapas, sendo uma das principais funcionalidades desse tipo de serviço. A palavra “*maps*” representa o produto específico que está sendo avaliado. Por fim, “*usability*” é uma das

dimensões mais populares relacionadas a experimentos com usuários, representando uma das principais abordagens para avaliar mapas digitais.

Foram realizadas buscas nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*. O critério de seleção dos artigos foi baseado na seleção de trabalhos que abordassem avaliações envolvendo usuários de mapas digitais móveis. Os dados coletados englobam informações sobre os métodos utilizados para a coleta de dados em experimentos envolvendo usuários, incluindo a configuração das avaliações, como o contexto e o local de realização do experimento. Também foram considerados critérios, tais como a presença física de moderador durante a aplicação dos testes e os tipos de dados coletados. O período de análise se restringiu a artigos científicos publicados em periódicos internacionais no período de 2010 a 2023.

A partir da organização dos dados, conforme o modelo apresentado na (Figura 5), as metodologias de coleta de dados identificadas na literatura foram categorizadas em grupos referenciados pelas letras maiúsculas A, B, C e D. Essa estrutura, adaptada de Rohrer (2014), permitiu uma análise e compreensão mais precisa dos métodos, agrupando-os com base em suas características similares. O (Quadro 1) apresenta cada grupo juntamente com os métodos associados a ele, garantindo uma visualização clara das categorias e de seus métodos correspondentes.

QUADRO 1 – MÉTODOS DE AVALIAÇÃO ORGANIZADO EM GRUPOS.

Grupo	Métodos	Característica
A	- Protocolo <i>Think Aloud</i> - Entrevista	Métodos que possibilitam a coleta de dados qualitativos, com foco na avaliação do que é verbalizado pelos participantes.
B	- Observação do Usuário - Mapa Cognitivo	Métodos com maior capacidade de coletar dados qualitativos relacionados às ações realizadas pelo participante.
C	- <i>Data Logging</i> - Teste A/B - <i>Eye Tracking</i>	Métodos que permitem avaliar as ações realizadas pelo participante por meio da coleta de dados quantitativos.
D	- Questionário - Avaliação Heurística	O grupo engloba os métodos que permitem coletar dados quantitativos relacionados à opinião do participante.

FONTE: O AUTOR.

Os dados coletados foram categorizados, nos quais considerou-se o tipo de dados coletados, que variaram entre métodos qualitativos e quantitativos. A forma de aplicação dos métodos de avaliação foi considerada, distinguindo-se entre avaliações moderadas, correspondendo à presença física do moderador durante a execução da avaliação, e não

moderadas, e os o local de aplicação dos experimentos, considerando-se “*indoor*”, “*outdoor*” e “transição” (*indoor/outdoor*).

Foi realizada uma análise exploratória dos resultados qualitativos, com base na frequência das palavras nos dados qualitativos nominais coletados nos artigos. Em seguida, foi aplicada a Análise de Correspondência Múltipla (MCA), que é uma extensão da Análise de Componentes Principais (PCA) para dados categóricos, com o objetivo de ordenar as observações qualitativas e analisar a contribuição de cada variável na análise MCA de forma relativa. Por fim, foi analisada a frequência absoluta das combinações dos métodos mais utilizados na coleta de dados em avaliações de mapas acessados por dispositivos móveis.

O gráfico de MCA é uma representação visual das relações das variâncias entre as variáveis categóricas analisadas. Ele exibe as categorias das variáveis como pontos no espaço bidimensional definido pelos dois primeiros eixos da análise. A posição dos pontos no gráfico indica a relação entre as categorias. Observações que estão próximas umas das outras no gráfico tendem a possuir perfis semelhantes e são mais prováveis de ocorrerem juntas. Categorias que estão distantes umas das outras têm perfis diferentes e são menos prováveis de ocorrer juntas.

3.2 SELEÇÃO DOS MÉTODOS

Após caracterizar os métodos de avaliação mais utilizados em pesquisas que avaliam mapas digitais móveis, constatou-se que as combinações dos grupos D-A, D-B, D-A-B, D, D-A-C, D-C e D-A são frequentemente empregadas em diferentes contextos. Entre elas, os grupos A e D seguido dos grupos de métodos B e C destacam-se como os mais prevalentes. A revisão dos artigos e a classificação dos métodos utilizados revelaram resultados que indicam a seleção e utilização de métodos de testes para avaliar as tarefas de uso do mapa digital móvel durante a navegação. Nesse contexto, foram identificadas as combinações de Questionário, Grupo (D) com os métodos Entrevista ou Protocolo *Think Aloud*, grupo (A) como as mais adequadas para o propósito da pesquisa. A escolha de comparar os métodos do Grupo (A) se fundamenta na aparente similaridade, especialmente em relação aos dados coletados, o que permite a obtenção de informações semelhantes, acessando a memória de curto prazo do participante durante a execução da tarefa espacial (WOLCOTT e LOBCZOWSKI, 2021). Outro aspecto relevante que foi considerado é a constatação da ausência de justificativas para a preferência de um método sobre o outro nos artigos analisados. Em geral, esses artigos omitem a descrição do motivo por trás da escolha metodológica, não apresentando critérios objetivos que fundamentam tal decisão.

Portanto, foi conduzido testes com usuários com o objetivo de comparar os métodos mais utilizados, considerando suas semelhanças e diferenças para ambientes e locais de aplicação distintos. A ênfase foi dada à comparação dos métodos do grupo (A), na coleta de dados durante o processo de proposição de uma rota e navegação pessoal, visto que são os métodos mais empregados nas avaliações e apresentam características similares. Dessa forma, buscou-se adaptar a avaliação e identificar o método e a forma de aplicação mais eficiente para coletar dados. Em todas as avaliações, o Questionário foi aplicado tanto no Grupo 1 avaliado pelo Protocolo *Think Aloud* quanto para o Grupo 2 avaliado pelo método Entrevista. Adicionalmente, o método *Data Logging* foi utilizado principalmente para coletar dados correspondendo a quantidade de cliques na tela do *smartphone* de forma indireta, preservando a experiência do usuário ao utilizar o mapa. Essa abordagem possibilitou a geração e o armazenamento de alguns dados pelo próprio dispositivo móvel em segundo plano no dispositivo, durante o funcionamento do mapa, utilizando o método *Data Logging*, grupo (C).

Foi utilizado a combinação do método Questionário, grupo (D), para coleta de dados relacionados à caracterização dos participantes e dados relacionados à carga de trabalho, com aplicação do Questionário NASA-TLX em cada uma das etapas do experimento, possibilitando a comparação entre o contexto de laboratório e *in situ*. A caracterização dos participantes teve como finalidade especificar e esclarecer a generalização dos resultados. Foram coletados dados sobre idade, sexo, escolaridade, profissão, ocorrência de deficiência visual, experiência no uso de mapas digitais móveis, familiaridade com o local onde a rota foi realizada e outras variáveis relevantes para a pesquisa.

O Questionário NASA-TLX é um método utilizado para avaliar a carga de trabalho cognitiva percebida pelo participante, geralmente aplicado após a realização de tarefas específicas. Ele é composto por seis dimensões, abrangendo demanda mental, demanda física, demanda temporal, desempenho, esforço e frustração. Também foi utilizado o *Data Logging*, grupo (C), para coletar dados provenientes dos sensores presentes no *smartphone* disponibilizado aos participantes para a navegação. Esse instrumento possibilitou a obtenção de informações como coordenadas geográficas, número de toques realizados, gravação da tela do dispositivo e *timestamps* contendo o valor combinado de data e hora. Durante a navegação, esses dados foram coletados em tempo real e posteriormente analisados visando compreender o comportamento dos usuários e a influência da combinação metodológica utilizada para coleta de dados durante a tarefa espacial. O *Data Logging* foi responsável por gerar e armazenar os dados diretamente no dispositivo móvel, sem interferir na experiência dos usuários durante o uso do mapa.

3.3 APLICAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

A rota para o experimento foi planejada no interior do Centro Politécnico da UFPR, levando em consideração a segurança e o acesso ao interior dos prédios da instituição mapeados pelo UCM. A proposta da rota iniciou-se no ponto P1, localizado próximo ao Restaurante Universitário (RU), representando o local externo (*outdoor*), e se estendeu até o ponto P2, correspondente ao local interno (*indoor*) no prédio das Ciências Biológicas, especificamente na sala de Professores, número 191, 1º andar. A (Figura 7) apresenta uma ilustração visual dessa rota. É válido ressaltar que, apesar de os participantes terem a liberdade de escolher a trajetória entre os pontos P1 e P2, eles foram orientados a iniciar no ponto P1 e concluir no ponto P2, garantindo assim a consistência e comparabilidade dos resultados obtidos.

FIGURA 7 – PONTOS DE INÍCIO E FIM DA ROTA PARA REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS.

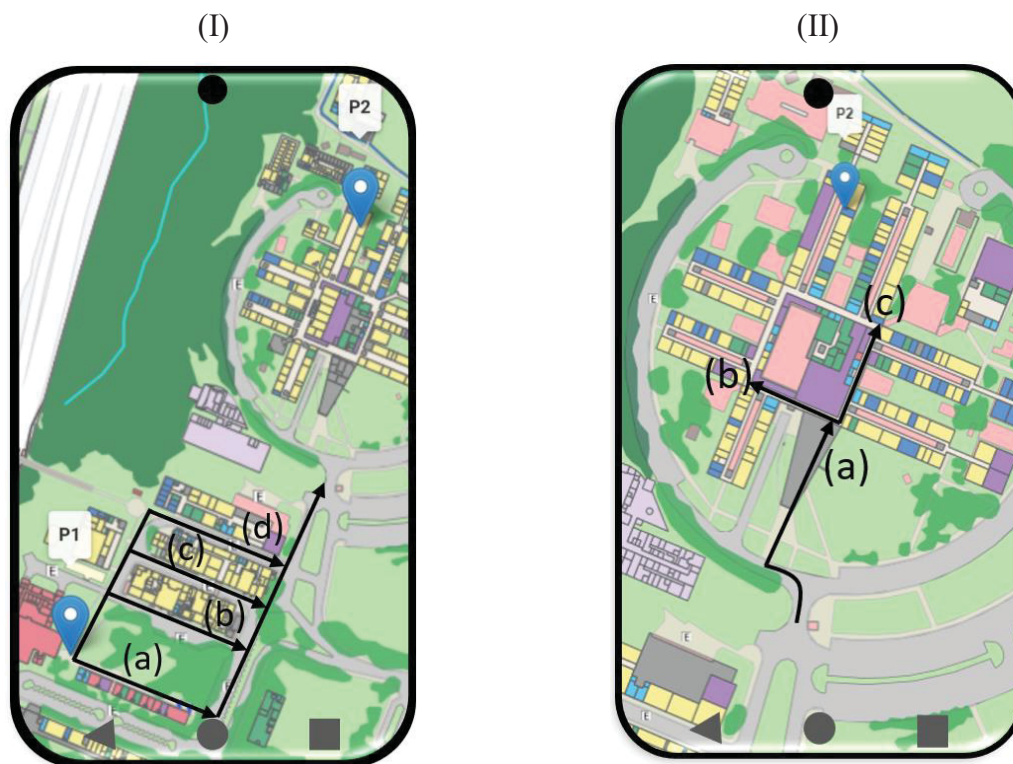


FONTE: O AUTOR.

A extensão da rota *outdoor* corresponde a aproximadamente 350 metros até a entrada do prédio, com um tempo de caminhada entre 5 a 10 minutos. Em seguida, inicia-se um trecho de cerca de 50 metros que representa a transição entre o local *outdoor* e o *indoor*, com um tempo de navegação variando entre 2 a 4 minutos. O último trecho possui cerca de 130 metros, correspondendo à distância da navegação entre o ponto de transição ou entrada do prédio até o ponto P2, que marca o final da rota *indoor*. O tempo de navegação foi estimado entre 3 a 6

minutos. Esses valores foram obtidos a partir das medições realizadas em campo, proporcionando informações sobre as distâncias percorridas e os tempos de navegação em diferentes ambientes ao longo da rota. A (Figura 8) apresenta uma ilustração visual da rota e os prováveis caminhos a ser escolhido pelos participantes.

FIGURA 8 – ROTA PARA REALIZAÇÃO DOS TESTES.



FONTE: O AUTOR.

O ponto P1 correspondeu ao início da rota, a qual foi planejada em laboratório e, posteriormente, os participantes navegaram em campo. A rota contém caminhos distintos, conforme ilustrado na (Figura 8 - I), rotas (a), (b), (c) ou (d), representando a rota *outdoor*. Após percorrer a primeira seção da rota, nas proximidades do prédio das Ciências Biológicas, considera-se que se iniciou a transição entre o *outdoor* e o *indoor*, correspondendo à rampa de acesso ao prédio, destacada pela cor cinza. No ponto de transição da rota, próximo a rampa representada na cor cinza até a entrada do prédio das Ciências Biológicas, para posteriormente ser iniciado a navegação no ambiente *indoor*, conforme representado na (Figura 8 - II), rota (a). Ao entrar em local *indoor* (Figura 8 - II), o participante teve como opção realizar uma conversão à esquerda e seguir o caminho (b), ou continuar em frente, seguindo o caminho (c). O Prédio de Ciências Biológicas (Figura 8 - II) foi selecionado como destino para a navegação *indoor* devido à sua arquitetura singular, oferecendo amplos corredores, possibilitando a navegação por espaços internos extensos e desafiadores.

Os participantes foram divididos em dois grupos, um avaliado com a metodologia combinada, Grupo 1: Protocolo *Think Aloud*, *Data Logging*, mapa cognitivo e Questionário. A outra metade classificada como Grupo 2 foi avaliada com a combinação metodológica Entrevista, *Data Logging*, mapa cognitivo e Questionário. O delineamento experimental adotado foi o 2x2, que consiste na comparação de dois grupos em duas condições distintas.

No experimento conduzido em laboratório, não foi solicitado o mapa cognitivo, sendo aplicado somente após a navegação *in situ*. Ambos os grupos avaliados no laboratório responderam à questão espacial sobre “Quais elementos presentes no mapa são essenciais para a formação da rota.” Em campo, ambos os grupos responderam à questão espacial, “Quais elementos presentes no mapa e no terreno são essenciais para a navegação.” Os participantes avaliados em laboratório também foram envolvidos no experimento em campo, mantendo a mesma composição de grupos, com a primeira parte do experimento ocorrendo em laboratório e a parte subsequente sendo conduzida em campo.

- O Grupo 1, avaliado com o Protocolo *Think Aloud*, foi solicitado a verbalizar seus pensamentos, reflexões e decisões apenas no início da rota, sem intervenção do moderador ao longo do percurso.
- O Grupo 2, foi avaliado por meio do método Entrevista, teve intervenções verbais do moderador em momentos específicos. Esses momentos corresponderam a cada mudança de direção no terreno nos pontos de tomada de decisão da rota (como mudanças de direção nas ruas, calçadas, corredores e entradas de prédios), conforme demonstrado pela (Figura 8). Nestes pontos específicos da rota, o moderador incentivou os participantes a responderem à pergunta espacial: "Quais elementos presentes no mapa e no terreno são essenciais para a navegação?".

As tarefas relacionadas ao uso do mapa e as perguntas espaciais aplicadas em cada etapa do experimento foram detalhadamente discutidas em uma seção específica, seguindo a metodologia. O (Quadro 2) proporciona uma descrição das métricas de avaliação em cada ponto da rota e sessão, detalhando a aplicação dos métodos nas avaliações conduzidas *in situ*.

QUADRO 2 – ORGANIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS E MÉTRICAS DE AVALIAÇÃO.

LOCAL	PLANEJAMENTO E PROPOSIÇÃO DA ROTA	AUTO LOCALIZAÇÃO E NAVEGAÇÃO	MÉTRICAS
Laboratório	Capacidade de planejar e propor uma rota utilizando as informações e referências presentes no mapa para orientação durante a navegação.	N/A	➤ Equivalência entre a rota executada <i>in situ</i> em comparação com a rota planejada em laboratório; ➤ Tempo gasto para planejamento da rota em laboratório e execução em campo;
<i>Outdoor</i>	N/A	Capacidade de localização no mapa e reconhecimento de objetos no ambiente físico, como cruzamentos, placas e edifícios, realizando relações espaciais com as informações presentes no mapa.	➤ Quantidade de feições espaciais representadas nos mapas cognitivos; ➤ Carga de trabalho percebida (Questionário NASA-TLX); ➤ Interações dos usuários com o UCM; ➤ Comparação das informações espaciais obtidas (Pontos de Referência Locais, Pontos de Referência Globais e Descritores e ações espaciais).
Transição			
<i>Indoor</i>			

FONTE: O AUTOR.

O (Quadro 2) apresenta a organização geral da avaliação dos métodos em função da rota. Foram conduzidas várias etapas com o objetivo de avaliar e caracterizar a utilização dos métodos de avaliação em relação à rota e o ambiente de utilização do mapa digital móvel. A descrição da rota foi avaliada com base no tipo de referência espacial utilizado pelos participantes para identificar e descrever objetos, lugares ou eventos em relação à sua

localização no espaço. Essas referências podem ser de natureza visual ou cognitiva, dependendo da forma como as informações são percebidas e expressas. A referência espacial visual é aquela que se baseia na percepção visual do ambiente, identificando elementos por meio da visão, por exemplo, “A lanchonete fica no canto esquerdo da rua principal”. A referência espacial cognitiva é fornecida com base no conhecimento prévio ou na representação mental do espaço, como em “A biblioteca está localizada ao lado do prédio da administração do campus, de acordo com a recordação de sua disposição geográfica.”

Orientações prévias foram fornecidas aos participantes antes da realização dos experimentos, tanto na etapa de laboratório quanto na segunda etapa em campo. Essas orientações abrangeram o uso do aplicativo de mapas digitais, a atenção aos elementos-chave do mapa e os métodos utilizados para a coleta de dados qualitativos durante a navegação, incluindo a aplicação do Protocolo *Think Aloud* e Entrevista.

- Os participantes foram divididos em dois grupos para realizar a navegação, tanto em situação real quanto na proposição da rota em laboratório de forma virtual. O trajeto teve início em local *outdoor* e terminou em local *indoor*. O Grupo 1 foi avaliado utilizando o método principal de coleta de dados chamado Protocolo *Think Aloud*, enquanto o Grupo 2 foi avaliado por meio do método Entrevista.
- Antes de iniciar as avaliações, os participantes foram devidamente instruídos sobre o propósito do estudo, bem como sobre o uso do mapa e sobre as etapas da rota a ser planejada e posteriormente percorrida. Além disso, os participantes responderam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e um Questionário de caracterização pessoal. Essas orientações iniciais e a caracterização dos participantes estabeleceram a base para a execução das tarefas e a análise dos resultados obtidos.
- Os participantes receberam instruções específicas para realizar as tarefas espaciais de acordo com as indicações pré-estabelecidas. Eles foram orientados a utilizar os recursos disponíveis, como *zoom*, movimentação do mapa e interação com os pontos de interesse, conforme necessário para facilitar a navegação. Essas instruções tiveram por finalidade permitir que os participantes explorem e utilizassem todas as funcionalidades do mapa.
- Durante a execução dos experimentos, foram coletados dados referentes ao participante como atenção aos elementos do ambiente e do mapa, interação e outros fatores que influenciaram o uso do mapa e a navegação.

- Foi solicitado aos participantes que, ao longo das avaliações, expressassem suas dúvidas, dificuldades ou qualquer alteração percebida no uso do mapa.
- O Grupo 1 de participantes foi convidado a fornecer *feedbacks* qualitativos sobre sua experiência durante a navegação. Para isso, em parte do grupo amostral foi utilizado o Protocolo *Think Aloud*, no qual os participantes foram solicitados a verbalizar seus pensamentos, reflexões e decisões à medida que interagem com o mapa digital móvel, sem interferência do moderador. Eles foram incentivados a expressar em voz alta suas percepções, dúvidas, dificuldades e estratégias utilizadas, fornecendo assim *insights* sobre seu processo cognitivo durante a navegação.
- Enquanto o Grupo 2 de participantes foi convidado a fazer parte do experimento sendo avaliado com a Entrevista. Durante a navegação, o moderador conduziu e direcionou a Entrevista em momentos específicos, fazendo perguntas e incentivando os participantes a compartilharem suas experiências, dúvidas, dificuldades e percepções imediatas enquanto os participantes interagem com o mapa digital móvel.
- Ao final dos experimentos em laboratório e *in situ*, todos os participantes foram convidados a realizar o preenchimento do Questionário NASA-TLX. Esse Questionário é um método utilizado para mensurar a carga de trabalho percebida pelos indivíduos.
- Ao final do experimento realizado *in situ*, os participantes foram convidados a elaborar um mapa cognitivo da rota realizada. Todavia, os participantes foram instruídos a esboçar o mapa cognitivo sem consultar novamente o mapa digital móvel. O propósito dessa atividade foi avaliar a compreensão e a memorização de longo prazo da rota e dos pontos de referência da rota, permitindo observar como foi representado mentalmente as informações espaciais e comparar com as informações obtidas com ambos os métodos avaliados.

Tanto o Protocolo *Think Aloud* quanto a Entrevista tendem a possibilitar o acesso a informações contidas na memória de curto prazo dos participantes durante a realização da tarefa espacial. A memória de curto prazo é responsável por armazenar temporariamente informações relevantes para a realização das tarefas, como o processamento de informações visuais, a tomada de decisões e a resolução de problemas em tempo real. Ambas os métodos permitem que os participantes expressem seus pensamentos, percepções e raciocínios enquanto estão

interagindo com o mapa digital móvel, fornecendo *insights* sobre o fluxo de pensamento e os processos cognitivos envolvidos na navegação.

Todos os experimentos foram conduzidos de forma moderada, tanto ao longo da rota *in situ*, como no experimento em laboratório, com o intuito de explorar e compreender a natureza adaptativa da captação de informações pelos métodos aplicados. O propósito principal foi obter um entendimento aprofundado das vantagens e desvantagens dos aspectos envolvidos na navegação, bem como das estratégias de interação adotadas pelos participantes. Essa abordagem permitiu uma análise mais detalhada dos conceitos e ideias relacionados ao tema pesquisado.

3.3.1 Caracterização dos participantes

A análise dos dados coletados por meio do Questionário de caracterização aborda diferentes aspectos, tais como idade, sexo, escolaridade, deficiência visual, experiência prévia com o uso de mapas, familiaridade com o uso de mapas digitais acessados por *smartphones*, bem como o conhecimento prévio dos participantes sobre o campus e prédios da Universidade Federal do Paraná (UFPR). O Questionário utilizado para a coleta desses dados referentes à caracterização encontra-se disponível no APÊNDICE deste trabalho.

3.3.2 Dispositivo móvel utilizado nos experimentos

Foi empregado um *smartphone* Motorola Moto G60, em todos os experimentos. Esse *smartphone* é equipado com uma tela sensível ao toque de 6,8 polegadas, que possui uma resolução de 2460x1080 pixels. Além disso, o dispositivo oferece conectividade com a internet e GPS. O dispositivo também possui a capacidade de armazenamento interno de 128 Gigabytes (GB), com a possibilidade de expansão. Um recurso importante deste *smartphone* é a capacidade de gravar a tela e exibir os pontos de toque, o que permitiu registrar as interações realizadas pelos participantes durante a navegação utilizando o mapa digital. Essa funcionalidade foi essencial para analisar e compreender as áreas de interação e o comportamento dos participantes durante o experimento. Adicionalmente, utilizou-se um segundo dispositivo para registrar as atividades do participante e assegurar um backup dos dados.

3.3.3 Mapa digital móvel utilizado para realizar os experimentos

Nesta pesquisa, utilizou-se o WebGIS UFPR CampusMap (UCM) como o mapa digital móvel para a realização dos experimentos. O projeto de criação do UCM teve início em

2017, com o mapeamento detalhado do Campus Centro Politécnico da UFPR. Seu objetivo principal foi disponibilizar publicamente uma base de dados atualizada sobre a estrutura de todos os *campi* universitários, incluindo tanto os ambientes *indoor* como *outdoor* da UFPR. O UCM oferece uma interface para visualização e navegação precisa pelo campus, fornecendo informações detalhadas sobre os edifícios, áreas de interesse e possíveis rotas para deslocamento. Está disponível em: <https://campusmap.ufpr.br/map/php/index.php>

3.3.4 Aplicação dos experimentos

Antes de iniciar o experimento, o TCLE e do Termo de Solicitação de Uso de Imagem e Voz foi apresentado aos participantes. A leitura do documento foi realizada em conjunto com cada participante para garantir a compreensão completa dos termos e condições do estudo. A pesquisa foi devidamente revisada e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da UFPR, registrado com o número: 71722223.9.0000.0102. Após a leitura e assinatura dos documentos realizada pelo participante, o experimento foi iniciado seguindo a ordem:

- Caracterização do usuário: coleta de informações demográficas e de experiência prévia com uso de mapas digitais móveis.
- Durante a condução dos experimentos, foram utilizados dois dispositivos móveis com acesso à internet. Um dispositivo foi utilizado pelos participantes para acessar o mapa digital, simultaneamente registrando dados com o *Data Logging*. Um segundo dispositivo foi utilizado pelo moderador para capturar áudio e vídeo da sessão de teste. Essa estratégia possibilitou a coleta de informações abundantes relacionadas às opiniões e às decisões dos participantes durante a execução da tarefa espacial. Além disso, esse procedimento garantiu a disponibilidade de dados para substituir eventuais falhas técnicas em um dos dispositivos, assegurando que o experimento não fosse comprometido.
- Verificação do funcionamento adequado do mapa digital: Foi verificado se o mapa digital estava funcionando corretamente antes do início dos testes, garantindo que os participantes tivessem acesso a todas as funcionalidades necessárias.
- Execução do *Data Logging*: foi executado para coletar dados de sensores presentes no *smartphone* utilizado pelos participantes, como, gravação da tela, coordenadas, interações (toques), data e hora. Esses dados foram registrados

em tempo real para analisar o comportamento do usuário durante a resolução da tarefa espacial.

Durante a realização dos experimentos, o moderador registrou a navegação do usuário através de vídeo juntamente com o áudio. Essa configuração permitiu uma documentação externa das reações dos participantes, incluindo a interação com o mapa e a navegação em campo. Além disso, foi realizada a sincronização temporal, obtida por meio dos dados de gravação de áudio e vídeo, possibilitando a comparação com os demais dados coletados durante a execução dos testes.

3.3.5 Quantidade de participantes e aplicação experimental

O número de participantes foi determinado considerando a complexidade na aplicação dos experimentos, respeitando a quantidade mínima recomendada por Martins *et al.* (2023), considerando os métodos de avaliação do Grupo D, que abrange amostras entre um mínimo de 5 e até 250 participantes. E os métodos do Grupo A, o intervalo foi estabelecido entre um mínimo de 8 e um máximo de 40 participantes (MARTINS *et al.*, 2023). A quantidade estimada para a condução das avaliações foi planejada com uma amostra mínima de cerca de 10 participantes, visando garantir uma divisão equitativa entre os grupos. Metade dos participantes foi avaliada por meio do método de Entrevista, enquanto a outra metade foi avaliada com aplicação do método Protocolo *Think Aloud*.

A adesão para participação nesta pesquisa foi totalmente voluntária, restrita a indivíduos maiores de 18 anos que manifestaram espontaneamente o interesse em participar do experimento. Isso foi formalizado por meio da leitura conjunta e da assinatura do TCLE e do Termo de Solicitação de Uso de Imagem e Voz. Não houve restrições relacionadas às características pessoais e habilidades dos participantes em relação ao uso de mapas, possibilitando a inclusão de indivíduos diversificados. Os participantes foram recrutados por meio de convites divulgados em redes sociais.

Foram realizados experimentos em laboratório e posteriormente em campo, com o objetivo de coletar informações sobre o uso de mapas digitais em laboratório e comparar sua aplicação *in situ*. Os testes foram conduzidos com usuários, visando comparar os métodos mais utilizados e considerando suas semelhanças e diferenças para ambientes e locais de aplicação distintos. Durante os experimentos, as tarefas espaciais foram apresentadas aos participantes antes de utilizar o mapa digital móvel. No Grupo 1, ao qual foi aplicado o método Protocolo *Think Aloud*, foram realizadas observações verbais somente quando o participante permanecesse em silêncio por um período maior que 1 minuto. Se necessário, a observação se

limitou a: “Por gentileza, continue verbalizando seus pensamentos”. Já no Grupo 2 que foi utilizado o método Entrevista, as questões espaciais foram feitas verbalmente, diretamente pelo moderador, sem qualquer tipo de restrição verbal.

No experimento em laboratório, cada participante teve um tempo máximo de 10 minutos para utilizar o UCM e realizar o planejamento e descrição da rota. E no experimento *in situ*, cada participante teve um máximo de 20 minutos para realizar a navegação e a descrição da rota. Este limite de tempo foi estabelecido a fim de evitar desgastes e cansaço caso o participante não completasse a tarefa espacial e garantir a padronização temporal dos experimentos. Caso necessário, foram acrescentados mais 10 minutos para aplicação do Questionário e esboço do mapa cognitivo, totalizando cerca de 30 minutos.

3.3.6 Tarefa de uso do mapa aplicada em laboratório

a) Tarefa espacial aplicada no experimento realizado em laboratório:

“Utilizando o UFPR CampusMap (UCM), descreva a rota que você faria ao se deslocar partindo do P1, próximo ao Restaurante Universitário (RU), até o prédio das Ciências Biológicas, na Sala de Professores, número 191, 1º andar, ponto P2.”

3.3.6.1 Questão espacial aplicada em laboratório

1. Quais elementos presentes no mapa são essenciais para a formação da rota?

- Determinar quais informações e elementos do mapa são considerados fundamentais pelos participantes para projetar a rota.
- Avaliar a capacidade dos participantes em identificar corretamente os pontos de referência.

A tarefa espacial não envolveu a utilização das ferramentas avançadas disponíveis no UCM para a formação de rotas e busca por pontos de interesse. Apenas a visualização da interface cartográfica e utilização de ferramentas de *zoom* e *pan* disponíveis. O mapa foi empregado para o planejamento e a descrição verbal da rota virtual. Os participantes receberam um mapa digital totalmente funcional, com a aba do UCM já aberta com *zoom* no local do experimento (Figura 7). O mapa estava equipado com marcadores fixos, conhecidos como Pins, que indicavam claramente o início e o fim da rota estabelecida. Através da tarefa realizada em laboratório, foi possível avaliar a capacidade dos participantes em utilizar o mapa para planejar a rota virtualmente, partindo do ponto P1 em direção ao ponto P2. Durante essa tarefa, foi verificado a habilidade dos participantes de se orientar adequadamente no mapa e interpretar as

informações apresentadas pela interface cartográfica. Essa tarefa foi projetada com o intuito de mensurar a capacidade da metodologia em captar nuances quantitativas e qualitativas. Isso envolveu a coleta de dados objetivos, como o número de cliques realizados pelos participantes e a carga de trabalho envolvida. Além disso, foram obtidas informações detalhadas sobre a compreensão dos elementos do mapa, incluindo a identificação de ruas, prédios e demais pontos de referência.

Esses resultados foram posteriormente comparados com a rota efetivamente percorrida *in situ*. No entanto, ao contrário do experimento em campo, não foi solicitado aos participantes que desenhasssem um esboço do mapa cognitivo. Apenas descrições verbais e interações virtuais com o mapa foram captadas, com um tempo máximo de 10 minutos. Após esse período, o participante acompanhou o moderador, partindo do Laboratório de Cartografia (LABCARTO) até o ponto inicial da rota, correspondendo ao RU, para iniciar a segunda parte do experimento em campo. O trajeto percorrido até o ponto de partida da rota, que ocorreu após a primeira parte do experimento em laboratório, totalizou aproximadamente 700 metros. Esse deslocamento antecedeu o início da rota em campo, que teve início no ponto P1, representando a continuação do experimento no campo. O mesmo participante completou ambas as partes do experimento.

3.3.7 Tarefas de uso do mapa e obtenção de dados *in situ*

As tarefas de navegação consistiram no participante percorrer a rota especificada até chegar ao ponto de destino.

b) Tarefa espacial aplicada no experimento *in situ*:

“Utilizando o UFPR CampusMap (UCM), percorra e descreva os elementos da rota partindo do Restaurante Universitário (RU), ponto P1 até o prédio das Ciências Biológicas, na Sala de Professores, número 191, 1º andar, ponto P2.”

3.3.7.1 Questão espacial aplicada em campo

Esta questão foi formulada com o intuito de avaliar a compreensão do participante em relação aos elementos essenciais presentes no mapa, bem como sua capacidade de utilizar essas informações para se orientar e alcançar os pontos de interesse ao longo da rota, baseadas nas questões elementares propostas por Board (1984). Durante essa atividade, foram abordadas questões específicas relacionadas aos elementos presentes no mapa, como pontos de referência e ações espaciais, além de avaliar a capacidade de orientação do participante em um contexto real. Os participantes foram deixados livres para descrever a rota, e os métodos de coleta de

dados foram utilizados para captar e registrar as informações espaciais. Essa abordagem possibilitou que os participantes expressassem suas percepções e estratégias de navegação adotadas, com os métodos fornecendo os recursos necessários para registrar essas informações.

1. Quais elementos presentes no mapa e no terreno são essenciais para a navegação?

- Identificar as informações e elementos presentes no mapa e no terreno foram fundamentais para se orientarem e percorreram a rota especificada. Possibilitou avaliar a diferenciação e reconhecimento de objetos conforme Board (1984).
- Realizar uma comparação entre a rota virtual planejada no mapa e a rota efetivamente percorrida no terreno durante o experimento em campo. Avaliando a capacidade de Identificação de objetos e estimação das quantidades de objetos (BOARD, 1984).
- Avaliar se os participantes são capazes de identificar corretamente os elementos-chave, tais como, pontos de interesse e pontos de referência, tanto no mapa digital quanto *in situ*. Correspondendo a tarefa de Board (1984), “localização e identificação de objetos”.
- Observar e analisar as variações na posição relativa dos pontos de interesse e marcos de referência ao longo da rota, considerando as diferentes transições entre locais *indoor* e *outdoor*. Possibilitando, segundo Board (1984), avaliar a diferenciação e reconhecimento de objetos além da localização e identificação de objetos.
- Avaliar se os participantes foram capazes de adaptar sua percepção de espaço e localização ao passar por diferentes ambientes, como espaços fechados e áreas externas. Comparando a estimação das quantidades de objetos representados (BOARD, 1984).

Durante a pesquisa, com o propósito de comparar os métodos de avaliação, foi conduzida uma investigação para compreender se os participantes consideraram as informações visuais fornecidas pelo mapa e os elementos presentes no terreno ao tomar decisões de navegação. Essa análise possibilitou identificar o papel desempenhado pelos elementos visuais na tomada de decisões dos participantes durante a tarefa de navegação. Buscou-se determinar se as abordagens aplicadas foram apropriadas para identificar *insights* relevantes relacionados à compreensão dos elementos do mapa e à habilidade de orientação dos participantes. Esta análise teve como propósito verificar se as metodologias adotadas foram eficazes na obtenção

de informações detalhadas e abrangentes acerca das experiências e percepções dos participantes em relação à utilização dos mapas digitais durante a navegação em campo.

3.3.8 Avaliação da carga de trabalho

Durante o experimento, os participantes foram expostos a diversos estímulos e distrações, especialmente no experimento em campo, o que pode impactar sua atenção e desempenho. Portanto, a mensuração da carga de trabalho percebida foi utilizada para obter uma avaliação comparativa dos dados coletados e do experimento como um todo. Para isso, foi utilizado o Questionário NASA-TLX, que consiste em seis subescalas independentes: demanda mental, demanda física, demanda temporal, frustração, esforço e desempenho (HART e STAVELAND, 1988). Após a conclusão do planejamento da rota em laboratório e a realização da rota *in situ*, os participantes foram convidados a preencher o Questionário NASA-TLX.

Nesta pesquisa, optou-se por coletar os dados de forma independente para cada escala do Questionário, sem aplicar ponderações. Isso foi realizado com o objetivo de simplificar o procedimento de aplicação do Questionário. Estudos anteriores como Dadi *et al.* (2014), Scerbo *et al.* (2017) e Zare *et al.* (2016) corroboram essa abordagem. Após a avaliação da carga de trabalho em campo, os participantes foram convidados a elaborar um esboço do mapa cognitivo, descrevendo suas percepções e representações mentais da rota percorrida.

Os valores obtidos no NASA-TLX no contexto do trabalho indicaram a capacidade de uso do UCM pelos participantes, permitindo avaliar como eles se saíram ao utilizar o UCM em diferentes contextos e avaliados por métodos distintos. Esses valores foram relacionados com a qualidade da rota e dos pontos de referência visíveis no mapa digital móvel, obtidos pelas metodologias comparadas, possibilitando uma análise da relação entre a percepção da carga cognitiva e o desempenho dos participantes ao navegar em diferentes contextos de uso do mapa.

3.4 COMPARAR A ROTA DOS USUÁRIOS

A rota dos usuários foi avaliada e comparada entre a rota descrita virtualmente e a rota realizada *in situ*. A análise considerou a correspondência dos pontos de referência, a escolha dos caminhos mais eficientes e a capacidade de adaptação diante de obstáculos. Essa comparação revelou *insights* sobre a experiência dos usuários com o uso do mapa digital, destacando seus pontos fortes e desafios. O método do mapa cognitivo foi aplicado ao final da rota em campo, permitindo obter informações significativas sobre a compreensão espacial e as

estratégias cognitivas dos participantes. A análise comparativa dos mapas cognitivos, utilizando metodologias distintas contribuiu para a avaliação das metodologias de coleta de dados.

3.4.1 Aplicação do mapa cognitivo ao final da rota em campo

O mapa cognitivo possibilitou a coleta de dados em avaliações de usuários de mapas, permitindo obter *insights* sobre a compreensão espacial e as estratégias cognitivas dos indivíduos após a navegação por meio de um esboço manual conhecido como croqui. As etapas para aplicação e análise do mapa cognitivo como abordagem de coleta de dados em avaliações de usuários de mapas incluem:

1. Ao final da tarefa espacial em campo, foi fornecido prancheta e caneta aos participantes.
2. Foi feita orientações ao participante sobre a possibilidade de esboçar a mão livre, destacando os elementos espaciais da rota utilizados para a navegação.
3. Os mapas cognitivos foram analisados e realizou-se uma comparação da quantidade de informações obtidas entre os diferentes grupos avaliados.

3.5 COLETA DE DADOS EMPREGANDO O *DATA LOGGING*

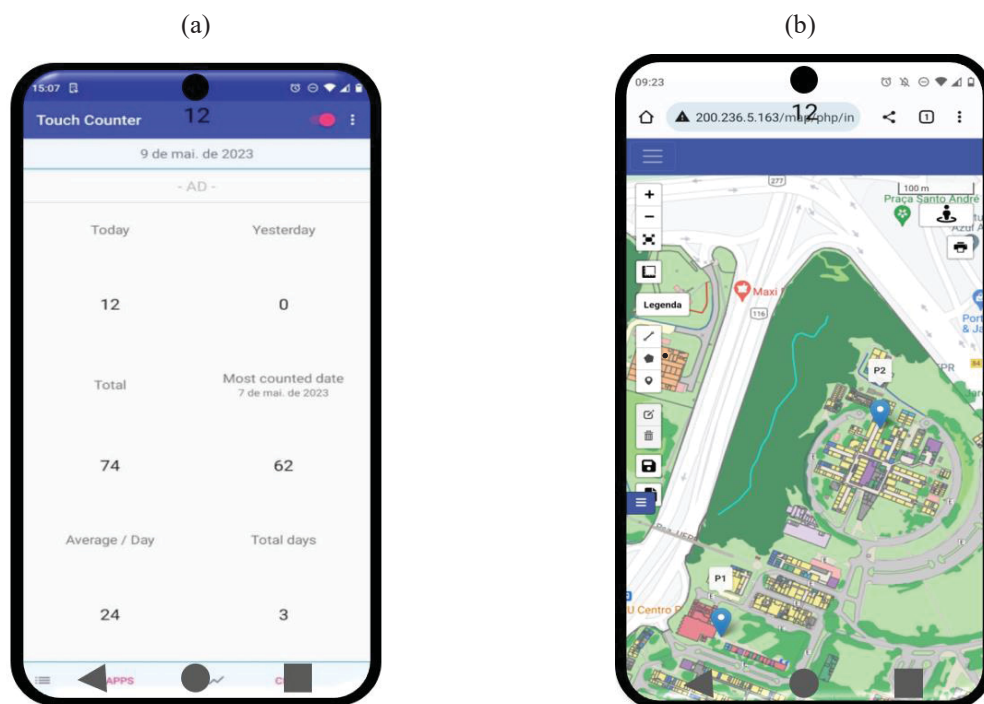
O método *Data Logging* também aparece entre os métodos comumente utilizados para avaliar mapas digitais móveis correspondendo ao grupo (C), (Quadro 1), juntamente com o Questionário combinado com Entrevista ou Protocolo *Think Aloud*. No contexto da pesquisa, o *Data Logging* foi utilizado para coletar dados relativos ao número de cliques, à gravação da tela do *smartphone*, à localização do usuário ao longo da rota, data da avaliação e o tempo decorrido em horas, minutos e segundos. Com exceção do número de cliques, o restante dos dados foi armazenado em formato *Comma separated values* (CSV) para posterior análise e compartilhamento caso necessário.

O *Data Logging*, denominado AndroSensor, foi empregado para coletar informações durante o experimento *in situ*. Esse *software* permitiu a medição dos sensores do *smartphone*, possibilitando a gravação em tempo real dos dados coletados. A gravação foi ativada através das configurações do aplicativo, e os valores dos sensores foram capturados durante a navegação. Ao final da rota, a gravação foi interrompida, e os dados foram exportados para um arquivo CSV, que foi salvo no cartão *Secure Digital Card* (SD) do dispositivo. É relevante ressaltar que a gravação não foi interrompida se o usuário fechasse a tela principal ou desligar

manualmente a tela do dispositivo, possibilitando o uso contínuo durante a interação com o mapa móvel.

Também foi utilizado o *Data Logging* denominado *Touch Counter* que possui uma interface exemplificada na (Figura 9 - a), permitindo a contagem precisa dos toques na tela no momento em que o participante interage. O *Touch Counter* é um aplicativo móvel desenvolvido especificamente para contar o número de cliques em uma tela de *smartphone*. No contexto deste estudo, o *Data Logging*, *Touch Counter* foi empregado para medir e registrar a quantidade de cliques realizados pelos participantes durante a interação com o mapa digital móvel.

FIGURA 9 – INTERFACE DO *DATA LOGGING* CONTADOR DE TOQUES.



FONTE: O AUTOR.

A contagem dos toques foi exibida em tempo real no dispositivo móvel, permitindo uma visualização e gravação do número de toques registrados em cada interação pelo próprio dispositivo em formato de vídeo. A (Figura 9 - a) apresenta a interface do aplicativo utilizado para contar os toques na tela. Para registrar um toque, basta o participante tocar na tela, e o número de toques é automaticamente atualizado, sendo exibido em formato de algarismos arábicos. Como exemplificado na (Figura 9 - b), o número de toques registrado no instante do registro da interface foi de 12. O aplicativo possibilitou registrar a quantidade de interações realizadas com o mapa digital móvel.

3.6 ANÁLISE DOS DADOS QUALITATIVOS E COMPARAÇÃO DAS INFORMAÇÕES ESPACIAIS

Foi realizada uma análise dos dados qualitativos transcritos, com a finalidade de comparar a quantidade e a qualidade das informações espaciais obtidas pelos métodos de avaliação utilizados. Para isso, durante a navegação dos participantes, foram realizadas gravações de áudio e vídeo, a fim de coletar informações relacionadas à localização, interações e referências espaciais identificadas no mapa digital e *in situ*. Os registros de áudio foram analisados para identificar a quantidade e qualidade das informações obtidas, enquanto a transcrição dos dados foi submetida à análise para identificar as palavras-chave com conotação espacial que frequentemente foram utilizadas pelos participantes. Para realizar a comparação da quantidade de palavras, foi utilizado o *software* R. O processo de análise dos dados qualitativos e a comparação das informações espaciais obtidas pelos métodos avaliados foram conduzidos seguindo os passos descritos a seguir:

1. Gravação de áudio e vídeo durante a navegação *in situ* e planejamento virtual da rota em laboratório.
2. Análise dos registros de áudio para identificar informações espaciais.
3. Transcrição dos dados de áudio para análise textual.
4. Análise quantitativa das palavras com o uso do *software* R.
5. Seleção das palavras relevantes e com conotação espacial.
6. Comparação das informações espaciais obtidas pelos diferentes métodos.
7. Validação da metodologia adaptada para avaliação da navegação em campo, através da identificação da combinação metodológica mais adequada para avaliar a navegação com mapas digitais móveis.

Os resultados foram categorizados com relação à utilização dos pontos de referência para organização e orientação espacial, sendo classificados como Pontos de Referência Locais ou globais, além da classificação de descritores de palavras e ações espaciais. Considerando as observações de Antunes (2021), que afirma que Pontos de Referência Locais são úteis para a navegação em espaços de alcance restrito, enquanto os Pontos de Referência Globais possuem características mais abrangentes, tornando-os adequados para a orientação em locais maiores. O critério para classificação dos Pontos de Referência Locais foi baseado na observação de que, em geral, eles são numerosos e notavelmente próximos ao trajeto percorrido. Em contraste, os Pontos de Referência Globais são menos abundantes e estão situados a uma maior distância do observador durante a execução da rota, conforme indicado por Antunes (2021). A autora

ênfatisa que os Pontos de Referência Globais devem apresentar um claro contraste em relação ao entorno e uma localização espacial proeminente (ANTUNES, 2021).

Por fim, foi considerada a presença de Descritores de Ações Espaciais, termos linguísticos relevantes na comunicação e orientação *in situ*. Esses termos desempenharam um papel crucial na transmissão de informações sobre posições e movimentos no espaço, contribuindo para comunicação durante a auto orientação e senso de direção dos participantes. Englobando termos com conotação espacial categorizados como substantivos, adjetivos, verbos e advérbios.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, estão apresentados os resultados da pesquisa, os quais englobam a identificação e caracterização dos métodos de avaliação frequentemente utilizados na avaliação de mapas digitais móveis., a análise da correspondência entre as etapas da tarefa de navegação em diferentes contextos de avaliação. Após identificar os métodos comumente empregados, optou-se por comparar a Entrevista e o Protocolo *Think Aloud* devido à sua similaridade aparente, e os artigos analisados não justificaram a preferência por um em detrimento do outro de maneira clara. Esta seção também aborda a comparação da rota dos usuários por meio da análise da rota virtual, rota real e mapa cognitivo. Os dados coletados foram comparados em relação à carga cognitiva, interações dos usuários com o mapa digital móvel em diferentes situações, análise das palavras mencionadas e tempo de execução do experimento. A análise dos dados obtidos nos experimentos possibilitou investigar e comparar a quantidade e qualidade das informações espaciais obtidas pelos métodos comparados.

4.1 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO MAIS EMPREGADOS

Para determinar os métodos para coletar dados foram acessados 115 artigos na base de dados *Scopus* e na base de dados *Web of Science* foram acessados 80 artigos, totalizando 195 artigos. O período de análise abrangeu o intervalo de anos entre 2010 até 2023. A seleção das publicações foi realizada com uso de palavras-chaves, como “*usability*”, “*maps*”, “*navigation*” e “*mobile*”. Os artigos selecionados foram submetidos a uma leitura analítica para verificar sua relevância e compatibilidade com o tema da pesquisa. Essa avaliação consistiu na leitura dos títulos, resumos, introduções e procedimentos metodológicos dos trabalhos, a fim de extrair informações gerais sobre os métodos de avaliação empregados. Durante esse processo, foram coletados dados relacionados aos métodos de coleta de dados, as configurações dos procedimentos aplicados, os critérios abordados, a moderação na condução dos testes, os tipos de dados coletados e os locais de realização das avaliações.

Foram selecionados 53 artigos dos 195 inicialmente considerados, com base no critério de estrita relevância ao tema da “avaliação de mapas digitais acessados por dispositivos móveis”. Dos 53 artigos analisados, 40 artigos utilizaram até dois métodos combinados para avaliar os usuários de mapas digitais móveis, enquanto os 13 restantes utilizaram mais de dois métodos combinados para a coleta de dados. A maioria dos experimentos teve como propósito avaliar a usabilidade e a efetividade do mapa para a tarefa espacial selecionada na pesquisa dos

autores. Os métodos de avaliação foram associados aos grupos de métodos (A, B, C e D) correspondentes ao (Quadro 1). A (Tabela 3) apresenta os resultados dos artigos analisados, exibindo os autores e breves resumos temáticos. São fornecidos detalhes sobre os métodos de coleta de dados, bem como informações sobre o local de aplicação e a presença ou ausência de moderação nos experimentos.

TABELA 3 – INFORMAÇÕES DOS ARTIGOS SELECIONADOS.

Artigo(s)	Temas dos artigos	Método(s)	Correspondência com o Quadro 2	Moderação	Local
(LU <i>et al.</i> , 2021); (NOGUERA <i>et al.</i> , 2012); (BRADE <i>et al.</i> , 2017); (SAKPERE <i>et al.</i> , 2017).	Melhorar a usabilidade e eficácia dos mapas digitais móveis.	Questionário	D	Moderado; Moderado; Moderado; Moderado.	<i>Indoor/Outdoor</i> ; ; <i>Indoor/Outdoor</i> ; ; <i>Indoor</i> ; <i>Indoor</i> .
(DIRIN <i>et al.</i> , 2018).	Avaliar requisitos emocionais em um aplicativo móvel para turistas	Entrevista	A	Moderado.	<i>Indoor</i> .
(YANG <i>et al.</i> , 2019); (LINK <i>et al.</i> , 2013).	Avaliar precisão do posicionamento <i>indoor</i> de <i>smartphones</i> e serviços baseados em localização, além de avaliar a usabilidade por meio de experimentos.	<i>Data Logging</i>	C	Não moderado; Moderado;	<i>Indoor</i> ; <i>Indoor/Outdoor</i>
(DARVISHY <i>et al.</i> , 2020).	Avaliação de um aplicativo de mapa digital projetado para pessoas com deficiência visual,	Observação do usuário	B	Moderado.	<i>Indoor</i> .
(MALY <i>et al.</i> , 2013); (MONTUWY <i>et al.</i> , 2019).	Avaliar mapas de navegação para pessoas com deficiência visual e idosos, analisando a capacidade de memorização das rotas e o estresse durante a navegação.	Entrevista e <i>Data Logging</i>	A-C	Moderado; Moderado.	<i>Indoor</i> ; <i>Outdoor</i> .
(BROCK <i>et al.</i> , 2015)	Comparação entre a usabilidade de um mapa clássico com linhas elevadas e um mapa digital	Entrevista e Observação do usuário	A-B	Moderado.	<i>Indoor</i> .

interativo, utilizado por pessoas com deficiência visual.				
(LIANG <i>et al.</i> , 2012);	Os quatro estudos exploraram a usabilidade e		Moderado;	<i>Indoor</i> ;
(KRATZ <i>et al.</i> , 2010);	a experiência do usuário em diferentes		Moderado;	<i>Indoor</i> ;
(EINFELDT e DEGBELO, 2021);	contextos de interação móvel, navegação em	Questionário e <i>Data Logging</i>	Moderado;	<i>Indoor</i> ;
(SCHIRMER <i>et al.</i> , 2015).	ambientes diferentes ambientes, e formas de		Não	<i>Indoor</i> ;
	utilização dos mapas.		moderado.	<i>Outdoor</i> .
(REHMAN e CAO, 2016);	Comparar o desempenho, carga de trabalho e	Questionário e	Moderado;	<i>Indoor</i> ;
(REHMAN e CAO, 2015)	usabilidade percebida de dispositivos portáteis	Mapa cognitivo	Moderado.	<i>Indoor</i> .
	para navegação <i>indoor</i> .			
(VINCENT, <i>et al.</i> , 2022);	Avaliar a usabilidade e eficácia de tecnologias		Moderado;	<i>Outdoor</i> ;
(BRATA e LIANG, 2019);	utilizadas para navegação, incluindo	Questionário e	Moderado;	<i>Outdoor</i> ;
(BRATA <i>et al.</i> , 2017);	aplicativos de geolocalização, realidade	Observação do	Moderado;	<i>Indoor/Outdoor</i>
(DREWLOW <i>et al.</i> , 2022).	aumentada e sistemas de navegação <i>indoor</i> , por	usuário	Moderado.	;
	meio de estudos no campo.			<i>Indoor</i> .
(ABREU e MORAES, 2012);				
(DELIKOSTIDIS e VAN			Moderado;	<i>Indoor</i> ;
ELZAKKER, 2011);			Moderado;	<i>Outdoor</i> ;
(BERNELIND, 2015);	Avaliar a usabilidade e identificar soluções de	Questionário e <i>Think</i>	Moderado;	<i>Outdoor</i> ;
(NADZIR <i>et al.</i> , 2019);	problemas de em aplicativos de navegação	<i>Aloud</i>	Moderado;	<i>Indoor</i> ;
(ZAHABI e KABER, 2018);	móveis para diferentes públicos.		Moderado;	<i>Outdoor</i> ;
(SCHNITZLER e HOLSCHER, 2015).			Moderado.	<i>Indoor</i> .
(FOGLI <i>et al.</i> , 2020);	Foram coletados dados qualitativos e	Questionário e	Moderado;	<i>Indoor/Outdoor</i>
(CHU <i>et al.</i> , 2017);	quantitativos para identificar problemas de	Entrevista	Moderado;	;
	usabilidade e utilidade de diferentes interfaces		Moderado;	<i>Indoor</i> ;

(SWOBODZINSKI <i>et al.</i> , 2021);	de usuários. Os estudos também incluíram participantes com diferentes perfis e necessidades, com destaque para pessoas com necessidades especiais.	Moderado;	<i>Indoor/Outdoor</i>
(GOH <i>et al.</i> , 2016);		Moderado;	;
(NAIR <i>et al.</i> , 2022);		Moderado;	<i>Indoor</i> ;
(SANJAYA <i>et al.</i> , 2020);		Moderado;	<i>Outdoor</i> ;
(NOH <i>et al.</i> , 2015);		Moderado;	<i>Indoor</i> ;
(MATSUO <i>et al.</i> , 2020);		Moderado;	<i>Indoor</i> ;
(SHARIN <i>et al.</i> , 2020);		Moderado;	<i>Outdoor</i> ;
(BRATA e LIANG, 2020);		Moderado;	<i>Indoor</i> ;
(SWOBODZINSKI <i>et al.</i> , 2021);		Moderado;	<i>Indoor</i> ;
(BRATA <i>et al.</i> , 2021).		Moderado.	<i>Outdoor</i> ;
			<i>Indoor/Outdoor</i>
			;
			<i>Indoor/Outdoor</i>
			.
(RAMSAY <i>et al.</i> , 2010);	Avaliação da usabilidade de diferentes	D-A-C	<i>Outdoor</i> ;
(SKULIMOWSKI <i>et al.</i> , 2019);	tecnologias de auxílio à navegação, como	Entrevista e <i>Data</i>	<i>Indoor</i> ;
(REHRL <i>et al.</i> , 2012);	aplicativos de mapa móvel, utilização de sons e	<i>Logging</i>	<i>Outdoor</i> ;
(QIU <i>et al.</i> , 2023).	de imagens de profundidade e mapas de realidade aumentada, em tarefas de orientação e conhecimento espacial.		<i>Outdoor</i> .
(GRUBERT <i>et al.</i> , 2015);	No primeiro artigo, foram coletados dados	Questionário,	<i>Indoor/Outdoor</i>
(KIM e SONG, 2014);	para avaliar a experiência do usuário durante a navegação. Enquanto no segundo artigo, um experimento foi avaliado os gestos de toque em sistemas de informação veicular durante a oclusão visual.	D-A-B	;
		Questionário, Entrevista e Observação do usuário	<i>Indoor</i> .

(DELIKOSTIDIS <i>et al.</i> , 2016).	Este artigo trata da avaliação de técnicas para melhorar a usabilidade de sistemas de navegação para pedestres.	Questionário, Entrevista, <i>Think Aloud</i> e Mapa cognitivo	D-A-B	Moderado.	<i>Outdoor.</i>
(WENIG <i>et al.</i> , 2016).	O estudo avaliou a navegação <i>indoor</i> , medindo tempo, erros de navegação, usabilidade percebida e carga de trabalho.	Questionário, Entrevista, <i>Think Aloud</i> e Observação do usuário	D-A-B	Moderado.	<i>Indoor.</i>
(VAN ELZAKKER e DELIKOSTIDIS, 2010).	Foi avaliado a importância dos marcos na orientação e navegação em locais externos, além de investigar as limitações dos mapas móveis.	Questionário, Entrevista, <i>Think Aloud</i> , Mapa cognitivo e Observação do usuário	D-A-B	Moderado; Moderado.	
(DIAO e SHIH, 2018); (REHRL <i>et al.</i> , 2014); (ADITYA <i>et al.</i> , 2018).	Avaliação da usabilidade de sistemas de navegação para pedestres em diferentes ambientes, incluindo medidas de desempenho e observações de campo.	Questionário, Observação do usuário e <i>Data Logging</i>	D-B-C	Moderado; Moderado; Moderado.	<i>Indoor;</i> <i>Outdoor;</i> <i>Outdoor.</i>
(DONG <i>et al.</i> , 2021)	Comparação do desempenho de localização, atenção visual e memória de rota de participantes utilizando mapas de realidade aumentada e 2D em tarefas de orientação.	Questionário, Entrevista, <i>Eye Tracking</i> e Mapa cognitivo	D-A-B-C	Moderado.	<i>Outdoor.</i>

FONTE: O AUTOR.

Conforme evidenciado na (Tabela 3), os métodos de coleta de dados predominantes nas publicações selecionadas consistiram principalmente em Questionário, *Data Logging*, Entrevista ou Protocolo *Think Aloud* sendo geralmente empregados em conjunto, possibilitando a coleta de dados qualitativos e quantitativos. Embora muitos autores não nomeiem explicitamente o método de Observação do usuário em suas metodologias, os estudos conduzidos de forma moderada tendem a adotar essa prática de forma indireta. A maioria dos estudos foram realizados *in situ*, em locais tanto *indoor* como *outdoor*. Os estudos apresentam diferentes focos de análise, como por exemplo, a navegação em contextos diversos, a acessibilidade de mapas digitais para pessoas com necessidades especiais, a eficácia e eficiência de mapas clássicos em comparação com mapas interativos, a utilização de dispositivos móveis para acessar mapas digitais e especialmente a avaliação de usabilidade dos mapas digitais móveis.

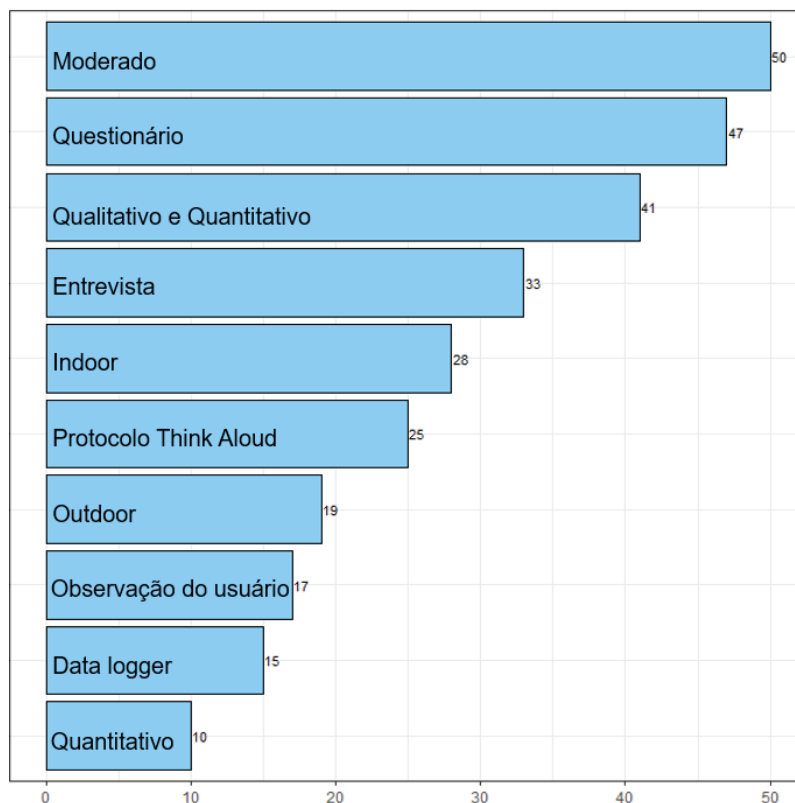
Esses métodos combinados adotaram uma abordagem metodológica mais abrangente para a coleta de dados, permitindo a captura de diversos aspectos da experiência do usuário. Isso possibilitou a coleta abundante de dados, como informações de tempo, dados dos dispositivos, erros de navegação, entre outros. Entretanto, empregar vários métodos simultaneamente pode aumentar a complexidade do estudo e demandar mais recursos para a execução dos experimentos. Além disso, pode resultar na coleta de dados redundantes. Portanto, é importante ponderar a relação entre os recursos alocados e a eficiência em relação aos objetivos do estudo.

Observou-se que alguns estudos analisados utilizaram três ou mais métodos para coleta de dados, em geral, possuem o foco na avaliação do desempenho dos usuários em sistemas de navegação. A maioria dos experimentos foi conduzida de forma moderada e em local *outdoor*, buscando simular situações reais de navegação. Os pontos positivos da realização de experimentos em contextos ao ar livre incluem a capacidade de simular situações reais de navegação de forma mais precisa, permitindo uma avaliação mais acurada do desempenho dos usuários e da eficácia das tecnologias de navegação. Além disso, esses experimentos podem fornecer uma visão mais ampla sobre como os usuários utilizam as tecnologias de navegação em diferentes contextos. Por outro lado, a realização de experimentos *in situ* pode apresentar alguns aspectos negativos, como a falta de controle sobre as variáveis ambientais que podem impactar os resultados do teste, tais como ruídos externos e variações climáticas. Contudo, a condução de experimentos em laboratório pode limitar a generalização dos resultados para situações diversas no mundo real, além de não levar em consideração as variáveis ambientais e contextuais que podem afetar a navegação do usuário.

4.1.1 Métodos e o contexto para realizar a avaliação de mapas digitais móveis

Nesta seção, foram discutidos o local de aplicação do teste (em ambientes *indoor* e/ou *outdoor*), bem como a abordagem da aplicação do teste (moderada e não moderada). Também foram abordados e demonstrados os tipos de dados coletados, classificando-os como qualitativos e/ou quantitativos. O gráfico (Figura 10) apresenta os resultados de uma análise exploratória das principais palavras que aparecem nos dados coletados dos 53 artigos, possibilitando a visualização das relações entre os métodos utilizados na avaliação, o local onde o experimento foi realizado (*indoor*, *outdoor* ou ambos), os tipos de dados (qualitativos e/ou quantitativos) e a forma de aplicação do experimento (moderado e não moderado).

FIGURA 10 – PALAVRAS QUE MAIS APARECERAM NOS DADOS OBTIDOS COM OS ARTIGOS.

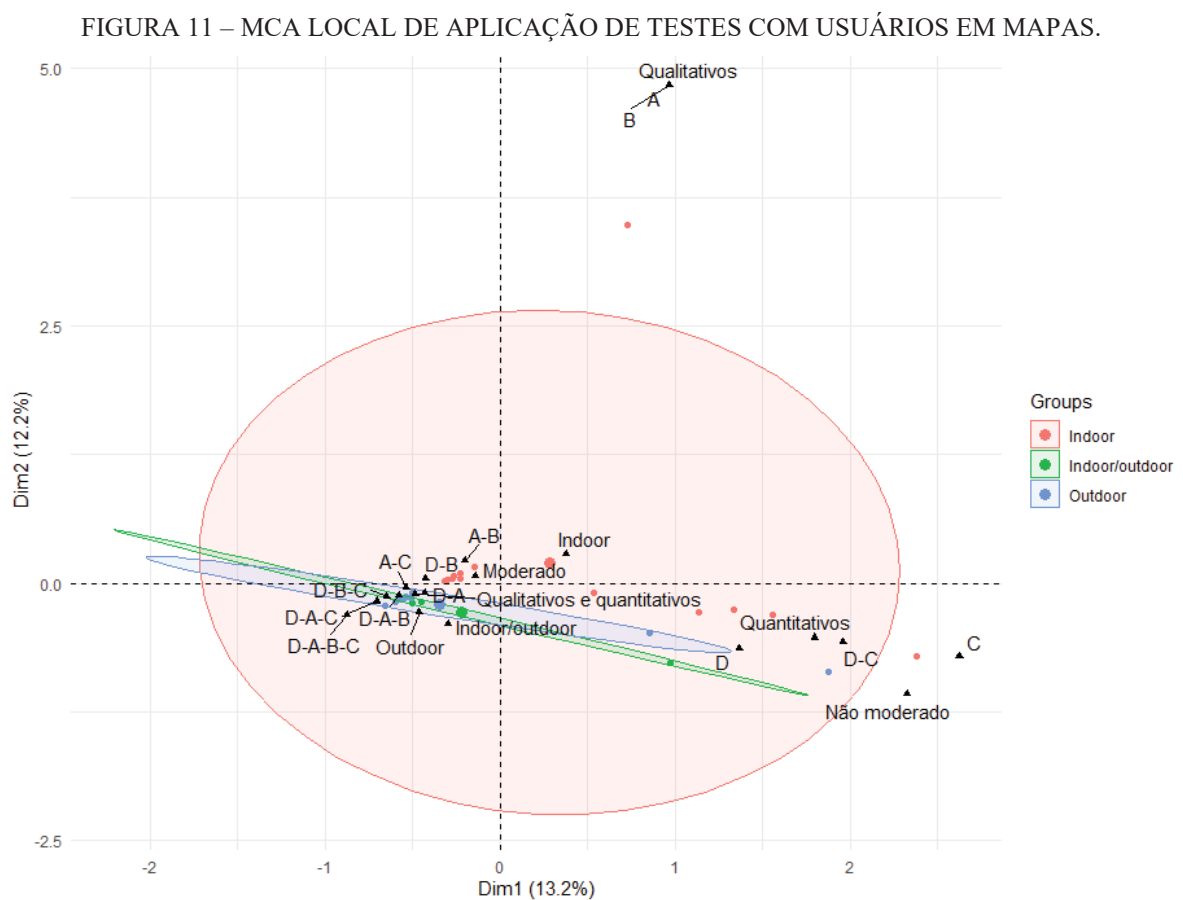


FONTE: O AUTOR.

A análise exploratória dos resultados qualitativos nominais, conforme a (Figura 10) revelou que as avaliações moderadas foram citadas com maior frequência, aparecendo em 50 dos resultados observados. O método Questionário, grupo (D), foi citado em 47 resultados, indicando uma ampla utilização desse método para a coleta de dados. É importante destacar que os dados foram coletados tanto de forma qualitativa como quantitativa, aparecendo em 41 dos resultados analisados. Por sua vez, o método para coleta de dados empregando Entrevista,

grupo (A), foi citado 33 vezes, evidenciando a sua relevância na realização das avaliações. O local *Indoor* foi citado 28 vezes. O método *Think Aloud* (A) foi mencionado 25 vezes, reforçando a importância da utilização desses métodos em avaliações de mapas acessados por dispositivos móveis. O local *Outdoor* para realização das avaliações aparece 19 vezes, indicando uma utilização mais restrita dessa abordagem. A aplicação do método Observação do usuário aparece 17 vezes, seguida pela ocorrência do método *Data Logging* que é citado 15 vezes, e avaliações quantitativas aparecem 10 vezes.

Após conduzir uma análise exploratória dos dados coletados nos artigos, incluindo a frequência das palavras mais recorrentes no conjunto de dados analisado, é possível obter uma compreensão mais precisa das principais tendências, contextos e métodos empregados na avaliação de mapas digitais acessados por dispositivos móveis. Os resultados também foram submetidos à análise MCA, a qual permitiu avaliar o valor de contribuição de cada variável na explicação da variância dos resultados. Os resultados apresentados na (Figura 11), auxiliam na identificação das variáveis mais correlacionadas com cada dimensão.



FONTE: O AUTOR.

As correlações entre as variáveis e as dimensões são usadas como coordenadas, podendo ser interpretados com a premissa de que os pontos próximos possuem maior relevância para sua respectiva componente. Na (Figura 11), a Dim1 explica 13,2% da variabilidade dos dados, sendo a mais relevante. E a Dim2 explica 12,9% da variabilidade dos dados. No gráfico MCA, as observações próximas umas das outras no gráfico tendem a possuir perfis semelhantes e têm maior probabilidade de ocorrerem em conjunto. Por outro lado, categorias distantes umas das outras apresentam perfis diferentes e têm menor probabilidade de ocorrerem em conjunto.

Conforme a (Figura 11), a realização de testes em local *Indoor*, elipse vermelha, tende a ser realizada de forma muito ampla abrangendo diversos contextos de avaliação. Por meio da análise da (Figura 11), percebe-se que os métodos de avaliação em local *indoor* são bastante diversificados e são normalmente aplicados de forma combinada. Os métodos mais utilizados, tendem a ser significativamente amplos e incluem os grupos A-C, D, D-A, D-A-B, D-A-C, D-B, D-B-C, D-C. A maioria dos artigos examinados concentra-se na implementação de avaliações realizadas em ambientes *indoor*, resultando em uma maior variedade de métodos aplicados neste contexto.

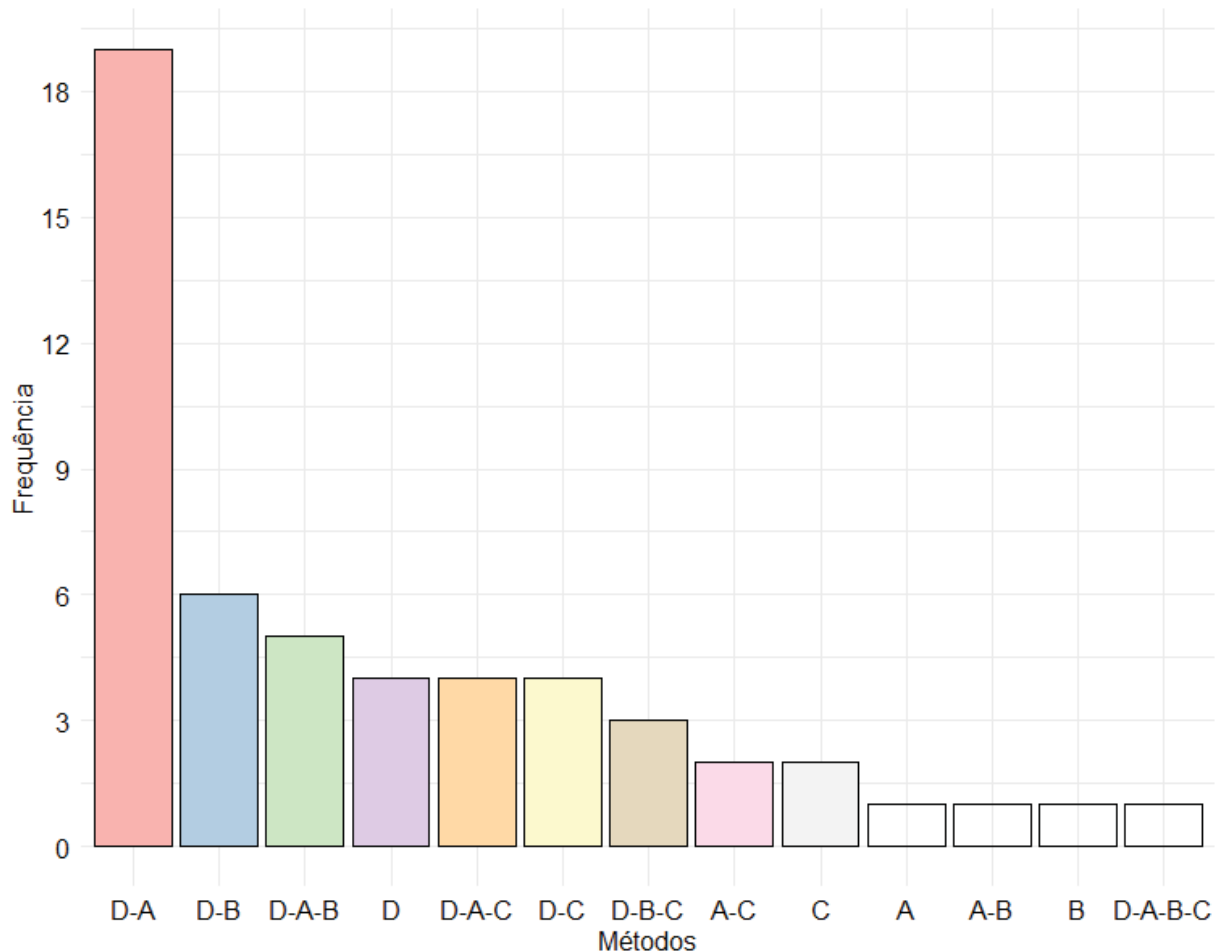
A realização de testes em locais combinados *indoor/outdoor* (elipse verde) tende a ser conduzida de forma moderada. Os métodos mais utilizados para coleta de dados nessas condições incluem as combinações A-C, D-A-B e D-A-C. As metodologias de testes aplicadas em espaços *outdoors* (elipse azul) são semelhantes à forma de aplicação dos experimentos em ambientes mistos *indoor/outdoor* (elipse verde), também com tendência de serem moderados. Os métodos mais utilizados para coleta de dados nesses testes incluem as combinações A-C, D-A-C, D-A-B, D-B-C e D-A.

É importante ressaltar que a aplicação de testes em ambiente *indoor* apresenta a propensão de ser mais abrangente em termos dos métodos utilizados para avaliação. Além disso, é comum que os testes sejam realizados de forma moderada e sejam aplicados métodos combinados, possibilitando a coleta de dados tanto qualitativos como quantitativos de forma simultânea. Os resultados não incluídos nas elipses correspondem a avaliações realizadas sem moderação, que tendem a coletar apenas dados quantitativos por meio dos métodos A-B, D-A-B-C, C, D-C e D. Por outro lado, estudos que visam coletar dados qualitativos frequentemente empregam os métodos isolados A ou B.

4.1.1.1 Grupos de métodos de avaliação frequentemente utilizados para avaliar mapas digitais móveis

A (Figura 12) apresenta a frequência das combinações de grupos de métodos utilizados para a coleta de dados em avaliações de mapas acessados por dispositivos móveis. Cada letra representa o grupo de métodos organizados. Esta análise na (Figura 12) destaca as principais abordagens metodológicas adotadas nos estudos avaliados.

FIGURA 12 – MÉTODOS UTILIZADOS EM AVALIAÇÕES DE MAPAS MÓVEIS.



FONTE: O AUTOR.

Os resultados apresentados na (Figura 12), demonstram que a combinação de métodos mais utilizada para avaliar mapas digitais acessados por dispositivos móveis é a combinação D-A, que corresponde aos métodos (Questionário e Entrevista ou Questionário e Protocolo *Think Aloud*). Os outros métodos que são frequentemente empregados conforme os dados analisados correspondem à combinação entre Questionário, Entrevista, *Think Aloud*, *Data Logging*, Observação do usuário, Mapa cognitivo e *Data Logging*, associados às combinações com as siglas D-B, D-A-B, D, D-A-C e D-C.

É possível constatar que os métodos mais utilizados para avaliação de mapas acessados por *smartphones* correspondem ao Questionário combinado com Entrevista e/ou Protocolo *Think Aloud*, possibilitando a coleta simultânea de dados qualitativos e quantitativos. Os testes realizados para avaliação de mapas digitais móveis acessados por *smartphones* geralmente são aplicados de forma moderada. Além disso, o local de aplicação dos experimentos pode variar entre *indoor* ou *outdoor*, dependendo da natureza do mapa avaliado e do objetivo do estudo.

O (Quadro 3), fornece uma relação entre o autor, a condição, o local e a avaliação em relação à tarefa e uma breve contextualização da tarefa realizada. A coluna “Avaliação x Tarefa” refere-se à forma como a avaliação foi conduzida em relação à tarefa realizada pelos participantes. Se a avaliação foi realizada separadamente da tarefa, significa que a tarefa espacial foi concluída antes do participante ser avaliado. Nesse caso, os participantes tiveram a oportunidade de refletir sobre a tarefa antes de serem avaliados, com o objetivo de acessar a memória de longo prazo. Por outro lado, se os experimentos foram classificados como avaliação realizada em conjunto, significa que a tarefa e a coleta de dados foram conduzidas simultaneamente. Nesse caso, os participantes foram avaliados enquanto estavam realizando a tarefa, o que permite acessar a memória de curto prazo e obter informações em tempo real sobre suas experiências, percepções e tomada de decisões durante a realização da tarefa espacial.

QUADRO 3 – RELAÇÃO ENTRE CONDIÇÃO, LOCAL, AVALIAÇÃO E TAREFA.

Artigos	Condição	Ambiente	Avaliação x Tarefa	Tarefa
Questionário e Entrevista (D-A)				
(FOGLI <i>et al.</i> , 2020)	Moderado	<i>Indoor / outdoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas separadamente	O estudo avaliou a usabilidade e utilidade de um aplicativo em um contexto real e em laboratório. Os participantes executaram seis tarefas espaciais e avaliaram a dificuldade percebida. Foram coletados dados por meio de comentários dos participantes ao final do experimento.
(CHU <i>et al.</i> , 2017)	Moderado	<i>Indoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas separadamente	Os participantes indicaram locais atribuídos pela tarefa espacial. Após a utilização do mapa, foi preenchido um Questionário de usabilidade. Pontuações foram computadas e os participantes foram entrevistados sobre itens com pontuações baixas. Opiniões e sugestões foram coletadas para identificar fatores que afetam a usabilidade do mapa.
(SWOBODZINSKI <i>et al.</i> , 2021)	Moderado	<i>Indoor / outdoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas separadamente	Foi avaliado como os pedestres utilizam dispositivos móveis para se orientar em rotas <i>indoor</i> e <i>outdoor</i> . Os participantes responderam perguntas sobre a utilidade e confiança nas informações fornecidas durante o trajeto, em uma escala <i>Likert</i> , e métricas de desempenho foram extraídas das gravações de vídeo.
(GOH <i>et al.</i> , 2016)	Moderado	<i>Indoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas em conjunto	A usabilidade foi avaliada considerando a utilização da interface para realizar tarefas de navegação e busca de lugares na vizinhança. Foram comparadas diferentes interfaces de usuário usando métricas como tempo de conclusão das tarefas, perguntas com escala <i>Likert</i> e comentários qualitativos.
(REHRL <i>et al.</i> , 2012)	Moderado	<i>Outdoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas em conjunto	Neste experimento, os participantes foram convidados a navegar por uma rota desconhecida, comparando o desempenho e a experiência do usuário ao utilizar uma das três tecnologias selecionadas para navegação pedestre. Os pesquisadores acompanharam cada participante, coletando medidas quantitativas e qualitativas de desempenho, como paradas ao longo do percurso.

(NAIR <i>et al.</i> , 2022)	Moderado	<i>Indoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas em conjunto	As tarefas consistiram em avaliar a usabilidade do aplicativo, com os participantes respondendo a pesquisas para identificar problemas e limitações. Durante os testes, os pesquisadores ofereceram intervenções verbais para auxiliar os participantes em momentos de confusão. Além disso, foram coletados dados sobre o tempo gasto no percurso, informações de mobilidade e percepções dos participantes em relação à utilidade, segurança e facilidade de uso do aplicativo. A tarefa principal deste experimento foi avaliar a usabilidade de uma interface de um mapa digital voltado para orientação turística. Os participantes foram avaliados quanto à facilidade de aprender a utilizar a interface, à rapidez de conclusão das tarefas, à lembrança das instruções após períodos de inatividade, à ocorrência de erros e ao grau de satisfação.
(SANJAYA <i>et al.</i> , 2020)	Moderado	<i>Indoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas separadamente	O experimento consistiu em três partes. Na primeira parte, os participantes responderam a um Questionário demográfico e passaram por uma entrevista para compreender suas necessidades e motivações. Na segunda parte, eles visualizaram imagens de diferentes cenários e expressaram suas opiniões sobre cada situação. Na terceira parte, os participantes deram sugestões para melhorar os cenários apresentados, sendo entrevistados individualmente sobre seus comportamentos ao selecionar locais para visitar.
(NOH <i>et al.</i> , 2015)	Moderado	<i>Outdoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas em conjunto	Os participantes do experimento traçaram rotas em um mapa digital móvel, ajustando e verificando os efeitos táteis e de áudio correspondentes aos objetos no mapa, através de orientações em formato de áudio. O estudo envolveu o ajuste e verificação dos efeitos táteis e áudio, a exploração da orientação de áudio e a discussão das combinações preferidas de pistas áudio-táteis. Os movimentos dos dedos e o tempo de roteamento foram registrados, juntamente com as respostas às pesquisas de usabilidade usando o Questionário SUS.
(MATSUO <i>et al.</i> , 2020)	Moderado	<i>Indoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas em conjunto	

(SHARIN <i>et al.</i> , 2020)	Moderado	<i>Indoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas em conjunto	O experimento avaliou a experiência dos alunos ao encontrar lugares e salas de aula em local <i>indoor</i> . Os participantes utilizaram gravadores de áudio e vídeo para gravar a entrevista. Os dados foram tabulados e mapeados para identificar padrões e entender as dificuldades enfrentadas. Com base nos resultados, foi proposto o desenvolvimento de um aplicativo móvel localizador de mapas <i>indoor</i> usando RA.
(BRATA e LIANG, 2020)	Moderado	<i>Outdoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas em conjunto	O experimento teve como objetivo comparar a experiência do usuário em diferentes modos de assistência eletrônica móvel para navegação pedestre, utilizando RA e mapas digitais 2D. Foram realizados dois experimentos em locais diferentes, avaliando o desempenho da navegação e coletando comentários dos usuários. A metodologia incluiu conversas, observações e uso do sistema em cenários reais, além de questionários para obter <i>insights</i> sobre os requisitos e experiências dos usuários.
(SWOBODZINSKI <i>et al.</i> , 2021)	Moderado	<i>Indoor / outdoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas em conjunto	Foi avaliada a orientação de um participante surdo e cego em rotas que combinavam locais internos e externos. O participante completou as rotas em um campus universitário. Foram coletados dados por meio de perguntas, Entrevistas e gravações em vídeo, analisando erros e intervenções durante a navegação do participante.
(BRATA <i>et al.</i> , 2021)	Moderado	<i>Indoor/outdoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas separadamente	Foi avaliado a usabilidade avaliando a experiência do usuário. Foram registradas e mapeadas todas as etapas da atividade do usuário, coletando dados por meio de Questionários e Entrevistas. O Questionário SUS foi utilizado para medir a usabilidade do sistema.
Questionário e Think Aloud (D-A)				
(ABREU e MORAES, 2012)	Moderado	<i>Indoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas em conjunto	Foi avaliado a usabilidade em laboratório. Os usuários realizaram tarefas de navegação enquanto “pensavam em voz alta”. Foram registrados tempos e toques necessários para realizar as tarefas. Os dados foram analisados para comparar o desempenho dos dispositivos com base na quantidade de toques necessários para completar as tarefas.

(DELIKOSTIDIS e VAN ELZAKKER, 2011)	Moderado	<i>Outdoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas em conjunto	Foi coletado informações sobre o desempenho dos participantes, através de métricas objetivas, como tempo de conclusão e taxa de sucesso/erro, foram usadas, juntamente com métricas subjetivas, como preferência e satisfação. A gravação em vídeo permitiu uma análise precisa dos dados, especialmente quando sincronizada com informações de tempo.
(BERNELIND, 2015)	Moderado	<i>Outdoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas em conjunto	Foi avaliado um aplicativo com base na usabilidade. Foram definidos pontos de observação durante as rotas de navegação dos participantes, com uso de perguntas pré-determinadas. Além disso, um formulário foi usado para coletar informações quantitativas, como número de paradas e tempo de conclusão, para análise posterior.
(NADZIR <i>et al.</i> , 2019)	Moderado	<i>Indoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas em conjunto	Todas as sessões de teste foram gravadas em áudio. As tarefas incluíram baixar o aplicativo, encontrar a localização atual, usar a navegação GPS, encontrar lugares favoritos e usar o navegador de voz para obter rotas de direção. Também foram registrados o número de erros cometidos, o tempo de conclusão e o sucesso de cada tarefa, e esses dados foram analisados numericamente.
(ZAHABI e KABER, 2018)	Moderado	<i>Outdoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas em conjunto	Os participantes realizaram tarefas enquanto expressavam em voz alta suas razões e métodos de execução. A interação foi registrada em vídeo para analisar o tempo, etapas, precisão e conclusão das tarefas. Foram utilizadas análises estatísticas para identificar métodos com durações mais longas e desenvolver modelos para estimar o número de operações perceptivas, motoras e cognitivas, bem como avaliar a carga cognitiva dos participantes coletada com Questionário.
(SCHNITZLER e HOLSCHER, 2015)	Moderado	<i>Indoor</i>	Tarefa e avaliação realizadas em conjunto	Os participantes buscaram destinos diferentes enquanto pensavam em voz alta. Eles responderam Questionários sobre a tarefa de orientação e a utilização de mapas digitais e impressos. O tempo gasto para encontrar os locais foi registrado, juntamente com as estratégias de navegação, áreas de dificuldade e orientação dos participantes. A linguagem utilizada durante a atividade foi gravada e transcrita para análise posterior.

FONTE: O AUTOR.

Conforme o (Quadro 3), alguns autores conduziram avaliações com tarefas e avaliações realizadas separadamente, buscando avaliar principalmente a usabilidade de aplicativos e interfaces em diferentes contextos, acessando a memória de longo prazo dos participantes para responder à pesquisa (FOGLI *et al.*, 2020; CHU *et al.*, 2017; SWOBODZINSKI *et al.*, 2021; SANJAYA *et al.*, 2020; BRATA *et al.*, 2021). Os dados foram analisados para identificar problemas, fatores de usabilidade e obter *insights* sobre a utilidade dos sistemas avaliados.

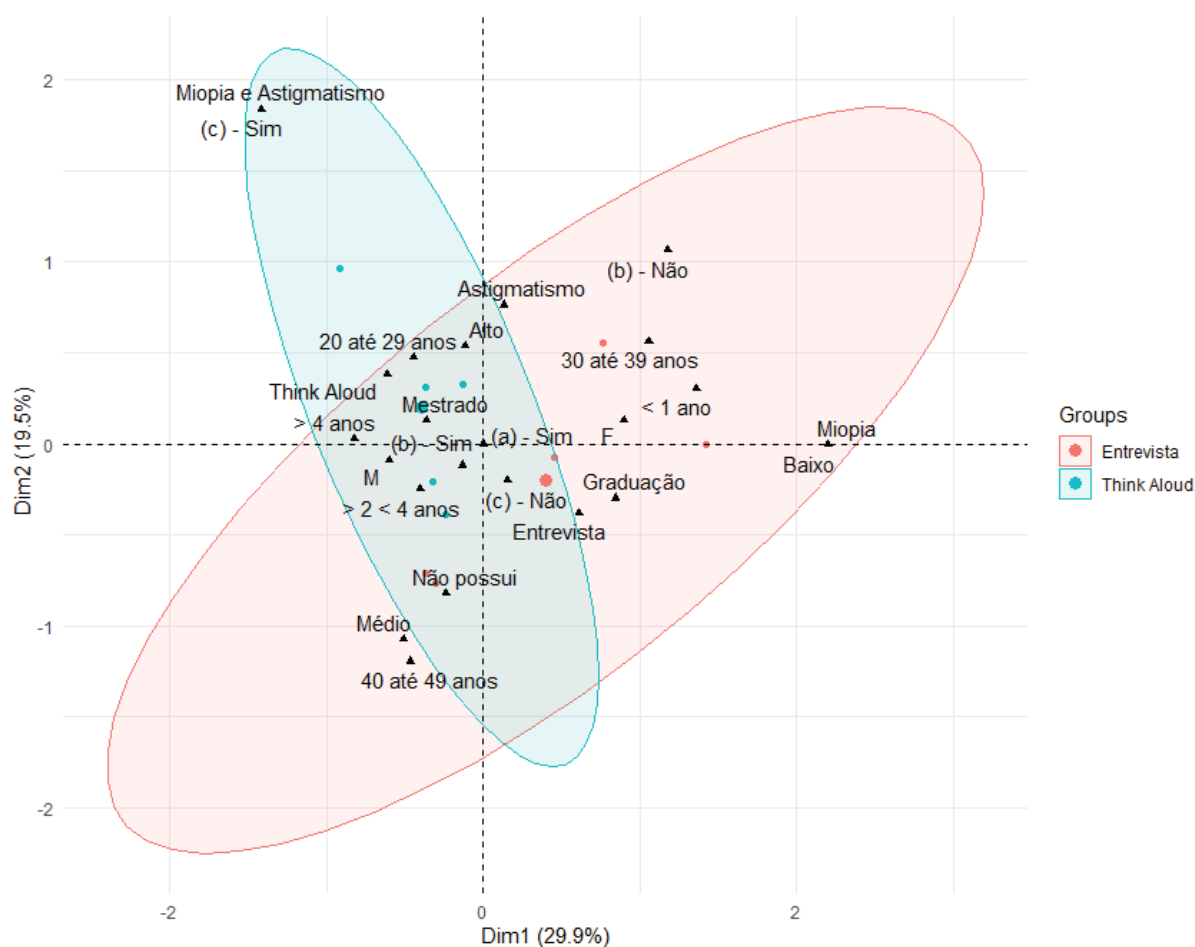
Por outro lado, outros autores conduziram avaliações combinando tarefas e avaliações em conjunto aplicadas simultaneamente, principalmente em tarefas de navegação e busca de locais (GOH *et al.*, 2016; REHRL *et al.*, 2012; NOH *et al.*, 2015). Os dados foram coletados por meio de Questionários e Entrevistas, permitindo aos pesquisadores obter informações sobre a experiência do usuário e *insights* sobre a utilidade e confiabilidade das informações fornecidas durante as tarefas de navegação (ABREU e MORAES, 2012; DELIKOSTIDIS e VAN ELZAKKER, 2011; BERNELIND, 2015).

Além disso, foi constatado que as avaliações realizadas com aplicação de tarefas pontuais, por exemplo uso de funções específicas do mapa, apresentaram uma tendência de focar na usabilidade dos mapas digitais móveis, e são aplicados métodos para coleta de dados após a realização da tarefa espacial, coletando assim informações da memória de longo prazo dos participantes. Avaliações com tarefas realizadas em tempo real e combinadas permitem a captura de dados durante a execução das tarefas espaciais, fornecendo informações relacionadas à memória de curto prazo (SCHNITZLER e HOLSCHEER, 2015; ZAHABI e KABER, 2018; NADZIR *et al.*, 2019; MATSUO *et al.*, 2020; SHARIN *et al.*, 2020; BRATA e LIANG, 2020; SWOBODZINSKI *et al.*, 2021; NAIR *et al.*, 2022).

4.2 RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS EM LABORATÓRIO E *IN SITU*

Foram realizados experimentos em laboratório e posteriormente em campo, nos quais participaram voluntariamente 10 pessoas. Os participantes foram divididos em dois grupos distintos: o Grupo 1, composto por 5 participantes, avaliado por meio dos métodos Protocolo *Think Aloud*, Questionário, *Data Logging* e mapa cognitivo; o Grupo 2, também com 5 participantes, foi avaliado por meio dos métodos Entrevista, Questionário, *Data Logging* e mapa cognitivo. A (Figura 13) apresenta uma relação das características dos participantes em comparação com as variáveis avaliadas, submetidos à análise MCA.

FIGURA 13 – MCA CORRESPONDENDO A CARACTERIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES.



FONTE: O AUTOR.

As correlações entre as variáveis e as dimensões são utilizadas como coordenadas, permitindo uma interpretação com a premissa de que pontos próximos têm uma maior relevância para sua componente correspondente. Na (Figura 13), a Dimensão 1 (Dim1) explica 29,9% da variabilidade dos dados, sendo a mais significativa, enquanto a Dimensão 2 (Dim2) explica 19,5% da variabilidade dos dados. O gráfico MCA ilustra relações entre variáveis categóricas, no qual a proximidade indica relações similares e maior probabilidade de ocorrência conjunta, enquanto categorias distantes têm perfis distintos e menor probabilidade de coincidência.

Conforme ilustrado na (Figura 13), os dados revelam uma diversidade na distribuição etária dos participantes, com três participantes do Grupo 1 situado nas faixas de idade de 20 até 29 anos, indicando uma predominância de jovens adultos nas amostras. Além disso, destaca-se a presença significativa de participantes com idades entre 40 até 49 anos, demonstrando uma

representação equitativa de diferentes grupos etários. Observa-se que os participantes do grupo submetido ao Protocolo *Think Aloud* apresentaram idades compreendidas entre 20 até 29 anos, e todos pertencem ao sexo masculino (M). Por outro lado, no Grupo 2 que participou da Entrevista, há uma diversidade de sexo, com três participantes do sexo Feminino (F). Em relação à escolaridade, os participantes avaliados por meio do Protocolo *Think Aloud* possuem nível de escolaridade de mestrado. Enquanto no grupo submetido à Entrevista, a escolaridade variou entre mestrado e graduação.

No que se refere à experiência dos participantes com mapas, aqueles avaliados por meio do Protocolo *Think Aloud* afirmaram possuir uma ampla experiência em seu uso. No entanto, no Grupo 2, onde os participantes foram avaliados por meio do método de Entrevista, relataram ter experiência tanto alta quanto média. Quanto ao uso de mapas acessados por *smartphones* item (a), com respostas “(a) - sim” ou “(a) - não”, (Figura 13), todos os participantes relataram utilizar essa ferramenta. No que diz respeito à familiaridade com o campus Centro Politécnico da UFPR item (b), com respostas “(b) - sim” ou “(b) - não” (Figura 15), em que todos os participantes submetidos ao Protocolo *Think Aloud* afirmaram possuir essa familiaridade. Na avaliação por meio do método Entrevista, os participantes afirmam ter familiaridade. No que tange à familiaridade com o prédio das Ciências Biológicas item (c), com respostas “(c) - sim” ou “(c) - não”, (Figura 13), os participantes de ambos os grupos avaliados indicaram não possuir familiaridade.

Quanto à ocorrência de deficiência visual, três participantes submetidos à coleta de dados pelo método Entrevista relataram não apresentar deficiência visual. Contudo, um participante mencionou um caso de miopia e outro referiu-se a astigmatismo. Em contrapartida, no grupo de participantes avaliados por meio do Protocolo *Think Aloud*, dois afirmaram não possuir deficiência visual, enquanto três mencionaram ter miopia e astigmatismo. Quanto à experiência de frequência no campus, observou-se variação. No grupo de participantes que realizou o experimento e foi avaliado pelo Protocolo *Think Aloud*, três participantes afirmaram frequentar o campus por um período superior a 2 anos e inferior a 4 anos, enquanto dois participantes relataram frequentar por mais de 4 anos. Por outro lado, entre os participantes avaliados por meio do método Entrevista, um participante afirmou frequentar o campus por um tempo maior que 2 anos e menor que 4 anos, três participantes informaram uma frequência inferior a 1 ano, e um participante relatou frequentar o campus por mais de 4 anos.

4.3 RESULTADOS DO GRUPO 1: PROTOCOLO *THINK ALOUD*

4.3.1 Planejamento e proposição de rota

Durante o processo de planejamento e definição da rota, observou-se que os participantes conseguiram utilizar eficazmente as funcionalidades básicas do UCM para criar suas rotas individuais, sem encontrar dificuldades substanciais na interação com o mapa digital. Ao examinar o mapa, todos os membros do Grupo 1 identificaram consistentemente pontos de referência, tais como o Departamento de Química, a agência dos Correios, áreas arborizadas, jardins e gramados, além de salas e corredores dos prédios, como elementos para descrever a rota e alcançar o destino desejado. Eles detalharam características das ruas, incluindo curvas e a entrada principal do prédio das Ciências Biológicas. Durante esse processo, também mencionaram números de blocos e corredores como guias e referências para se orientar e, finalmente, alcançar o ponto final P2. A análise desta etapa forneceu *insights* sobre a capacidade dos participantes de planejar rotas no mapa e escolher trajetos apropriados. Esses *insights* abrangeram as observações verbalizadas pelos participantes do Grupo 1, que incluíram a identificação e utilização de pontos de referência para o planejamento da rota. Além disso, os participantes detalharam as características da rota selecionada, abordando as direções, a contagem dos números de blocos para alcançar a entrada do prédio das Ciências Biológicas e, em ambiente *indoor*, salientaram especialmente a geometria dos corredores como elementos de referência para a orientação até o término da rota.

O método Protocolo *Think Aloud*, quando aplicado em laboratório, proporcionou uma compreensão profunda dos processos cognitivos relacionados ao planejamento de rotas durante a execução de tarefas específicas. Os participantes expressaram seus pensamentos em tempo real, oferecendo visibilidade sobre a abordagem estratégica que empregaram para a tarefa. Adicionalmente, o método Protocolo *Think Aloud* permitiu o registro das interações espontâneas dos participantes com o mapa, englobando a interpretação dos elementos cartográficos, o processo de tomada de decisão e a formulação da rota, sem a necessidade de interrupções do moderador, como realização de questionamentos durante a execução da tarefa.

4.3.2 Comparação da rota dos participantes: Grupo 1

Esta seção dos resultados apresenta a comparação da rota dos usuários em relação à rota descrita virtualmente e à rota efetivamente realizada no terreno. Além disso, foram analisados os mapas cognitivos esboçados a mão livre pelos participantes, buscando identificar nuances entre a representação mental do ambiente espacial e a realidade observada. A rota foi avaliada com base no tipo de referência espacial que os participantes utilizaram para identificar e descrever objetos, lugares ou eventos com base em sua localização no espaço. Essas

referências podem ser de natureza visual ou cognitiva, dependendo de como as informações foram percebidas e expressas.

4.3.3 Rota planejada virtualmente, rota realizada no terreno e o mapa cognitivo gerados pelos participantes do Grupo 1

Com o intuito de simplificar a discussão e comparação entre os participantes pertencentes ao Grupo 1, a sigla “TA” representa o método Protocolo *Think Aloud*, e o “n” identifica a ordem numérica do participante. A (Figura 14 - I, III, V, VII, IX), apresenta a comparação entre a rota planejada em laboratório, representada virtualmente pela letra (a) e destacada em vermelho, e a rota efetivamente realizada *in situ*, identificada pela letra (b) e representada em preto. A (Figura 14 - II, IV, VI, VIII, X), apresenta o mapa cognitivo produzido após a rota realizada pelos Participantes TA-n. Essa forma de visualização da rota permitiu uma análise comparativa entre o planejamento da rota e a execução prática da rota *in situ*, como o esboço feito ao final da rota. Esse tipo de análise proporcionou uma compreensão dos desafios e das divergências enfrentados pelos participantes.

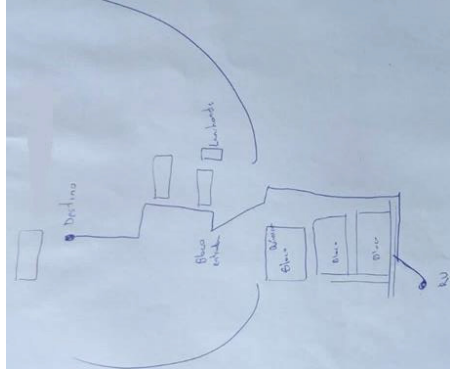
FIGURA 14 – (I, III, V, VII, IX) REPRESENTADO EM VERMELHO A ROTA PLANEJADA EM LABORATÓRIO (a), EM PRETO ROTA REALIZADA EM CAMPO (b), (II, IV, VI, VIII, X) MAPA COGNITIVO.

Participante TA-1

(I)

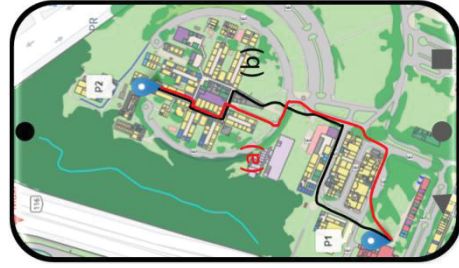


(II)

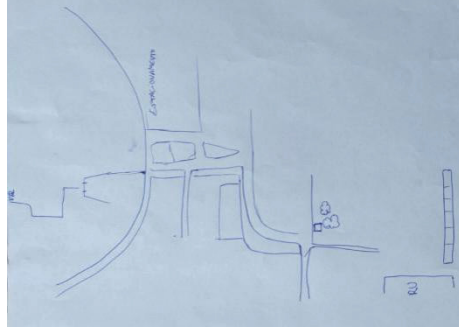


Participante TA-2

III



IV

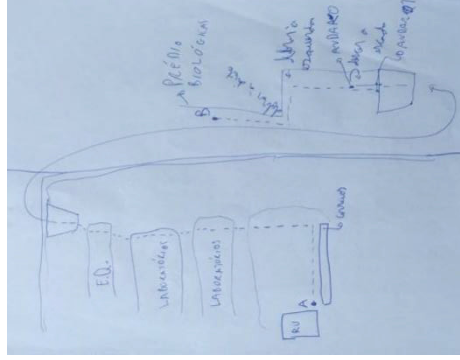


Participante TA-3

V

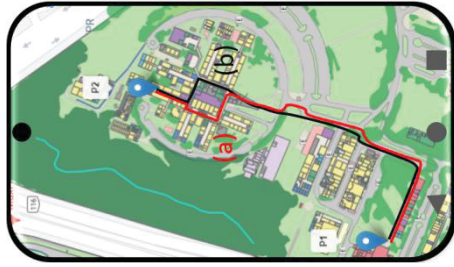


VI

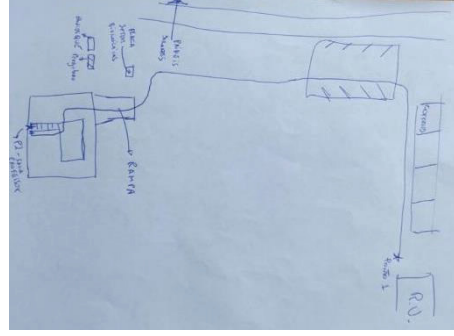


Participante TA-4

VII



VIII

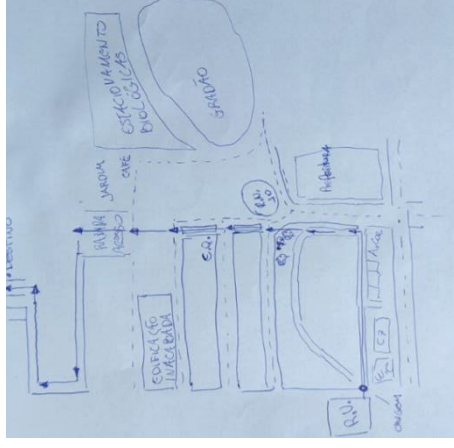


Participante TA-5

IX



X



FONTE: O AUTOR.

- **Participante TA-1**

Na análise dos resultados para o Participante TA-1, (Figura 14 - I), ao comparar a rota planejada em laboratório com a rota efetivamente percorrida em campo, observou-se significativas divergências na escolha do percurso. Inicialmente, o participante planejou sua rota considerando o menor caminho e as vias do campus, porém, durante a navegação em campo, optou por um trajeto alternativo, indicando adaptação às condições reais, como obstáculos e modificações no ambiente. O mapa cognitivo, (Figura 14 - II) revelou associações entre o ponto de partida, prédios e ruas ao longo da rota, destacando a atenção a detalhes como geometrias singulares de ruas. No entanto, em ambientes *indoor*, a representação foi mais limitada, sugerindo maior dificuldade de assimilação e recordação de pontos de referência nesse contexto. O mapa cognitivo apresentou feições representadas correspondentes a prédios, ruas e uma lanchonete próxima ao ponto de transição entre ambientes.

- **Participante TA-2**

Os resultados gerados pelo Participante TA-2, (Figura 14 - III), observou-se divergências significativas entre a rota planejada em laboratório e a rota efetivamente percorrida em campo. O participante inicialmente projetou a rota considerando o trajeto com menor distância, seguindo as vias do campus, mas durante a navegação em campo, escolheu caminhos alternativos, não realizando uma rota equivalente com a planejada. Essa adaptação na rota destacou a habilidade do participante em ajustar seu caminho conforme necessário, contudo o planejamento e a execução prática da rota foram divergentes. Durante a transição entre ambientes, o Participante TA-2 demonstrou habilidades de reconhecimento do mapa e do ambiente físico, confiando principalmente em seu próprio mapa mental previamente estabelecido. O mapa cognitivo (Figura 14 - IV), evidenciou uma conexão entre o ponto de partida P1 e outros elementos espaciais ao longo da rota, destacando a ênfase dada às ruas com geometrias distintas e aos corredores no ambiente *indoor* como pontos de referência importantes para a navegação. Esses resultados sugerem a existência de um mapa cognitivo preexistente, desenvolvido enquanto o participante estava navegando no ambiente *outdoor* e durante a transição entre ambientes.

- **Participante TA-3**

A análise dos resultados do Participante TA-3, representados na (Figura 14 - V), revela discrepâncias notáveis entre a rota planejada e a rota efetivamente percorrida, apenas no ambiente *indoor*. Inicialmente, o participante seguiu o trajeto planejado, mas ao realizar a transição do ambiente *outdoor* para o *indoor*, optou por uma rota diferente da planejada. Este desvio foi atribuído ao conhecimento prévio do campus e do prédio das Ciências Biológicas, o

que levou à ausência de pausas estratégicas para auto orientação durante a rota. Essa familiaridade prévia resultou em um mapa mental inadequado para a navegação *indoor*, levando o participante a ignorar pontos de referência cruciais presentes no mapa, como corredores, banheiros e escadas. O Participante TA-3, apesar de conhecer previamente o prédio, não conseguiu dissociar o P2 do local já conhecido, resultando em uma navegação ineficaz e na incapacidade de se orientar adequadamente de acordo com a tarefa espacial.

O mapa cognitivo elaborado pelo Participante TA-3, (Figura 14 - VI), conforme ilustrado na (Figura 14 – VI), destaca a conexão entre o ponto de partida P1 e outros elementos espaciais ao longo da rota, como laboratórios e o prédio de Engenharia Química no ambiente *outdoor*. Contudo, observou-se a falta de consideração das feições representadas das ruas, indicando uma possível limitação na interpretação desses elementos. Na área interna do prédio, o participante incluiu uma mudança de andar não requerida na tarefa espacial, neste caso evidenciando uma formação prévia da rota sem uma reflexão significativa sobre a utilização do mapa como fonte de informação para a navegação em campo. No esboço do mapa cognitivo foi identificado uma tentativa de representação de uma escada no ambiente *indoor*, demonstrando a associação entre referências espaciais disponíveis no mapa e no ambiente *indoor*.

• Participante TA-4

A análise dos resultados do Participante TA-4, representados na (Figuras 14 – VII), revela uma coerência notável entre a rota planejada e a rota efetivamente percorrida no ambiente *outdoor*. No entanto, ao adentrar o ambiente *indoor*, o participante optou por uma rota diferente, escolhendo um caminho que considerou mais curto para atingir o ponto P2. Durante a transição para o ambiente *indoor*, o participante destacou a presença da rampa de acesso, um jardim com um pergolado e placas indicativas do edifício das Ciências Biológicas. No ambiente *indoor*, o mapa cognitivo enfatiza principalmente a geometria dos corredores e a identificação de uma sala de professores, elementos que foram consistentes tanto no mapa digital quanto no terreno. O mapa cognitivo elaborado pelo Participante TA-4 destaca uma conexão entre o ponto de partida P1, localizado no RU, e várias referências espaciais ao longo da rota, incluindo ruas, Correios, estacionamento e um parque com painéis solares no ambiente *outdoor*. A (Figura 14 – VIII), apresenta um total de 8 feições representadas destacadas, correspondentes a prédios, uma rampa de acesso, uma placa, um pergolado e uma cantina, além de 2 geometrias que representam a rota realizada e uma rua presente no terreno. Representando a forma dos elementos, como ruas e prédios, esses resultados sugerem uma integração entre o mapa mental do participante e os elementos do ambiente físico, indicando um bom desempenho na tarefa espacial proposta.

- **Participante TA-5**

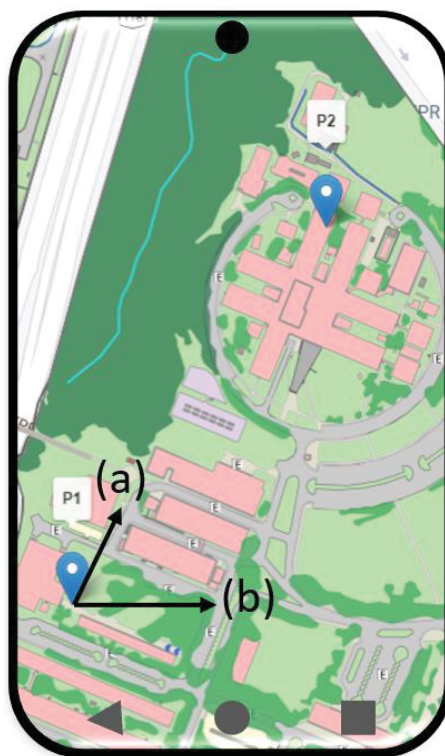
A análise dos resultados do Participante TA-5, (Figura 14 - IX), destaca uma notável congruência entre a rota planejada em laboratório e a rota efetivamente percorrida em campo. Em contraste com os padrões observados nos participantes anteriores, o Participante TA-5 se destacou como uma exceção ao seguir de perto o plano estabelecido, evidenciando um planejamento cuidadoso que integrou efetivamente as informações do mapa digital com as condições reais do ambiente. Isso sugere uma compreensão mais precisa e uma aplicação eficaz das informações disponíveis durante a navegação em campo. O mapa cognitivo, (Figura 14 - X), elaborado pelo Participante TA-5 apresenta um esboço detalhado da rota, enfatizando elementos significativos no ambiente *outdoor*, como prédios, áreas gramadas, jardins, lanchonete e estacionamento, além da disposição das ruas entre os edifícios. Durante a transição entre ambientes, a rampa de acesso ao prédio das Ciências Biológicas foi identificada como um ponto crucial. No ambiente *indoor*, o mapa destaca os corredores com detalhamento geométrico, abrangendo uma variedade de elementos, como prédios, rampa de acesso, estacionamento, jardim, áreas gramadas, árvores, ruas, café/lanchonete e corredores. Essa abordagem abrangente reflete a compreensão das características espaciais, indicando uma integração eficaz entre o mapa mental do participante e o ambiente físico, tanto *outdoor* quanto *indoor*.

4.3.3.1 Análise da navegação em campo por etapas: Método Protocolo *Think Aloud*

- **Navegação: *Outdoor***

Durante a atividade de navegação em campo, realizada com o Grupo 1, que seguiu as diretrizes da coleta de dados verbais por meio da aplicação do Protocolo *Think Aloud*, a tarefa espacial consistiu no planejamento e execução de uma rota do ponto P1 ao ponto P2, utilizando o UCM. No início da navegação, todos os participantes foram confrontados com a escolha entre dois caminhos distintos: o primeiro consistiu em prosseguir em direção ao Prédio de Engenharia de Bioprocessos da UFPR conforme representado na (Figura 15), seta (a), passando entre as Usinas Pilotos. O segundo caminho envolvia virar à direita, seguindo pelo lado da Rua Elétrica, próximo a agência de Correios da UFPR, conforme indicado na (Figura 15), seta (b).

FIGURA 15 – OPÇÕES DE CAMINHO: INÍCIO DA ROTA *OUTDOOR*.



FONTE: O AUTOR.

Quatro dos participantes avaliados por meio do método Protocolo *Think Aloud* optou por seguir a rota indicada pela seta (b) na (Figura 15). Essa escolha foi especialmente fundamentada na boa condição física da calçada, que proporcionou um caminho com menos obstáculos e era familiar à maioria dos participantes, pois correspondia ao planejado em laboratório. Durante a navegação ao *in situ*, os participantes expressaram o desejo de ter todos os nomes dos prédios claramente visíveis para leitura no mapa, destacando que alguns deles estavam parcialmente obscurecidos. Também mencionaram a dificuldade em compreender a localização real fora do mapa e a presença de múltiplos caminhos, particularmente nas proximidades do prédio das Ciências Biológicas, devido ao seu tamanho considerável. Os participantes utilizaram prédios como as Usinas Pilotos, o Departamento de Engenharia Química, ruas, áreas com gramado, estacionamento e a agência de Correios como pontos de referência, todos os quais foram correspondidos tanto no terreno como no UCM.

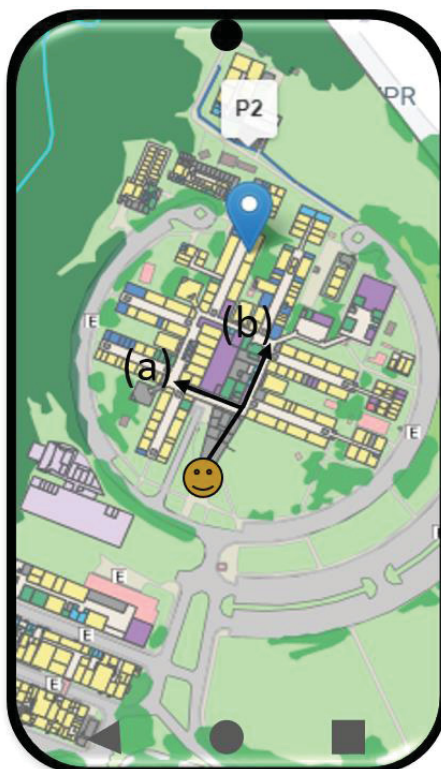
Entretanto, durante a avaliação, foram observadas informações espaciais adicionais que não estavam representadas no mapa. Isso incluiu a presença de painéis de geração de energia solar e uma lanchonete próxima à entrada do prédio das Ciências Biológicas. Foi ressaltado que essa lanchonete era uma das poucas em funcionamento no campus Centro Politécnico. A referência espacial desses elementos foi identificada como sendo de natureza cognitiva, uma vez que os participantes os destacaram com base em seu conhecimento prévio e

na representação mental da rota. Conforme abordado por Couclelis *et al.* (1987), ao explicar o conceito de pontos de ancoragem, o qual certos elementos em um ambiente geográfico destacam-se dos demais devido às suas características distintivas, como forma, cor, tamanho, ou devido ao significado simbólico associado a eles, seja por sua singularidade visual ou por seu valor histórico, religioso ou sociocultural. Da mesma forma, Navratil *et al.* (2019), afirmam que para um usuário de mapas determinar sua posição e orientação no mundo real, é essencial que a representação alocêntrica na forma de um mapa, esteja em concordância com as referências espaciais egocêntricas visualizadas no terreno, com o usuário exigindo a presença de objetos, denominados pontos de ancoragem, que estejam simultaneamente em ambos contextos.

- **Navegação: Transição**

Durante a transição do ambiente *outdoor* para o *indoor*, os participantes do Grupo 1 demonstraram uma tendência em organizar seu mapa mental para orientar sua navegação no ambiente *indoor*, enfatizando o mesmo fato mencionado por Schmidt *et al.* (2019). Uma prática comum foi a confirmação da entrada do prédio, utilizando referências visuais, como placas com o nome do prédio e uma ampla rampa de acesso à entrada principal do edifício, que, por sua vez, leva aos corredores internos do prédio, os quais foram representados no mapa como áreas na cor cinza claro (Figura 16). Os participantes ressaltaram que, no local de transição da rota, a presença de outras pessoas foi empregada para confirmar a localização de caminhos navegáveis, especialmente o local de entrada do prédio das Ciências Biológicas. Geralmente, após confirmar a entrada no edifício, os participantes fizeram uma pausa para revisar e ajustar, se necessário, seu mapa mental antes de continuar sua navegação.

FIGURA 16 – OPÇÕES DE CAMINHO: LOCAL TRANSIÇÃO.



FONTE: O AUTOR.

Observou-se que o Participante TA-3 não efetuou uma pausa no ponto de transição entre os locais da rota (Figura 16). A ausência de pausa durante a navegação pode ter contribuído para a decisão equivocada do participante ao entrar no prédio e mudar de andar. Neste ponto da rota, o participante se apoiou principalmente na rampa de acesso ao edifício, representada no mapa como uma área cinza, e no fluxo de pessoas que estavam entrando no prédio, que serviram como referências para a tomada de decisão. Isso valida a abordagem de Andrade e Sluter (2012), que enfatiza o uso de símbolos comuns para facilitar a identificação e compreensão das características no mapa, uma prática também defendida por Sarot (2020) em locais de transição. Esses argumentos são confirmados a partir das observações feitas durante a aplicação do experimento *in situ*. Até o momento, não foram encontrados relatos sobre a utilização do fluxo de pessoas como pontos de referência em locais de transição entre diferentes ambientes de uma mesma rota.

- **Navegação: Indoor**

Ao passarem pelo ponto de transição entre o ambiente *outdoor* para o *indoor*, três participantes do Grupo 1 apresentaram modificações na rota que haviam planejado, sugerindo incerteza em relação à melhor escolha a ser feita. Durante esse momento, os participantes avaliaram o contexto do ambiente *indoor* e, geralmente, optaram por caminhos que apresentavam um menor fluxo de pessoas. É relevante destacar que o Participante TA-3, em

particular, não conseguiu concluir a rota no ambiente *indoor*. No que diz respeito aos pontos de referência utilizados para a navegação em ambiente *indoor*, os participantes recorreram principalmente à geometria dos corredores, à identificação das salas e suas numerações correspondentes, às escadas e aos banheiros como elementos cruciais para a orientação espacial, confirmado pelos resultados encontrados por Sarot (2020), ao avaliar mapas *indoor* acessados por dispositivos móveis destinados a auxiliar na tarefa de orientação.

Durante a aplicação do Protocolo *Think Aloud* em ambiente *indoor*, alguns participantes manifestaram incerteza em relação ao “piso” em que se encontravam, reconhecendo que essa informação não era prontamente acessível apenas por meio do mapa. No entanto, eles continuaram a navegar no ambiente *indoor* com base no mapa cognitivo que haviam formado, especialmente durante pequenas pausas nos pontos de transição entre ambientes. Sua navegação dependia, em grande parte, da geometria regular dos corredores do prédio como ponto de referência, permitindo-lhes chegar ao destino desejado.

De acordo com Sarot (2020), em ambiente *indoor* os usuários de mapas digitais móveis frequentemente enfrentam problemas relacionados à perda de sinal da internet, o que impacta na orientação dos usuários durante a navegação. A indisponibilidade de carregamento do mapa resulta na diminuição da resolução dos símbolos, tornando mais difícil para o usuário identificá-los e associá-los aos elementos do terreno. Por outro lado, observou-se que no caso de rotas iniciadas em ambiente *outdoor* os participantes já possuíam uma rota pré-estabelecida para a navegação, especialmente ancorada no ambiente *outdoor* e durante a transição para o ambiente *indoor*. Os participantes utilizaram elementos de referência presentes tanto no mapa quanto no terreno, como escadas, corredores e banheiros. Também elementos presentes apenas no terreno como placas contendo orientação com setas, estabelecendo uma correlação entre esses elementos e o ambiente físico. Essa abordagem permitiu que os participantes mantivessem um mapa mental predefinido e adaptassem sua navegação com base nas observações feitas ao longo da rota *indoor*.

Foi observado que a conferência antecipada do mapa durante a rota *in situ*, particularmente a visualização prévia do ambiente *indoor* no mapa e a comparação com os elementos *in situ* antes de adentrar o local, foi uma prática recorrente e possivelmente benéfica para a navegação em ambientes *indoor*. Esse procedimento tipicamente teve início durante o planejamento da rota em laboratório e foi intensificado durante a navegação em campo, especialmente nos pontos em que os participantes faziam pequenas pausas para auto orientação, sendo o local de transição entre ambientes de particular destaque. As pausas foram de aproximadamente 15 até 40 segundos. Durante as pausas, os participantes ancoravam-se nos

pontos de referência presentes no terreno e os comparavam com os representados no mapa. No total, 4 participantes fizeram uma pausa no local de transição da rota para reestabelecer e confirmar a direção a ser seguida no ambiente *indoor*. A exceção foi o participante TA-3, que não conseguiu concluir a rota no ambiente *indoor*.

4.4 RESULTADOS DO GRUPO 2 MÉTODO ENTREVISTA

4.4.1 Planejamento e proposição de rota

Durante o planejamento da rota em laboratório, os participantes do Grupo 2 identificaram pontos de referência, com destaque para prédios, ruas, geometria de corredores e salas, que foram utilizados como referências para a elaboração da rota. Também foram observadas menções a possíveis rotas alternativas, sugerindo a consideração de trajetos alternativos para atingir o destino desejado. A capacidade demonstrada pelos participantes de relacionar os pontos de referência e usar os elementos presentes no mapa para orientar suas escolhas de caminho indica uma habilidade notável em interpretar e utilizar as informações representadas no mapa.

Os participantes também destacaram a observação de “atalhos” ou rotas alternativas no ambiente, como a possibilidade de atravessar áreas que continham gramados e jardins, mesmo que essas áreas não fossem equipadas com calçadas. Alguns participantes mencionaram que consideraram esses atalhos para reduzir a distância da rota. Essa capacidade de identificar rotas mais eficazes e utilizar informações contextuais para tomar decisões durante o planejamento da rota reflete sua habilidade de adaptação e julgamento em tempo real durante a utilização do UCM. Essa habilidade de adaptação e busca por rotas mais eficientes demonstra um pensamento estratégico e uma compreensão das informações cartográficas. No entanto, durante a análise e uso do UCM, alguns desafios foram mencionados, como a falta de informações sobre restrições ou obstáculos no percurso, como faixas de pedestres e áreas de acessibilidade para pessoas com deficiência. Isso foi destacado como uma limitação do UCM.

Em relação aos pontos de referência e aos elementos representados no mapa por meio da coloração, que emprega diferentes tonalidades para denotar salas, setores, departamentos, áreas verdes, escadas, rampas e ruas, destacou-se a falta de informações descritivas claras sobre a simbologia das cores, no qual muitos participantes não conseguiram localizar ou ignoraram a opção de acesso à legenda, que estava disponível de forma oculta no UCM. Esse aspecto pode indicar desafios enfrentados pelos participantes ao tentarem acessar e visualizar a legenda.

Além disso, os participantes enfatizaram a relevância do tamanho das vias e das setas de direção do tráfego como elementos cruciais para a orientação e a compreensão do sentido das vias. Outra consideração levantada pelos participantes em relação ao uso do UCM acessado por meio de dispositivos móveis foi a necessidade de que idealmente o mapa possa ser rotacionado e alinhado com a direção da rota projetada. Foi observado que o UCM por não possibilitar a rotação pode apresentar uma dificuldade significativa no processo de auto orientação, planejamento e execução da rota.

O aumento do nível de dificuldade para a auto orientação do usuário de mapas digitais móveis *in situ* pode ser influenciado pela necessidade dos participantes reajustarem ou “rotacionar” seu mapa mental de acordo com a direção da rota seguida em campo, especialmente quando ocorreram conversões (direita/esquerda). Este processo de ajuste mental pode ser desafiador, especialmente em ambientes dinâmicos e em tempo real, onde a orientação precisa e a rápida adaptação às mudanças são essenciais para a navegação eficaz. As conversões de direção exigem que o usuário reoriente seu mapa mental para manter uma correspondência entre as indicações do mapa com o ambiente físico em tempo real. A habilidade de realizar essa adaptação com precisão pode ser crucial para o sucesso da navegação, enquanto a falta dela pode resultar em erros de orientação e, possivelmente, dificuldades na conclusão da rota planejada.

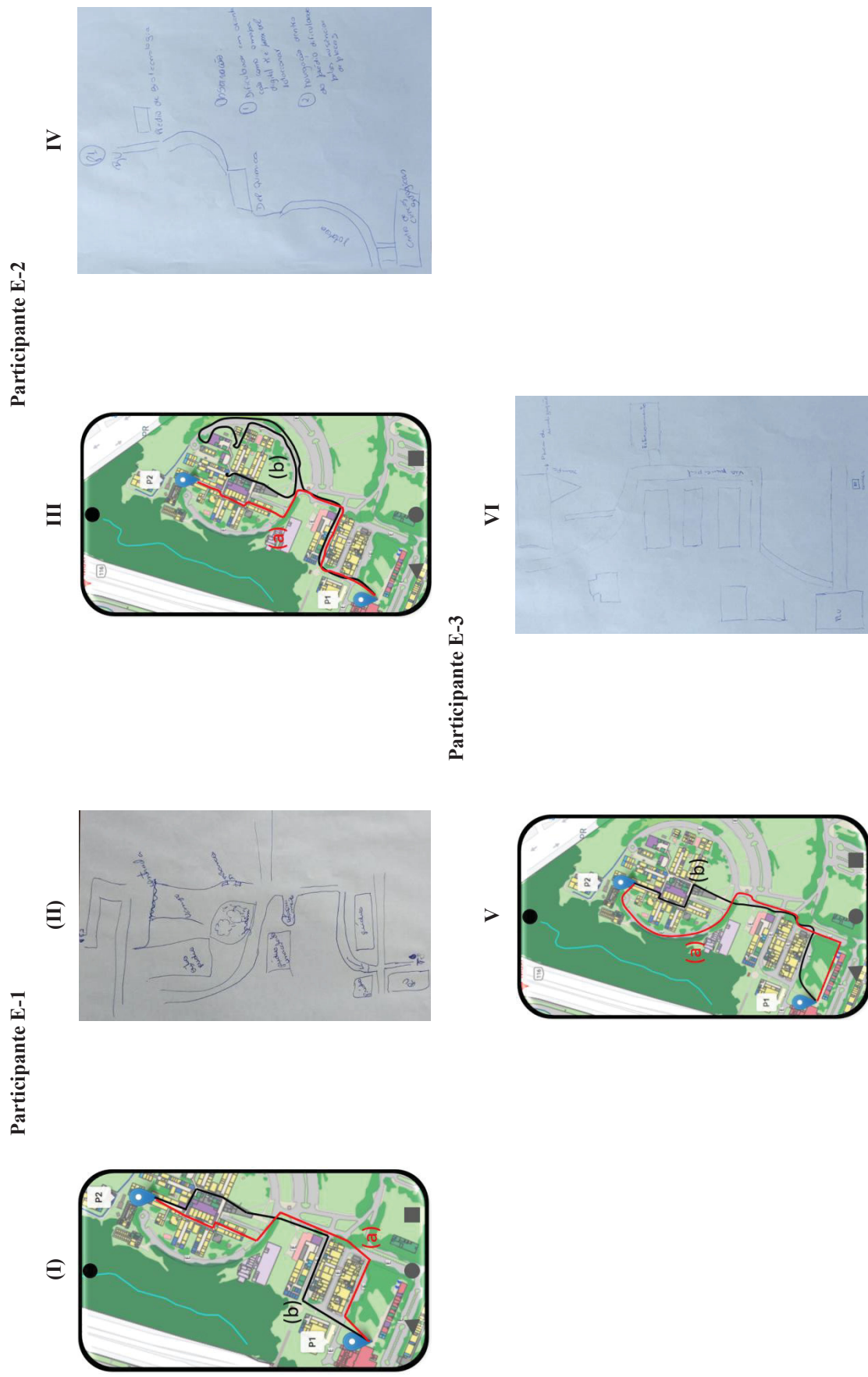
Portanto os participantes expressaram o desejo de que o UCM ofereça funcionalidades semelhantes às encontradas no *Google Maps*, como a capacidade simultânea de rotação, *zoom* e *pan*. Isso está em conformidade com a pesquisa de Cybulski e Horbiński (2020), que argumentam que os usuários que optam por mapas digitais móveis com funcionalidades semelhantes às oferecidas pelo *Google Maps* muitas vezes são influenciados por seus hábitos de uso.

O método de Entrevista foi eficaz na avaliação da capacidade dos participantes de planejar e propor rotas em laboratório utilizando o mapa digital móvel, onde as tarefas foram direcionadas e o ambiente foi controlado. Através dessa abordagem, foi possível observar que os participantes demonstraram habilidades de planejamento ao considerar várias opções de trajeto e tomar decisões com base nas informações disponíveis no UCM. Eles utilizaram pontos de referência, como guias durante o planejamento da rota no laboratório. Além disso, conseguiram relacionar os elementos presentes no mapa, como o tamanho das vias e as setas de direção, para compreender o sentido do tráfego das vias e se localizar de forma precisa.

4.4.2 Rota virtual comparada com a rota realizada *in situ* e com o mapa cognitivo

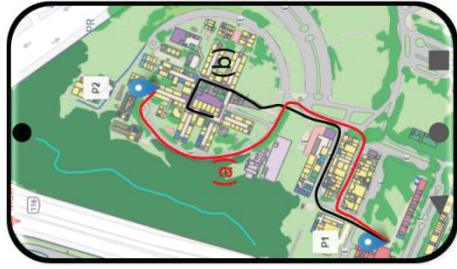
A (Figura 17 - I, III, V, VII, IX) ilustra a comparação entre a rota planejada, caminho (a), em vermelho. E a rota efetivamente percorrida no campo caminho (b), pelo Participante E-n. O “E” faz referência ao método de Entrevista utilizado para avaliar a tarefa espacial, enquanto o “n” corresponde à ordem de aplicação do teste. A (Figura 17 - II, IV, VI, VIII, X) exhibe o mapa cognitivo da rota percorrida pelos participantes após sua navegação em campo, proporcionando uma representação visual de sua percepção e retenção das informações espaciais relevantes. Essa representação contribui para uma compreensão mais aprofundada da maneira como os participantes interpretaram e memorizaram os elementos do ambiente durante a navegação. Isso, por sua vez, viabilizou uma análise abrangente do impacto da utilização do método Entrevista em campo.

FIGURA 17 – (I, III, V, VII, IX) REPRESENTADO EM VERMELHO A ROTA PLANEJADA EM LABORATÓRIO (a). EM PRETO ROTA REALIZADA EM CAMPO (b). (II, IV, VI, VIII, X) MAPA COGNITIVO.

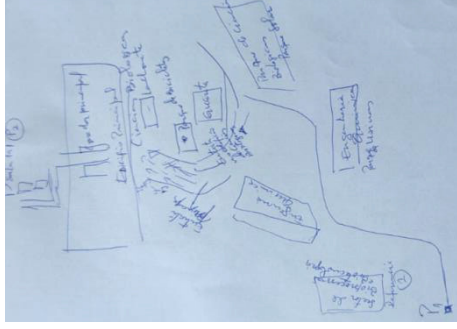


Participante E-4

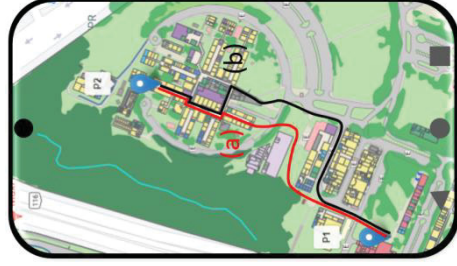
VII



VIII

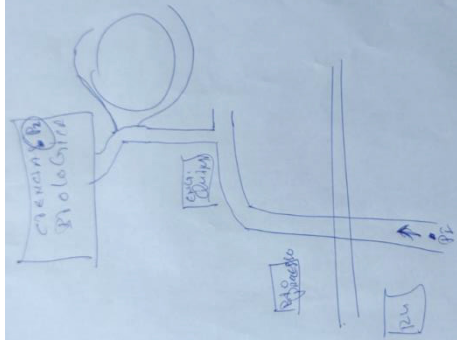


IX



Participante E-5

X



FONTE: O AUTOR.

• Participante E-1

Conforme pode ser constatado na (Figura 17 – I), a comparação entre a rota planejada e a rota efetivamente percorrida pelo Participante E-1 revela uma discrepância notável, indicando a capacidade do participante de ajustar seu percurso com base em informações espaciais adquiridas durante a navegação *in situ*. O planejamento virtual inicial, que seguia as ruas no terreno, foi alterado para contornar o prédio da Engenharia de Bioprocessos, passar pelas Usinas Pilotos e pelo prédio da Engenharia Química antes de utilizar a entrada principal do prédio das Ciências Biológicas. Essa adaptação sugere a influência de fatores como obras em andamento, veículos estacionados e percepções de segurança na escolha da rota, fatores que não foram considerados pelo participante no contexto de laboratório.

O mapa cognitivo subsequente, conforme ilustrado na (Figura 17 – II), destaca a atenção do participante para elementos como prédios, jardins e ruas, evidenciando falta de familiaridade com certos locais específicos. Notavelmente, o participante recordou elementos ausentes no mapa, como um prédio em construção e um jardim com bancos, indicando uma percepção visual que transcende as informações fornecidas no mapa. A ênfase dada à rua contornando o prédio das Ciências Biológicas é notável, destacando a importância desse elemento no mapa cognitivo. No entanto, a representação do ambiente *indoor* se limita à geometria dos corredores, sugerindo uma associação de elementos em ambientes internos que difere da experiência em ambientes externos, possivelmente devido às características intrínsecas desses espaços e à natureza da navegação. A (Figura 17 – II) exibe aproximadamente 6 polígonos referentes a prédios, uma rampa de acesso ao prédio das Ciências Biológicas, cerca de 4 feições representadas associadas a ruas e uma geometria correspondente a corredores.

• Participante E-2

Na (Figura 17 – III), a comparação entre a rota planejada e a rota efetivamente percorrida pelo Participante E-2 destaca uma mudança significativa na estratégia de navegação durante a transição do ambiente *outdoor* para o *indoor*. Inicialmente, o participante seguiu seu plano laboratorial, mas, ao longo da navegação e entrevista, ajustes no mapa mental levaram a um aumento considerável no comprimento da rota, resultando em desorientação e desalinhamento com o objetivo final de alcançar o ponto P2 no ambiente *indoor*. A dificuldade de auto orientação foi acentuada pela abordagem de multitarefa induzida pelo método de avaliação Entrevista, onde o participante, além de responder a perguntas, tentou se orientar, culminando em desorientação e dificuldade em concluir a tarefa. Esses achados corroboram com a literatura, indicando que situações de multitarefa em contextos de navegação *in situ*,

especialmente sob métodos de avaliação específicos, podem comprometer a eficácia da navegação, aumentando o estresse e a exaustão emocional.

O mapa cognitivo resultante da navegação do Participante E-2 (Figura 17 - IV) reflete uma simplificação notável em comparação com outros participantes submetidos ao Protocolo *Think Aloud*. A aplicação do método de Entrevista evidenciou impactar negativamente no processo de aquisição de informações espaciais, refletindo-se na composição do mapa cognitivo, que apresentou uma quantidade reduzida de elementos, como a geometria das ruas e corredores. A falta de detalhes sugere que o contexto multitarefas impactou na capacidade do participante de assimilar e representar elementos espaciais, em contraste com a aplicação do Protocolo *Think Aloud*. Esses resultados revelam a importância de considerar a escolha dos métodos de avaliação de mapas, demonstrando um potencial impacto nas estratégias e desempenho dos participantes.

- **Participante E-3**

A análise da (Figura 17 – V), rota planejada e percorrida *in situ* pelo Participante E-3 destaca a capacidade de adaptação diante das dificuldades de identificação da entrada do prédio das Ciências Biológicas durante a navegação em campo. Ao enfrentar desafios na interpretação do mapa digital, o participante modificou significativamente sua rota original, optando por atalhos e contando com o fluxo de pessoas para orientação. Embora a Entrevista possa ter gerado desvios de atenção e sobrecarga cognitiva, o Participante E-3 demonstrou resiliência ao não se desorientar completamente, alcançando com sucesso o ponto P2. O episódio ressalta a importância do ajuste dinâmico das estratégias de navegação e destaca como fatores contextuais, como o fluxo de pessoas, podem influenciar positivamente o desempenho durante a navegação *in situ*.

O mapa cognitivo elaborado pelo Participante E-3 após a navegação (Figura 17 - VI) demonstra relações sobre a representação mental dos elementos espaciais. Destacam-se os pontos iniciais da rota, como o RU e os Correios, bem como detalhes como o estacionamento próximo ao prédio das Ciências Biológicas e a rampa de acesso. Contudo, a ausência de elementos espaciais específicos em ambiente *indoor*, como corredores, aponta para a possível limitação do método de Entrevista na retenção de detalhes internos durante a navegação. Esses resultados sugerem que, sob este método, a assimilação e retenção de elementos espaciais podem ser mais eficazes em ambientes *outdoor* do que *indoor*, destacando a necessidade de abordagens específicas para avaliação em ambientes distintos.

- **Participante E-4**

Conforme observado nos resultados da (Figura 17 – VII), a análise da rota planejada e efetivamente percorrida *in situ* pelo Participante E-4 revela sua capacidade de adaptação diante de desafios no ambiente real. Ao encontrar obstáculos nas usinas pilotos durante a navegação, o participante fez uma modificação significativa na rota, evitando o ambiente ruidoso e potencialmente perigoso, destacando a importância da percepção dinâmica das alterações de ambiente. No entanto, apesar de identificar a entrada do prédio das Ciências Biológicas, a desorientação no ambiente *indoor*, possivelmente exacerbada pela interrupção do moderador, levou à incapacidade de concluir a tarefa até o ponto P2. Este caso ressalta a influência crítica do ambiente e da metodologia de avaliação aplicada durante a navegação, destacando a necessidade de se comprar e otimizar as metodologias de avaliação em função do contexto.

O mapa cognitivo do Participante E-4 (Figura 17 - VIII) oferece uma visão dos elementos retidos após a navegação em campo. Apesar da desorganização aparente, elementos como a guarita de segurança, lanchonete e jardim próximo ao Edifício das Ciências Biológicas emergem como pontos de referência importantes utilizados pelo participante. No entanto, a falta de correspondência precisa entre as feições representadas e a disposição real no terreno sugere imprecisões na percepção espacial, possivelmente agravadas pela metodologia de Entrevista e suas interrupções. Esse *insight* destaca a necessidade de considerar não apenas a presença, mas também a qualidade da informação retida pelos participantes durante a navegação *in situ*, especialmente em ambientes diversos.

• Participante E-5

Na (Figura 17 – IX), a análise do Participante E-5, assim como todos os outros participantes avaliados *in situ* pelo método Entrevista, novamente revela a dicotomia entre o planejamento em laboratório e a execução *in situ*. A escolha inicial de rotas baseada na minimização da distância, uma tendência observada em todos os participantes, confrontou desafios no ambiente real. Durante a navegação, o participante enfrentou desorientação, especialmente causada pela interação verbal com o moderador durante a Entrevista. No entanto, sua capacidade de reorientação e reconstrução mental da rota destacou a adaptabilidade diante de desafios inesperados. A intervenção do moderador, embora causadora de interferências, não impediu completamente a conclusão bem-sucedida da tarefa, contudo aumentou a demanda temporal para finalização da tarefa.

O mapa cognitivo resultante (Figura 17 - X) revela uma reconstrução limitada dos elementos espaciais presentes no ambiente. Apesar da representação de ruas e edifícios, a desconexão entre a representação esboçada e a disposição real sugere desafios na aquisição e retenção de informações espaciais, especialmente sob condições de multitarefa. A

fragmentação na representação da rotatória destaca possíveis deficiências na memória espacial de longo prazo. Esses *insights* levantam questionamentos sobre a eficácia da Entrevista como método de avaliação da navegação, sugerindo a necessidade de considerar métodos alternativos ou otimizações para avaliar com precisão a aquisição de informações espaciais em campo.

4.4.2.1 Análise da navegação *in situ* aplicação do método Entrevista

- **Navegação: *Outdoor***

Durante a condução da Entrevista, os participantes receberam a instrução de seguir uma rota utilizando o UCM, ao mesmo tempo em que descreviam os elementos que identificavam no ambiente real e estabeleciam conexões com as informações presentes no mapa digital. Durante o curso da navegação, foi observado que muitos participantes recorrentemente empregavam os edifícios como marcos de referência, identificando essas estruturas no mapa e estabelecendo ligações com sua visualização no terreno. Os edifícios em questão, como a Usina Piloto, o prédio de Engenharia de Bioprocessos, Engenharia Química e o prédio das Ciências Biológicas.

Foi salientado pelos participantes que os edifícios eram frequentemente representados em cores distintas no mapa, o que simplificou a associação desses elementos com as características reais do ambiente. Os participantes destacaram que o mapa foi uma ferramenta essencial para adquirir informações antecipadas sobre o ambiente *outdoor* e traçar uma rota mental antes de executá-la no campo. Os principais elementos e pontos de referência utilizados para construir essa rota mental incluíram as Usinas Pilotos, o Prédio de Engenharia de Bioprocessos, o Prédio de Engenharia Química e a geometria das ruas.

Além disso, foi constatado uma discrepância entre o terreno *in situ* e o mapa digital, com elementos presentes no terreno que não estavam representados no mapa, como a falta de indicação de calçadas. Também foi mencionada por alguns participantes a falta de informações sobre acessibilidade, com lugares sem calçadas acessíveis indicadas no mapa, o que poderia representar um desafio significativo de navegação para pessoas com mobilidade reduzida, como indivíduos que utilizam muletas ou necessitam de cadeiras de rodas para locomoção. Conforme Gupta *et al.* (2020), essa situação poderia ser melhorada se os mapas digitais fornecessem ou fossem atualizados com informações sobre as condições das vias, calçadas e a presença de buracos nas calçadas, tornando mais acessível a obtenção de informações durante a navegação no local.

Outro aspecto observado durante a aplicação da Entrevista aos participantes que realizaram a navegação *in situ* é que todos eles protagonizaram modificações em suas rotas

planejadas em laboratório em comparação com as rotas efetivamente percorridas no campo. A principal razão para essas modificações parece estar relacionada a flutuações no raciocínio espacial dos participantes durante a navegação, especialmente devido a influência da aplicação da Entrevista como método de coleta de dados. Esses fatores acabaram interferindo na execução das multitarefas pelos participantes durante a navegação no campo. Essas observações sugerem que a aplicação da Entrevista pode influenciar negativamente o desempenho dos participantes em contexto de multitarefas, como a navegação em campo usando mapas digitais móveis.

Contudo, conforme destacado por Lee *et al.* (2023), embora vários fatores desempenhem um papel na mudança de atenção, os principais motivadores no contexto da multitarefa em deslocamento *in situ* correspondem à falta de familiaridade dos usuários com o ambiente e com a tarefa em questão. Em segundo lugar, está o quanto emocionalmente preocupadas ou nervosas as pessoas ficam com mudanças inesperadas durante o deslocamento. Isso corrobora com o fato de que a Entrevista pode não ser a escolha mais recomendada para a avaliação *in situ*, devido ao impacto do contexto e das multitarefas no espaço, como já ressaltado por Mark *et al.* (2015) afirma que interrupções, incluindo trocas inevitáveis de tarefas, podem reduzir a capacidade das pessoas solucionarem tarefas. Portanto, a navegação *in situ* avaliada pelo método Entrevista pode contribuir para interrupções e dificultar o raciocínio espacial do usuário de mapas digitais móveis, interferindo ativamente na eficiência relacionada à realização da tarefa espacial.

- **Navegação: Transição**

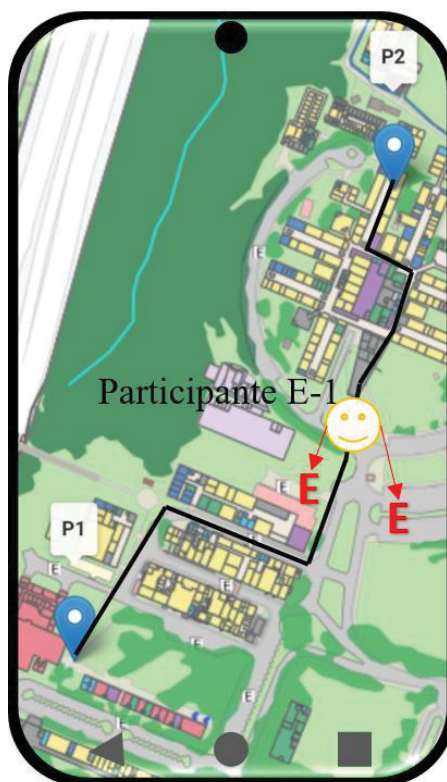
Na área de transição, os participantes notaram especialmente a presença da rampa, que estava representada pela cor cinza no mapa. No hall de entrada, os participantes visualizaram a rampa e, conseqüentemente, identificaram a entrada do prédio. Essa observação influenciou significativamente suas decisões de adentrar no ambiente *indoor*. O Grupo 2 de participantes, assim como o Grupo 1, enfatizou que a escolha da entrada correta foi frequentemente reforçada pela observação do fluxo de pessoas. Muitos participantes destacaram a presença de outras pessoas nas proximidades da entrada do prédio como um facilitador para identificar a entrada correta e tomar a decisão de seguir a rota adequada em direção ao prédio. Essas pessoas serviram como “Pontos de Referência Locais” dinâmicos para a auto orientação e a confirmação da rota durante a navegação em campo.

Os participantes do Grupo 2 realizaram pausas diversas vezes na área de transição para restabelecer a orientação e confirmar a rota que estavam seguindo, com o objetivo de chegar ao P2. Essas pausas desempenharam um papel crucial no estabelecimento e confirmação da rota durante a navegação dos participantes. Durante esse intervalo, os participantes conseguiram

reorientar-se, relembrar os pontos chaves da rota e confirmar mentalmente o objetivo a ser alcançado no ambiente *indoor*.

Por exemplo, o Participante E-1 realizou uma pausa no local de transição, interagindo com o mapa. Parou por cerca de 15 segundos, curvou parte do corpo e dos olhos para trás em direção a seção da rota já percorrida e visualizou a área de “Estacionamentos (E)”, estabelecendo uma ancoragem entre o elemento presente no mapa e o terreno (Figura 18). Posteriormente, o Participante E-1 voltou a olhar para a frente, caminhou cerca de 10 metros, parou novamente por cerca de 30 segundos e identificou a rampa de acesso ao ambiente *indoor* e expressou sua observação de forma verbal: “as pessoas estão entrando no prédio pela rampa, portanto, provavelmente esta é a entrada”. O Participante E-1 conseguiu finalizar a tarefa espacial chegando até o ponto P2.

FIGURA 18 – PAUSA DURANTE A NAVEGAÇÃO *IN SITU*, PARTICIPANTE E-1.

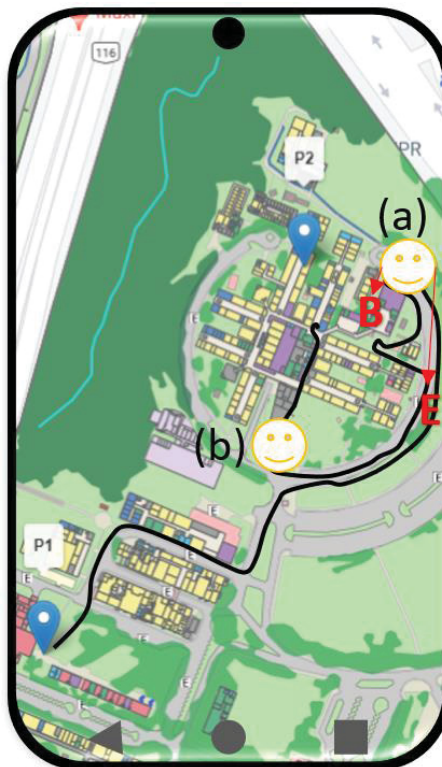


FONTE: O AUTOR.

Outro exemplo antagônico ao Participante E-1 foi o Participante E-2, que realizou a navegação *in situ* evitando realizar pausas. A navegação foi acompanhada pelo moderador, que aplicou o método Entrevista enquanto o Participante E-2 consultava o mapa e navegava. O resultado foi um desvio da rota, levando o Participante E-2 ao ponto (a) (Figura 19). Nesse ponto, o participante fez uma pausa de cerca de 30 segundos, consultou o mapa e identificou “Estacionamento (E)” e “Biblioteca (B)”, estabelecendo correspondência com o terreno. Nesse

momento, o Participante E-2 decidiu retornar parte da rota. Ao se aproximar da rampa de acesso ao ambiente *indoor*, o Participante E-2 fez uma pequena pausa de cerca de 5 segundos e decidiu seguir em frente, afirmando novamente que o “fluxo de pessoas na rampa de acesso ao prédio das Ciências Biológicas indica um possível caminho”.

FIGURA 19 – PAUSAS DURANTE A NAVEGAÇÃO *IN SITU*, PARTICIPANTE E-2.



FONTE: O AUTOR.

Estes exemplos, apresentados na (Figura 18) e (Figura 19), ilustram a relevância para auto orientação dos participantes para realizar ancoragens, através da necessidade de pequenas pausas durante a navegação. Ao realizar paradas durante a navegação e ancoragens com pontos de referência no terreno e no mapa, os participantes conseguiram refazer mentalmente a rota e relacioná-la com os elementos cartográficos. Tais ações permitiram a confirmação da rota para o Participante E-1 e a correção da rota para o Participante E-2, compensando assim os efeitos prejudiciais do método Entrevista, que se mostra desafiador em contextos multitarefa. O método Entrevista demanda uma atenção considerável dos participantes, exigindo que se concentrem tanto na navegação quanto na expressão de seus pensamentos por meio das perguntas do moderador, o que por vezes interrompe o fluxo do raciocínio do participante. Portanto, as pausas se revelam instrumentos valiosos para mitigar os impactos negativos desse método na eficiência da navegação.

Durante a execução da rota, as pausas não apenas auxiliaram os participantes a reorganizar seu raciocínio espacial, mas também auxiliaram a aumentar a confiança dos participantes durante a realização da tarefa espacial *in situ*. O *Protocolo Think Aloud* viabilizou a continuidade do fluxo de raciocínio do participante, mesmo durante a execução de outras tarefas simultâneas. Em contraste, o método de Entrevista, em várias ocasiões, interrompeu o curso do raciocínio do participante. Contudo de forma semelhante, tanto os participantes do Grupo 1, os participantes do Grupo 2, ao ingressar no ambiente *indoor* com uma rota predefinida mentalmente, apresentaram a tendência de minimizar a necessidade de adaptações de última hora, tornando a navegação mais fluida. Portanto, as pausas na área de transição desempenharam um papel significativo na otimização da mudança entre os ambientes *outdoor* e *indoor*, contribuindo para a auto orientação e navegação em campo.

- **Navegação: *Indoor***

Durante a navegação em ambiente *indoor* realizada pelo Grupo 2, foi observado que apenas um dos participantes aderiu completamente à rota previamente planejada em laboratório. Por outro lado, a maioria dos participantes optou por não seguir a rota pré-determinada, enquanto os demais enfrentaram dificuldades para completar a rota proposta, não conseguindo atingir o ponto de destino estabelecido para o ambiente *indoor*. Essa ocorrência foi atribuída ao método Entrevista, que tende a interromper o raciocínio dos participantes devido à distração que o método causa na elaboração da rota e consulta ao mapa digital durante a navegação *in situ*.

Os resultados indicaram que os usuários de mapas, quando confrontados com um ambiente desconhecido, necessitam realizar uma reestruturação cognitiva durante a transição entre os ambientes, buscando ancorar as referências espaciais presentes no terreno com aquelas fornecidas pelo mapa digital móvel. Esse processo de readaptação, aliado à utilização de um método de avaliação interativa, como foi o caso da Entrevista, tende a colaborar para ocorrência de desorientação dos participantes. Esse efeito é mais acentuado em cenários como corredores de prédios, exemplificado pelo edifício das Ciências Biológicas, que são caracterizados por um alto fluxo de pessoas e por oferecerem diversas opções de mudanças de níveis e andares. Tais fatores contribuem para a complexidade da navegação nesse contexto específico.

A maioria dos participantes não estava familiarizada com o *layout indoor* do prédio das Ciências Biológicas, o que acrescentou um desafio considerável à navegação nesse ambiente específico. Foi relatado por alguns participantes que a representação do prédio no mapa não correspondia precisamente à realidade, como a presença de pequenos corredores paralelos, escadas e diversos pontos para ser realizado a troca de andares. Essa complexidade

adicional se tornou um obstáculo significativo para os participantes que não estavam familiarizados com o prédio.

Entretanto, da mesma forma que nos ambientes *outdoor* e de transição, a aplicação da Entrevista não se revelou uma boa escolha para avaliar os participantes no ambiente *indoor*, quando comparada ao uso do Protocolo *Think Aloud*. Durante a Entrevista, os participantes demonstraram sinais de desorientação e apresentaram interrupções na construção do raciocínio espacial. Em contrapartida, durante a aplicação do Protocolo *Think Aloud*, os participantes se sentiram mais confortáveis para narrar suas ações e pensamentos, incluindo a realização de pequenas pausas silenciosas em pontos críticos de tomada de decisão espacial, sem serem interrompidos pelo moderador. Isso resultou em uma aquisição de informações espaciais mais abrangente e contribuiu para um maior sucesso na conclusão da rota em campo.

4.4.3 Comparação do planejamento da rota em laboratório: Protocolo *Think Aloud* versus Entrevista

- **Grupo 1: Protocolo *Think Aloud***

Durante o processo de planejamento da rota em laboratório, os participantes do Grupo 1 demonstraram domínio na utilização do UCM para propor rotas individuais, sem encontrar dificuldades substanciais na interação com o serviço. Os participantes identificaram consistentemente pontos de referência, como o Departamento de Química, a agência dos Correios, áreas verdes e salas, usando-os para descrever a rota e atingir o destino desejado. Detalharam características das ruas, incluindo curvas e a entrada principal do prédio das Ciências Biológicas. Durante esse processo, utilizaram números de blocos e corredores como guias. A análise proporcionou *insights* sobre a capacidade dos participantes de planejar rotas e fazer escolhas adequadas, abrangendo observações verbais que incluíram identificação e uso de pontos de referência para o planejamento da rota.

O método Protocolo *Think Aloud*, aplicado em laboratório, ofereceu uma razoável compreensão dos processos cognitivos envolvidos no planejamento da rota. Os participantes expressaram seus pensamentos em tempo real, proporcionando visibilidade sobre a abordagem estratégica empregada. Permite o registro das interações espontâneas dos participantes com o mapa, incluindo interpretação dos elementos cartográficos, tomada de decisões e formulação da rota, sem interrupções do moderador. Dessa forma, o método Protocolo *Think Aloud* no ambiente controlado do laboratório foi útil para analisar a eficácia e a autonomia dos participantes ao usar o UCM para planejar rotas. No entanto, é importante notar que o Protocolo

Think Aloud pode restringir a quantidade de informações obtidas, pois depende da disposição do participante em verbalizar sua experiência.

- **Grupo 2: Entrevista**

Durante o planejamento da rota em laboratório, os participantes do Grupo 2 identificaram pontos de referência, como prédios, ruas e geometria de corredores, que foram usados para elaborar a rota. Também mencionaram possíveis rotas alternativas, demonstrando a consideração de trajetos diferentes para alcançar o destino. Essa habilidade de identificar rotas mais eficazes e usar informações contextuais para tomar decisões reflete sua adaptação e julgamento em tempo real durante a utilização do UCM. Os participantes também enfatizaram a observação de “atalhos” ou rotas alternativas, como atravessar áreas com gramados e jardins, para reduzir as distâncias entre os pontos da rota. Contudo, destacaram a falta de informações descritivas claras sobre a simbologia das cores no mapa e a necessidade de funcionalidades, como rotação do mapa, para facilitar a navegação, semelhante a funcionalidade do *Google Maps*.

O método Entrevista demonstrou eficácia na avaliação da habilidade dos participantes em planejar rotas em um ambiente de laboratório. Este método se revelou particularmente apropriado para avaliar a UX, permitindo a captura abrangente e percebida da interação de um usuário com um produto, sistema ou serviço. Essa avaliação abarcou diversos aspectos, desde a interface visual e interação até as emoções e satisfação derivadas do uso do mapa. A eficácia do método Entrevista é mais notável quando a tarefa é aplicada em local controlado, ou seja, não envolve outras atividades simultâneas, como deslocamento ou utilização de outras interfaces ao mesmo tempo, comuns em contextos de multitarefa. Quando aplicada em ambiente de laboratório, o método Entrevista tende a facilitar a captação de informações sobre a interação dos participantes com o mapa digital móvel, possibilitando trocas contínuas de perguntas e respostas entre o moderador e os participantes. Com as observações podendo ser registradas durante ou após esse processo iterativo.

4.4.4 Comparação entre a navegação *in situ*: Protocolo *Think Aloud* X Entrevista

Foi observado que a aplicação do Protocolo *Think Aloud*, *in situ* possibilitou aos participantes avaliados manter um fluxo contínuo de raciocínio durante a navegação, isso, por sua vez, facilitou a execução de várias tarefas espaciais realizadas simultaneamente com o uso do mapa. Os participantes apresentaram a necessidade realizar pausas breves para reorganização e confirmação da rota, contudo tais pausas ocorreram sem interrupção por parte do moderador. O Protocolo *Think Aloud* facilitou a manutenção do fluxo natural dos

pensamentos dos participantes, sendo menos intrusivo. Também se verificou que a maioria dos participantes optou por uma rota mais familiar, seguindo o que havia sido planejado em laboratório, fundamentando-se na familiaridade com as características apresentadas no mapa e encontrando correspondências com o terreno.

Ambos os grupos de participantes avaliados manifestaram a necessidade de adaptação durante a transição entre ambientes, ancorando-se em pontos de referência e fazendo pausas para confirmar a rota. Contudo, foi observado que os participantes do Grupo 1 demonstraram uma transição mais fluida, mantendo a rota predefinida mentalmente e adaptando-se de maneira eficiente com base nos pontos de referência identificados no terreno. O Grupo 1 pareceu adotar uma abordagem mais autônoma e adaptativa durante a navegação *in situ*, realizando pausas estratégicas para reavaliação e ajuste da rota conforme as condições do ambiente real. Em geral, o Protocolo *Think Aloud* possibilitou uma avaliação do uso do mapa durante a navegação e a aquisição de informações espaciais durante a transição entre diferentes ambientes sem interferir nas estratégias espaciais adotadas pelos participantes.

A aplicação do método de avaliação Entrevistas foi notavelmente marcado pela necessidade de interrupções frequentes para reorientação e confirmação da rota por parte dos participantes, o que resultou em dificuldade para seguir a rota pré-planejada devido às interferências do moderador. Os participantes enfrentaram desafios na reestruturação cognitiva durante a transição para o ambiente *indoor*, o que ocasionou distração e interrupção no raciocínio espacial, como já mencionado por Schmidt *et al.* (2019). Esse processo exigiu uma atenção considerável, impactando de maneira adversa a realização de múltiplas tarefas e a eficiência da navegação.

Entretanto, da mesma forma que nos ambientes *outdoor* e de transição, a aplicação da Entrevista não se revelou a escolha mais adequada para avaliar os participantes no ambiente *indoor*, quando comparada ao uso do Protocolo *Think Aloud*. Durante a Entrevista, os participantes demonstraram sinais de desorientação e enfrentaram interrupções na construção do raciocínio espacial. Em contrapartida, no Protocolo *Think Aloud*, os participantes se sentiram mais confortáveis para narrar suas ações e pensamentos, incluindo a realização de pequenas pausas silenciosas em pontos críticos de tomada de decisão espacial, sem serem interrompidos pelo moderador. Isso resultou em uma aquisição de informações espaciais mais abrangente e contribuiu para um maior sucesso na conclusão da rota em campo.

O Grupo 2, avaliado por meio da Entrevista, enfrentou desafios significativos na navegação, especialmente na transição entre ambientes, resultando em alterações marcantes na rota e dificuldades para alcançar o destino. Embora tenham utilizado pontos de referência

semelhantes aos participantes do Grupo 1, os integrantes do Grupo 2 foram mais influenciados pela aplicação *in situ* da Entrevista, levando a ajustes frequentes na rota planejada e, em algumas instâncias, foram observadas dificuldades na conclusão das tarefas e evidentes sinais de desorientação. A interferência recorrente durante a aplicação da Entrevista afetou negativamente o desempenho na tarefa no contexto *in situ*. Por outro lado, os participantes do Grupo 1, submetidos ao Protocolo *Think Aloud*, demonstraram naturalidade ao verbalizar suas ações e pensamentos, incluindo a habilidade de fazer pausas discretas nos momentos críticos de tomada de decisões espaciais sem intervenção do moderador e sem prolongar significativamente o tempo para a conclusão da tarefa. Essas abordagens distintas de avaliação evidenciaram um impacto na forma como os participantes planejaram suas rotas e tomam decisões durante a navegação.

Um dos principais critérios relatados pelos participantes como determinantes na seleção de suas rotas foi a minimização da distância. Essa consideração foi particularmente relevante nas circunstâncias do Centro Politécnico, que oferece segurança, vias pavimentadas e é familiar para a maioria dos participantes. De maneira geral, os participantes demonstraram uma tendência a escolher trajetos que minimizem a distância, considerando-os mais apropriados para a navegação. No caso específico do Participante E-5, sua escolha foi exclusivamente orientada pela menor distância, um comportamento alinhado com as observações de Schlossberg *et al.* (2008) e dos autores McKenzie e Klippel (2016), que argumentam que as escolhas de rotas geralmente são baseadas em decisões lógicas, predominantemente de natureza compensatória.

Entretanto, as discrepâncias nos resultados obtidos *in situ* podem ser atribuídas a diversas variáveis, como o nível de familiaridade prévia dos participantes com os ambientes mapeados, experiência anterior em navegação ao ar livre e habilidade em interpretar informações de mapas. Contudo, é plausível afirmar que a seleção do método de avaliação parece ter exercido uma influência significativa nos resultados. Corroborando parcialmente com as descobertas de Wolcott e Lobczowski (2021), que indicam que a implementação do método de Entrevista tende a requerer mais interações entre o pesquisador e o participante, demandando, assim, mais tempo de aplicação e, conseqüentemente, maior carga cognitiva por parte do usuário de mapas.

Contudo, o método Entrevista, quando aplicado em laboratório com condições controladas, sem a necessidade de deslocamentos físicos *in situ*, mostrou-se um método adequado para avaliar diversos aspectos do mapa, incluindo a UX ao utilizar as funcionalidades do mapa digital móvel. Isso se deve à natureza adaptável do método, que permitiu uma troca

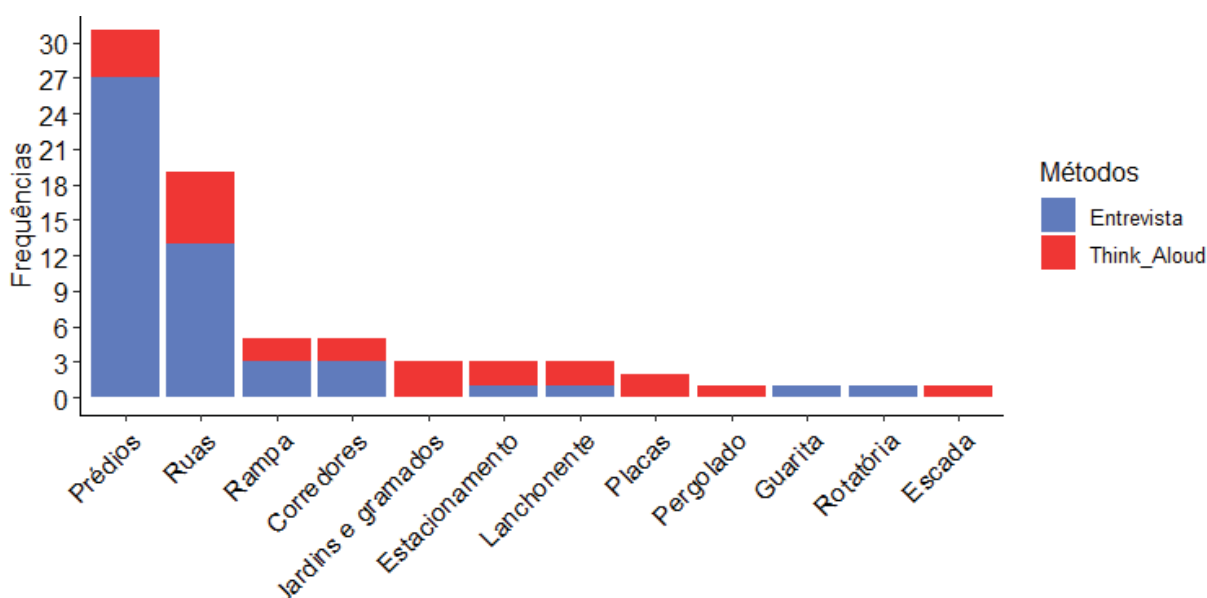
continua de perguntas e respostas entre o moderador e o participante. Durante e após o processo interativo, as observações podem ser registradas à medida que os participantes executam tarefas ou respondem a questionamentos.

4.5 RESULTADOS QUANTITATIVOS

4.5.1 Análise Comparativa dos Mapas Cognitivos nos Grupos: Contabilização de Feições Relevantes

Os mapas cognitivos elaborados após a conclusão da navegação em campo por ambos os grupos de participantes foram submetidos a uma análise quantitativa com o propósito de comparar os resultados entre os dois grupos submetidos a diferentes métodos de avaliação. Esta análise buscou determinar qual método proporcionou uma coleta mais completa de informações espaciais. A (Figura 20) exibe um gráfico representando a frequência da aparição de cada elemento espacial nos mapas cognitivos elaborados pelos participantes. No gráfico, a cor vermelha corresponde ao Grupo 1, avaliado com o Protocolo *Think Aloud*, enquanto a cor azul se refere ao Grupo 2, avaliado com o método Entrevista.

FIGURA 20 – FREQUÊNCIA DE REFERÊNCIAS ESPACIAIS REPRESENTADAS NOS MAPAS COGNITIVOS.



FONTE: O AUTOR.

A (Figura 20) possibilita a realização de uma análise comparativa das informações armazenadas nos mapas cognitivos, revelando que o método Protocolo *Think Aloud* resultou

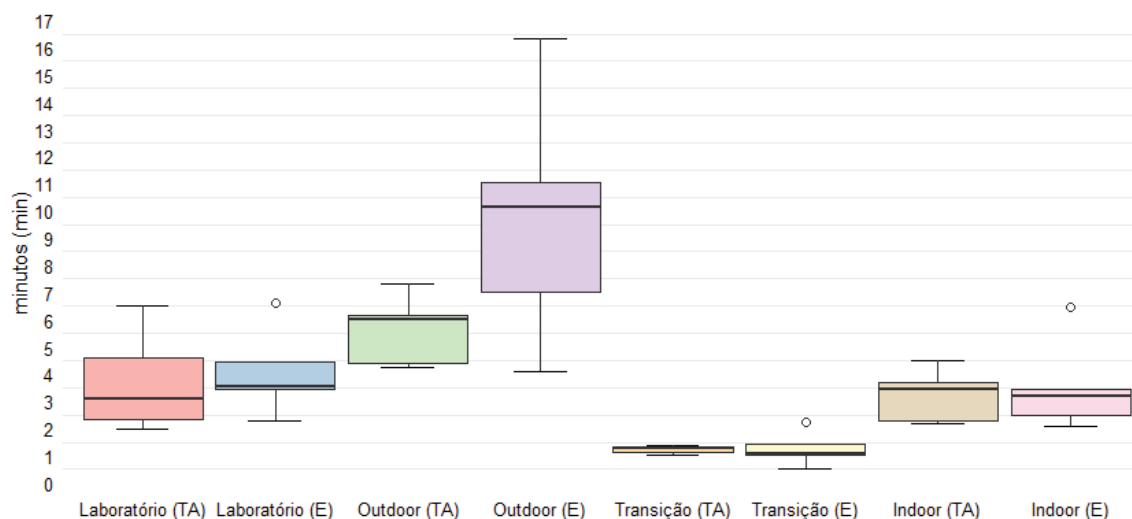
em uma quantidade maior de referências espaciais e maior número de citações em comparação com o método Entrevista. No grupo submetido ao Protocolo *Think Aloud*, ilustrações remetendo a prédios ocorreram 31 vezes, enquanto no grupo da Entrevista, essa referência ocorreu 27 vezes. As menções a ruas também foram mais frequentes no Grupo 1, avaliado pelo Protocolo *Think Aloud*, com 19 ocorrências, em comparação com as 13 ocorrências no grupo avaliado pela Entrevista. Além disso, outras feições, como rampas, corredores, estacionamentos e jardins, foram mencionadas com mais frequência pelo Grupo 1.

Os resultados indicam que o método Protocolo *Think Aloud* promoveu uma retenção mais detalhada de referências e uma recuperação de informações espaciais mais completa por parte dos participantes, em comparação com o método de Entrevista. Isso se refletiu na quantidade de referências espaciais armazenadas na memória de longo prazo dos participantes. É importante observar que ambos os grupos realizaram a mesma tarefa, sendo modificado apenas o método utilizado para a coleta de dados verbais. Essa modificação resultou em diferenças no número de elementos representados nos mapas cognitivos dos participantes, que foram produzidos ao final do experimento de campo por cada participante de ambos os grupos avaliados.

4.5.2 Tempo de Navegação e planejamento da rota

Nesta etapa da pesquisa, foi mensurado o tempo necessário para que os participantes planejam a rota em laboratório e, posteriormente, a percorrem *in situ*. Além disso, procurou-se avaliar a eficácia no cumprimento da tarefa espacial. Os resultados deste processo de avaliação foram representados graficamente em relação aos participantes que realizaram o planejamento da rota em laboratório. A (Figura 21) ilustra os resultados referentes ao tempo gasto, medido em minutos, durante as avaliações conduzidas utilizando dois métodos distintos: o Protocolo *Think Aloud* (TA) e o método Entrevista (E). O tempo foi registrado tanto em laboratório quanto em campo. No campo, os tempos foram categorizados de acordo com os diferentes ambientes, sendo eles divididos em *outdoor*, transição e *indoor*. A (Figura 21) corresponde a um gráfico denominado *boxplot*, que inclui medidas estatísticas descritivas, tais como o valor mínimo, o valor máximo, o primeiro quartil, o segundo quartil (correspondendo ao valor da mediana) e o terceiro quartil.

FIGURA 21 – TEMPO GASTO PELOS PARTICIPANTES PARA PLANEJAR E PERCORRER A ROTA.



FONTE: O AUTOR.

Os resultados apresentados na (Figura 21) revelam diferenças nos tempos de conclusão entre os grupos avaliados com o Grupo 1 submetido ao Protocolo *Think Aloud* (TA) e o Grupo 2 avaliado pelo método Entrevista (E). Esses tempos correspondem à realização da tarefa espacial, que envolveu o planejamento e a descrição da rota em laboratório. Posteriormente, ambos os grupos de participantes foram convidados a percorrer a rota *in situ*, iniciando no ambiente *outdoor* com aproximadamente 300 metros de extensão. Seguido pelo ambiente de transição, abrangendo cerca de 50 metros. E por fim, percorrendo o ambiente *indoor* com uma extensão de aproximadamente 120 metros. Conforme pode ser constatado na (Figura 21), a aplicação da Entrevista tende a exigir mais interações entre o pesquisador e o participante, requerendo assim mais tempo de uso do mapa, este fato se confirmou tanto em laboratório quanto no ambiente *outdoor in situ*. Contudo, durante a transição para o ambiente *indoor*, o tempo de aplicação do Protocolo *Think Aloud* em geral foi ligeiramente maior em comparação com a aplicação da Entrevista. Com exceção do Participante E-3, que dedicou aproximadamente 2,22 minutos para atravessar a transição, influenciado principalmente pelas interrupções do moderador que aparentemente prejudicaram a tomada de decisão do participante durante a navegação. O mesmo ocorreu com o Participante E-2, que levou cerca de 6,44 minutos para percorrer o ambiente *indoor*, resultando em desorientação e não conclusão da rota.

O Grupo 1 avaliado em contexto de laboratório apresentou uma ampla variação nos tempos de conclusão, com um mínimo de 2 minutos, mediana de 3,09 minutos e um máximo de 6,51 minutos. Enquanto isso, o Grupo 2 demonstrou uma variação de tempo mais restrita, com um mínimo de 2,28 minutos, uma mediana de 3,52 minutos e um máximo de 4,47 minutos, também apresentando valores discrepantes de 6,59 minutos. Essa diferença sugere que o

método denominado Entrevista, Grupo 2, demandou mais tempo para a conclusão do planejamento da rota virtual com menor variabilidade em comparação com o método *Think Aloud*, Grupo 1. Isso pode indicar uma maior eficiência e uniformidade no desempenho dos participantes sob o método Entrevista quando aplicado em laboratório.

Os resultados evidenciam diferenças notáveis nos tempos de conclusão entre os dois grupos que realizaram a navegação *outdoor*. O Grupo 1 apresentou um tempo mínimo de 4,26 minutos, uma mediana de 6 minutos e um tempo máximo de 7,34 minutos para concluir a rota. Em contraste, o Grupo 2 demonstrou uma variação de tempo muito mais ampla, com um tempo mínimo de 4,08 minutos, uma mediana consideravelmente mais alta de 10,16 minutos e um tempo máximo significativamente maior de 16,35 minutos. Essa discrepância sugere que a Entrevista pode ter resultado em tempos de conclusão significativamente mais longos em comparação com o método *Think Aloud*, indicando possíveis desafios adicionais enfrentados pelos participantes sob a aplicação da Entrevista durante a navegação em campo.

Os resultados revelam sutis diferenças grupos que realizaram a navegação na zona de transição. O Grupo 1 apresentou tempos de conclusão relativamente estáveis, com um tempo mínimo de 1,05 minutos, uma mediana de 1,3 minutos e um tempo máximo de 1,4 minutos. No entanto, o Grupo 2 demonstrou uma variabilidade maior, com um tempo mínimo de 0,51 minutos, uma mediana de 1,1 minutos e um tempo máximo de 1,45 minutos, incluindo valores discrepantes de até 2,22 minutos. Esses resultados demonstram que os participantes avaliados com o método Entrevista, levaram tempos de conclusão mais inconstantes e possivelmente mais longos durante a navegação na zona de transição, em comparação com os participantes avaliados com o método *Think Aloud*, indicando desafios adicionais associados à aplicação do método Entrevista nesse contexto específico.

Os resultados das duas abordagens de avaliação durante a navegação *indoor* revelaram que o Grupo 1, avaliado pelo método *Think Aloud*, demonstrou tempos de conclusão variando de 2,16 minutos a um máximo de 4,5 minutos, com uma mediana de 3,42 minutos. Enquanto isso, o Grupo 2, avaliado pelo método Entrevista, apresentou tempos de conclusão mais consistentes, com o mínimo variando de 2,1 minutos a um máximo de 3,44 minutos, com uma mediana de 3,2 minutos. No entanto, o Grupo 2 registrou valores discrepantes, atingindo 6,44 minutos. Os resultados indicam que o Grupo 2, avaliado pelo método Entrevista, demonstrou tempos de conclusão com menor variação, apesar de alguns valores discrepantes, em comparação com o Grupo 1.

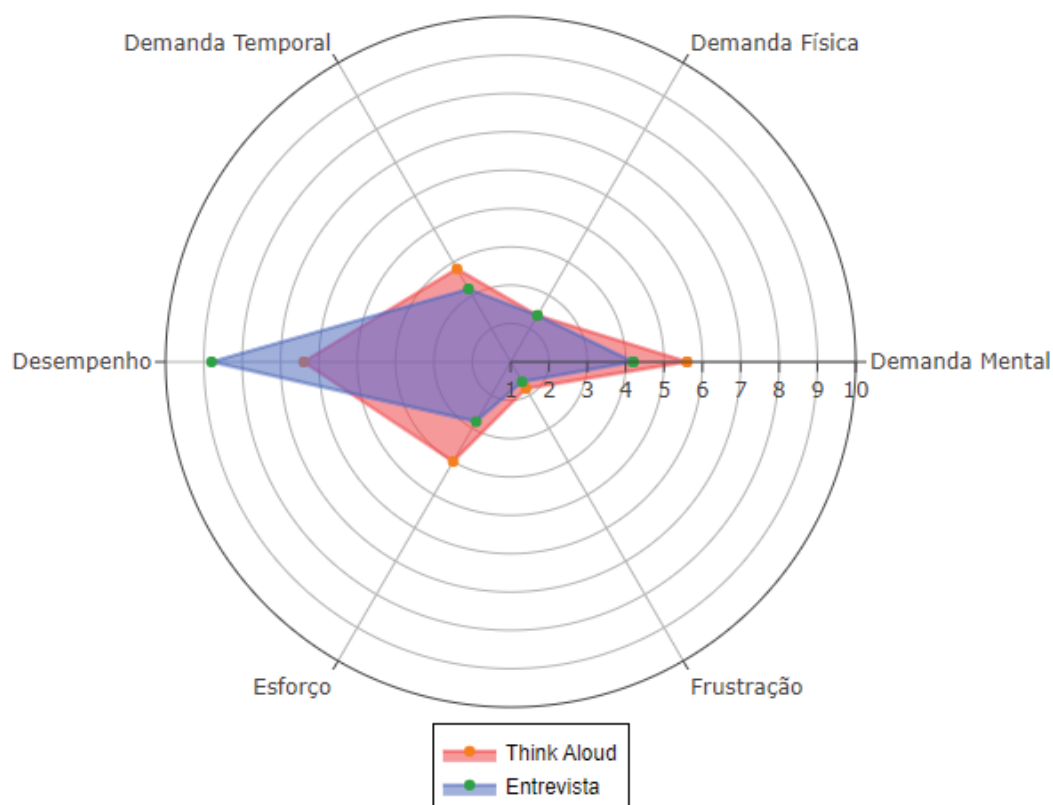
Para comparar a distribuição dos grupos, os resultados foram submetidos ao teste estatístico ANOVA uni-fatorial. Os resultados da ANOVA correspondem a de ($p = 0,05$ |

$F=5.1e-06$), o que determina que existem evidências de diferenças nas médias dentro dos grupos, em decorrência do valor ser menor que 0,05. Com esse resultado foi aplicado o teste de Tukey, cada contexto com o método de avaliação respectivo. A comparação entre os grupos avaliados em “Laboratório (E)” x “Laboratório (TA)” correspondendo ao valor de ($p<0,05|p=0.9999918$). Ao comparar os grupos “*Outdoor* (E)” x “*Outdoor* (TA)” os resultados obtidos correspondem a ($p<0,05|p=0.0583071$). A comparação entre “Transição (E)” x “Transição (TA)” resultou em ($p<0,05|p=1.0000000$). E por fim a comparação dos tempos “*Indoor* (E)” x “*Indoor* (TA)” resultou em ($p<0,05|p=0.9999962$). Com base no resultado pode-se afirmar que nenhum dos grupos específicos diferiram estatisticamente entre si, com a maior diferença correspondente a avaliação realizada em ambiente *Outdoor*, contudo, não foi estatisticamente significativa.

4.5.3 Avaliação da carga de trabalho: Experimento realizado em laboratório

Após a conclusão do planejamento e descrição da rota em laboratório, os participantes foram convidados a preencher um Questionário com o objetivo de avaliar a carga de trabalho percebida ao utilizar o mapa e ao realizar o planejamento da rota espacial. O método adotado para mensurar a carga de trabalho percebida foi o Questionário NASA-TLX, composto por seis dimensões de avaliação: Demanda Mental, relacionada ao esforço cognitivo exigido pela tarefa; Demanda Física, que considera o esforço físico estimado; Demanda Temporal, avaliando o tempo disponível para a conclusão da tarefa; Desempenho, com foco na eficácia percebida durante a execução da tarefa; Esforço, medindo o esforço geral investido na tarefa; e Frustração, avaliando o nível de frustração ou insatisfação decorrente da realização da tarefa. A (Figura 22) apresenta a média das avaliações correspondente a carga de trabalho do Grupo 1, avaliado em laboratório com o Protocolo *Think Aloud*, e dos participantes do Grupo 2, avaliados com o método da Entrevista.

FIGURA 22 – CARGA DE TRABALHO NASA-TLX MEDIDA EM LABORATÓRIO.



FONTE: O AUTOR.

A (Figura 22) corresponde a um gráfico de radar, que é uma representação visual que permite a comparação de múltiplas variáveis em relação a um conjunto comum de medidas. As linhas que se estendem do centro do círculo em direção às categorias representam os valores médios das variáveis, sendo que a distância do centro até as linhas reflete a magnitude das variáveis. De acordo com os resultados obtidos por meio do Questionário NASA-TLX, utilizado para mensurar a carga de trabalho estimada pelos participantes, pode-se observar que, em geral, o método Entrevista demonstrou menor percepção de carga de trabalho em comparação com o Protocolo *Think Aloud*, ambos aplicados em um contexto de laboratório, como pode ser constatado pela (Figura 22).

No aspecto da Demanda Mental, o Protocolo *Think Aloud* obteve uma média de 5,6, enquanto o método denominado Entrevista registrou uma média ligeiramente menor, de 4,2. A estimativa de Demanda Física foi similar em ambos os métodos, com pontuações iguais de 2,4. A dimensão Demanda Temporal demonstrou uma média de 3,8 no Protocolo *Think Aloud* em comparação com uma média levemente inferior de 3,2 mensurada no Grupo 2, avaliado pelo método Entrevista. Entretanto, o Desempenho foi consideravelmente mais alto no método Entrevista, com uma média de 8,8, comparado ao Protocolo *Think Aloud*, que teve uma média de 6,4. Em relação ao Esforço, o método Entrevista resultou em uma menor percepção de esforço, com uma média de 2,8, em contraste com o Protocolo *Think Aloud*, que registrou uma

média de 4. Ambos os métodos apresentaram pontuações baixas em relação à Frustração, indicando uma baixa frustração percebida pelos participantes, com valores de 1,8 para o Protocolo *Think Aloud* e 1,6 para o método Entrevista.

Os resultados apontam para uma tendência maior na percepção de carga de trabalho por parte dos participantes quando submetidos ao Protocolo *Think Aloud* em comparação com o método Entrevista, durante tarefas relacionadas ao uso do UCM em laboratório. Entretanto, é importante ressaltar que a Demanda Física e a Frustração não apresentaram diferenças significativas entre os dois grupos. Contudo, os experimentos realizados em laboratório proporcionam um contexto controlado para a execução das tarefas relacionadas ao uso do mapa digital móvel, sem que os participantes fossem submetidos a multitarefas e sem necessitar de deslocamento físico.

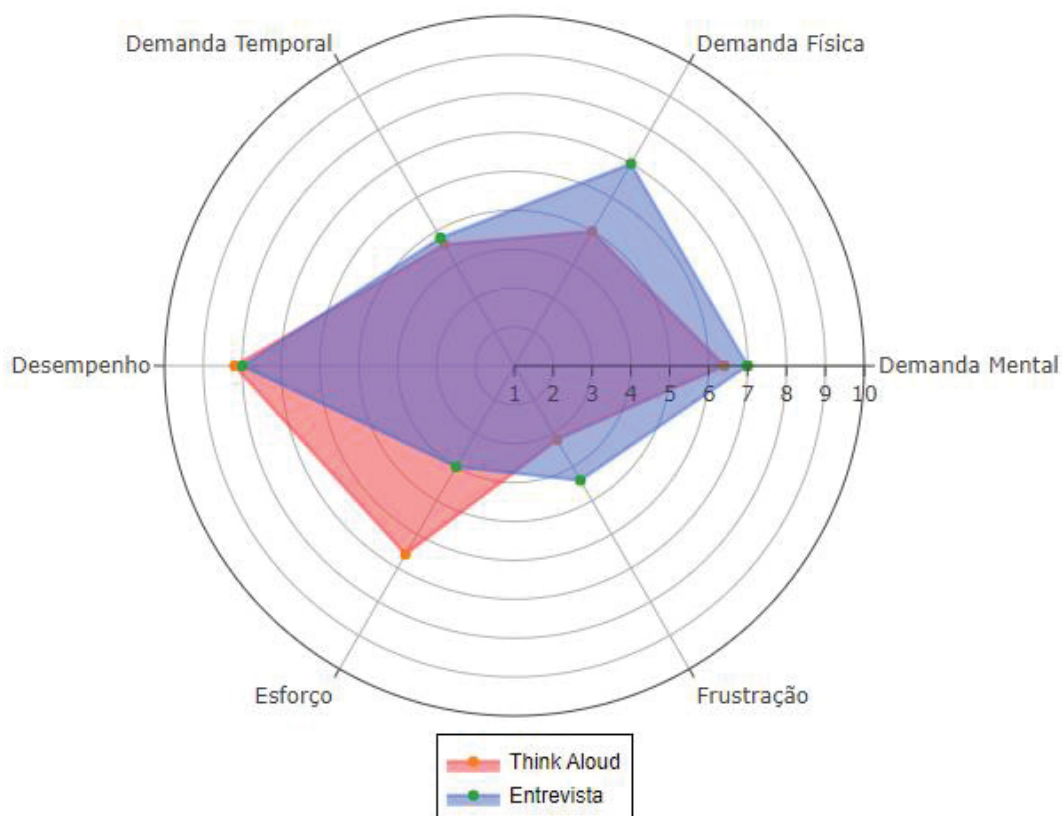
Foi realizado a comparação da distribuição entre os grupos, os resultados foram submetidos ao teste estatístico ANOVA uni-fatorial. Os resultados da ANOVA correspondem a de ($p = 0,05 \mid F=1.92e-08$), o que determina que existem diferenças nas médias dentro dos grupos, em decorrência do valor ser menor que 0,05. Com esse resultado foi aplicado o teste de Tukey, cada contexto com o método de avaliação respectivo. A comparação entre os grupos avaliados em “Demanda física (TA)” x “Demanda física (E)” correspondendo ao valor de ($p<0,05 \mid p=1.0000000$). Ao comparar os grupos “Demanda Mental (TA)” x “Demanda Mental (E)” os resultados obtidos correspondem a ($p<0,05 \mid p=0.9564418$). A comparação entre “Demanda Temporal (TA)” x “Demanda Temporal (E)” resultou em ($p<0,05 \mid p=0.9999751$). E por fim a comparação dos tempos “Desempenho (TA)” x “Desempenho (E)” resultou em ($p<0,05 \mid p=0.4180260$). E por fim a comparação dos tempos “Esforço (TA)” x “Esforço (E)” resultou em ($p<0,05 \mid p=0.9859318$). E por fim a comparação dos tempos “Frustração (TA)” x “Frustração (E)” resultou em ($p<0,05 \mid p=1.0000000$). Com base no resultado pode-se afirmar que nenhum dos grupos específicos diferem estatisticamente entre si.

4.5.4 Avaliação da carga de trabalho: Experimento *in situ*

Com o objetivo de melhor compreender a carga de trabalho ao final da navegação em campo, foi conduzida uma segunda avaliação com os participantes do Grupo 1, que foram avaliados por meio do Protocolo *Think Aloud*, e com os participantes do Grupo 2, que foram avaliados utilizando o método Entrevista. A (Figura 23) corresponde a um gráfico de radar que possibilita a visualização de variáveis sobrepostas em relação a um conjunto comum de medidas. As linhas partindo do centro do gráfico em direção às categorias representam os

valores médios de cada dimensão, sendo que a distância do centro até as linhas reflete a magnitude das variáveis.

FIGURA 23 – CARGA DE TRABALHO NASA-TLX MEDIDO *IN SITU*.



FONTE: O AUTOR.

Com base no método adotado para mensurar a carga de trabalho percebida, representada pelo Questionário NASA-TLX, (Figura 23), os experimentos avaliados com o método Entrevista apresentaram resultados variados em comparação com o Protocolo *Think Aloud*. A Demanda Mental foi maior no Grupo 2, avaliado pelo método Entrevista, com uma pontuação de 7,0, em comparação com 6,4 estimado pelos participantes do Grupo 1, avaliados pelo Protocolo *Think Aloud*. A Demanda Física também foi mais alta com uma pontuação de 7,0 no método Entrevista, em contraste com a pontuação de 5 no Protocolo *Think Aloud*. Em relação à Demanda Temporal, o método Entrevista registrou uma pontuação ligeiramente superior, com 4,8, comparado ao Protocolo *Think Aloud*, que obteve uma pontuação de 4,6. No entanto, a percepção de Desempenho foi semelhante entre os dois métodos, com uma pontuação de 8 no método Entrevista e 8,2 no Protocolo *Think Aloud*. A percepção de Esforço foi menor no método Entrevista, com uma pontuação de 4, em comparação com 6,6 no Protocolo *Think*

Aloud, indicando uma menor percepção de esforço no primeiro método. Finalmente, em relação à Frustração, o método Entrevista apresentou uma pontuação ligeiramente mais alta, com 4,4, enquanto o Protocolo *Think Aloud* registrou uma pontuação de 3,2, indicando uma maior frustração percebida sob o método Entrevista. Esses resultados indicam diferenças perceptivas significativas entre os dois métodos em relação à carga de trabalho percebida pelos participantes.

Os resultados indicaram que, de maneira geral, os participantes relataram uma carga de trabalho mais elevada quando a coleta de dados foi realizada através do emprego do método Entrevista em comparação com a aplicação do Protocolo *Think Aloud*. Essas diferenças nos resultados podem ser atribuídas às características inerentes de cada método de avaliação. Durante a avaliação em situações de multitarefa, como a navegação em campo, o método denominado Entrevista gerou valores mais altos de carga de trabalho devido às condições de uso do mapa e navegação, que frequentemente resultaram em desvios de atenção devido a fatores externos e condições ambientais.

Entretanto, o método Entrevista demonstrou uma carga de trabalho menor quando aplicado em laboratório. No entanto, ao ser aplicado em campo, o método da Entrevista revelou uma carga mental de trabalho maior, indicando uma variação de acordo com o contexto e o local de aplicação. Por outro lado, o Protocolo do *Think Aloud* demonstrou um aumento da carga de trabalho em experimentos realizados no laboratório, mas por outro lado o Protocolo do *Think Aloud* demonstra uma carga mental menor em campo. Isso sugere que, em termos de carga mental de trabalho, o método da Entrevista é mais apropriado para ser empregado em laboratório, enquanto o Protocolo do *Think Aloud* é mais adequado para ser aplicado em campo. Essa constatação está em consonância com as descobertas de Pike *et al.* (2014), que apontaram que um aumento na quantidade de comunicações verbais confusas e não complementares está associado a um aumento na carga de trabalho mental, o que pode ser constatado especialmente em contextos de multitarefas. Este estudo estende essas conclusões ao demonstrar que a carga de trabalho também varia de acordo com o contexto de multitarefas, contribuindo para uma compreensão mais abrangente dos fatores que influenciam a percepção da carga de trabalho.

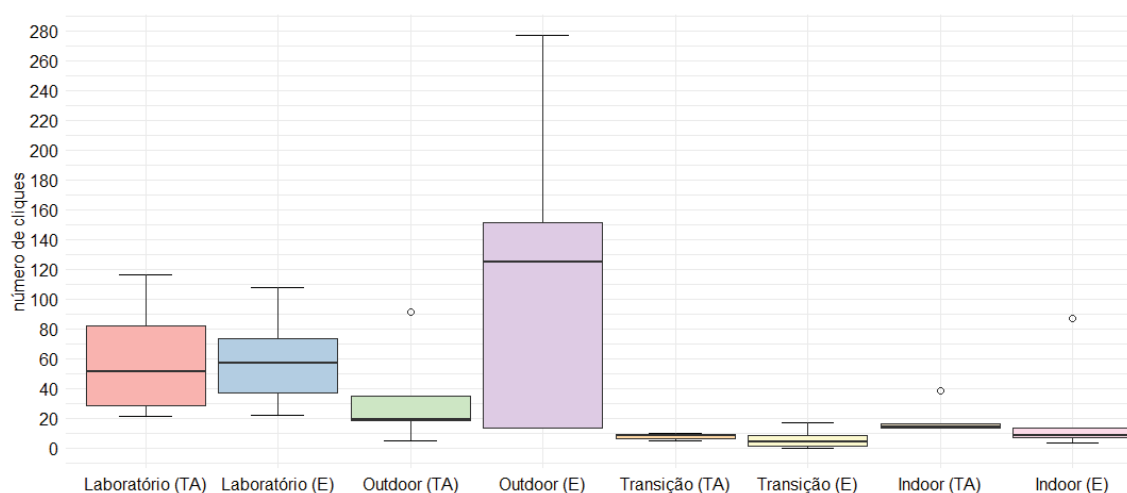
Foi realizado a comparação da distribuição entre os grupos, os resultados foram submetidos ao teste estatístico ANOVA uni-fatorial. Os resultados da ANOVA correspondem a de ($p = 0,05$ | $F=0,000526$), o que determina que existem diferenças nas médias dentro dos grupos, em decorrência do valor ser menor que 0,05. Com esse resultado foi aplicado o teste de Tukey, cada contexto com o método de avaliação respectivo. A comparação entre os grupos avaliados em “Demanda física (TA)” x “Demanda física (E)” correspondendo ao valor de

($p < 0,05 | p = 0,8619285$). Ao comparar os grupos “Demanda Mental (TA)” x “Demanda Mental (E)” os resultados obtidos correspondem a ($p < 0,05 | p = 0,9999957$). A comparação entre “Demanda Temporal (TA)” x “Demanda Temporal (E)” resultou em ($p < 0,05 | p = 1,0000000$). E por fim a comparação dos tempos “Desempenho (TA)” x “Desempenho (E)” resultou em ($p < 0,05 | p = 1,0000000$). E por fim a comparação dos tempos “Esforço (TA)” x “Esforço (E)” resultou em ($p < 0,05 | p = 0,5558168$). E por fim a comparação dos tempos “Frustração (TA)” x “Frustração (E)” resultou em ($p < 0,05 | p = 0,996537$). Com base no resultado pode-se afirmar que nenhum dos grupos relevantes para o contexto da pesquisa diferem estatisticamente entre si.

4.5.5 Avaliação das interações dos usuários com o UCM

No contexto da avaliação das interações dos usuários com o mapa, foi mensurada a contagem do número de cliques, que representa a quantidade de toques efetuados na tela do dispositivo durante a utilização do UCM. A contagem de toques na tela do dispositivo foi registrada por meio de um *Data Logging*, tanto em ambientes de laboratório quanto na navegação *in situ*. Durante o estudo em campo, os toques foram categorizados de acordo com os diferentes locais da rota, considerando os ambientes: *outdoor*, transição e *indoor*. Os resultados obtidos refletem as interações dos participantes do Grupo 1, avaliados por meio do Protocolo *Think Aloud* (TA), e dos participantes do Grupo 2, avaliados por meio do método Entrevista (E). A (Figura 24) ilustra esses resultados por meio de um gráfico de *boxplot*.

FIGURA 24 – NÚMERO DE CLIQUES CONTABILIZADOS NOS EXPERIMENTOS.



FONTE: O AUTOR.

Os resultados apresentados na (Figura 24) destacaram as diferenças no número de cliques entre o Grupo 1, submetidos a coleta de dados com aplicação do Protocolo *Think Aloud*

(TA), e o Grupo 2, avaliado utilizando o método da Entrevista (E). A contagem de cliques na tela do *smartphone* reflete a execução da tarefa espacial, que compreende o planejamento e a descrição da rota em laboratório e posteriormente, no ambiente *outdoor*. A utilização do UCM em contexto de laboratório revela que o Grupo 1, submetido ao Protocolo *Think Aloud*, apresentou um número mínimo de cliques de 21, uma mediana de 51 e um máximo de 116. Em contraste, o Grupo 2, avaliado através do método Entrevista, registrou um mínimo de 22 cliques, uma mediana de 57 e um máximo de 108. Essa semelhança nas interações sugere que os participantes de ambos os grupos estavam igualmente engajados na tarefa de planejamento da rota. Entretanto, nota-se uma tendência de maior interação com o mapa nos participantes do Grupo 2 avaliados pelo método Entrevista, evidenciada pela mediana mais alta.

A relação entre o número de cliques (Figura 24) e o tempo (Figura 21), representada graficamente, revela uma associação comparável. Em termos simples, quando um participante demandou por uma quantidade maior de tempo para concluir uma tarefa, a quantidade de cliques e interações realizadas no mapa aumentou proporcionalmente. Esse fenômeno foi particularmente notável no contexto de avaliação *in situ*, onde se empregou o método de Entrevista. Os participantes levaram mais tempo para percorrer a rota *in situ*, resultando em um número consideravelmente maior de cliques em comparação com a aplicação do Protocolo *Think Aloud* no mesmo contexto de avaliação.

Os resultados indicaram discrepâncias no número de cliques entre os dois grupos durante a navegação *outdoor*. O Grupo 1, avaliado com o Protocolo *Think Aloud*, exibiu uma variação menos expressiva, com um mínimo de 5 cliques, mediana de 19 e um máximo de 35. No entanto, o Grupo 2, avaliado com o método Entrevista, demonstrou uma variação mais ampla, com um mínimo de 13 cliques, uma mediana consideravelmente mais alta de 125 toques e um máximo chegando a 277 toques. Essa diferença mais uma vez confirma que o método Entrevista resultou em uma interferência que dificultou a recuperação da informação visualizada no mapa. Em outras palavras, a distração gerada impactou negativamente no armazenamento das informações na memória de trabalho, refletindo em uma interação mais intensa com o mapa durante a navegação.

Os resultados demonstraram diferenças no número de cliques entre os grupos durante a navegação na zona de transição. O Grupo 1, avaliado com Protocolo *Think Aloud*, exibiu uma interação mais uniforme, com um mínimo de 5 cliques, uma mediana de 8 e um máximo de 10 cliques. Por outro lado, o Grupo 2, avaliado através do método Entrevista, apresentou uma variabilidade maior, variando de 0 cliques como mínimo a 17 como máximo, com uma mediana

de 4 cliques. Esses resultados demonstram que o método Entrevista gerou uma gama mais ampla de interações com o mapa durante a navegação na zona de transição.

Por fim, os resultados evidenciaram diferenças no número de cliques entre os grupos durante a navegação *indoor*. O Grupo 1, avaliado por meio do Protocolo *Think Aloud*, apresentou uma quantidade de interação relativamente constante, variando de um mínimo de 13 cliques a um máximo de 16 cliques, com uma mediana de 14 cliques. Em contraste, o Grupo 2, submetido ao método Entrevista, demonstrou uma variação notável, com um mínimo de 3 cliques, uma mediana mais baixa de 8 e um máximo de 13 cliques. Além disso, valores discrepantes atingiram um pico de 87 cliques. Esses resultados sugerem que o método Entrevista pode ter induzido uma gama mais ampla e irregular de interações com o mapa durante a navegação *indoor*, em comparação com a aplicação do Protocolo *Think Aloud*.

Em síntese, durante o planejamento da rota em laboratório, ambos os grupos exibiram uma interação semelhante com o mapa, indicando um nível comparável de envolvimento com a tarefa. No entanto, ao se deslocarem para ambientes *outdoor*, a diferença se tornou evidente, com os participantes do Grupo 2, avaliados com o método denominado Entrevista, demonstrando uma interação mais intensa. Essa diferença persistiu durante a navegação na zona de transição, sugerindo uma maior variabilidade no engajamento dos participantes quando o método Entrevista foi aplicado. Além disso, durante a navegação *indoor*, o método Entrevista induziu uma gama mais ampla e irregular de interações com o mapa em comparação com o método *Think Aloud*. Esses resultados evidenciaram a influência do método empregado para coleta de dados e do contexto de uso do mapa, considerando a interação do usuário com o mapa.

Foi realizada a comparação da distribuição entre os grupos, os resultados foram submetidos ao teste estatístico ANOVA uni-fatorial. Os resultados da ANOVA correspondem a de ($p = 0,05 \mid F=0.0127$), o que determina que existem diferenças nas médias dentro dos grupos, em decorrência do valor ser menor que 0,05. Com esse resultado foi aplicado o teste de Tukey, cada contexto com o método de avaliação respectivo. A comparação entre os grupos avaliados em “Laboratório (E)” x “Laboratório (TA)” correspondendo ao valor de ($p < 0,05 \mid p=1.0000000$). Ao comparar os grupos “*Outdoor* (E)” x “*Outdoor* (TA)” os resultados obtidos correspondem a ($p < 0,05 \mid p=0.1333691$). A comparação entre “Transição (E)” x “Transição (TA)” resultou em ($p < 0,05 \mid p=1.0000000$). E por fim a comparação dos tempos “*Indoor* (E)” x “*Indoor* (TA)” resultou em ($p < 0,05 \mid p=0.9999998$). Com base no resultado pode-se afirmar que nenhum dos grupos relevantes para o contexto da pesquisa diferiram estatisticamente.

4.6 COMPARAÇÃO DAS INFORMAÇÕES ESPACIAIS OBTIDAS PELOS MÉTODOS COMPARADOS

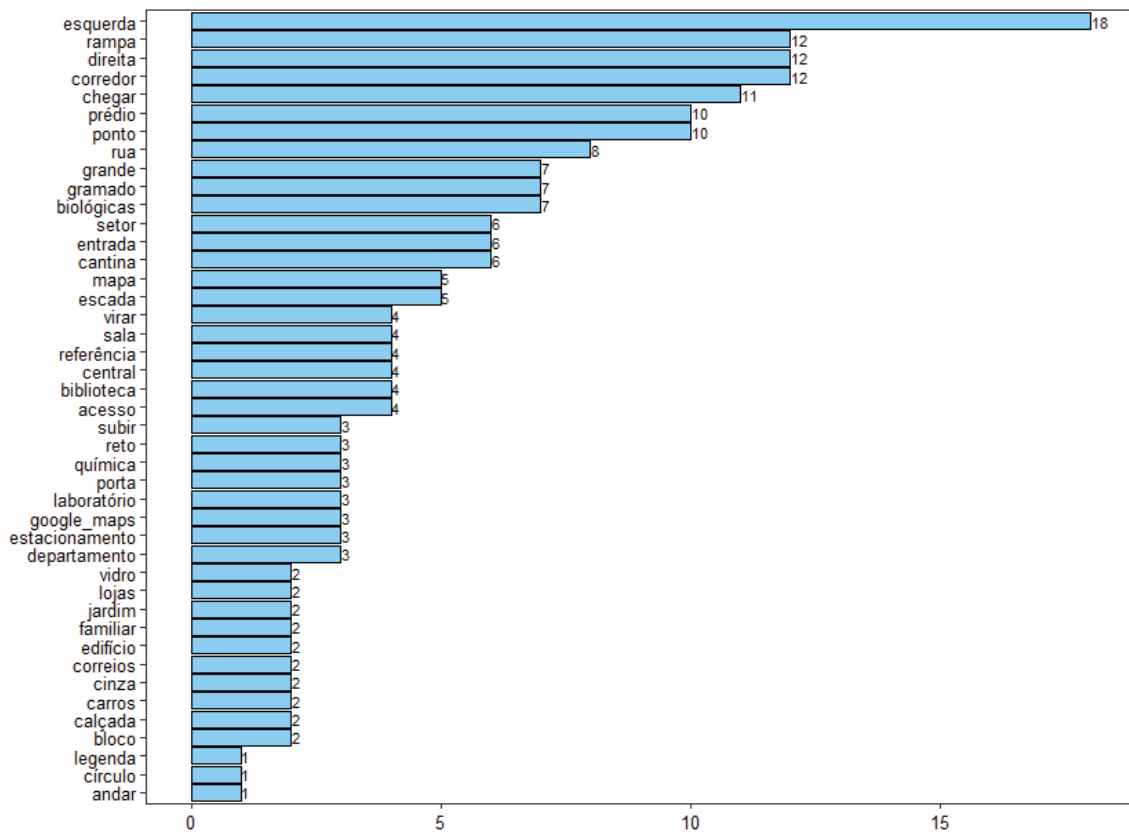
Os resultados foram organizados com base na utilização de pontos de referência na organização e orientação espacial, incluindo a classificação de Pontos de Referência Locais também denominados “pontos de interesse”, conforme Sarot (2020). Além disso, realizou-se a classificação de Pontos de Referência Globais, juntamente com a categorização de descritores relacionados a palavras e ações espaciais. Foi conduzida uma seleção criteriosa das palavras com conotações espaciais, resultando na geração de gráficos que incluíam apenas as palavras relevantes para o escopo da pesquisa, excluindo termos que não contribuíram para os objetivos da tese. A análise das palavras utilizadas foi estratificada com base nos locais onde os testes foram realizados, ou seja, *in situ* e no laboratório, bem como foram considerados os diferentes métodos aplicados, incluindo Entrevistas e o Protocolo *Think Aloud*.

O critério de classificação dos Pontos de Referência Locais, Pontos de Referência Globais e Descritores e Ações Espaciais foi embasado nas definições de Sarot (2020). Sarot (2020), afirma que os Pontos de Referência Locais geralmente são abundantes e estão significativamente próximos ao local da rota. Em contraste, os Pontos de Referência Globais são menos abundantes e estão localizados mais distantes do observador e da rota, conforme também destacado por Antunes (2021). Conforme Antunes (2021), os Pontos de Referência Globais devem possuir um nítido contraste com seus arredores e uma localização espacial proeminente. Além disso, foi considerada a presença de Descritores de Ações Espaciais, que são termos linguísticos com conotação espacial utilizado na comunicação e orientação *in situ*. Englobando termos com conotação espacial categorizados gramaticalmente como substantivos, adjetivos, verbos e advérbios.

4.6.1 Palavras com conotação espacial mencionadas durante a avaliação em laboratório

A análise das palavras mencionadas durante o experimento em laboratório, que apresentaram significado espacial associado, foi conduzida pelo Grupo 1 e avaliada por meio do método Protocolo *Think Aloud*. Esses resultados foram ilustrados na (Figura 25).

FIGURA 25 – NÚMERO DE PALAVRAS EXPERIMENTO EM LABORATÓRIO, GRUPO 1.



FONTE: O AUTOR.

Entre as palavras frequentemente mencionadas pelos participantes do Grupo 1, (Figura 25), avaliados por meio da aplicação do Protocolo *Think Aloud*, destacam-se os termos espaciais “rampa”, “rua”, “prédio” e “corredor”, foram frequentemente mencionadas, sugerindo que os participantes estavam atentos aos elementos do ambiente para formação da rota. Palavras como “esquerda”, “direita”, “chegar”, e “ponto” indicam um foco na localização e referências de destino. Notavelmente, termos como “andar” e “legenda” apareceram em menor frequência, indicando que esses elementos específicos podem não ter sido proeminentes no ambiente ou não foram de alta relevância para a tarefa em questão. Além disso, a presença de termos como “Google Maps” sugere que algumas pessoas realizaram a referência ao mapa digital móvel da empresa Google como forma de comparação com o UCM. As palavras listadas foram classificadas em três categorias: Pontos de Referência Locais, Pontos de Referência Globais e Descritores e ações espaciais, apresentadas no (Quadro 4).

QUADRO 4 – CLASSIFICAÇÃO DAS REFERÊNCIAS ESPACIAIS TRANSCRITAS, EXPERIMENTO EM LABORATÓRIO, GRUPO 1.

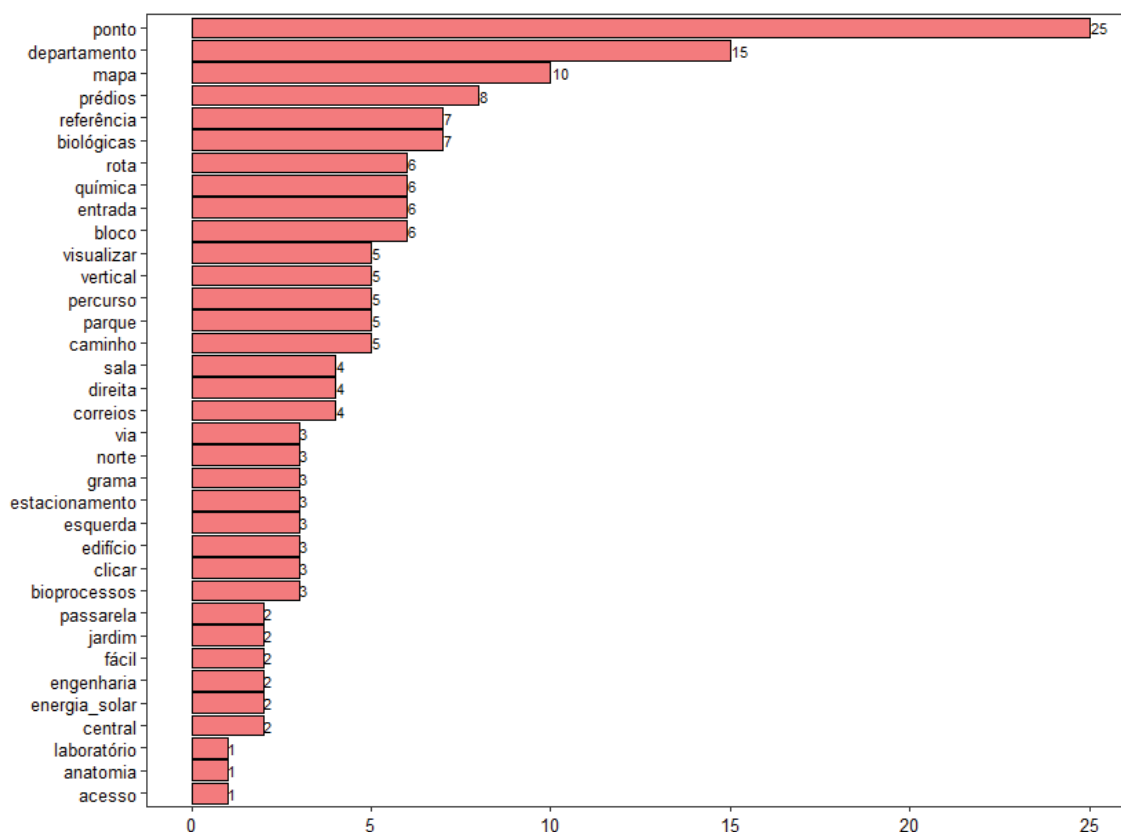
Pontos de Referência Locais	Pontos de Referência Globais	Descritores e ações espaciais
• Entrada	• Rua	• Esquerda

• Corredor • Cantina • Caminho • Calçada • Sala • Escadas • Jardim • Lojas • Laboratório • Porta	• Prédio • Bloco • Química • Edifício • Rampa • Biblioteca • Estacionamento • Correios	• Direita • Chegar • Grande • Ponto • Acesso • Central • Referência • Virar • Reto • Subir • Carros • Cinza • Andar • Círculo • Legenda • Vidro
---	---	--

FONTE: O AUTOR.

O (Quadro 4) contém 11 palavras classificadas como Pontos de Referência Locais. Foram classificadas 9 palavras como Pontos de Referência Globais e 17 palavras foram categorizadas como Descritores e Ações Espaciais, totalizando 37 palavras. A (Figura 26) exhibe as palavras mais frequentemente mencionadas durante a Entrevista aplicada em um contexto controlado em laboratório pelo Grupo 2 de participantes. As palavras com conotação espacial que foram mais mencionadas refletem a ênfase dos participantes na localização, orientação e trajetória durante a interação com o UCM.

FIGURA 26 – NÚMERO DE PALAVRAS EXPERIMENTO EM LABORATÓRIO, GRUPO 2.



FONTE: O AUTOR.

A análise comparativa das palavras captadas pelo método Entrevista (Figura 26), revela algumas nuances notáveis na captação de determinadas palavras. Por exemplo, a palavra “ponto” foi mencionada 25 vezes, evidenciando sua relevância e referindo-se à posição em que o participante se encontrava ao executar a rota, exemplo: “o ponto P1 está próximo ao Correio”. Da mesma forma, “departamento” foi citado 15 vezes, sugerindo sua relevância como um ponto de referência global. No entanto, algumas palavras como “biológicas” e “referência” apareceram apenas 7 vezes. Além disso, a palavra “mapa” foi mencionada 10 vezes, o que pode refletir a importância deste recurso para execução da tarefa. As palavras listadas foram distribuídas em três categorias distintas: Pontos de Referência Locais, Pontos de Referência Globais e Descritores e ações espaciais, conforme apresentado no (Quadro 5).

QUADRO 5 – CLASSIFICAÇÃO DAS REFERÊNCIAS ESPACIAIS TRANSCRITAS, EXPERIMENTO EM LABORATÓRIO, GRUPO 2.

Pontos de Referência Locais	Pontos de Referência Globais	Descritores e ações espaciais
- Entrada - Caminho - Jardim	- Prédios - Bloco - Edifício	- Ponto - Visualizar - Direita

• Laboratório • Parque • Sala • Anatomia	• Biológicas • Engenharia • Química • Bioprocessos • Correios • Via • Passarela • Estacionamento • Energia Solar	• Esquerda • Fácil • Vertical • Grama • Rota • Percurso • Acesso • Referência • Central
---	--	---

FONTE: O AUTOR.

No (Quadro 5), foram quantificadas um total de 31 palavras obtidas com a aplicação do método Entrevista, das quais 7 foram classificadas como Pontos de Referência Locais, 12 foram considerados Pontos de Referência Globais e 12 foram considerados descritores e ações espaciais. No (Quadro 4), foram totalizadas 41 palavras obtidas com a aplicação do método Protocolo *Think Aloud*, com 11 palavras relacionadas a Pontos de Referência Locais, 9 relacionadas a Pontos de Referência Globais e 17 relacionadas a descritores e ações espaciais. Nota-se uma diferença na distribuição das palavras entre os métodos, com o Protocolo *Think Aloud* apresentando um maior número de palavras e uma ênfase ligeiramente maior em descritores e ações espaciais, enquanto o método Entrevista possibilitou maior captação de Pontos de Referência Globais. Essas discrepâncias podem refletir as nuances na maneira como os participantes abordaram e descreveram os elementos virtuais do mapa em função da aplicação dos diferentes métodos de coleta de dados.

4.6.1.1 Análise das palavras mencionadas durante a avaliação em laboratório:

Comparação dos métodos Protocolo *Think Aloud* x Entrevista

• Pontos de Referência Locais

A análise das palavras mencionadas durante a avaliação em laboratório, comparando o método Protocolo *Think Aloud* com o método Entrevista, revela distinções na forma como os participantes descreveram Pontos de Referência Locais. O Grupo 1 avaliado pelo Protocolo *Think Aloud*, os participantes mencionaram uma variedade de Pontos de Referência Locais, como: “Rua”, “Entrada”, “Corredor”, “Cantina”, “Caminho”, “Calçada”, “Sala”, “Escadas”, “Jardim”, “Lojas”, “Laboratório”, “Porta” e “Vidro”. Por outro lado, no método Entrevista, as palavras mencionadas foram mais específicas, como: “Entrada”, “Caminho”, “Estacionamento”, “Energia Solar”, “Jardim”, “Laboratório”, “Parque”, “Sala” e “Anatomia”. O emprego do Protocolo *Think Aloud* levou à elaboração de uma lista mais abrangente de

Pontos de Referência Locais em comparação com a lista mais específica gerada pela aplicação da Entrevista.

- **Pontos de Referência Globais**

A análise das palavras mencionadas durante a avaliação em laboratório, comparando o método Protocolo *Think Aloud* com o método Entrevista, revela diferenças na descrição de Pontos de Referência Globais. No Protocolo *Think Aloud*, os participantes mencionaram termos como “Prédio”, “Bloco”, “Química”, “Edifício”, “Rampa”, “Biblioteca”, “Estacionamento” e “Correios” como Pontos de Referência Globais. Por outro lado, no método Entrevista, além de termos semelhantes, como: “Prédios”, “Bloco”, “Edifício” e “Química”, os participantes também mencionaram palavras adicionais, como: “Biológicas”, “Engenharia”, “Bioprocessos”, “Via” e “Passarela”. O método Protocolo *Think Aloud* resultou em uma descrição mais convencional, focada nos aspectos físicos e estruturais do ambiente, como prédios e departamentos. Por outro lado, a aplicação da Entrevista parece ter incentivado os participantes a mencionar elementos mais abrangentes e relacionados a características geográficas, como direções, vias e estruturas específicas, como a “Passarela”.

- **Descritores e ações espaciais**

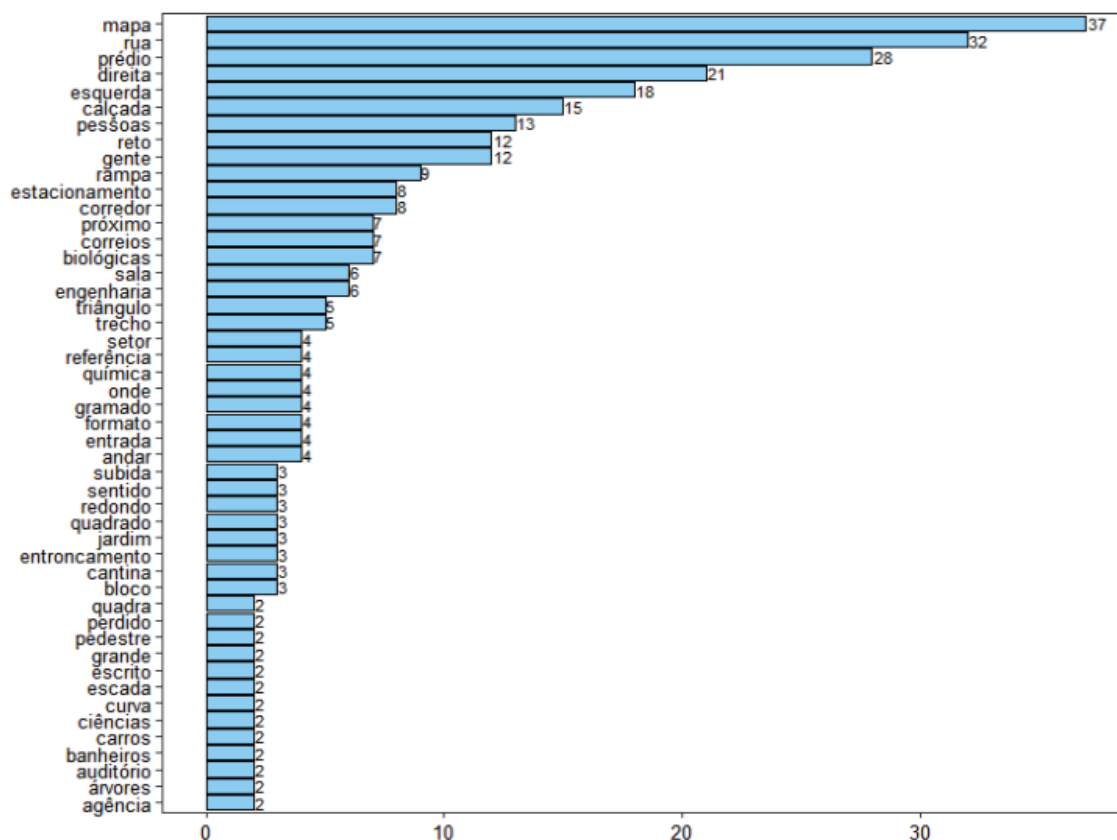
A análise das palavras com conotação espacial mencionadas durante a avaliação em laboratório, comparando o método Protocolo *Think Aloud* com o método Entrevista, revela algumas diferenças em relação aos descritores e ações espaciais. No Grupo 1, avaliado por meio do Protocolo *Think Aloud*, os participantes mencionaram termos como “Esquerda”, “Direita”, “Chegar”, “Grande”, “Ponto”, “Acesso”, “Central”, “Referência”, “Virar”, “Reto”, “Subir”, “Carros”, “Cinza”, “Andar”, “Círculo”, “Legenda” e “Vidro” como descritores e ações espaciais. Por outro lado, no método Entrevista, os participantes mencionaram palavras como “Ponto”, “Visualizar”, “Direita”, “Esquerda”, “Fácil”, “Vertical”, “Grama”, “Rota”, “Percurso”, “Acesso”, “Referência” e “Central” como descritores e ações espaciais.

Essa análise sugere que o Protocolo *Think Aloud* pode ter resultado em uma descrição mais variada e detalhada das ações e características espaciais, incluindo detalhes como orientações “Esquerda”, “Direita” e características específicas “Cinza”, “Vidro”. Em contraste, o método Entrevista parece ter otimizado a coleta de termos especialmente relacionados à interação com mapas e à orientação espacial, como por exemplo: “Rota”, “Percurso” e “Acesso”. Essas diferenças indicam que em contexto de laboratório o método Protocolo *Think Aloud* promoveu uma exploração do mapa, estimulando o participante a refletir e mencionar uma quantidade maior de termos. Por outro lado, o método Entrevista possibilitou a obtenção de palavras mais específicas e descritivas, associadas às ações e características espaciais.

4.6.2 Análise das palavras mencionadas durante a avaliação realizada em campo

A (Figura 27) apresenta as palavras mais mencionadas durante a navegação em campo realizada pelos participantes do Grupo 1, avaliado por meio da aplicação do Protocolo *Think Aloud*.

FIGURA 27 – NÚMERO DE PALAVRAS EXPERIMENTO EM CAMPO, GRUPO 1.



FONTE: O AUTOR.

A análise comparativa das palavras mencionadas e captadas pelo método Protocolo *Think Aloud* (Figura 27), revela nuances na captação de termos relevantes para a orientação espacial. Notavelmente, o termo “mapa” emerge como uma constante, indicando uma forte ênfase na utilização do UCM como recurso para construção da rota, auto orientação e consulta de referências cartográficas durante a navegação. Além disso, a recorrência da palavra “rua” sugere uma atenção significativa a esse elemento como um ponto de referência para a orientação em contextos urbanos. A identificação de termos como “prédio” sugere uma preocupação adicional com pontos de referência arquitetônicos, enquanto a diferenciação entre “direita”, “esquerda” e “reto” evidencia uma ênfase na descrição das direções. A captação de palavras como “calçada”, “pessoas” e “rampa” indica uma atenção ao contexto e à estrutura física do ambiente, ressaltando a importância desses elementos na navegação em campo no contexto

urbano. Além disso, a identificação de palavras específicas como “biológicas”, “correios”, “química” e “referência” corresponde a termos particulares do ambiente, sugerindo atenção aos detalhes específicos. Todas as palavras identificadas foram categorizadas em três categorias distintas: Pontos de Referência Locais, Pontos de Referência Globais e Descritores e Ações Espaciais, conforme apresentado no (Quadro 6).

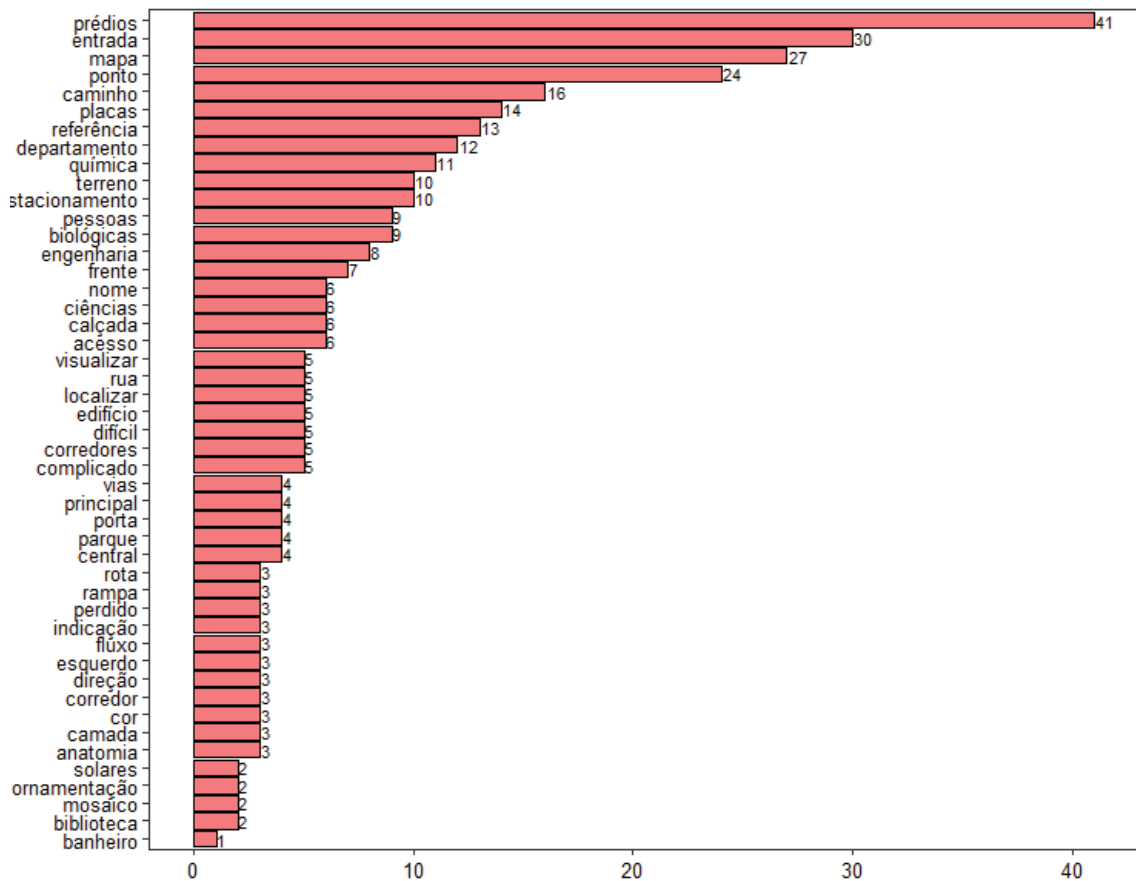
QUADRO 6 – CLASSIFICAÇÃO DAS REFERÊNCIAS ESPACIAIS TRANSCRITAS, EXPERIMENTO EM LABORATÓRIO, GRUPO 1.

Pontos de Referência Locais	Pontos de Referência Globais	Descritores e ações espaciais
• Corredor • Calçada • Sala • Entrada • Gramado • Cantina • Jardim • Auditório • Banheiros • Árvores • Escada • Redondo • Quadrado • Triângulo • Curva	• Rua • Prédio • Agência • Correios • Bloco • Engenharia • Química • Biológicas • Rampa • Quadra • Entroncamento • Estacionamento	• Direita • Esquerda • Reto • Próximo • Trecho • Andar • Onde • Referência • Sentido • Subida • Carros • Grande • Perdido

FONTE: O AUTOR.

No (Quadro 6), foram classificadas como Pontos de Referência Locais um total de 15 palavras. Na classificação de Pontos de Referência Globais, foram identificadas 12 palavras. Já os Descritores e Ações Espaciais foram classificados com 13 palavras, totalizando 40 palavras. A (Figura 28) apresenta as palavras mais mencionadas durante a aplicação do método Entrevista em campo, Grupo 2 de participantes.

FIGURA 28 – NÚMERO DE PALAVRAS EXPERIMENTO EM CAMPO, GRUPO 2.



FONTE: O AUTOR.

Ao comparar as palavras captadas, é possível observar diferenças e nuances na captação de determinadas palavras a partir do método Entrevista (Figura 28). Por exemplo, palavras como “prédio” e “entrada”, classificadas como Pontos de Referência Locais e globais que auxiliam na orientação e navegação em um espaço específico. Já palavras como “caminho”, “complicado”, “difícil” e “perdido” são descritores e ações espaciais que refletem a percepção dos participantes em relação ao ambiente e suas dificuldades em se orientar, quando avaliados por meio do método da Entrevista em um contexto de multitarefas. Palavras como “ponto”, “referência”, “rota”, “nome” e “localizar” também são importantes para entender como os participantes utilizam diferentes elementos para se orientar durante a navegação em campo. Todas as palavras identificadas foram organizadas em três categorias distintas: Pontos de Referência Locais, Pontos de Referência Globais e Descritores e Ações Espaciais, conforme apresentado no (Quadro 7).

QUADRO 7 – CLASSIFICAÇÃO DAS REFERÊNCIAS ESPACIAIS TRANSCRITAS, EXPERIMENTO EM LABORATÓRIO, GRUPO 2.

Pontos de Referência Locais	Pontos de Referência Globais	Descritores e ações espaciais
-----------------------------	------------------------------	-------------------------------

• Entrada • Corredores • Terreno • Acesso • Calçada • Porta • Placas • Anatomia • Corredor • Banheiro	• Rua • Prédios • Edifício • Engenharia • Química • Biológicas • Biblioteca • Estacionamento • Rampa • Solares • Parque • Vias	• Caminho • Complicado • Difícil • Perdido • Ponto • Referência • Rota • Principal • Nome • Localizar • Direção • Esquerdo • Visualizar • Cor • Central • Fluxo • Indicação • Ornamentação
--	---	---

FONTE: O AUTOR.

No (Quadro 7), foram quantificadas um total de 40 palavras obtidas com a aplicação do método Entrevista, das quais 10 foram classificados como Pontos de Referência Locais, 12 foram considerados Pontos de Referência Globais e 18 foram considerados “descritores e ações espaciais”. Ao comparar os resultados obtidos com a aplicação do método Entrevista e do Protocolo *Think Aloud*, é possível observar algumas diferenças na quantidade e qualidade das palavras classificadas em cada categoria. No (Quadro 6), que contém os dados obtidos com o Protocolo *Think Aloud*, foram classificadas 15 palavras como Pontos de Referência Locais, 12 como Pontos de Referência Globais e 13 como Descritores e Ações Espaciais. Em campo, a aplicação do Protocolo *Think Aloud* possibilitou uma captura maior de Pontos de Referência Locais em relação à Entrevista. Foi captada uma quantidade igual de Pontos de Referência Globais. E o método Entrevista possibilitou uma captura maior de palavras classificadas como Descritores e ações espaciais. Englobando termos com conotação espacial categorizados além de substantivos, também incluindo adjetivos, verbos e advérbios.

4.6.2.1 Análise das palavras mencionadas durante a avaliação realizadas em campo, comparação dos métodos Protocolo *Think Aloud* x Entrevista

- **Pontos de Referência Locais**

Ao analisar as palavras mencionadas é possível observar algumas diferenças na captação de Pontos de Referência Locais pelos métodos Protocolo *Think Aloud* e Entrevista. No método Protocolo *Think Aloud*, foram captadas 15 palavras, enquanto no método Entrevista foram captadas 10 palavras. Algumas palavras são comuns aos dois métodos, como: “pessoas”, “calçada”, “banheiro” e “entrada”. No entanto, o método *Think Aloud* possibilitou a captura de uma variedade maior de palavras relacionadas a elementos naturais e espaços de convivência, como: “gente”, “pedestre”, “gramado”, “jardim”, “auditório”, “escada”, “sala” e “árvore”. Já o método Entrevista captou mais palavras relacionadas a elementos de orientação e sinalização, como: “placas”, “porta”, “anatomia” e “corredor”.

A (Figura 29) contém uma imagem dos pontos de referência relacionados ao local de transição da rota, que corresponde às proximidades da entrada do prédio das Ciências Biológicas. Na (Figura 29 - b), pode ser observada a presença de pessoas circulando nas proximidades da entrada do prédio. Essa presença de pessoas foi um fator que contribuiu para a orientação em campo de diversos participantes. Contudo, os participantes do Grupo 1 avaliados com o Protocolo *Think Aloud* mencionaram mais sinônimos referindo-se à presença de pessoas, indicando que a entrada do prédio estava próxima, tais como as próprias palavras “pessoa”, “pedestres” e “gente”. Essa descoberta, obtida a partir das avaliações realizadas em campo, revela como os usuários de mapas, durante a resolução de tarefas espaciais que envolvem navegação, podem se apoiar em referências espaciais diversas e dependentes do contexto espacial, social e cultural.

FIGURA 29 – PONTOS DE REFERÊNCIA, NO LOCAL DE TRANSIÇÃO.



FONTE: O AUTOR.

Na (Figura 29 - a), pode-se observar a presença da lanchonete ou cantina, identificada como um pequeno edifício de cor branca, que serviu como ponto de referência para vários participantes, embora não estivesse representada no UCM. Com o propósito de documentar a visualização dos corredores do ambiente *indoor*, a (Figura 30 - a) possibilitou destacar os principais pontos de referência mencionados durante as avaliações, que foram principalmente os “banheiros”, que apareceram nos dois grupos avaliados, conforme mostrado na (Figura 30 - b). Com a aplicação do método Protocolo *Think Aloud*, a menção a “salas” e “escadas” aparece em destaque, demonstrado na (Figura 30 - c). O método Entrevista captou especialmente palavras, como: “placas”, “porta”, “anatomia” e “corredor”.

FIGURA 30 – PONTOS DE REFERÊNCIA, AMBIENTE *INDOOR*.



FONTE: O AUTOR.

• Pontos de Referência Globais

Ao analisar as palavras mencionadas durante a avaliação em campo, é possível observar algumas diferenças na identificação de “Pontos de Referência Globais” entre os métodos Protocolo *Think Aloud* e Entrevista. No método *Think Aloud*, foram captadas 12 palavras, enquanto no método Entrevista também foram captadas igualmente o total de 12 palavras. Algumas palavras são comuns aos dois métodos, como: “rua”, “prédio”, “engenharia”, “química”, “ciências”, “biológicas”, “rampa” e “estacionamento”. No entanto, o método *Think Aloud* captou uma variedade maior de palavras relacionadas a edifícios e serviços públicos, como: “bloco”, “agência”, “correios”, “quadra”, “entroncamento” e “setor”. Já o método Entrevista captou mais palavras relacionadas a espaços de convivência e lazer, como: “parque”, “solar”, “biblioteca” e “vias”.

Na (Figura 29), foi destacado a imagem do ponto de referência “rampa”, mencionado por participantes de ambos os grupos experimentais, presente no local de transição da rota. Observou-se que os Pontos de Referência Globais estão intimamente relacionados aos elementos presentes nos ambientes, particularmente no local de transição, dentro do contexto do experimento realizado. A única palavra que pode ser relacionada a algum ponto de referência em contexto *indoor* corresponde a “entroncamento”, captada pelo Protocolo *Think Aloud*. Ao

analisar a gravação do experimento, notou-se que essa palavra estava associada ao entroncamento dos corredores do prédio das Ciências Biológicas conforme mostrado pela (Figura 30). No entanto, em circunstâncias específicas e com uma ocorrência menos frequente, a mesma palavra também foi empregada para descrever o entroncamento de ruas em ambiente *outdoor*.

- **Descritores e ações espaciais**

Ao analisar os descritores e ações espaciais mencionadas durante a avaliação em campo, é possível identificar que no método Protocolo *Think Aloud*, há um total de 13 palavras mencionadas. No método de Entrevista, há um total de 18 palavras mencionadas. Entretanto no método *Think Aloud*, as palavras mencionadas estão principalmente relacionadas à orientação espacial e à localização, como: “Direita”, “Esquerda”, “Reto”, “Próximo”, “Trecho” e “Andar”. Isso sugere que os participantes estavam mais focados em descrever suas ações e movimentos no espaço físico.

Por outro lado, no método de Entrevista, as palavras mencionadas estão mais relacionadas à interpretação e avaliação da experiência, como: “Complicado”, “Difícil”, “Perdido”, “Principal” e “Visualizar”. Isso sugere que os participantes estavam mais focados em expressar suas opiniões e sentimentos sobre a experiência. Além disso, algumas palavras são comuns aos dois métodos, como: “Referência” e “Perdido”. Isso indica que ambos os métodos capturam aspectos da experiência do usuário, como a necessidade de referências para navegação e a sensação de desorientação.

Assim como para os outros conjuntos de palavras analisados, foi constatado que, enquanto o método Protocolo *Think Aloud* possibilitou capturar mais detalhes sobre as ações dos usuários no espaço físico, o método de Entrevista se mostrou eficaz em capturar as interpretações e avaliações dos usuários sobre a experiência relacionada à navegação. Algumas palavras captadas por meio do método da Entrevista se destacaram por possuírem uma conotação negativa, como a sequência: “Complicado”, “Difícil” e “Perdido”. Portanto, essas palavras refletem aspectos emocionais que não foram tão evidentes na aplicação do método *Think Aloud*, proporcionando uma compreensão de como essas emoções podem influenciar a eficácia da navegação e a satisfação do usuário, dependendo do método de avaliação empregado e do contexto do experimento.

4.7 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO COMPARADOS

Os resultados indicam que os métodos mais frequentemente empregados para a avaliação de mapas digitais móveis corresponderam ao Questionário, geralmente combinado com Entrevista e/ou Protocolo *Think Aloud*. Seguido da utilização do método *Data Logging* e esboço de Mapa cognitivo. Foi observado que, de modo geral, são utilizadas combinações de métodos que possibilitam a coleta de dados tanto qualitativos quanto quantitativos. Os experimentos evidenciaram uma propensão a serem conduzidos de maneira moderada em diferentes contextos, sendo que o local de aplicação pode variar entre ambientes *indoor* e *outdoor*, dependendo da natureza do mapa avaliado e do objetivo da avaliação. Observou-se, entretanto, uma leve tendência para a realização das avaliações em espaços *indoor*. É importante destacar que a escolha do ambiente de aplicação e do método empregado para coletar dados pode impactar significativamente nos resultados obtidos. Portanto, é essencial considerar esses fatores ao projetar e conduzir avaliações de mapas digitais móveis.

4.8 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS AVALIAÇÃO EM CONTEXTOS DISTINTOS

4.8.1 Comparação entre os métodos: Protocolo *Think Aloud* e Entrevista aplicados em laboratório

A combinação metodológica para avaliar mapas digitais móveis em tarefas de navegação pode variar de acordo com o contexto e os objetivos da pesquisa. No caso do planejamento e proposição de rota realizado em laboratório, tanto o método Entrevista como o Protocolo *Think Aloud* mostraram-se adequados para analisar a capacidade dos participantes em utilizar o UCM, planejar rotas e escolher caminhos adequados em laboratório. O método Protocolo *Think Aloud* permitiu observar o pensamento verbalizado pelo participante, revelando *insights* valiosos sobre o processo de tomada de decisões e a utilização de pontos de referência presentes no mapa. No entanto, é importante destacar que o método pode apresentar limitações, como a dificuldade na identificação precisa de elementos espaciais e na avaliação de funcionalidades específicas do mapa que não estejam claramente instruídas na tarefa espacial, devido à expressão livre de ideias por parte do participante.

Por outro lado, o método de Entrevista se mostrou eficaz para avaliar a capacidade dos participantes em planejar rotas e propor alternativas de navegação. Esse método permitiu uma interação direta entre o avaliador e o participante, facilitando a expressão de detalhes espaciais e o debate sobre decisões realizadas. Os participantes demonstraram habilidades de planejamento, como a identificação de atalhos e a utilização de informações contextuais presentes no mapa. Além disso, o método de Entrevista também possibilitou explorar a

percepção dos participantes em relação a elementos ausentes ou inconsistentes no mapa, como a dificuldade dos participantes em acessar a legenda para verificar a simbologia representada no mapa. No entanto, é relevante destacar que a aplicação do método Entrevista demanda um tempo mais extenso e a necessidade da presença de um avaliador qualificado para conduzir a sessão de teste.

Em comparação com os resultados obtidos por meio dos métodos aplicados em laboratório, observou-se que o tempo de utilização do mapa no laboratório foi levemente menor para os participantes que foram avaliados com o método Protocolo *Think Aloud* em comparação com o método Entrevista. Os usuários que planejaram suas rotas e foram avaliados por meio de Entrevistas demonstraram uma tendência a gastar mais tempo interagindo com o mapa. Isso foi evidenciado pela contagem de cliques registrada pelo *Data Logging*, a qual apresentou um ligeiro aumento no método Entrevista em comparação com o Protocolo *Think Aloud*.

No que diz respeito à carga mental de trabalho, avaliada por meio da aplicação do NASA-TLX, verificou-se que a demanda mental foi maior no Grupo 1, avaliado por meio do Protocolo *Think Aloud* em relação ao Grupo 2, avaliado pelo método Entrevista. Durante a Entrevista, os participantes avaliados no laboratório demonstraram melhor desempenho, uma menor demanda temporal, uma demanda física reduzida, uma demanda mental inferior, um esforço reduzido e uma menor sensação de frustração em comparação com o Protocolo *Think Aloud*, onde esses critérios foram mais elevados.

Entretanto, em relação à quantidade de palavras com relevância espacial mencionadas durante a avaliação em laboratório, observou-se uma frequência menor no método Entrevista em comparação com o Protocolo do *Think Aloud*. No último, foi evidenciada uma maior quantidade de palavras associadas a descritores espaciais, Pontos de Referência Locais e globais em comparação com o método da Entrevista. Em contrapartida, a abordagem da Entrevista permitiu a obtenção mais diversificada de palavras relacionadas às ações e características do espaço representadas no mapa digital móvel.

4.8.2 Comparação entre os métodos: *Think Aloud* e Entrevista aplicados *in situ*

Os resultados dos experimentos envolvendo a utilização do mapa durante a navegação em campo foram distintos dos obtidos em laboratório. Os participantes avaliados pelo método Protocolo *Think Aloud*, em geral, não modificaram sua rota planejada em relação à rota realizada *in situ*. Normalmente, seguiram a rota com poucas improvisações ao longo do caminho. Também foi observada uma quantidade menor de interferência, na qual o participante tinha menos probabilidade de perder o raciocínio espacial e ficar desorientado. Portanto, o

método *Think Aloud* aplicado em campo se mostrou eficiente para a realização da rota em relação aos participantes avaliados pelo método Entrevista.

A aplicação do método de Entrevista realizada em campo resultou em diversos participantes que planejaram a rota no laboratório, mas não conseguiram seguir a mesma rota em campo. Todas as rotas foram adaptadas, o que mostra uma desconexão entre a realização do planejamento virtual da rota em laboratório e a realização prática em campo. A partir da aplicação do método de Entrevista, foi constatado que parte dos participantes, além de ter modificado a rota em relação ao planejado, não conseguiram cumprir a tarefa espacial, que consistia em navegar do ponto P1 em direção ao ponto P2. Alguns participantes demonstraram desorientação no meio do percurso, necessitando realizar processos de reorientação e buscar novos pontos de referência, inclusive resultando na incapacidade do participante conseguir concluir a tarefa espacial.

No que se refere aos mapas cognitivos elaborados pelo Grupo 1 de participantes, que realizaram a navegação em campo e foram avaliados utilizando o Protocolo *Think Aloud*, observou-se que esses mapas eram mais completos em comparação com os participantes do Grupo 2. Eles continham uma variedade de elementos relacionados aos ambientes *outdoor*, *indoor* e de transição. Os elementos presentes no mapa incluíram ruas, prédios, a disposição de jardins, gramados, estacionamentos e elementos visuais, tais como árvores, postes e outros objetos. Isso demonstra que a retenção de memória espacial de longo prazo da rota foi mais eficaz com a aplicação do Protocolo *Think Aloud*.

A quantidade de informações adquiridas pelos participantes e representadas nos mapas cognitivos esboçados pelos participantes do Grupo 1 avaliados pelo Protocolo *Think Aloud* é maior em relação ao Grupo 2 avaliado pelo método Entrevista. Por exemplo, prédios, ruas, a rampa no ambiente de transição e também questões relacionadas ao ambiente *indoor*, como corredores, escadas e placas, são elementos mais representativos e evidentes nos esboços elaborados pelos participantes avaliados pelo Protocolo *Think Aloud* em relação aos participantes avaliados pelo método Entrevista.

Outra métrica mensurada e comparada foi o tempo de navegação, no qual os participantes que foram avaliados pelo Protocolo *Think Aloud*, em geral, levaram menor quantidade de tempo para navegar no ambiente *outdoor* do que os participantes avaliados pelo método Entrevista, que levaram um tempo maior de navegação no ambiente *outdoor*. O tempo de navegação no ponto de transição entre o ambiente *outdoor* e *indoor* foi comparável entre os participantes avaliados pelo Protocolo *Think Aloud* e aqueles avaliados pelo método Entrevista. Na avaliação *in situ*, os participantes do Grupo 1, avaliados por meio do método do Protocolo

Think Aloud, apresentaram uma carga mental de trabalho inferior em comparação aos participantes do Grupo 2, avaliados por meio do método da Entrevista, os quais demonstraram uma carga mental de trabalho mais elevada.

Em relação à navegação *indoor*, os participantes avaliados pelo método *Think Aloud* levaram mais tempo em comparação com os participantes avaliados pelo método Entrevista. Isso se deve principalmente ao fato de que alguns participantes avaliados pelo método Entrevista não conseguiram navegar com sucesso nesse ambiente, não chegando ao ponto final, enquanto os participantes avaliados pelo método do Protocolo *Think Aloud*, em geral, conseguiram chegar até o final da rota no P2, concluindo a tarefa espacial com sucesso.

4.9 AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS COMBINADAS

A avaliação de mapas digitais móveis é um processo complexo que requer uma combinação de abordagens metodológicas para obter dados abrangentes. Ao comparar os métodos Protocolo *Think Aloud* e Entrevista, foi observado que, nos experimentos em laboratório, o método Entrevista estimulou uma maior expressão verbal por parte dos participantes em comparação com o Protocolo *Think Aloud*. Isso ocorreu porque a Entrevista é caracterizada por uma abordagem mais interativa, na qual o entrevistador pode fazer perguntas e comentários para estimular o participante a fornecer mais informações sobre sua experiência, com o método se destacando especialmente para avaliações de UX em contexto de laboratório. No entanto, durante a navegação em campo, em um contexto de multitarefa, o método da Entrevista não se mostrou adequado para a avaliação de mapas, sendo superado pelo Protocolo *Think Aloud*.

Contudo, a escolha dos métodos depende de adaptações ao contexto específico da avaliação, com o Protocolo *Think Aloud* se revelando uma escolha mais adequada para investigar aspectos relacionados à execução prática da rota *in situ*. Enquanto o método denominado Entrevista se mostrou mais adequado para avaliar a UX durante a realização de tarefas específicas e utilização das funcionalidades do mapa em contexto de laboratório. O método Entrevista não se mostrou a melhor opção para avaliações realizadas *in situ*, especialmente em situações envolvendo o gerenciamento simultâneo de tarefas múltiplas.

Os resultados indicaram que o Protocolo *Think Aloud* se mostrou adequado que a Entrevista em diversos critérios de avaliação, exceto pelo planejamento da rota, Uso do mapa no laboratório e percepção de carga de trabalho em laboratório. Isso sugere que o *Think Aloud* pode ser uma boa alternativa para avaliar mapas digitais móveis em situações reais (*in situ*), por

outro lado, a Entrevista se recomenda empregar para avaliar aspectos cognitivos e estratégicos envolvendo a utilização do mapa em laboratório.

Uma possível explicação para essa diferença é que o Protocolo *Think Aloud* permite capturar as reações imediatas e espontâneas dos usuários, enquanto a Entrevista pode induzir os participantes à reflexão e o gerenciamento de ideias conflitantes. Em contexto real de uso do mapa os usuários estão expostos a diversos estímulos e são facilmente confrontados com a necessidade do usuário necessitar resolver multitarefas. Diferentemente da utilização do mapa em laboratório, no qual são aplicadas tarefas específicas sem a necessidade dos usuários terem que gerenciar fatores externos que podem interferir diretamente no uso do mapa, como a qualidade das calçadas, a presença de pedestres, automóveis em movimento, mudanças climáticas ou outros aspectos que podem representar desafios durante a navegação *in situ*. Portanto, o Protocolo *Think Aloud* se revelou uma alternativa adequada para investigar detalhes sobre os processos mentais dos usuários de mapas sem causar interferências significativas nas estratégias de navegação em campo ou na retenção de informações espaciais, em comparação com a Entrevista, que pode facilmente influenciar o participante por meio da formulação de perguntas, levando-o a apresentar um desempenho inferior durante as avaliações *in situ*.

4.9.1 Combinação metodológica recomendada avaliação considerando o contexto

Com base nos resultados apresentados e na comparação entre os métodos de avaliação Protocolo *Think Aloud* e Entrevista aplicados em laboratório e em campo, ficou evidenciado que a escolha do método de avaliação deve ser adaptada ao contexto específico da pesquisa e aos objetivos da avaliação. É importante considerar que os experimentos realizados para a avaliação de mapas digitais móveis geralmente são conduzidos de forma moderada. Outro fator a ser considerado na aplicação das avaliações em campo é a utilização de metodologias combinadas para a coleta de dados, como o Questionário, que possui ampla aplicação para coleta de diversas formas de dados. Além disso, a combinação com *Data Logging* permitiu a coleta de dados produzidos e disponibilizados pelo próprio dispositivo móvel. Com base nos resultados desta pesquisa, foi elaborado o (Quadro 8), que indica a combinação metodológica que apresentou adequado desempenho para avaliação de mapas digitais móveis, considerando a coleta de dados qualitativos e quantitativos, bem como a consideração do contexto de uso.

QUADRO 8 – COMBINAÇÃO METODOLÓGICA SUGERIDA.

CONTEXTO	DISPOSITIVO	COMBINAÇÃO METODOLÓGICA SUGERIDA	GRUPOS
<i>IN SITU</i>	<i>smartphone</i>	Protocolo <i>Think Aloud</i> , <i>Data Logging</i> , Mapa cognitivo e Questionário	A-B-C-D

LABORATÓRIO		Entrevista, <i>Data Logging</i> e Questionário.	A-C-D
-------------	--	---	-------

FONTE: O AUTOR.

Conforme a recomendação apresentada no (Quadro 8), a utilização do Protocolo *Think Aloud* em campo demonstrou ser uma boa opção para avaliação da utilização de mapas em tarefas de navegação em campo, especialmente em relação à retenção de informações espaciais, descrição de referências espaciais e uso dos elementos cartográficos presentes no mapa. Portanto, na aplicação *in situ* do experimento utilizando o smartphone como dispositivo de acesso ao mapa, é proposto a combinação dos métodos Protocolo *Think Aloud*, *Data Logging*, Mapa Cognitivo e Questionário para a coleta de dados. Esta abordagem metodológica possibilitou a identificação de informações utilizadas durante a navegação em, envolvendo o reconhecimento e diferenciação de objetos conforme preconizado por Board (1984), destacando a capacidade de identificação e estimativa de quantidades. As análises realizadas permitiram identificar pontos de referência tanto no mapa digital quanto *in situ*, alinhando-se com a tarefa de "localização e identificação de objetos" proposta por Board (1984). Assim como a coleta de dados relativos à adaptação da percepção de espaço dos participantes ao transitarem por diversos ambientes.

Entretanto, a utilização do método da Entrevista, embora tenha se mostrado menos eficaz na avaliação da navegação *in situ*, revelou-se útil para a coleta de informações qualitativas sobre a experiência do usuário, particularmente em cenários de laboratório, em experimentos que não envolvam a exposição do participante à solução de multitarefas. Possibilitando o emprego de perguntas diretas e a adaptação à dinâmica aos desafios experimentais. Sendo importante destacar que os resultados indicaram uma carga de trabalho geralmente menor durante a aplicação da Entrevista em laboratório.

Portanto, com base nos resultados obtidos e analisados, esta pesquisa demonstra que existe uma relação entre as características dos métodos utilizados para a coleta de dados em experimentos com usuários de mapas digitais móveis e o contexto em que a avaliação ocorreu. No entanto, é importante salientar que a sugestão apresentada no (Quadro 8) pode ser adaptada caso a natureza da tarefa de utilização do mapa ou as características do experimento se modifiquem em comparação com o experimento realizado na presente pesquisa. Isso decorre do contexto específico desta pesquisa, que está direcionada à tarefa espacial relacionada à concepção e navegação utilizando um mapa digital móvel acessado por meio de *smartphone*.

5 CONCLUSÕES

Nesta pesquisa, foram identificadas e comparadas metodologias adaptadas para avaliar a utilização de mapas digitais em dispositivos móveis, levando em consideração fatores ambientais e contextuais relevantes para a avaliação. Após análise, os resultados revelaram uma relação entre as características dos métodos de avaliação empregados e o contexto experimental de uso do mapa. Verificou-se que as abordagens comumente utilizadas para avaliar mapas digitais móveis consistem na utilização de Questionários, frequentemente complementados por Entrevistas e/ou o Protocolo *Think Aloud*, com o propósito de coletar dados qualitativos e quantitativos. Essas avaliações são geralmente conduzidas em experimentos controlados de forma moderada.

Realizou-se uma análise comparativa entre o Protocolo *Think Aloud* e o Entrevista, com o objetivo de discernir suas respectivas vantagens e limitações na avaliação de mapas digitais móveis no contexto de planejamento de rota e navegação pessoal. Conclui-se que, em ambientes laboratoriais, a Entrevista se destaca na captura de nuances na utilização de mapas, oferecendo uma avaliação detalhada da experiência do usuário ao realizar tarefas e explorar funcionalidades específicas do mapa. Contudo, em situações de navegação em campo, que envolvem multitarefas, obstáculos diversos, atenção dividida com a dinâmicas de movimentação de pessoas e veículos, e variações climáticas, a Entrevista revelou-se inadequada para a avaliação de mapas, sendo superada pelo Protocolo *Think Aloud*.

Por outro lado, o Protocolo *Think Aloud* demonstrou ser eficaz na coleta de dados *in situ*, proporcionando *insights* detalhados sobre os processos cognitivos dos usuários de mapas, sem provocar perturbações significativas em suas estratégias de navegação em campo ou interferir significativamente na retenção de informações espaciais. Essa eficácia decorre do contexto genuíno de uso do mapa, no qual os usuários são expostos a uma variedade de estímulos e frequentemente enfrentam a necessidade de realizar tarefas múltiplas, tendo que readaptar constantemente seus mapas mentais. Esse cenário contrasta com a utilização do mapa em laboratórios, nos quais tarefas específicas são aplicadas sem a necessidade de considerar outros fatores que possam afetar diretamente o usuário do mapa.

A pesquisa demonstrou que o Protocolo *Think Aloud* é eficaz na captura de reações imediatas dos usuários, proporcionando uma compreensão mais aprofundada de seus processos cognitivos espontâneos. Por outro lado, a Entrevista depende significativamente da memória e da reflexão dos usuários, podendo ser influenciada pela formulação das perguntas e afetar as estratégias de navegação em campo, bem como a retenção de informações espaciais. Em

cenários de uso de mapas *in situ*, o Protocolo *Think Aloud* é adequado devido às situações de tarefas múltiplas submetendo o usuário do mapa à necessidade de gerenciar estímulos variados. A Entrevista é mais apropriada para avaliar estratégias de uso de mapas em laboratório. A abordagem metodológica identificada e comparada para avaliar mapas digitais móveis, com foco nos smartphones, aprofundou aspectos relacionados ao processo de coleta de dados qualitativos e quantitativos, permitindo a integração dos dados e análise comparativa em função do contexto. Essa análise integrada fortaleceu a fundamentação teórica sobre avaliação de mapas digitais móveis, proporcionando uma base sólida para as conclusões e recomendações apresentadas.

Além disso, o estudo também contribuiu para uma compreensão mais aprofundada do processo de planejamento de rotas e sua execução em campo, com foco especial na utilização do mapa, captura da observação de elementos presentes no terreno e no armazenamento de pontos de referência e descrições espaciais em diversos contextos. Um aspecto notável foi o emprego de referenciais espaciais, como prédios, ruas, rampa, escadas, corredores e observação do fluxo de pessoas como confirmação de caminhos navegáveis. No laboratório os usuários se concentraram na geometria dos elementos, com destaque para as ruas, rampa e corredores representada no UCM. No qual os participantes realizaram um exercício mental sobre como poderiam percorrê-los no terreno, buscando o caminho mais otimizado entre os pontos P1 e P2. Isso desempenhou um papel fundamental como pontos de referência facilitação da orientação, sobretudo no ambiente de transição e *indoor* durante a navegação *in situ*. Portanto, os experimentos realizados evidenciaram que a integração de pontos de referência desempenha um papel crucial na compreensão da rota e é influenciada pelo ambiente de uso do mapa.

Verificou-se que, durante a navegação *in situ*, os usuários enfrentaram a necessidade constante de reorientação, a recuperação da memória de pontos de tomada de decisão ao longo da rota e a verificação mental dos objetivos a serem alcançados, como a chegada ao destino específico ou a identificação de pontos de referência particulares. Essas atividades desempenharam um papel na promoção da confiança dos usuários de mapas móveis e foram importantes para a conclusão bem-sucedida de tarefas espaciais realizadas em campo. Além disso, observou-se que, ao adentrarem em ambientes *indoor* desconhecidos, os usuários de mapas digitais móveis frequentemente ingressaram com uma rota mental previamente estabelecida, minimizando a necessidade de adaptações de última hora e, assim, proporcionando uma navegação mais confiante por algum tempo, até que seus mapas cognitivos sejam alterados para referências locais. Portanto, as pausas na área de transição desempenham

um papel significativo na otimização da transição entre ambientes *outdoor* para o *indoor*, contribuindo para a auto orientação e a eficácia da navegação em campo.

Como sugestão para pesquisas futuras, recomenda-se o desenvolvimento de um Protocolo que formalize o processo de filtragem, análise e aproveitamento dos dados superabundantes, com destaque para os dados gerados pela metodologia validade e proposta nesta pesquisa. Outro aspecto que merece uma investigação detalhada é a navegação em ambientes *indoor*, com foco na utilização de pontos de referência e na identificação de rotas alternativas para navegar em cenários que envolvem a transição entre andares nos edifícios de grande porte. Além disso, é aconselhável comparar o método Protocolo *Think Aloud* com a aplicação do método Observação do Usuário, com foco na análise de métodos que minimizem a intervenção do moderador no processo de avaliação, visando evitar influências negativas na coleta de dados *in situ*. Adicionalmente, propõe-se o desenvolvimento e aplicação de uma metodologia de avaliação sem moderação, permitindo a coleta de dados com um controle experimental reduzido, conduzido remotamente e minimizando a interferência do moderador durante a sessão experimental. Por fim, é crucial ressaltar que superar os desafios intrínsecos associados às avaliações envolvendo usuários de mapas *in situ* é fundamental, pois essa abordagem é essencial para compreender os variados aspectos que afetam a utilização em contextos reais e a aceitação dos mapas pelos usuários.

REFERÊNCIAS

- ABEDI, G. H.; FEIZIZADEH, B.; BLASCHKE, T. **GIS-based forest fire risk mapping using the analytical network process and fuzzy logic**. Journal of Environmental Planning and Management, v. 63, n. 3, p. 481-499, 2020.
- ABREU, L.; MORAES, A. **Point Navigation Map method to track low-income mobile user's interaction**. Work, v. 41, n. 1, p. 3438-3442, 2012.
- ADITYA, T.; LAKSONO, D.; SUTANTA, H.; IZZAHUDIN, N.; SUSANTA, F. **A usability evaluation of a 3D map display for pedestrian navigation**. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences. v.10, 2018.
- ALGHAMDI, A. S.; AL-BADI, A. L. I. H.; ALROOBAA, R. O. O. B. A. E. A.; MAYHEW, P. A. M. J. **A comparative study of synchronous and asynchronous remote usability testing methods**. International Review of Basic and Applied Sciences, v.1, n.3, p.61-97, 2013.
- ALYRIO, R. D. **Métodos e técnicas de pesquisa em administração**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, p. 58-60, 2009.
- AMORIM, F. R.; PUGLIESI, E. A. **Static and dynamic flow maps: Comparing the usability between impaired color vision and normal color vision**. Boletim de Ciências Geodésicas, v.27, 2021.
- ANDRADE, A. F.; SLUTER, C. R. **Avaliação de Símbolos Pictóricos em Mapas Turísticos**. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 18, n.2, p.242-261., 2012.
- ANDRIENKO, N.; ANDRIENKO, G.; GATALSKY, P. **Exploratory spatio-temporal visualization: an analytical review**. Journal of Visual Languages & Computing, v.14, n.6, p.503-541, 2003.
- ANTUNES, A. P. **Inclusão de aspectos semânticos no padrão indoorgml a partir da definição de pontos de referência**. Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba, 2021.
- ARDISSONO, L.; DELSANTO, M.; LUCENTEFORTE, M.; MAURO, N.; SAVOCA, A.; SCANU, D. Map-based visualization of 2D/3D spatial data via stylization and tuning of information emphasis. **In Proceedings of the 2018 International Conference on Advanced Visual Interfaces**, p.1-5, 2018.
- BAKER, R.; SUN, X. **Empirical Development of Heuristics for Touch Interfaces**. Age, v.21, n.30, p.31-40, 2016.
- BANNERT, M.; MENGELKAMP, C. **Assessment of metacognitive skills by means of instruction to think aloud and reflect when prompted**. Does the verbalisation method affect learning. Metacognition Learning, p.39-58, 2008.
- BARTLING, M.; HAVAS, C. R.; WEGENKITTL, S.; REICHENBACHER, T.; RESCH, B. **Modeling patterns in map use contexts and mobile map design usability**. ISPRS International Journal of Geo-Information, v. 10, n. 8, p. 527, 2021.

- BARTLING, M.; RESCH, B.; EITZINGER, A.; ZURITA-ARTHOS, L. **A multi-national human-computer interaction evaluation of the public participatory GIS GeoCitizen.** GI_Forum, v.7, p.19-39, 2019.
- BARTLING, M.; RESCH, B.; REICHENBACHER, T.; HAVAS, C. R.; ROBINSON, A. C.; FABRIKANT, S. I.; BLASCHKE, T. **Adapting mobile map application designs to map use context: a review and call for action on potential future research themes.** Cartography and Geographic Information Science, v. 49, n. 3, p. 237-251, 2022.
- BARTLING, M.; ROBINSON, A. C.; RESCH, B.; EITZINGER, A.; ATZMANSTORFER, K. **The role of user context in the design of mobile map applications.** Cartography and Geographic Information Science, v. 48, n. 5, p. 432-448, 2021.
- BASIRI A, AMIRIAN, P, WINSTANLEY A, MARSH S, MOORE T, GALES G. **Seamless Pedestrian Positioning and Navigation Using Landmarks.** The Journal of Navigation. v. 69: p. 24–40, 2016.
- BERNELIND, S. Navigation in Augmented Reality, Navigation i Augmented Reality. **In Media And Interaction Design (MID), Second Level Stockholm, Sweden, 2015.**
- BERTIN, J. **Semiology of Graphics.** Madison, WI: University of Wisconsin Press, 1983.
- BIEDENWEG, K.; TRIMBACH, D.; DELIE, J.; SCHWARZ, B. **Using cognitive mapping to understand conservation planning.** Conservation Biology, v. 34, n. 6, p. 1364-1372, 2020.
- BOARD, C. **Higher order map-using tasks: Geographical lessons in danger of being forgotten.** Cartographica. v.11, n.1, p.85-97, 1984.
- BRADÉ, J.; LORENZ, M.; BUSCH, M.; HAMMER, N.; TSCHELIGI, M.; KLIMANT, P. **Being there again—Presence in real and virtual environments and its relation to usability and user experience using a mobile navigation task.** International Journal of Human-Computer Studies, v. 101, p. 76-87, 2017.
- BRAGA, V. G.; CORREA, S. L.; CARDOSO, K. V.; VIANA, A. C. **Data-Driven Characterization and Modeling of Web Map System Workload.** IEEE Access, v.9, 2021.
- BRATA, K. C.; LIANG, D. **An effective approach to develop location-based augmented reality information support.** International Journal of Electrical and Computer Engineering, v. 9, n. 4, p. 3060, 2019.
- BRATA, K. C.; LIANG, D. **Comparative study of user experience on mobile pedestrian navigation between digital map interface and location-based augmented reality.** International Journal of Electrical and Computer Engineering, v. 10, n. 2, p. 2037, 2020.
- BRATA, K. C.; PINANDITO, A.; ANANTA, M. T.; PRIANDANI, N. D. Design of public transportation navigation system on android wear device. **In: 2017 International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology (SIET),** p. 385-391, 2017.
- BRATA, K. C.; PINANDITO, A.; PRIANDANI, N. D.; ANANTA, M. T. **Usability improvement of public transit application through mental model and user journey.** TELKOMNIKA-Telecommunication Computing Electronics and Control, v. 19, n. 2, p. 397-405, 2021.

- BRENNAN, H. C. **Mental mapping the ‘creative city’**. *Journal of Maps*, 6(1), 250–259, 2010.
- BROCK, A. M.; TRUILLET, P.; ORIOLA, B.; PICARD, D.; JOUFFRAIS, C. **Interactivity improves usability of geographic maps for visually impaired people**. *Human-Computer Interaction*, v. 30, n. 2, p. 156-194, 2015.
- BRUGGER, A.; RICHTER, K. F.; FABRIKANT, S. I. **How does navigation system behavior influence human behavior?**. *Cognitive research: principles and implications*, v. 4, p. 1-22, 2019.
- BURIAN, J.; POPELKA, S.; BEITLOVA, M. **Evaluation of the cartographical quality of urban plans by eye-tracking**. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v.7, n.5, 2018.
- BUZIEK, G. **Dynamic elements of multimedia cartography**. In *Multimedia cartography*. Springer, Berlin, Heidelberg. p.231-244, 1999.
- CARBONELL, C. C.; MEDLER, S. H. **Interactive visualization software to improve relief interpretation skills: Spatial data infrastructure geoportal versus augmented reality**. *The Professional Geographer*, v.71, p.725-737, 2019.
- CAROLAN, M. **Putting food access in its topological place: thinking in terms of relational becomings when mapping space**. *Agriculture and Human Values*, v. 38, n. 1, p. 243-256, 2022.
- CARRERA, C. C.; GUNALP, P.; SAORIN, J. L.; HESS-MEDLER, S. **Think spatially with game engine**. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v.9, n.3, 2020.
- CASTILLA, S.; PULGARIN, B.; PALECHOR, D.; TAMAYO, M.; PARDO, N.; CORREA-TAMAYO, A. M.; CEBALLOS, J. **Guidelines for digital geological maps of Pliocene-Holocene composite volcanoes: A contribution from Colombia**. *Journal of South American Earth Sciences*, v.108, p.103-110, 2021.
- CHEN, C. H.; LI, X. **Spatial knowledge acquisition with mobile maps: Effects of map size on users’ wayfinding performance with interactive interfaces**. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 9, n. 11, p. 614, 2020.
- CHOWDHOOREE, I.; SLOAN, M.; DAWES, L. **Community perceptions of flood resilience as represented in cognitive maps**. *Journal of flood risk management*, v.12, n.4, 2019.
- CHU, C.; WANG, S.; TSENG, B. **Mobile navigation services with augmented reality**. *IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, v. 12, p. 95-103, 2017.
- COLEMAN, N. **SUMI (Software Usability Measurement Inventory) as a knowledge elicitation tool for improving usability**. Unpublished BA Honours thesis, Dept. Applied Psychology, University College Cork, Ireland, 1993.
- COLOMBO, D.; SERINO, S.; TUENA, C.; PEDROLI, E.; DAKANALIS, A.; CIPRESSO, P. **Egocentric and allocentric spatial reference frames in aging: A systematic review**. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v.80, p.605-621, 2017.
- COLTEKIN, A.; LOCHHEAD, I.; MADDEN, M.; CHRISTOPHE, S.; DEVAUX, A.; PETTIT, C.; HEDLEY, N. **Extended reality in spatial sciences: A review of research**

challenges and future directions. ISPRS International Journal of Geo-Information, v.9, n.7, p.1-29, 2020.

COLTEKIN, A.; LOKKA, I.; ZAHNER, M. On the usability and usefulness of 3D (Geo)visualizations—A focus on Virtual Reality environments. **In Proceedings of the ISPRS—International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences**, Prague, Czech Republic, 12–19 July 2016; Volume XLI-B2, p.387-392, 2016.

COOPER, G. E.; HARPER, R. P. **The use of pilot ratings in the evaluation of aircraft handling qualities (NASA Ames Technical Report NASA TN-D-5153).** Moffett Field, CA: NASA Ames Research Center, 1969.

COSTA, R. Q. M. D. **Avaliação da orientação espacial em um ambiente de realidade virtual em pacientes com comprometimento cognitivo leve.** Tese de Doutorado apresentado no Programa de Neurologia da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2020.

COUCLELIS, H.; GOLLEDGE, R. G.; GALE, N.; TOBLER, W. **Exploring the anchor-point hypothesis of spatial cognition.** Journal of environmental psychology, v. 7, n. 2, p. 99-122, 1987.

COURSARIS, C. K.; OSCH, V. W. **A Cognitive-Affective Model of Perceived User Satisfaction (CAMPUS): The complementary effects and interdependence of usability and aesthetics in IS design.** Information & Management, v.53, p.252-264, 2016.

CURCIO, K.; SANTANA, R.; REINEHR, S.; MALUCELLI, A. **Usability in agile software development: A tertiary study.** Computer Standards & Interfaces, v.64, p.61-77, 2019.

CYBULSKI, P.; HORBIŃSKI, T. **User experience in using graphical user interfaces of web maps.** ISPRS International Journal of Geo-Information, v. 9, n. 7, p. 412, 2020.

DADI, G. B.; GOODRUM, P. M.; TAYLOR, T. R.; CARSWELL, C. M. **Cognitive workload demands using 2D and 3D spatial engineering information formats.** Journal of Construction Engineering and Management, v.140, n.5, 2014.

DANCE, C. J.; WARD, J.; SIMNER, J. **What is the link between mental imagery and sensory sensitivity? Insights from aphantasia.** Perception, v.50, n.9, p.757-782, 2021.

DARVISHY, A.; HUTTER, H. P.; GROSSENBACHER, M.; MERZ, D. Touch explorer: exploring digital maps for visually impaired people. **In: Computers Helping People with Special Needs: 17th International Conference, ICCHP 2020, Lecco, Italy, September 9–11, 2020, Proceedings, Part I 17.** Springer International Publishing, p. 427-434, 2020.

DELIKOSTIDIS, I.; VAN ELZAKKER, C. P. J. M. Usability testing of a prototype mobile navigation interface for pedestrians. **In: Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), University of Twente**, 2011.

DELIKOSTIDIS, I.; VAN ELZAKKER, C.; RAAK, M. **Overcoming challenges in developing more usable pedestrian navigation systems.** Cartography and geographic information science, v. 43, n. 3, p. 189-207, 2016.

DENT, B. D.; TORGUSON, J. S.; HOLDER, T. W. **Cartography Thematic Map design.** 6^a edição. New York: McGraw Hill, 2009.

DERBIE, A. Y.; CHAU, B. K.; WONG, C. H.; CHEN, L. D.; TING, K. H.; LAM, B. Y.; SMITH, Y. **Common and distinct neural trends of allocentric and egocentric spatial coding: An ALE meta-analysis**. *European Journal of Neuroscience*, v. 53, n. 11, p. 3672-3687, 2021.

DIAO, P.; SHIH, N. **MARINS: A mobile smartphone AR system for pathfinding in a dark environment**. *Sensors*, v. 18, n. 10, p. 34-42, 2018.

DICK, M. E.; GONÇALVES, B. S.; VITORINO, E. V. **Design da informação e competência em informação: relações possíveis| Information design and information literacy: possible relationships**. *InfoDesign-Revista Brasileira de Design da Informação*, v.14, p.1-13, 2017.

DILLEMUTH, J. A. **Navigation tasks with small-display maps: The sum of the parts does not equal the whole**. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, v.44, n.3, p.187-200, 2009.

DIRIN, A.; LAINE, T.; ALAMÄKI, A. **Managing emotional requirements in a context-aware mobile application for tourists**. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, v. 12, n. 2, 2018.

DONG, W.; QIN, T.; LIAO, H.; LIU, Y.; LIU, J. **Comparing the roles of landmark visual salience and semantic salience in visual guidance during indoor wayfinding**. *Cartography and Geographic Information Science*, v.47, n.3, p.229-243, 2020.

DONG, W.; WU, Y.; QIN, T.; BIAN, X.; ZHAO, Y.; HE, Y.; YU, C. **What is the difference between augmented reality and 2D navigation electronic maps in pedestrian wayfinding?**. *Cartography and Geographic Information Science*, v.48, n.3, p.225-240, 2021.

DONG, W.; ZHENG, L.; LIU, B.; MENG, L. **Using eye tracking to explore differences in map-based spatial ability between geographers and non-geographers**. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v.7, n.9, p.337, 2018.

DREWLOW, J.; DÄPPEN, M.; LEHMANN, M. **Navigation with Augmented Reality in a Hospital**. *Studies in Health Technology and Informatics*, v. 292, p. 111-114, 2022.

DREYER, B. M. **Teoria e prática de relações públicas: uma metodologia para diagnosticar, construir e obter resultados com os relacionamentos**. Summus Editorial, 2021.

DU, P.; LI, D.; LIU, T.; ZHANG, L.; YANG, X.; LI, Y. **Crisis Map Design Considering Map Cognition**. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 10, n. 10, p. 692, 2021.

EINFELDT, L.; DEGBELO, A. User interface factors of mobile UX: A study with an incident reporting application. **In: 5th International Conference on Human Computer Interaction Theory and Applications**, 2021.

EKSTROM, A. D.; ARNOLD, A. EGF; IARIA, G. **A critical review of the allocentric spatial representation and its neural underpinnings: toward a network-based perspective**. *Frontiers in Human Neuroscience*, v. 8, p. 803, 2014.

ERICSSON, K. A.; SIMON, H. A. **Protocol analysis: verbal reports as data**. MIT Press. 1993.

- FABRIKANT, S. I.; HESPANHA, S. R.; HEGARTY, M. **Cognitively Inspired and Perceptually Salient Graphic Displays for Efficient Spatial Inference Making**. *Annals of the Association of American Geographers* v.100, n.1, p.13-29, 2010.
- FERREIRA, M. E. S.; DELAZARI, L. S.; SCHMIDT, M. A. R. **Uso dos elementos urbanos como pontos de referência em ambientes desconhecido e familiar**. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.70, n.1, p.172-198, 2018.
- FISH, C. S. **Elements of vivid cartography**. *The Cartographic Journal*, v.58, n.2, p.150-166, 2021.
- FOGLI, D.; ARENGHI, A.; GENTILIN, F. **A universal design approach to wayfinding and navigation**. *Multimedia Tools and Applications*, v. 79, p. 33577-33601, 2020.
- GARDONY, A. L.; BRUNYÉ, T. T.; MAHONEY, C. R.; TAYLOR, H. A. **How navigational aids impair spatial memory: Evidence for divided attention**. *Spatial Cognition & Computation*, v.13, n.4, p.319-350, 2013.
- GESSLEIN, T.; BIENER, V.; GAGEL, P.; SCHNEIDER, D.; KRISTENSSON, P. O.; OFEK, E.; GRUBERT, J. Pen-based interaction with spreadsheets in mobile virtual reality. **In: 2020 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)**, p.361-373, 2020.
- GOH, D. H.; LEE, C. S.; RAZIKIN, K. **Interfaces for accessing location-based information on mobile devices: An empirical evaluation**. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, v. 67, n. 12, p. 2882-2896, 2016.
- GOLDSTEIN, R. A.; BARCELLOS, C.; MAGALHÃES, M. D. A. F. M.; GRACIE, R.; VIACAVA, F. **A experiência de mapeamento participativo para a construção de uma alternativa cartográfica para a ESF**. *Ciência & Saúde Coletiva*, v.18, p.45-56, 2013.
- GOLLEDGE, R.; STIMSON, R. **Spatial behavior: a geographic perspective**. New York: The Guilford Press, 1997.
- GRANHA, G. S. P. **Metodologia de criação de símbolos cartográficos: uma aplicação para estudos de impacto ambiental**. Dissertação de mestrado. Instituto Militar de Engenharia. 2001.
- GRIFFIN, A. L. **Cartography, visual perception and cognitive psychology from: The Routledge Handbook of Mapping and Cartography** Routledge. 2017.
- GRIFFIN, A. L.; ROBINSON, A. C.; ROTH, R. E. **Envisioning the future of cartographic research**. *International Journal of Cartography*, p.1-8, 2017.
- GRUBERT, J.; PAHUD, M.; GRASSET, R.; SCHMALSTIEG, D.; SEICHTER, H. **The utility of magic lens interfaces on handheld devices for touristic map navigation**. *Pervasive and Mobile Computing*, v. 18, p. 88-103, 2015.
- GUALDA, D.; PÉREZ-RUBIO, M. C.; UREÑA, J.; PÉREZ-BACHILLER, S.; VILLADANGOS, J. M.; HERNÁNDEZ, Á.; JIMÉNEZ, A. **LOCATE-US: Indoor positioning for mobile devices using encoded ultrasonic signals, inertial sensors and graph-matching**. *Sensors*, v.21(6), p.19-50, 2021

GUPTA, M.; ABDOLRAHMANI, A.; EDWARDS, E.; CORTEZ, M.; TUMANG, A.; MAJALI, Y.; BRANHAM, S. M. Towards more universal wayfinding technologies: Navigation preferences across disabilities. **In: Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems.** p. 1-13, 2020.

HAKLAY, M.; TOBÓN, C. **Usability evaluation and PPGIS: towards a user-centred design approach.** International Journal of Geographical Information Science, v.17, n.6, p.577-592, 2003.

HALIK, L.; KENT, A. J. **Measuring user preferences and behaviour in a topographic immersive virtual environment (TopoIVE) of 2D and 3D urban topographic data.** International Journal of Digital Earth, p.1-33, 2021.

HALL, A. **Reasoning in Spatio-Temporal Analysis-Theory, Provenance, and Applications.** Doctoral dissertations, University, Department of Built Environment, Finland, p.200-216, 2016.

HARLEY, J. M.; LIU, Y.; AHN, T. B.; LAJOIE, S. P.; GRACE, A. P.; HALDANE, C.; MCLAUGHLIN, B. **I've got this: Fostering topic and technology-related emotional engagement and queer history knowledge with a mobile app.** Contemporary Educational Psychology, v.59, 2019.

HARPER, B. D.; NORMAN, K. L. **Improving user satisfaction: The questionnaire for user interaction satisfaction version 5.5.** In: Proceedings of the 1st Annual Mid-Atlantic Human Factors Conference. p.224-228, 1993.

HARRISON, R.; FLOOD, D.; DUCE, D. **Usability of mobile applications: literature review and rationale for a new usability model.** Journal of Interaction Science, v.1, n.1, p.1-16, 2013.

HARROWER, M. **The cognitive limits of animated maps.** Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, v.42, n.4, p.349-357, 2007.

HARROWER, M.; HALL, A.; GRIFFIN, A. L. **Developing a geographic visualization tool to support earth science learning.** Cartography and Geographic Information Science, v.27, p.279-293, 2000.

HART, S. G.; STAVELAND, L. E. **Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research.** In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), Advances in Psychology, v.52, p.139-183, 1988.

HEFT, H. The ecological approach to navigation: a Gibsonian perspective. **In: J. Portugali (org.), The construction of cognitive maps.** Dordrecht (ND): Kluwer Academic Publishers, p.105-132, 1996.

HERMAN, L.; JURÍK, V.; STACHON, Z.; VRBÍK, D.; RUSSNÁK, J.; REZNÍK, T. **Evaluation of user performance in interactive and static 3D maps.** ISPRS International Journal of Geo-Information, v.7, p.415, 2018

HERMAN, L.; POPELKA, S.; HEJLOVA, V. **Eye-tracking analysis of interactive 3d geovisualization.** Journal of eye movement research, v.10, n.3, 2017.

HERTZUM, M.; BORLUND, P.; KRISTOFFERSEN, K. B. **What do thinking-aloud participants say? A comparison of moderated and unmoderated usability sessions.** International journal of human-computer interaction, v.31, p.557-570, 2015.

HORBINSKI, T. **Progressive evolution of designing internet maps on the example of Google Maps.** Geodesy and Cartography, v.68, n.1, 2019.

HUANG, H.; GARTNER, G.; KRISP, J. M.; RAUBAL, M.; VAN DE WEGHE, N. **Location based services: ongoing evolution and research agenda.** Journal of Location Based Services, v.12, p.63-93, 2018.

IACHINI, T.; IAVARONE, A.; SENESE, V. P.; RUOTOLO, F.; RUGGIERO, G. **Visuospatial memory in healthy elderly, AD and MCI: a review.** Current aging science, v.2, n.1, p.43-59, 2009.

IBARRA, M. J.; MONARES, Á.; OCHOA, S. F.; PINO, J. A. **A Strategy for Selecting Points of Interest on Mobile Devices for Emergency Situations.** CLEI Electronic Journal, v.16, n.3, p.1-14, 2013.

INGOLD, T. **The perception of the environment: essays on livelihood, dwelling and skill.** London and New York: Routledge. 2000.

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

JENSON, T. G. **Modeling of Air-Sea Interaction and Ocean Processes for the Northern Arabian Sea Circulation Autonomous Research Project.** Naval Research Laboratory Stennis Space Center United States, 2015.

JEONG, J.; KIM, N.; IN, H. P. **Detecting usability problems in mobile applications on the basis of dissimilarity in user behavior.** International Journal of Human-Computer Studies, v.139, 2020.

JIMENEZ, L. F.; MORREALE, P. August). Mobile assistive technology mapping and integration. **In: International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction.** Springer, Cham, p.306-317, 2015.

JOHNSSON, B. A.; MAGNUSSON, B. **Towards end-user development of graphical user interfaces for internet of things.** Future Generation Computer Systems, v.107, p.670-680, 2020.

KAHRAMAN, H. T.; SAGIROGLU, S.; COLAK, I. Development of adaptive and intelligent web-based educational systems. **In: 2010 4th international conference on application of information and communication technologies.** IEEE, p. 1-5, 2010.

KALLIO, T.; KAIKKONEN, A. **Usability testing of mobile applications: A comparison between laboratory and field testing.** Journal of Usability studies, v.1, p.23-28, 2005.

KAPAJ, A.; LANINI-MAGGI, S.; FABRIKANT, S. I. **The influence of landmark visualization style on expert wayfinders' visual attention during a real-world navigation task.** GIScience 2021 Short Paper Proceedings, 2021.

KARAMPANAH, S. **A survey of usability issues in mobile map-based systems.** Master of Science in Geospatial Technologies Institute for Geoinformatics. University of Münster. 2019.

KEIL, J.; EDLER, D.; DICKMANN, F.; KUCHINKE, L. **Meaningfulness of landmark pictograms reduces visual salience and recognition performance.** Applied Ergonomics, v.75, p.214-220, 2019.

KERKOVITS, K.; SZIGETI, C. Relationships between the distortions in map projections and the usability of small-scale maps. **In Proceedings of 7th International Conference on Cartography and GIS**, p.236-245, 2018.

KESKIN, M.; KRASSANAKIS, V.; ÇÖLTEKIN, A. **Visual Attention and Recognition Differences Based on Expertise in a Map Reading and Memorability Study.** ISPRS International Journal of Geo-Information, v. 12, n. 1, p. 21, 2023.

KESKIN, M.; OOMS, K.; DOGRU, A. O.; DE MAEYER, P. **Exploring the Cognitive Load of Expert and Novice Map Users Using EEG and Eye Tracking.** ISPRS International Journal of Geo-Information, v. 9, n. 7, 2020.

KHENAK, N.; VEZIEN, J.; BOURDOT, P. Spatial presence, performance, and behavior between real, remote, and virtual immersive environments. **IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**, v. 26, n. 12, p. 3467-3478, 2020.

KIEFER, P.; GIANNOPOULOS, I.; DUCHOWSKI, A.; RAUBAL, M. Measuring cognitive load for map tasks through pupil diameter. **In The Annual International Conference on Geographic Information Science**, p.323-337, 2016.

KIM, H.; SONG, H. **Evaluation of the safety and usability of touch gestures in operating in-vehicle information systems with visual occlusion.** Applied ergonomics, v. 45, n. 3, p. 789-798, 2014.

KLETTNER, S. **Form Follows Content: An Empirical Study on Symbol-Content (In) Congruences in Thematic Maps.** ISPRS International Journal of Geo-Information, v.9, n.12, p.719, 2020.

KOLETSIS, E.; VAN ELZAKKER, C. P.; KRAAK, M. J.; CARTWRIGHT, W.; ARROWSMITH, C.; FIELD, K. **An investigation into challenges experienced when route planning, navigating and wayfinding.** International Journal of Cartography, v. 3, n. 1, p. 4-18, 2017.

KOMARKOVA, J., SEDLAK, P., STRUSKA, S., DYMAKOVA, A. Usability Evaluation the Prague Geoportal: Comparison of Methods. **In 2019 International Conference on Information and Digital Technologies (IDT)**, p.223-228, 2019.

KONNO, L. H. **Validação de requisitos de um sistema de geoinformação a partir do uso de protótipo e cenários.** Dissertação de Mestrado. Curitiba: Programa de Pós graduação em Ciências Geodésicas da UFPR, 2018.

KOVACIC, Z. J.; GREEN, J. S. **Automatic Grading of Spreadsheet and Database Skills.** Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice, v.11, p.53-70, 2012.

KOZEL, S. **Comunicando e representando: mapas como construções socioculturais.** Geograficidade, v.3, p.58-70, 2013.

KRAAK, M. J.; ORMELING, F. **Cartography: Visualization of Geospatial Data.** 3ª edição. Essex: Pearson Education Limited, 2010.

KRASSANAKIS, V. Exploring the map reading process with eye movement analysis. **In: Proceedings of the International Workshop on Eye Tracking for Spatial Research,** Scarborough, UK. p.2-5, 2013.

KRATZ, S.; BRODIEN, I.; ROHS, M. Semi-automatic zooming for mobile map navigation. **In: Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services,** p. 63-72, 2010.

KUMAR, B. A.; MOHITE, P. **Usability of mobile learning applications: a systematic literature review.** Journal of Computers in Education, v.5, n.1, p.1-17, 2018.

KUPARINEN, L. Validation and Extension of the Usability Heuristics for Mobile Map Applications. **In T. Bandrova, & M. Konecny (Eds.), ICC & GIS 2016: Proceedings of the 6th International Conference on Cartography & GIS** Sofia, Bulgarian Cartographic Association, v.1, p.414- 423, 2016.

LAMMES, S. **Digital mapping interfaces: From immutable mobiles to mutable images.** New Media & Society, v.19, n.7, p.1019-1033, 2017.

LEE, H.; HSU, F. H.; LI, W. K.; TSAI, J.; CHEN, Y. Y.; CHANG, Y. J. Get Distracted or Missed the Stop? Investigating Public Transit Passengers' Travel-Based Multitasking Behaviors, Motives, and Challenges. **In: Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems.** p. 1-14, 2023.

LEE, K.; HONG, J.; JARJUE, E.; MENSAH, E. E.; KACORRI, H. From the lab to people's home: lessons from accessing blind participants' interactions via smart glasses in remote studies. **In: Proceedings of the 19th International Web for All Conference.** p. 1-11, 2022.

LEHNHART, R. E.; LÖBLER, M. L.; DUTRA T. R. **Discussão e Aplicação do Protocolo Think Aloud em pesquisas sobre processo decisório.** Revista Alcance, v.26, n.1, 2019.

LESTER, A. W.; MOFFAT, S. D.; WIENER, J. M.; BARNES, C. A.; WOLBERS, T. **The Aging Navigational System.** Neuron. v.95, n.5, p.19-35, 2017.

LEWIS, J. R.; BROWN, J.; MAYES, D. K. **Psychometric evaluation of the EMO and the SUS in the context of a large-sample unmoderated usability study.** International Journal of Human-Computer Interaction, v.31, n.8, p.545-553, 2015.

LI, Q.; LUXIMON, Y. **Older adults' use of mobile device: usability challenges while navigating various interfaces.** Behaviour & Information Technology, v.39, n.8, p.837-861, 2019.

LI, Q.; LUXIMON, Y. **The effects of 3D interface metaphor on older adults' mobile navigation performance and subjective evaluation.** International Journal of Industrial Ergonomics, v. 72, p. 35-44, 2019.

LI, T.; ZUO, R.; ZHAO, X.; ZHAO, K. **Mapping prospectivity for regolith-hosted REE deposits via convolutional neural network with generative adversarial network augmented data.** Ore Geology Reviews, v.142, 2022.

LIANG, H. N.; TRENCHARD, J.; SEMEGEN, M.; IRANI, P. An exploration of interaction styles in mobile devices for navigating 3D environments. **In: Proceedings of the 10th asia pacific conference on Computer human interaction**, p. 309-313, 2012.

LIAO, H.; DONG, W.; PENG, C.; LIU, H. **Exploring differences of visual attention in pedestrian navigation when using 2D maps and 3D geo-browsers.** Cartography and Geographic Information Science, v.44, p.474-490, 2016.

LIAO, H.; DONG, W.; PENG, C.; LIU, H. **Exploring differences of visual attention in pedestrian navigation when using 2D maps and 3D geo-browsers.** Cartography and Geographic Information Science, v.44, n.6, 2017.

LIAO, H.; WANG, X.; DONG, W.; MENG, L. **Measuring the influence of map label density on perceived complexity: a user study using eye tracking.** Cartography and Geographic Information Science, v.46, n.3, p.210-227, 2019.

LIN, H. H. From Finger Gesture to Finger Choreography: Enabling 3D Live Performances on Smartphones. **In: 2014 18th International Conference on Information Visualisation.** IEEE, p.114-119, 2014.

LINK, J. Á. B.; SMITH, P.; VIOL, N.; WEHRLE, K. **Accurate map-based indoor navigation on the mobile.** Journal of Location Based Services, v. 7, n. 1, p. 23-43, 2013.

LITHFOUS, S.; DUFOUR, A.; DESPRÉS, O. **Spatial navigation in normal aging and the prodromal stage of Alzheimer's disease: insights from imaging and behavioral studies.** Ageing research reviews, v.12, n.1, p.201-213, 2013.

LIU, J.; AU, O. K. C.; FU, H.; TAI, C. L. **Two-Finger Gestures for 6DOF Manipulation of 3D Objects, Computer Graphics Forum.** Journal of Computer Graphics, n.7, p.2047-2055, 2012.

LOBBEN, A. K. **Tasks, Strategies, and Cognitive Processes Associated With Navigational Map Reading: A Review Perspective.** The Professional Geographer, v. 56, n. 2, p. 270-281, 2004.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Geographical Information Systems and Science.** West Essex: John Wiley & Sons Ltd, 2005.

LOPEZ, A.; CAFFÒ, A. O.; BOSCO, A. **Memory for familiar locations: The impact of age, education and cognitive efficiency on two neuropsychological allocentric tasks.** Assessment, v. 27, n. 7, p. 1588-1603, 2020.

LU, F.; ZHOU, H.; GUO, L.; CHEN, J.; PEI, L. **An ARCore-Based Augmented Reality Campus Navigation System.** Applied Sciences, v. 11 n. 16, p. 7515, 2021.

MA, W.; YARLAGADDA, P. **Pedestrian dynamics in real and simulated world.** Journal of the Urban Planning and Development Division, ASCE, v.141, n.3, p.01-15, 2015.

MACEACHREN, A. M. **How Maps Work: Representation, Visualization and Design** New York: The Guilford Press. 1994.

MACEACHREN, A. M.; TAYLOR, D. R. F. **Visualization in modern cartography**. Elsevier, 2013.

MALY, I.; MIKOVEC, Z.; VYSTRCIL, J.; FRANC, J.; SLAVIK, P. **An evaluation tool for research of user behavior in a realistic mobile environment**. Personal and ubiquitous computing, v. 17, p. 3-14, 2013.

MARAMBA, I.; CHATTERJEE, A.; NEWMAN, C. **Methods of usability testing in the development of eHealth applications: a scoping review**. International journal of medical informatics, v. 126, p. 95-104, 2019.

MARK, G.; IQBAL, S.; CZERWINSKI, M.; JOHNS, P. Focused, aroused, but so distractible: Temporal perspectives on multitasking and communications. In: **Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing**. p. 903-916, 2015.

MARTINS, G. A. A. **Usabilidade das interações táteis em dispositivos móveis por pessoas idosas**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2016.

MARTINS, V. B.; SCHMIDT, M. A. R.; LIMA, M. C.; DELAZARI, L. S. **Configuration of mobile digital map evaluation methods**. Cartography and Geographic Information Science. 2023.

MATSUO, M.; MIURA, T.; ICHIKARI, R.; KATO, K.; KURATA, T. **OTASCE Map: A mobile map tool with customizable audio-tactile cues for the visually impaired**. Journal on Technology and Persons with Disabilities, p. 82-103, 2020.

MCKENZIE, G.; KLIPPEL, A. **The interaction of landmarks and map alignment in you-are-here maps**. The Cartographic Journal, v.53, n.1, 43-54, 2016.

MENDONÇA, A. L. A. **Avaliação de interfaces cartográficas para dispositivos com tela sensível ao multitoque**. Tese de doutoramento. Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba, 2013.

MENDONÇA, A. L. A.; POMBO, R. M.; ROCHA, S. D.; DELAZARI, L. S. Considerações sobre interfaces para mapas interativos na web. **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, Recife - PE, p.01-08, 2010.

MENDONÇA, A. L. A.; POMBO, R. M.; ROCHA, S. D.; DELAZARI, L. S. **Considerações sobre interfaces para mapas interativos na web**. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. 2010.

MITCHELL, C. T. **Redefining designing: from form to experience**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993.

MOHD NIZAM, D. N.; SHIN, L. W.; ABDULLAH SANI, Z. H.; THAMRONGRAT, P.; TUAH, N. M. **An Indoor Navigation Support for the Student Halls of Residence using Augmented Reality: A Design Perspective**. Pertanika Journal of Science & Technology, v.29, n.4, 2021.

MONTELLO, D. R. **Cognitive map-design research in the twentieth century: Theoretical and empirical approaches**. Cartography and Geographic Information Science, v.29, n.3, p.283-304, 2002.

MONTELLO, D. R.; FABRIKANT, S. I.; DAVIES, C. Cognitive perspectives on cartography and other geographic information visualizations. **In: Handbook of behavioral and cognitive geography**. Edward Elgar Publishing, p.177–196, 2018.

MONTELLO, D. R.; RAUBAL, M. Functions and applications of spatial cognition. **In D. Waller & L. Nadel (Eds.), Handbook of spatial cognition**. American Psychological Association. p.249-264, 2013

MONTELLO, D. R.; SHAH, P.; MIYAKE, A. **The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking**. Cambridge University Press, NY, USA, p.257-294, 2005.

MONTUWY, A.; CAHOUR, B.; DOMMES, A. **Using Sensory wearable devices to navigate the city: effectiveness and user experience in older pedestrians**. Multimodal Technologies and Interaction, v. 3, n. 1, p. 17, 2019.

MUEHLENHAUS, I. **Web cartography - Map design for interactive and mobile devices**. Taylor & Francis Group. 2015.

NADZIR, M. HUSSAIN, A.; MKPOJIOGU, E. O.; FAROMIKI, J. O.; ABDUSALAM, E. M. **The effectiveness and efficiency of a GPS route and voice navigation app**. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, v. 8, p. 425-427, 2019.

NAIR, V.; OLMSCHENK, G.; SEIPLE, W. H.; ZHU, Z. **ASSIST: Evaluating the usability and performance of an indoor navigation assistant for blind and visually impaired people**. Assistive Technology, v. 34, n. 3, p. 289-299, 2022.

NAVRATIL, G.; SCHMITZER, M.; GIANNOPOULOS, I. **Location Based Services for Human Self-Localization**. Advances in Cartography and GIScience of the ICA, v. 2, p. 11, 2019.

NGÔ, V. T. M.; NADEAU, S.; HALLÉ, S. S. **Validation of ergonomic criteria of a cooling vest for deep and ultra-deep mining**. International Journal of Industrial Ergonomics, v.78, p.1-6, 2020.

NIELSEN, J. **Usability Engineering**. 1993.

NOGUERA, J. M.; BARRANCO, M. J.; SEGURA, R. J.; MARTÍNEZ, L. **A mobile 3D-GIS hybrid recommender system for tourism**. Information Sciences, v. 215, p. 37-52, 2012.

NOH, G.; JEONG, D.; PARK, S.; CHO, J. Design Guideline on Location Based User Emotion Sharing Map Service. **In: HCI International 2015-Posters' Extended Abstracts: International Conference, HCI International 2015, Los Angeles, CA, USA, Springer International Publishing**, p. 514-518, 2015.

NORMAN, D. **Stages and levels in human-machine interaction**. International Journal of Man-Machine Studies, v.21, p.365-375, 1984.

OHLEI, A.; WESSEL, D.; HERCZEG, M. Usability of Direct Manipulation Interaction Methods for Augmented Reality Environments Using Smartphones and Smartglasses. **In:**

Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics: 6th International Conference, AVR 2019, Santa Maria al Bagno, Italy, June 24–27, 2019, Proceedings, Part II 6. Springer International Publishing,. p. 84-98, 2019.

OLIVEIRA, J. G.; SILVA, M. V.; COELHO, G. O.; PIMENTEL, R. B. **Sistema de informação geográfica na web: estudo de caso do curso de Sistemas de Informação do IFMG-Campus São João Evangelista (SJE)**. v.8, n.1, p.67-79, 2020.

OLIVEIRA, L.; MITCHELL, V.; BADNI, K. **Cooking behaviours: a user observation study to understand energy use and motivate savings**. Work, v.41, p.122-128, 2012.

OLTEANU-RAIMOND, A. M.; SEE, L.; SCHULTZ, M.; FOODY, G.; RIFFLER, M.; GASBER, T.; GOMBERT, M. **Use of automated change detection and vgi sources for identifying and validating urban land use change**. Remote Sensing, v.12, n.7, p.1186, 2020.

ONEY, S.; BROOKS, C.; RESNICK, P. **Creating guided code explanations with chat. codes**. Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, v. 2, n. CSCW, p.1-20, 2018.

PAELKE, V.; SESTER, M. **Augmented paper maps: Exploring the design space of a mixed reality system**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v.65, n.3, p.256-265, 2010.

PÁL, M.; VÖRÖS, F.; KOVÁCS, B. Automatic vectorization of rectangular manmade objects: a case study applying OpenCV and GDAL on UAV imagery. **In: Proceedings of the ICA. Copernicus GmbH**, p. 1-5, 2021.

PARAMARTHA, A. G. Y.; SEPUTRA, K. A.; AZIMA, F.; PUTRA, D. P.; DWI, E.; ARYANTO, K. Y. E. Usability Evaluation of an Interactive Educational Mobile Application. **In: 2022 24th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)**. IEEE, p.491-495, 2022.

PETCHENIK, B. B. **Cognition in cartography**. Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, v.14, n.1, p.117-128, 1977.

PETERSON, M. P. **Cognitive Issues in Cartographic Visualization**. Modern Cartography Series, Volume 2, p. 27-43, 1994.

PETERSON, M. P. **Elements of multimedia cartography**. Multimedia cartography. Springer, p.63-73, 2007.

PETTERSON, M.; NANAYAKKARA, L.; KONCHOK, N.; NORMAN, R.; WANGCHUK, S.; LINDEROTH, M. **Interconnected geoscience applied to disaster and risk: case study from SECMOL, Ladakh, N. India**. International Journal, v.29, n. 3, p.266-286, 2019.

PETTS, A. L. **It's All in the Definition: Color-Blind Interpretations of School Diversity**. In Sociological Forum, v.35, n.2, p.465-487, 2020.

PIKE, M. F.; MAIOR, H. A.; PORCHERON, M.; SHARPLES, S. C.; WILSON, M. L. Measuring the effect of think aloud protocols on workload using fNIRS. **In: Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems**. p. 3807-3816, 2014.

- PISETTA, J. A. **Percepção de símbolos pictóricos para o mapeamento de referência em dispositivos móveis**. Dissertação apresentada no curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2021.
- PUGLIESI, E. A., DECANINI, M. M. S., RAMOS, A. P. M., TSUCHIYA, Í. **Métodos para Avaliação da Usabilidade de Sistemas de Navegação e Guia de Rota**. Revista Brasileira de Cartografia, v.65, 2013.
- PURWITANINGSIH, S.; SARTOHADI, J.; MUTA'ALI, L.; COSTA, A. D. **Empowering local leaders in flood inundation mapping in Bagelen, Purworejo, Central Java**. Jambá: Journal of Disaster Risk Studies, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2022.
- QI, J.; JIANG, G.; LI, G.; SUN, Y.; TAO, B. **Intelligent human-computer interaction based on surface EMG gesture recognition**. Ieee Access, v.7, p.61378-61387, 2019.
- QIU, X.; YANG, Z.; YANG, J.; WANG, Q.; WANG, D. **Impact of AR Navigation Display Methods on Wayfinding Performance and Spatial Knowledge Acquisition**. International Journal of Human - Computer Interaction, p. 1-21, 2023.
- RAMSAY, A.; MCGEE-LENNON, M.; WILSON, G. A.; GRAY, S. J.; GRAY, P.; DE TURENNE, F. **Tilt and go: exploring multimodal mobile maps in the field**. Journal on Multimodal User Interfaces, v. 3, p. 167-177, 2010.
- REHMAN, U.; CAO, S. **Augmented-reality-based indoor navigation: A comparative analysis of handheld devices versus google glass**. IEEE Transactions on Human-Machine Systems, v. 47, n. 1, p. 140-151, 2016.
- REHMAN, U.; CAO, S. Experimental evaluation of indoor navigation devices. **In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, p. 1783-1787, 2015.
- REHRL, K.; HÄUSLER, E.; STEINMANN, R.; LEITINGER, S.; BELL, D.; WEBER, M. Pedestrian navigation with augmented reality, voice and digital map: results from a field study assessing performance and user experience. **In: Advances in Location-Based Services: 8th International Symposium on Location-Based Services**, Vienna 2011. Springer Berlin Heidelberg, p. 3-20, 2012.
- REHRL, K.; HÄUSLER, E.; STEINMANN, R.; LEITINGER, S.; BELL, D.; WEBER, M. **Pedestrian navigation with augmented reality, voice and digital map: final results from an in situ field study assessing performance and user experience**. Journal of Location Based Services, v. 8, n. 2, p. 75-96, 2014.
- REICHENBACHER, T. Revisiting fundamental principles of mobile cartography. **Joint ICA Workshop on User Experience Design for Mobile Cartography: Setting the Agenda**, Beijing, China, p.11-12, 2019.
- REID, G. B., NYGREN, T.E. **The subjective workload assessment technique: A scaling procedure for measuring mental workload**. Hancock & N. Meshkati. Elsevier, p.185-218, 1988.
- REIS, A. T. L.; LAY, M. C. D. **Avaliação da Qualidade de Projetos: uma abordagem perceptiva e cognitiva**. Ambiente construído, v.6, n.3, p.21-34, 2006.

RELAWATI, A.; ZAMRONI, G. M.; PRIMANDA, Y. **Unmoderated Remote Usability Testing: An Approach during Covid-19 Pandemic**. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, v.13, n.1, 2022.

RIBEIRO, J.; DE SOUZA, F. N.; LOBÃO, C. **Saturação da análise na investigação qualitativa: quando parar de recolher dados?**. Revista Pesquisa Qualitativa, v. 6, n. 10, p. 3-7, 2018.

RICKER, B. A.; ROTH, R. E. **Mobile maps and responsive design**. Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge, v.40, 2018.

ROBINSON, A. H.; PETCHENIK, B. B. **The nature of maps: Essays toward understanding maps and mapping**. Chicago: University of Chicago Press, 1976.

ROHRER, C. **When to use which user-experience research methods**. Nielsen Norman Group, v. 12, 2014.

ROSSETTO, L.; GASSER, R.; LOKOČ, J.; BAILER, W.; SCHOEFFMANN, K.; MUENZER, B.; VROCHIDIS, S. **Interactive video retrieval in the age of deep learning—detailed evaluation of VBS 2019**. IEEE Transactions on Multimedia, v.23, p.243-256, 2020.

ROTH, R. E. **Interacting with Maps: The science and practice of cartographic interaction**. The Pennsylvania State University, 2011.

ROTH, R. E. **Interactivity and Cartography: A Contemporary Perspective on User Interface and User Experience Design from Geospatial Professionals**. Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, v.50, p.94-115, 2015.

ROTH, R. E. **Visual Variables**. The International Encyclopedia of Geography. 1st ed. Hoboken: John Wiley & Sons. p. 1-11, 2017.

ROTH, R. E., ÇÖLTEKIN, A., DELAZARI, L., FILHO, H. F., GRIFFIN, A., HALL, A., VAN ELZAKKER, C. P. **User studies in cartography: opportunities for empirical research on interactive maps and visualizations**. International Journal of Cartography, v.3, p.61-89, 2017.

ROTH, R. E.; HARROWER, M. **Addressing map interface usability: Learning from the Lakeshore Nature Preserve Interactive Map**. Cartographic Perspectives, v.60, p.46-66, 2008.

ROTH, R.; YOUNG, S.; NESTEL, C.; SACK, C.; DAVIDSON, B.; JANICKI, J.; ZHANG, G. **Global landscapes: Teaching globalization through responsive mobile map design**. The Professional Geographer, v.70, n.3, p.395-411, 2018.

RZESZEWSKI, M.; KOTUS, J. **Usability and usefulness of internet mapping platforms in participatory spatial planning**. Applied geography, v.103, p. 56-69, 2019.

SAARE, M. A.; HUSSAIN, A. B.; JASIM, O. M.; MAHDI, A. A. **Usability evaluation of mobile tracking applications: A systematic review**. International Journal of Interactive Mobile Technologies, v.14, p.119-128, 2020.

SAKPERE, W. E.; MLITWA, N. B. W.; OSHIN, M. A. **Towards an efficient indoor navigation system: a near field communication approach.** Journal of Engineering, Design and Technology, 2017.

SANJAYA, M. R.; KURNIAWAN, D.; SAPUTRA, A. **GIS Android mobile based Software Development for Tourism Objects, Public Places list, Transportations list, and Culinary Places list Using Usability Measurement.** Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, p. 012117, 2020.

SAROT, R. V. **Determinação dos elementos considerados marcos de referência em ambientes indoor para auxílio às tarefas de orientação e navegação espacial.** Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba, 2020.

SAROT, R. V.; DELAZARI, L. S. **Evaluation of mobile device Indoor maps for orientation tasks.** Boletim de Ciências Geodésicas, v. 24, p. 564-584, 2018.

SASINKA, C.; STACHON, Z.; CENEK, J.; SASINKOVA, A.; POPELKA, S.; UGWITZ, P.; LACKO, D. **A comparison of the performance on extrinsic and intrinsic cartographic visualizations through correctness, response time and cognitive processing.** Plos one, v.16, n.4, 2021.

SAUER, J.; SEIBEL, K.; RÜTTINGER, B. **The influence of user expertise and prototype fidelity in usability tests.** Applied ergonomics, v.41, n.1, p.130-140, 2010.

SAUER, J.; SONDEREGGER, A.; HEYDEN, K.; BILLER, J.; KLOTZ, J.; UEBELBACHER, A. **Extra-laboratorial usability tests: An empirical comparison of remote and classical field testing with lab testing.** Applied ergonomics, v.74, p.85-96, 2019.

SAURO, J.; ZAROLIA, P. **SUPR-Q: A comprehensive measure of the quality of the website user experience.** Journal of Usability Studies, v.10, p.68-86, 2015.

SCERBO, M. W.; BRITT, R. C.; STEFANIDIS, D. **Differences in mental workload between traditional and single-incision laparoscopic procedures measured with a secondary task.** The American Journal of Surgery, v.213, n.2, p.244-248, 2017.

SCHIRMER, M.; HARTMANN, J.; BERTEL, S.; ECHTLER, F. **Shoe me the way: A shoe-based tactile interface for eyes-free urban navigation.** In: **Proceedings of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services.** p. 327-336, 2015.

SCHIRRA, S.; ALLISON, C. **I know what the companies are wanting more of: Professional Participants in Online Usability Studies.** In **Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems.** Montreal, Canada. 2018.

SCHLOSSBERG, M.; WEINSTEIN AGRAWAL, A.; IRVIN, K. **How far, by which route and why? A spatial analysis of pedestrian preference.** Journal of urban design, v.13, n.1, p.81-98, 2008.

SCHMIDT, M. A. R. **Uso de mapas 3D para navegação virtual: uma abordagem cognitiva. Tese de doutorado.** Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba, 2012.

SCHMIDT, M. A. R.; DELAZARI, L. S. ; ANTUNES, A. ; MARCHIS, C. ; SAROT, R. . Landmark Classification for Navigation in Indoor Environments. **In: 15th International Conference on Location-Based Services, 2019, Viena. Adjunct Proceedings of 15th International Conference on Location-Based Services.** Vienna University of Technology. Icac. v. 1, p. 99-105, 2019.

SCHMIDT, M. A. R.; DELAZARI, L. S. Gestalt aspects for differentiating the representation of landmarks in virtual navigation. *Cartography and Geographic Information Science*, v. 1, p. 1-6, 2013.

SCHNITZLER, V.; HOLSCHER, C. **User Experience and Strategy Choices During Navigation: A Content Analysis of Navigators Using Different Types of Wayfinding Devices.** In: EAPCogSci, 2015.

SHARIN, N. A.; NOROWI, N. M.; ABDULLAH, L. N. **A user requirements study for developing mobile-based augmented reality indoor map locator application.** *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, v. 11, n. 12, p.1361-1373, 2020.

SHERWIN, L. B.; YEVU-JOHNSON, J.; MATTESON-KOME, M.; BECHTOLD, M.; REEDER, B. **Remote Usability Testing to Facilitate the Continuation of Research.** *Studies in health technology and informatics*, v.290, p.424-427, 2022.

SHIVE, J.; ROSICHAN, S.; DAVIS, S.; WADE, C.; ELLISON, J.; SANTONI-SANCHEZ, S. **The Statistical Saliency Model Can Choose Colors for Items on Maps.** *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, v. 49, n. 6, p. 569-578, 2019.

SILVIS, D.; TAYLOR, K. H.; STEVENS, R. **Community technology mapping: inscribing places when “everything is on the move”.** *International journal of computer-supported collaborative learning*, v.13, n.2, p.137-166, 2018.

SKOPELITI, A.; STAMOU, L. **Online Map Services: Contemporary Cartography or a New Cartographic Culture?.** *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v.8, n.5, p.215, 2019.

SKOULAS, G. **A review on experimental methods utilized in map perception and cognition.** Faculty of Engineering Department of Informatics and Computer Engineering. 2023.

SKULIMOWSKI, P.; OWCZAREK, M.; RADECKI, A.; BUJACZ, M.; RZESZOTARSKI, D.; STRUMILLO, P. **Interactive sonification of U-depth images in a navigation aid for the visually impaired.** *Journal on Multimodal User Interfaces*, v. 13, p. 219-230, 2019.

SLUTER, C. R. Sistema **Especialista para geração de mapas temáticos.** *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 53, n. 1, 2001.

SLUTER, C. R. Uma abordagem sistêmica para o desenvolvimento de projeto cartográfico como parte do processo de comunicação cartográfica. **In: Portal da Cartografia. Londrina.** v.1, n.1. p.1-20, 2008.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software, 9ª edição.** São Paulo: Pearson, 2011.

SONDEREGGER, A.; SCHMUTZ, S.; SAUER, J. **The influence of age in usability testing.** *Applied Ergonomics*, v.52, p.291-300, 2016.

SPEAKE, J.; AXON, S. **“I never use ‘maps’ anymore”: Engaging with Sat Nav technologies and the implications for cartographic literacy and spatial awareness.** *The cartographic journal*, v.49, n.4, p.326-336, 2012.

STEVENS, Q. **A forma da experiência urbana: uma reavaliação dos cinco elementos de Lynch.** *Meio ambiente e planejamento B: Planejamento e projeto*, v.33, n.6, p.803-823, 2006.

STIR, M.; ZAIT, A. **Impact of Direct Interaction with Virtual Objects through Touchscreens on Enhancing Psychological Ownership and Endowment Effect.** *International Journal of Human–Computer Interaction*, p.1-22, 2022.

SWOBODZINSKI, M.; PARKER, A. T.; WRIGHT, J. D.; HANSEN, K.; MORTON, B. **Seamless Wayfinding by a Deafblind Adult on an Urban College Campus: A Case Study on Wayfinding Performance.** *In: Information Preferences, and Technology Requirements. Frontiers in Education.* p. 723098, 2021.

TEIXEIRA, F. **Introdução e boas práticas em UX Design.** Editora Casa do Código, 2014.

TROJAN, J.; GREGOR, M. **Location-based services and augmented reality in environmental management and sustainable tourism.** *Tourism, Hospitality and Commerce*, V9, p.74-81, 2018.

TSENG, W. J.; HURON, S.; LECOLINET, E.; GUGENHEIMER, J. **FingerMapper: Enabling Arm Interaction in Confined Spaces for Virtual Reality through Finger Mappings.** *In: Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems.* p. 1-4, 2021.

VAN ELZAKKER, C. P. J. M. **The use of maps in the exploration of geographic data.** *Tese de doutorado. Geo-Information Science and Earth.* Observation Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap. Faculteit Geowetenschappen, Universiteit Utrecht. International Institute for. Utrecht, Holanda, 2004.

VAN ELZAKKER, C. P. J. M.; DELIKOSTIDIS, I.; VAN OOSTEROM, P. J. M. **Field-based usability evaluation methodology for mobile geo-applications.** *The Cartographic Journal*, v. 45, n. 2, p. 139-149, 2008.

VAN ELZAKKER, C. P.; DELIKOSTIDIS, I. **Use, user, and usability research for mobile geo-applications for personal orientation and navigation.** *In: 2010 IEEE International Professional Communication*, p. 121-130, 2010.

VAN SOMEREN, M. W., BARNARD, Y. F., SANDBERG, J. A. C. **The think aloud method: a practical approach to modelling cognitive.** London: Academic Press, 1994.

VERMA, P.; AGRAWAL, K.; SARASVATHI, V. **Indoor navigation using augmented reality.** *In: Proceedings of the 2020 4th International Conference on Virtual and Augmented Reality Simulations*, p. 58-63, 2020.

VICENTIY, A. V.; SHISHAEV, M. G.; OLEYNIK, A. G. **Dynamic cognitive geovisualization for information support of decision-making in the regional system of radiological monitoring, control and forecasting.** *In: Computer Science On-line Conference.* Springer, Cham, p.483-495, 2016.

VINCENT, C.; GIRARD, R.; DUMONT, F.; ARCHAMBAULT, P.; ROUTHIER, F.; MOSTAFAVI, M. A. **Evaluation of satisfaction with geospatial assistive technology (ESGAT): a methodological and usability study.** Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, v. 17, n. 2, p. 134-151, 2022.

WAGNER, J. Visual studies and empirical social inquiry. **In E. Margolis & L. Pauwels (Eds.), The Sage handbook of visual research methods.** London, England: SAGE, p.49-71, 2011.

WANG, C.; YU, C. B. **Design, development and applicability evaluation of a digital cartographic model for 3d cadastre mapping in China.** ISPRS International Journal of Geo-Information, v. 10, n. 3, p. 158, 2021.

WANG, Q.; LUO, H.; WANG, J.; SUN, L.; MA, Z.; ZHANG, C.; ZHAO, F. **Recent advances in pedestrian navigation activity recognition: a review.** IEEE Sensors Journal, v. 22, n. 8, p. 7499 - 7518, 2022.

WANG, Q.; YIN, H.; CHEN, T.; HUANG, Z.; WANG, H.; ZHAO, Y.; VIET HUNG, N. Q. **Next point-of-interest recommendation on resource-constrained mobile devices.** Proceedings of the Web conference. p.906-916, 2020.

WARD, M. O.; YANG, J. **Interaction spaces in data and information visualization.** VisSym. p. 137-145, 2003.

WEBBER, S.; BAKER, S.; WAYCOTT, J. **Virtual visits: Reminiscence in residential aged care with digital mapping technologies.** Australasian Journal on Ageing, 2021.

WEBER, R. **On the aesthetics of architecture: a psychological approach to the structure and the order of perceived architectural space.** Aldershot, England: Avebury, 1995.

WEN, F.; ZHANG, Z.; HE, T.; LEE, C. **AI enabled sign language recognition and VR space bidirectional communication using triboelectric smart glove.** Nature communications, v.12, p.1-13, 2021.

WENCZEL, F.; HEPPELLE, L.; VON STÜLPNAGEL, R. **Gaze behavior during incidental and intentional navigation in an outdoor environment.** Spatial Cognition & Computation, v.17, p.121-142, 2017.

WENIG, D.; STEENBERGEN, A.; SCHÖNING, J.; HECHT, B.; MALAKA, R. **ScrollingHome: Bringing image-based indoor navigation to smartwatches. In: Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services,** p. 400-406, 2016.

WHISTANCE, S. G. **Expressive Space: Embodying Meaning in Video Game Environments.** Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2022.

WHYTE, P.; LAMBERTON, G. **Conceptualising Sustainability Using a Cognitive Mapping Method.** Sustainability, v.12, n.5, p.1-20, 2020.

WILJÉN, A.; CHAPLIN, J. E.; CRINE, V.; JOBE, W.; JOHNSON, E.; KARLSSON, K.; NILSSON, S. **The Development of an mHealth Tool for Children With Long-term Illness to Enable Person-Centered Communication: User-Centered Design Approach.** JMIR pediatrics and parenting, v.5, n.1, p.1-16, 2022.

WILLIAMS, P.; SHEKHAR, S. **People with learning disabilities and smartphones: Testing the usability of a touch-screen interface.** Education Sciences, v.9, n.4, p.263, 2019.

WODEHOUSE, A.; LOUDON, B.; URQUHART, L. **The configuration and experience mapping of an accessible VR environment for effective design reviews.** AI EDAM, v.34, n.3, p.387-400, 2020.

WOLBERS, T.; WIENER, J. M. **Challenges in identifying the neural mechanisms that support spatial navigation: the impact of spatial scale.** Frontiers in Human Neuroscience, v. 8, p. 571, 2014.

WOLCOTT, M. D.; LOBCZOWSKI, N. G. **Using cognitive interviews and think-aloud protocols to understand thought processes.** Currents in Pharmacy Teaching and Learning, v. 13, n. 2, p. 181-188, 2021.

WU, M.; SHEN, C.; RYALL, K.; FORLINES, C.; BALAKRISHNAN, R. Gesture registration, relaxation, and reuse for multi-point direct-touch surfaces. **In: First IEEE International Workshop on Horizontal Interactive Human-Computer Systems (TABLETOP'06).** p.185-192, 2006.

XU, Y.; CHEN, N. Evaluating mobile apps with a/b and quasi a/b tests. **In: Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining.** New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2016. (KDD '16), p.313-322, 2016.

XU, Y.; QIN, T.; WU, Y.; YU, C.; DONG, W. **How do voice-assisted digital maps influence human wayfinding in pedestrian navigation?.** Cartography and Geographic Information Science, v. 49, n. 3, p. 271-287, 2022.

YANG, F.; XIONG, J.; LIU, J.; WANG, C.; LI, Z.; TONG, P.; CHEN, R. **A pairwise SSD fingerprinting method of smartphone indoor localization for enhanced usability.** Remote Sensing, v. 11, n. 5, p. 566, 2019.

YANG, Z.; ASBURY, K.; GRIFFITHS, M; D. **An exploration of problematic smartphone use among Chinese university students: Associations with academic anxiety, academic procrastination, self-regulation and subjective wellbeing.** International Journal of Mental Health and Addiction, v.17, n.3, p.596-614, 2019.

YOSHIDA, M. Think-Aloud Protocols and Type of Reading Task: The Issue of Reactivity in L2 Reading Research. **In Selected Proceedings of the 2007 Second Language Research Forum.** p.199-209, 2008.

ZAGERMANN, J.; PFEIL, U.; VON BAUER, P.; FINK, D.; REITERER, H. It's in my other hand!"—Studying the Interplay of Interaction Techniques and Multi-Tablet Activities. **In: Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems,** p. 1-13, 2020.

ZAHABI, M.; KABER, D. **Identification of task demands and usability issues in police use of mobile computing terminals.** Applied ergonomics, v. 66, p. 161-171, 2018.

ZARE, S.; HASHEMINEZHAD, N.; DEHESH, T.; HASANVAND, D.; AHMADI, S.; HEMMATJO, R. **The Relationship between Mental Workload and Prevalence of**

Musculoskeletal Disorders among Welders of Tehran Heavy Metal Structures Company in 2016. Journal of Biology and Today's World, v.5, n.12, p.218-223, 2016.

ZHANG, H.; ZHERDEVA, K.; EKSTROM, A. D. **Different “routes” to a cognitive map: dissociable forms of spatial knowledge derived from route and cartographic map learning.** Memory & cognition, v.42, n.7, p.1106-1117, 2014.

ZHANG, Y.; CHASE, S. M. **Optimizing the usability of brain-computer interfaces.** Neural computation, v.30, n.5, p.1323-1358, 2018.

APÊNDICE

Caracterização dos participantes

1. Dados pessoais

Idade: 1 anos

Sexo: _____

Ordem de chegada: _____

() *Think Aloud* () Entrevista

2. Escolaridade

Escolaridade?

() fundamental () médio () graduação () mestrado () doutorado

Profissão: _____

3. Você possui algum tipo de deficiência na visão?

() não possui () miopia () astigmatismo () hipermetropia () outro

4. Experiência com mapas

Que nível de experiência você considera possuir na utilização de mapas?

() nenhum () baixo () médio () alto

5 Você costuma utilizar mapas digitais acessados com seu *smartphone*?

() sim () não

6. Você possui familiaridade com o campus da Universidade Federal do Paraná Campus Centro Politécnico?

() sim () não

7. Se sim, a quanto tempo você frequenta o centro politécnico da UFPR?

() <1 ano () entre 1 até 2 anos () entre 2 até 4 anos () >4 anos

8. Você possui familiaridade com o prédio das Ciências Biológicas localizado no Campus Centro Politécnico?

() sim () não

NASA Task Load Index (NASA-TLX)

Avaliação da carga cognitiva relacionada a utilização de mapas digitais acessados por *Smartphones* em ambientes *indoor/outdoor*.

- Demanda Mental: Quão exigente foi a tarefa?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Indoor</i>					<i>Outdoor</i>				

- Demanda física: Quão fisicamente foi exigente a tarefa?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Indoor</i>					<i>Outdoor</i>				

- Demanda Temporal: Quão apressado foi o ritmo da tarefa?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Indoor</i>					<i>Outdoor</i>				

- Desempenho: Quão bem sucedido você foi em realizar o que você foi convidado a fazer?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Indoor</i>					<i>Outdoor</i>				

- Esforço: Quão difícil foi para você para realizar a tarefa?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Indoor</i>					<i>Outdoor</i>				

- Frustração: Quão inseguro(a), desanimado(a), irritado(a), estressado(a), e irritado(a) você estava?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Indoor</i>					<i>Outdoor</i>				

Roteiro de aplicação dos experimentos

- Leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)
- Caracterização do usuário.
- Leitura em conjunto da tarefa espacial.
- Dispositivos móveis com acesso à internet e ao mapa.
- Iniciar a gravação da tela do dispositivo.
- Iniciar o Andro Sensor.
- Iniciar o contador de toques *Touch Counter*.
- Iniciar a gravação de áudio e vídeo da sessão de teste.
- Sincronizar a gravação de ambos dispositivos.
- Prancheta para suportar folha A4, caneta esferográfica azul, lapiseira e borracha.
- Questionário NASA (TLX).
- Folhas em A4 em branco.
- Mapa cognitivo (apenas no final da rota em campo).

A sincronização dos testes foi efetuada ao comparar os registros de tempo obtidos pelo *Data Logging* com aqueles exibidos na tela do dispositivo utilizado para a navegação. Essa sincronização foi posteriormente verificada na gravação de áudio e vídeo, onde um relógio foi exibido na lente da câmera do gravador no início do experimento. Esse procedimento permitiu uma correspondência precisa entre os tempos registrados, garantindo a integridade e a precisão dos dados coletados.