

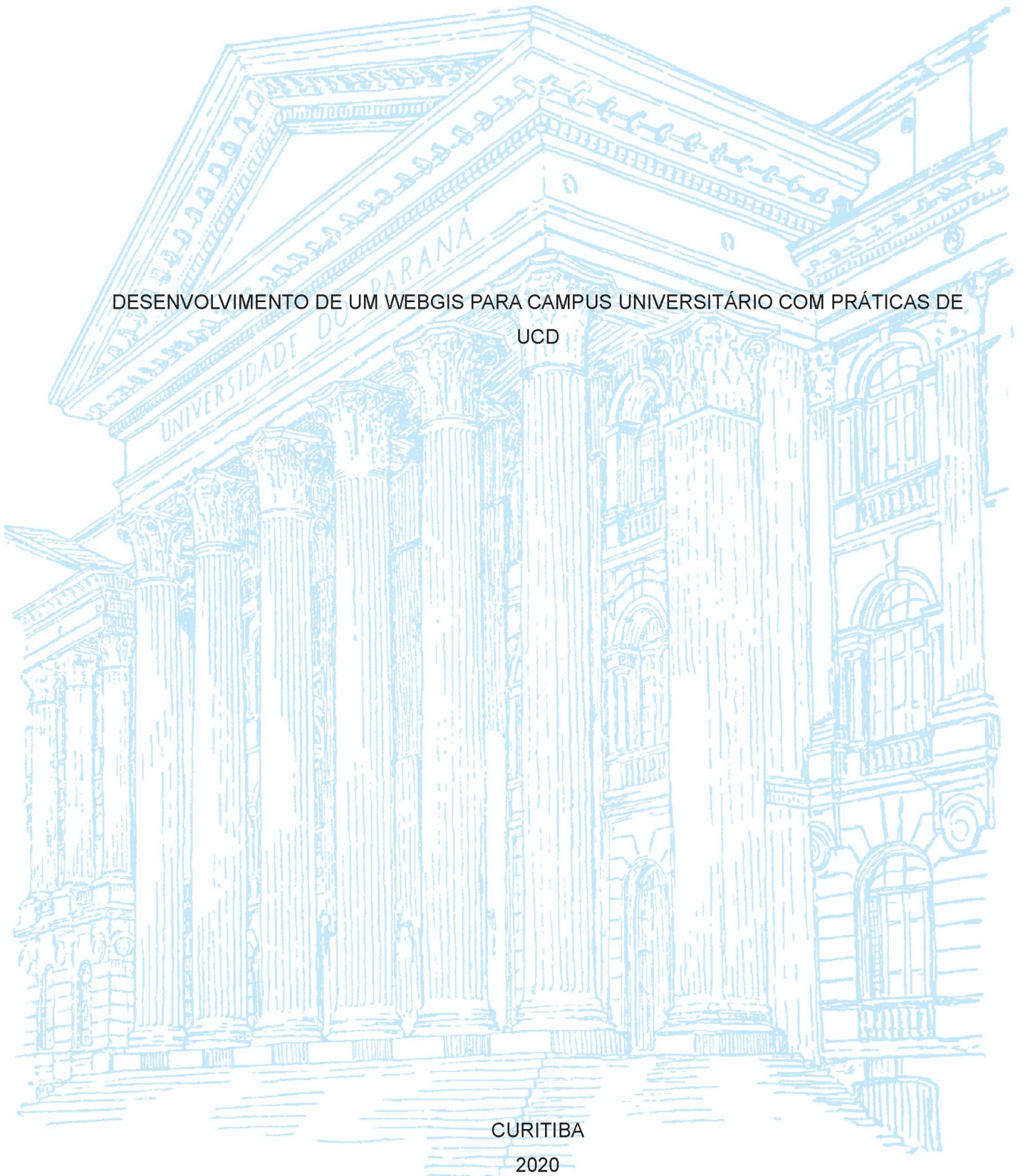
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARCIANO DA COSTA LIMA

DESENVOLVIMENTO DE UM WEBGIS PARA CAMPUS UNIVERSITÁRIO COM PRÁTICAS DE  
UCD

CURITIBA

2020



MARCIANO DA COSTA LIMA

DESENVOLVIMENTO DE UM WEBGIS PARA CAMPUS UNIVERSITÁRIO COM PRÁTICAS DE  
UCD

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

Orientadora: Profa. Dra. Luciene Stamato Delazari

CURITIBA

2020

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR  
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

L732d

Lima, Marciano da Costa

Desenvolvimento de um WebGIS para campus universitário com práticas de UCD [recurso eletrônico] / Marciano da Costa Lima. – Curitiba, 2020.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 2020.

Orientadora: Luciene Stamato Delazari.

1. Sistemas de informação geográfica. 2. Internet. 3. Mapeamento digital. I. Universidade Federal do Paraná. II. Delazari, Luciene Stamato. III. Título.

CDD : 528.8

Bibliotecária: Vanusa Maciel CRB- 9/1928



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

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS GEODÉSICAS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **MARCIANO DA COSTA LIMA** intitulada: **DESENVOLVIMENTO DE UM WEBGIS PARA CAMPUS UNIVERSITÁRIO COM PRÁTICAS DE UCD**, sob orientação da Profa. Dra. LUCIENE STAMATO DELAZARI, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

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

CURITIBA, 18 de Fevereiro de 2020.

LUCIENE STAMATO DELAZARI

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

SILVANA PHILIPPI CAMBOIM

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

ANDRE LUIZ ALENCAR DE MENDONÇA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS)

Dedico este trabalho à minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus, pelo dom da vida e força para continuar. À minha família, por todo apoio que sempre me foi dado, pelo seu amor e paciência para com todos os meus erros. Aos amigos que fizeram parte desta caminhada, dos quais mesmo distante fazem-se sentir perto de coração. À minha orientadora, Luciene Stamato Delazari, por todos os seus ensinamentos, pela paciência, consideração e amizade. À banca, por aceitar este convite e por toda colaboração realizada.

Especiais agradecimentos às pessoas que ajudaram diretamente para a realização deste trabalho: Professora Silvana Philippi Camboim; Analista de Sistemas Édson Flávio de Souza; Professor Leonardo Ercolin Filho; Amanda Pereira Antunes.

Agradecimentos especiais ao CNPq, pela bolsa concedida durante todo o transcurso do Mestrado, e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR pela oportunidade de fazer parte de sua história.

*If the doors of perception were cleansed every thing would appear to man as it is,  
Infinite. (BLAKE, William.,1757 - 1827)*

## RESUMO

A necessidade de mapas atualizados *indoor* e *outdoor* disponíveis em um formato que atenda ao usuário é cada vez mais observada na literatura. A utilização de técnicas que exploram as necessidades do usuário no desenvolvimento de sistemas, como a Engenharia de Requisitos (ER) e o User-Centred Design (UCD), vem apresentando resultados satisfatórios no decorrer dos anos com o amadurecimento destas metodologias. Este trabalho abordou a temática da aplicação de técnicas de ER e UCD para o desenvolvimento de um WebGIS voltado para campi universitários visando a criação de rotas que integrassem os dados da base cartográfica de um campus (*outdoor*) com seus dados de mapeamento *indoor*. O estudo de caso foi aplicado ao campus Centro Politécnico da UFPR. Esta pesquisa resulta do Projeto UFPR CampusMap, que visa a criação e atualização da base cartográfica dos campi da UFPR, juntamente ao mapeamento de seus ambientes *indoor*. O objetivo desta pesquisa buscou colaborar com estudos de desenvolvimento de WebGIS com aplicação de navegação em ambientes *indoor* e *outdoor*, no contexto de campi universitários. Para este fim, utilizou-se de técnicas de ER para o levantamento dos requisitos de usuário e do sistema, desenvolveu-se o WebGIS e aplicou-se um teste com um grupo de usuários a fim de medir o grau de usabilidade da interface desenvolvida, sempre no contexto do UCD. Para o teste da interface, utilizou-se do questionário SUS elaborado por Brooke (1996) aplicado para 31 usuários. Os resultados mostraram um índice elevado de pontuação no teste (73,5), indicando uma classificação do sistema como “B” pelo índice de Sauro (2011) e resultado “Excelente” na escala de Bangor, Kortum e Miller (2009). As dificuldades encontradas por alguns dos usuários, junto aos comentários relatados por estes participantes, permitiram levantar algumas soluções na interface que busquem facilitar a interação com o usuário. Por fim, esta pesquisa pôde demonstrar o desenvolvimento de um WebGIS para navegação de rotas *indoor* e *outdoor* de campi universitários, utilizando-se de métodos e técnicas de melhorias de sua usabilidade baseada em técnicas de UCD, mostrando-se adequado no contexto de seus usuários.

Palavras-chave: WebGIS. *User-Centred Design*. Engenharia de Requisitos. Usabilidade. Rotas *indoor*.

## ABSTRACT

The need for updated indoor and outdoor maps available in a format that suits the user is increasingly observed in the literature. The use of techniques that explore user needs in systems development, such as Requirements Engineering (ER) and User-Centred Design (UCD), has shown satisfactory results over the years with the maturity of these methodologies. This work addressed the theme of applying ER and UCD techniques for the development of a WebGIS aimed at university campuses aiming at the creation of routes that integrate the data of the cartographic base of a campus (outdoor) with its indoor mapping data. The case study was applied to the UFPR Centro Politécnico campus. This research results from the UFPR CampusMap Project, which aims to create and update the cartographic base of UFPR's campuses, together with the mapping of their indoor environments. The objective of this research was to collaborate with studies of development of WebGIS with application of navigation in indoor and outdoor environments, in the context of university campuses. For this purpose, ER techniques were used to survey user and system requirements, WebGIS was developed and a test was applied with a group of users in order to measure the degree of usability of the developed interface, always in the context of the UCD. For the interface test, we used the SUS questionnaire prepared by Brooke (1996) applied to 31 users. The results showed a high index of test scores (73.5), indicating a classification of the system as "B" by the Sauro index (2011) and an "Excellent" result on the scale of Bangor, Kortum and Miller (2009). The difficulties encountered by some users, together with the comments reported by these participants, allowed us to raise some solutions in the interface that seek to facilitate interaction with the user. Finally, this research was able to demonstrate the development of a WebGIS for navigation of indoor and outdoor routes on university campuses, using methods and techniques to improve its usability based on UCD techniques, proving to be adequate in the context of its users.

Keywords: WebGIS. User-Centred Design. Requirements Engineering. Usability. Indoor Routes.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ARQUITETURA DE UM WEBGIS.....	30
FIGURA 2 – WEBGIS DESENVOLVIDO POR BAASER ET AL. (2006).....	31
FIGURA 3 – WEBGIS DESENVOLVIDO POR JACOB ET AL. (2009).....	32
FIGURA 4 – WEBGIS DESENVOLVIDO POR HUANG ET AL. (2010).....	33
FIGURA 5 – WEBGIS DESENVOLVIDO POR EDER ET AL. (2015).....	34
FIGURA 6 – WEBGIS DESENVOLVIDO POR CHILELA (2016).....	35
FIGURA 7 - MODELO DE ATIVIDADES DO PROCESSO DE ENGENHARIA DE REQUISITOS APLICADA A SOLUÇÕES DE GEOINFORMAÇÃO.....	41
FIGURA 8 - PROCESSO GENÉRICO DE ELICITAÇÃO DE REQUISITOS.....	44
FIGURA 9 - ESCALA DE PONTUAÇÃO SUS PROPOSTA POR SAURO (2011).....	54
FIGURA 10 - ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	56
FIGURA 11 - ÁREA DE ESTUDO.....	58
FIGURA 12 - MODELO UML DO BANCO DE DADOS <i>INDOOR</i> .....	62
FIGURA 13 - DIAGRAMA DE CASOS DE USO.....	72
FIGURA 14 - ESQUEMATIZAÇÃO DA ESTRUTURA UTILIZADA.....	73
FIGURA 15 - CAMADAS CRIADAS NO GEOSERVER.....	74
FIGURA 16 - VISUALIZAÇÃO DO RECURSO DE PIRÂMIDE DO GEOSERVER....	75
FIGURA 17 - PROTÓTIPO DA INTERFACE DO WEBGIS.....	76
FIGURA 18 - INTERFACE DO WEBGIS DESENVOLVIDO VISUALIZADA EM <i>DESKTOP</i> .....	77
FIGURA 19 - INTERFACE DO WEBGIS DESENVOLVIDO VISUALIZADA EM <i>SMARTPHONE</i> .....	78
FIGURA 20 - RECURSOS DA BARRA LATERAL DO WEBGIS.....	79
FIGURA 21 - FUNÇÕES DA ÁREA DE VISUALIZAÇÃO DO MAPA.....	80
FIGURA 22 - SISTEMA DE CADASTRO E REGISTRO DE USUÁRIO.....	83

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - DESEMPENHO GERAL DAS TAREFAS PELOS PARTICIPANTES...	86
GRÁFICO 2 - RELAÇÃO DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SUS EM RELAÇÃO ÀS SUAS AFIRMAÇÕES POSITIVAS.....	87
GRÁFICO 3 - RELAÇÃO DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SUS EM RELAÇÃO ÀS SUAS AFIRMAÇÕES NEGATIVAS.....	88
GRÁFICO 4 - VALORES DE INDICADORES DE USABILIDADE A PARTIR DO QUESTIONÁRIO SUS.....	89
GRÁFICO 5 - VALORES DE INDICADORES DE USABILIDADE A PARTIR DO QUESTIONÁRIO SUS.....	90
GRÁFICO 6 - CLASSIFICAÇÃO DE BANGOR, KORTUM E MILLER (2009) PARA O WEBGIS DESENVOLVIDO.....	91

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - OPERAÇÕES WMS.....	38
QUADRO 2 - OPERAÇÕES WFS.....	39
QUADRO 3 - QUESTIONÁRIO SUS.....	53
QUADRO 4 - ESCALA LIKERT.....	55
QUADRO 5 - MATERIAIS UTILIZADOS.....	60
QUADRO 6 - QUESTIONÁRIO SUS ADAPTADO.....	66
QUADRO 7 - LISTA DE REQUISITOS FUNCIONAIS E NÃO FUNCIONAIS.....	71
QUADRO 8 - RELAÇÃO DAS HEURÍSTICAS APLICADAS À INTERFACE DO WEBGIS.....	80

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1- CLASSIFICAÇÃO POR ADJETIVOS DA ESCALA SUS.....	54
TABELA 2 - DESEMPENHO INDIVIDUAL DAS TAREFAS PELOS PARTICIPANTES .....	85
TABELA 3 - PONTUAÇÃO SUS PELO MÉTODO DE BROOKE (1996).....	89

## LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

SIGLA	- Nome por extenso
BD	- Banco de Dados
BDG	- Banco de Dados Geográfico
CEPAG	- Centro de Pesquisas Aplicadas em Geoinformação
EF	- <i>Ergonomic-Factors</i>
ER	- Engenharia de Requisitos
GNSS	- <i>Global Navigation Satellite System</i>
HCI	- <i>Human-computer interaction</i>
HF	- <i>Human-Factors</i>
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE	- Infraestrutura de Dados Espaciais
IDEA	- Infraestrutura de Dados Espaciais Acadêmica
INDE	- Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
IPS	- <i>Indoor Position System</i>
LBS	- <i>Location Based Service</i>
MVC	- <i>Model-View-Controller</i>
PNAD	- Plano Nacional por Amostra de Domicílio
PPGCG	- Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR
SGBDG	- Sistema de Gerência de Bancos de Dados Geográficos
UCD	- <i>User Centred Design</i>
UCM	- UFPR <i>Campus Map</i>
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
UX	- <i>User Experience</i>
WebGIS	- <i>Web Geographic Information System</i>
WWW	- <i>World Wide Web</i>

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1 CONTEXTO DA APLICAÇÃO.....	20
1.2 JUSTIFICATIVA.....	21
1.3 OBJETIVOS.....	23
1.3.1 Objetivo geral.....	23
1.3.2 Objetivos específicos.....	23
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>24</b>
2.1 SMART CITY E SMART CAMPUS.....	24
2.2 MOBILIDADE INDOOR.....	26
2.3 APLICAÇÕES WEBGIS.....	29
2.3.1 Iniciativas de WebGIS aplicadas em universidades.....	30
2.4 GEOSERVIÇOS.....	36
2.4.1 Open Geospatial Consortium (OGC).....	36
2.4.2 International Standards Association (ISO).....	37
2.4.3 Web Map Service (WMS).....	37
2.4.4 Web Feature Service (WFS).....	39
2.5 ENGENHARIA DE REQUISITOS.....	40
2.5.1 Brainstorming.....	47
2.6 USABILIDADE.....	48
2.6.1 User Centred Design.....	51
2.6.2 Questionário SUS.....	52
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>56</b>
3.1 DEFINIÇÃO DAS NECESSIDADES DO USUÁRIO.....	57
3.2 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS.....	57
3.3 DEFINIÇÃO DOS DADOS DO PROJETO.....	57
3.3.1 Caracterização da área de estudo.....	58
3.3.2 Dados da base cartográfica <i>outdoor</i> .....	59
3.3.3 Dados da base cartográfica <i>indoor</i> .....	59
3.4 ESTRUTURA DE SOFTWARE ESCOLHIDA.....	60
3.4.1 Materiais.....	60
3.4.2 Estrutura <i>Back-end</i> .....	61

3.4.2.1 Banco de dados geoespacial.....	61
3.4.2.2 Geoserver.....	63
3.4.3 Estrutura <i>Front-end</i> .....	64
3.4.3.1 <i>Framework</i> Bootstrap.....	64
3.4.3.2 Leaflet.....	65
3.5 TESTES COM USUÁRIOS.....	65
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>67</b>
4.1 TESTES COM USUÁRIOS.....	83
<b>5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>92</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO A – CATEGORIZAÇÃO BASE CARTOGRÁFICA.....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXO B – DIAGRAMA UML DE CLASSES DE CATEGORIZAÇÃO <i>OUTDOOR</i></b> <b>.....</b>	<b>107</b>
<b>ANEXO C – CATEGORIZAÇÃO <i>INDOOR</i>.....</b>	<b>108</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de dispositivos móveis digitais é uma realidade cada vez mais presente no cotidiano de nossa sociedade, e isto ocorre, entre outros fatores, pelo avanço da tecnologia e a diminuição de preços, o que permitiu a democratização de seu acesso, estando disponível a um número cada vez maior de pessoas. De acordo com a 30ª Pesquisa Anual de Administração e Uso de Tecnologia da Informação nas Empresas, realizada pela Fundação Getúlio Vargas de São Paulo, em 2019 o Brasil possuía 230 milhões de *smartphones* em uso, o que, somando-se a outros dispositivos digitais portáteis como *tablets* e *notebooks*, estabelece a média de dois dispositivos por habitante (MEIRELLES, 2019).

O Plano Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD), realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), divulgou que o percentual de pessoas que acessam à Internet através de *smartphones* alcançou 97,0%, enquanto as que utilizam apenas o microcomputador para este fim vêm mostrando queda, chegando a 56,6% (IBGE, 2018). Graças à popularidade dos dispositivos móveis, surgiu também a demanda e a possibilidade do desenvolvimento de produtos voltados para estes aparelhos, entre os quais destacam-se os serviços baseados em localização (LBS – *Location Based Service*) e os sistemas de posicionamento *indoor* (IPS – *Indoor Position System*).

Junto a isso, pesquisas de comportamento social mostraram que a maior parte das atividades humanas, aproximadamente 87%, são realizadas em ambientes *indoor* (KLEPEIS et al., 2001). Com o crescente número de edifícios comerciais, aeroportos, shoppings e universidades, e a possibilidade da utilização de dispositivos móveis como ferramenta de posicionamento e navegação nestes ambientes *indoor*, vêm crescendo também o número de pesquisas voltadas para esses ambientes (CHOW et al., 2018). Grande parte destas pesquisas ainda concentram-se nas tecnologias de posicionamento e sua viabilidade (GUNDUZ et al., 2016; XIA et al., 2016; BASIRI et al., 2017; CORREA et al., 2017; CHOW et al., 2018). Entretanto devido às características das informações *indoor*, observam-se a necessidade de existirem mais esforços para considerar seu gerenciamento mais eficiente (DELAZARI et al., 2019).

O desenvolvimento de tecnologias para posicionamento *indoor* deve ser complementado pelo conhecimento preciso da geometria e da semântica do ambiente, ambas necessárias para tomada de decisões inteligentes e planejamento

de ações eficientes (CHOW et al., 2018). As aplicações desenvolvidas para o posicionamento *indoor* também devem buscar auxiliar os usuários a se localizarem nestes ambientes, pois existe uma propensão natural das pessoas a sentirem-se mais desorientadas espacialmente em locais fechados (SI; ARIKAWA, 2015). Devido ao posicionamento pelo GNSS (*Global Navigation Satellite System*) ser inviável em locais fechados, diversos métodos de posicionamento têm sido estudados nos últimos anos, buscando utilizar tecnologias alternativas, como Wi-Fi, Bluetooth, entre outros. No entanto, tais tecnologias necessitam do suporte de dados geoespaciais para fornecer melhor qualidade posicional e orientação ao usuário, garantindo assim seu funcionamento adequado (CHOW et al., 2018). Atentando-se a isso, observa-se a importância de uma ferramenta que facilite o acesso aos dados geoespaciais do ambiente *indoor* desejado.

A utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) tem demonstrado seus benefícios como ferramenta de apoio à tomada de decisões em gestão e planejamento graças ao suporte e manipulação de dados geoespaciais (HUANG e YUAN, 2010; BALLATORE et al., 2015). Entretanto a utilização de *software* de SIG mostra-se como uma tarefa restrita, pois faz-se necessário um conhecimento técnico e conceitual prévio. Ainda assim, com o desenvolvimento de tecnologias que buscam simplificar o acesso a dados geoespaciais, possibilitou-se ampliar seu uso e aproveitamento por parte da comunidade.

A utilização de dados geoespaciais em ambientes *web* popularizou-se com o uso de geoserviços. Isto deve-se a diversos fatores, dentre os quais pode-se citar a possibilidade de acesso a estes dados de forma remota (DALTON, 2013). Com o uso de geoserviços os dados geoespaciais não necessitam ser localmente armazenados ou processados pelo usuário (cliente), mas sim remotamente, pelo servidor do geoserviço. De maneira simplificada, os geoserviços são concebidos para prover funções integradas de maneira seletiva, onde o servidor do geoserviço fica responsável pelo processamento dos dados geoespaciais e seu controle (CONCAR, 2010). Dentre as ferramentas que se beneficiam com o uso de geoserviços, destacam-se os *Web Geographic Information Systems* (WebGIS).

Dentre as tecnologias existentes para manipulação de dados geoespaciais, tem-se popularizado o uso de WebGIS graças à facilidade de sua utilização (SCHRADER-PATTON et al., 2010). Sua vantagem está na capacidade de operar dados geoespaciais de maneira simplificada, quando comparada a um *software*

tradicional de SIG, sendo possível sua utilização por meio de navegadores *web*. O modelo *web* permite o seu funcionamento na arquitetura cliente-servidor, isto é, o processamento é dividido entre o responsável pela manutenção dos dados (servidor) e o responsável pelo seu consumo, ou uso (cliente). Para este trabalho, um WebGIS será considerado como sendo uma aplicação *web* que permite a integração de funções a um mapa interativo.

Um WebGIS deve ser projetado conforme a necessidade de cada aplicação, onde são escolhidas quais funcionalidades serão disponibilizadas ao usuário, junto ao acesso aos dados de interesse. O seu desenvolvimento está relacionado ao projeto cartográfico ao qual se destina, sendo este apoiado ao projeto de software para sua elaboração. Este trabalho deseja realizar o desenvolvimento de um WebGIS aplicado ao estudo de caso de um campus universitário.

O crescente tamanho e complexidade dos conjuntos acadêmicos e não acadêmicos de campi universitários desencadeia a necessidade de mapas com o objetivo de orientação, os chamados “mapas do campus” digitais. Embora muitas instituições e universidades possuam mapas de seus campi, as funcionalidades destes mapas ainda não estão bem definidas (MITTLBOECK; KNOTH; VOCKNER, 2017). Esses mapas podem ser disponibilizados de forma estática, isto é, sem o elemento de interação ativa por parte de seu usuário, ou em formato dinâmico, também chamado na literatura de mapa interativo.

De acordo com Sluter (2001), um mapa interativo é uma interface digital entre o usuário e a realidade, que possua ferramentas computacionais que o permitam que deixe de ser um elemento passivo no processo de comunicação cartográfica, e passe a interagir ativamente neste processo. Neste contexto, a função do cartógrafo é projetar e implementar as ferramentas computacionais que compõem o ambiente de utilização dos mapas, e fornecê-las aos usuários. Os usuários, por sua vez, podem decidir como e de que forma as informações poderão ser visualizadas (SLUTER, 2001).

Desenvolver um WebGIS voltado para campus universitários visa atender às necessidades de acesso as informações geoespaciais por parte das universidades, podendo também atender a crescente demanda de dados de posicionamento *indoor* (HUANG et al., 2010; TORRES-SOSPEDRA, 2015; CHILELA, 2016; BLACHOWSKI; ŁUCZAK; ZAGRODNIK, 2018). Além disso, é uma ferramenta que dá suporte a uma

base cartográfica atualizada, em um ambiente que pode proporcionar seu acesso de forma facilitada (EDER et al., 2015).

Em relação ao projeto de *software*, observando a complexidade de desenvolver uma aplicação WebGIS, algumas soluções e boas práticas podem ser utilizadas para facilitar o ponto de partida deste processo. A engenharia de *softwares* é uma área da ciência da computação que busca o desenvolvimento de métodos e técnicas para o desenvolvimento de *softwares*. O emprego de técnicas de engenharia de *software*, aliado à utilização de *User-Centred Design* (UCD), visa proporcionar o desenvolvimento de uma aplicação que atenda aos requisitos de usabilidade desejados e forneça um ambiente mais adequado aos usuários.

O UCD é um conjunto de técnicas, métodos, procedimentos e processos, bem como uma filosofia que coloca o usuário no centro do processo de desenvolvimento (DETWEILER, 2007; DA SILVA et al., 2015). Utilizando esta abordagem busca-se obter um grau maior de eficácia, eficiência e satisfação no projeto, melhorando assim a sua usabilidade.

Definiu-se então para este trabalho o desenvolvimento de um WebGIS para ambientes *indoor/outdoor* dos campi da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Esta escolha se deve a três fatores: a disponibilidade de dados geoespaciais já existentes tanto *indoor* quanto *outdoor* de alguns de seus campi; trabalhos já existentes acerca da representação destes dados; e a existência das ferramentas necessárias para atender as funcionalidades desejadas. Além destes, existem poucas iniciativas WebGIS que permitam a transição entre ambientes *indoor* e *outdoor*, sendo mais comuns a abordagem desses ambientes separadamente (JACOB et al., 2009; HUANG; GARTNER, 2010; YAN; GUO, 2012; ZLATANOVA et al., 2013; CHILELA, 2016; SILVA; SÁ, 2019). Dentre as vantagens que essa ferramenta pode fornecer, pode-se destacar a busca por facilitar a mobilidade em um campus universitário. Neste contexto, a aplicação colabora com estudos aplicados ao desenvolvimento de soluções para *smart cities* e *smart campus*.

O conceito de *smart city* é um tema importante relativo à questão da mobilidade urbana. Entre os problemas encontrados para aplicações de soluções de conceito *smart*, no contexto de mobilidade apontados por Gomes et al. (2018), está a desatualização cartográfica. Ainda nesse contexto, a UFPR possui diversas pesquisas voltadas para soluções de *smart cities*, sendo objeto de estudo servindo-

se como *smart* campus. Este trabalho pode colaborar com estudos que foquem na mobilidade do campus, servindo como elemento de apoio à tomada de decisões.

Assim, desejando-se prover informações sobre ambientes geoespaciais dos campi da UFPR, este trabalho parte da hipótese de que disponibilizando-se meios que facilitem a navegação no interior de um campus universitário, a mobilidade no campus será facilitada.

## 1.1 CONTEXTO DA APLICAÇÃO

A Universidade Federal do Paraná (UFPR) possui, em 6 cidades do estado, um total de 26 campi. Deste total, a UFPR possui 11 milhões de m<sup>2</sup> de área, com 500 mil m<sup>2</sup> de área construída em 316 prédios. Além disso, a universidade conta com mais de 6.000 funcionários (entre técnicos e docentes), cerca de 40.000 alunos de graduação e 10.000 alunos de pós-graduação (UFPR, 2018).

Criado em 1961, o campus Centro Politécnico da UFPR, localizado no bairro Jardim das Américas, Curitiba, PR, foi um marco na expansão da Universidade, sendo atualmente o seu maior campus (588.000 m<sup>2</sup> de área do terreno, 176.000 m<sup>2</sup> de área construída e 68 edificações). Dentre os cursos de graduação e pós-graduação localizados neste campus, está o Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR (PPGCG-UFPR).

A partir de trabalhos realizados pelo grupo de pesquisas em Cartografia e SIG do PPGCG-UFPR, sobre a representação gráfica de ambientes *indoor* do campus Centro Politécnico da UFPR, desenvolveu-se o projeto UFPR Campus *Map* (UCM). O projeto UCM tem como objetivo principal a implementação de um ambiente com informações do ambiente *outdoor* (externo) e *indoor* (interno) da UFPR (DELAZARI et al., 2019).

A partir deste projeto, diversos estudos foram realizados: navegação por mapas disponíveis em modo *offline* por aplicativo Android (LIMA, 2017); avaliação de representações cartográficas digitais para ambientes *indoor* com o uso de dispositivos móveis (SAROT; DELAZARI, 2018); posicionamento do usuário a partir de QR-Codes (ANTUNES; DELAZARI, 2019); e posicionamento *indoor* por meio da utilização das redes WiFi disponíveis (ARAVENA, 2019).

Além dos trabalhos supracitados, o UCM engloba outros projetos, como a atualização da base cartográfica e criação de uma base de dados geoespaciais da

UFPR, e a manutenção e ampliação da rede topográfica local do campus do Centro Politécnico, disponíveis em seu *site* <[www.campusmap.ufpr.br](http://www.campusmap.ufpr.br)>. A base cartográfica dos campi desenvolvidos integra também a plataforma IDEA (Infraestrutura de Dados Espaciais Acadêmica) da UFPR.

O objetivo principal desta pesquisa é desenvolver um ambiente WebGIS dos campi da UFPR que integre a visualização de ambientes *indoor* e *outdoor*. Isto será oferecido através de uma interface *web*, na qual estarão disponíveis seus mapas de forma interativa. Buscou-se também atender a necessidade de uma interface amigável e com recursos que atendam às necessidades do usuário, ao se considerar um ambiente de mapa interativo de campi universitários, conforme já abordado por trabalhos anteriores (NIKOOHEMAT, 2013; BLACHOWSKI; ŁUCZAK; ZAGRODNIK, 2018).

Com base nas considerações iniciais e no contexto apresentado, busca-se, neste trabalho, desenvolver um WebGIS para solução de navegação *indoor/outdoor*, com aplicação aos campi da UFPR, dentro do projeto UCM. Para isto, foi realizada uma pesquisa sobre as funcionalidades desejadas da interface a ser construída, juntamente às buscas de solução de usabilidade que visem atender à proposta de desenvolvimento centrado no usuário.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Um SIG permite a análise integrada de dados geoespaciais e atributos associados, fornecendo a possibilidade de consulta de informações de forma gráfica a seus usuários. Dentre as vantagens de sua utilização, juntamente a outras tecnologias relacionadas, estão um melhor planejamento e gerenciamento de recursos, por fornecer facilidade ao acesso às informações disponíveis.

Um *WebGIS* é um ambiente SIG em uma interface *web*, simplificado quando comparado a *software* característicos. Dentre as vantagens de utilizar um WebGIS estão: centralização das atividades; interoperabilidade, facilidade de interação com os dados; e informações mais acessíveis (CHILELA, 2016).

Com o desenvolvimento das tecnologias de SIG, despertou-se o interesse da construção de um “campus digital” por parte de universidades ao redor do mundo (HUANG; YUAN, 2010). A viabilidade da disposição do mapeamento de suas instalações juntamente a seus atributos de informação, e a variedade de funções de

análise espacial e suporte a decisão a ela atrelados, permite a busca pela melhoria da eficiência da instituição, economia de recursos e visa promover o seu desenvolvimento. Essas características são partes integrantes do conceito de *smart cities*, e quando aplicadas a um campus universitário, os mesmos são conhecidos como *smart campus* (NEVES, et. al. 2017).

Deliiska et al. (2008) cita algumas características que são desejadas a uma aplicação de mapeamento digital de um campus universitário. Dentre essas características pode-se citar: visualização de mapas de regiões universitárias, edifícios, andares e ambientes; localização de locais educacionais e administrativos, além de locais de interesse; objetos de infraestrutura, como rede de esgotos, abastecimento de água, rede elétrica, rede rodoviária etc.

O desenvolvimento de um WebGIS voltado para campus universitários também pode ser justificado pela falta destes recursos em universidades brasileiras. É comum as universidades possuírem algum tipo de mapa digital de seus campi com objetivo de localização, entretanto, a maioria apresenta apenas mapas em formatos estáticos, como arquivos PDF. Realizando uma busca no Google pelos mapas do campus das 10 melhores universidades brasileiras, de acordo com o *Ranking* de Universidades do jornal Folha de São Paulo no ano de 2019 (FOLHA, 2020), apenas três apresentaram algum tipo de mapeamento interativo *web* (UNICAMP, UFRGS e UFRJ). Analisando estes mapas interativos, nenhum apresentou uma solução de mapas *indoor*.

O projeto UCM pretende mapear os ambientes *indoor* e *outdoor* dos campi da UFPR, sendo desenvolvido atualmente pelo Laboratório de Cartografia e SIG da UFPR, em conjunto com o Centro de Pesquisas Aplicadas em Geoinformação (CEPAG-UFPR). Dentre seus resultados, Sarot e Delazari (2018) e Antunes e Delazari (2019), desenvolveram pesquisas com simbologias de representação *indoor* no contexto de campi universitários. Farias e Delazari (2017) desenvolveram um ambiente *web* para o cálculo de rotas nestes ambientes.

Farias e Delazari (2017) apontaram mudanças que deveriam ser realizadas na aplicação *web* desenvolvida: i) a mudança no servidor de mapas utilizado, pois o mesmo foi um produto desenvolvido no projeto e não visava sua expansão e continuidade; ii) a organização do desenvolvimento do código-fonte da aplicação na estrutura *Model-View-Controller* (MVC), permitindo assim o desenvolvimento em paralelo da aplicação por mais de um desenvolvedor (FARIAS; DELAZARI, 2017).

Observando atender as mudanças propostas, é necessária a reformulação da estrutura inicial criada por Farias e Delazari (2017). Neste intuito, e visando diminuir esforços futuros de aplicações semelhantes, é proposto o desenvolvimento deste trabalho. Além disso, deseja-se utilizar uma abordagem baseada no UCD. O objetivo da aplicação do UCD em um projeto é buscar satisfazer os usuários através da elaboração de produtos utilizáveis e compreensíveis que atendam às suas necessidades e interesses (SALAH; PAIGE; CAIRNS, 2014).

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo geral**

Propor, implementar e avaliar um WebGIS para uma aplicação de navegação em ambientes *indoor* e *outdoor* de um campus universitário.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- a) Definir os requisitos funcionais e não funcionais da aplicação;
- b) Desenvolver o WebGIS com base nos requisitos obtidos, considerando a questão da usabilidade e o contexto de UCD; e
- c) Avaliar a usabilidade do ambiente desenvolvido a partir de um teste realizado com um grupo de usuários.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Serão abordados neste capítulo os conceitos e ferramentas que servirão como base para a realização deste trabalho. Serão apresentados os conceitos de *smart campus*, geoserviços, navegação *indoor*, engenharia de requisitos, usabilidade e UCD. Além dos conceitos, também serão apresentados trabalhos que corroboram os fundamentos desta pesquisa, e as ferramentas que serão utilizadas para a solução proposta.

### 2.1 SMART CITY E SMART CAMPUS

O avanço de tecnologia ocorrido nas últimas duas décadas, impulsionado pela globalização da internet, junto ao crescimento urbano e a preocupação cada vez maior com a sua gestão e planejamento com o uso destas tecnologias, fez surgir o conceito de *smart cities*, o qual tem sido tema de pesquisas em diversas áreas como: Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC); Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT); computação em nuvem e serviços *web*; desenvolvimento urbano e ambiental; sustentabilidade; mobilidade urbana, entre outros (CARAGLIU; BO; NIJKAMP, 2011; KOMMINOS, 2012; MUHAMAD et al. 2017; YU et al. 2011). Apesar de não existir uma definição universal para o conceito de *smart city* (DEAKIN; WAER, 2011), a maioria delas culmina na caracterização do uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) no desenvolvimento das cidades, embora muita pesquisa também tenha sido realizada sobre o papel do capital humano e social, educação, capital relacional e interesse ambiental como importantes impulsionadores do crescimento urbano (CARAGLIU; BO; NIJKAMP, 2011).

Komninos (2002) definiu quatro conceitos que delineiam uma cidade inteligente, posteriormente apontados por Hollands (2008) como os que melhor se enquadram no conceito de *smart city* atual, sendo eles:

- A aplicação de uma ampla gama de tecnologias eletrônicas e digitais às comunidades e cidades;
- O uso de TIC para transformar a vida e o trabalho dentro de uma região;
- A incorporação dessas TIC na cidade; e

- A territorialização de tais práticas a fim de aproximar as TIC e as pessoas, de modo a melhorar a inovação, a aprendizagem, o conhecimento e a resolução de problemas que elas oferecem.

Caragliu, Bo e Nijkamp (2011) apontam em sua pesquisa seis eixos, ou dimensões, principais para que uma cidade enquadre-se no conceito de *smart city*, ao longo dos quais classificou um *ranking* de 70 cidades europeias de tamanho médio. Esses eixos são: i) uma economia inteligente; ii) mobilidade inteligente; iii) um ambiente inteligente; iv) pessoas inteligentes; v) vida inteligente; e vi) governança inteligente. Estes eixos baseiam-se, respectivamente, em: i) teorias de competitividade regional; ii) economia de transporte e TIC; iii) recursos naturais; iv) capital humano e social; v) qualidade de vida; e vi) participação dos membros da sociedade nas cidades (CARAGLIU; BO; NIJKAMP, 2011).

Observando esses conceitos, nos quais uma cidade inteligente está além do simples uso de tecnologias, Oliveira e Campolargo (2015) citam o conceito de Cidades Inteligentes e Humanas, no qual a população é a maior beneficiada pelo modelo de gestão e definição de políticas públicas adotado. Em uma Cidade Inteligente e Humana, as pessoas, e não as tecnologias, são os verdadeiros atores da “inteligência” urbana. É fundamental a criação de um ecossistema participativo de inovação, nos quais cidadãos e comunidades possam interagir com autoridades públicas e desenvolvedores de conhecimento. Essa interação colaborativa leva a serviços de inovação centrados no usuário e solicita novos modelos de governança (OLIVEIRA; CAMPOLARGO, 2015).

Observando a evolução das definições, este trabalho adotará o termo *smart city* (ou *smart cities*) daqui por diante, por este estar mais difundido no meio científico, englobando o conceito de modelo de gestão e políticas públicas, que visam o bem-estar social e ambiental, baseado no uso de TICs.

Muitas das soluções propostas para *smart cities* podem ser desenvolvidas e aplicadas dentro do contexto de um campus universitário. Isto porque uma instituição universitária pode ser comparada com uma cidade em vários de seus aspectos (NEVES, et. al. 2017). Um campus universitário abrange muitas vezes um cenário em que milhares de pessoas, entre estudantes, funcionários e visitantes, realizam atividades diárias. Diante deste cenário, pode-se considerar uma similaridade com uma pequena cidade. Embora cidades e universidades sejam

ambientes distintos, com características e objetivos diferentes, elas frequentemente compartilham um contexto socioeconômico, ambiental e geográfico semelhantes (TORRES-SOSPEDRA et al., 2015).

Ng et al. (2010) sugeriram o termo Campus Inteligente (*iCampus*), onde “i” representa integrado e inteligente, articulado ao longo de seis eixos principais: aprendizado (*iLearning*); governança (*iGovernance*); meio ambiente e sustentabilidade (*iGreen*); saúde (*iHealth*); sociedade (*iSocial*); e gestão (*iManagement*).

Para Owoc e Marciniak (2013), os elementos de uma Universidade *Smart* são: capital humano e social (*Smart People*); a disponibilidade de uma infraestrutura física inteligente (*Smart Building*); infraestrutura de informação integrada (*Knowledge Grid*); aspectos legais de proteção ao meio ambiente (*Smart Environment*); e processos estratégicos de tomada de decisões (*Smart Governance*).

Considerando os fatores apontados por Caraglio, Bo e Nijkamp (2011), a mobilidade inteligente é um tema recorrente de estudo, sendo amplamente permeada pelas TIC, visando principalmente a otimização de fluxo de tráfegos, mas também para coletar opiniões dos cidadãos sobre a capacidade de vida nas cidades ou a qualidade dos serviços de transportes públicos local (BENEVOLO; DAMERI; D’AURIA, 2015). Um dos problemas apontados por Gomes et al. (2018) para algumas aplicações no contexto de *smart city* foi a falta de atualização dos mapas. Assim o desenvolvimento de uma aplicação que possa servir como fonte de uma base cartográfica local atualizada e um sistema de rotas visa atender estas necessidades.

## 2.2 MOBILIDADE INDOOR

Um requisito essencial de qualquer aplicação inteligente que visa melhorar a mobilidade é conhecer a posição real do usuário, tanto em ambientes externos quanto internos (TORRES-SOSPEDRA et al., 2015). Embora o posicionamento *outdoor* seja geralmente obtido usando o GNSS, o mesmo não ocorre para o posicionamento *indoor*.

Sem o auxílio do GNSS, devem existir outras formas de se posicionar em ambientes *indoor*. Visando atender esta necessidade, ao se desenvolver um sistema de navegação *indoor*, diferentes aspectos devem ser considerados, como: o

posicionamento interno; a apresentação de rotas e sua compreensão por parte dos usuários, os elementos apresentados; entre outras características (HUANG E GARTNER, 2010).

Downs e Stea (1977, apud HUANG E GARTNER, 2010) definiram quatro processos para o conceito de navegação: i) orientação (determinando-se o posicionamento de uma pessoa); ii) o planejamento da rota; iii) manter-se no caminho certo; e iv) descobrir o destino. Pode-se combinar os dois últimos processos como mover-se da origem ao destino. Assim Huang e Gartner (2010) relacionam isto como os três módulos de um sistema básico de navegação, sendo aplicáveis também a navegação *indoor*: i) posicionamento; ii) cálculo da rota; e iii) comunicação da rota.

Graças aos avanços nas últimas décadas na área de TICs, principalmente com o uso de *smartphones* e comunicações via internet, surgiram diversos sistemas voltados para o espaço *indoor*. Zlatanova et al. (2013) apontam como as principais razões para o aumento no interesse relacionado ao mapeamento *indoor*: i) as duas últimas décadas viram um maior uso da informação espacial pelas empresas e pelo público em geral; ii) o mapeamento e modelagem *indoor* foi complementado por avanços na computação móvel e nas comunicações pela Internet, tornando mais fácil do que nunca acessar e interagir com informações espaciais; e iii) a modelagem de representação *indoor* avançou geometricamente e semanticamente, abrindo portas para o desenvolvimento de aplicativos orientados ao usuário e sensíveis ao contexto.

Com o aumento da utilização das TIC, principalmente no âmbito de dispositivos móveis, gerou-se uma maior necessidade de informações do ambiente e do usuário, isto é, o contexto (NAZÁRIO; DANTAS; TODESCO, 2012). Aplicações sensíveis ao contexto referem-se à interação usuário-aplicação, sendo esta enriquecida pela percepção e uso de informações contextuais (CALVI; PESSOA; PEREIRA FILHO, 2005).

A reformulação da atitude e das expectativas do público em relação à informação espacial permitiu o desenvolvimento de novas aplicações e impulsionou a demanda por modelos de representação *indoor*, bem como as ferramentas para sua utilização (ZLATANOVA et al., 2013).

Sem o suporte do GNSS em ambientes *indoor*, soluções alternativas de posicionamento devem ser exploradas. A utilização de dispositivos que já são

comumente transportados por pessoas (como *smartphones*) dão a oportunidade de desenvolver soluções propensas a serem rapidamente aplicadas para um grande número de usuários.

Por outro lado, o desenvolvimento de tecnologias para o posicionamento *indoor* deve ser complementado pelo conhecimento preciso da geometria e da semântica do ambiente, ambas necessárias para tomar decisões inteligentes e planejar ações ótimas (CHOW et al., 2018). Diversos trabalhos anteriores (BAASER et al., 2006; JACOB et al., 2009; EDER et al., 2015; TORRES-SOSPEDRA et al., 2015; CHILELA, 2016; BASIRI et al. 2017; NEVES et al., 2017; BLACHOWSKI; ŁUCZAK; ZAGRODNIK, 2018) já concentraram esforços na solução de mobilidade inteligente, tanto em *smart cities* como em *smart campus*, entretanto, poucas são as iniciativas em que o foco é dar suporte de navegação a pedestres.

Conforme Torres-Sospedra et al. (2015) apontam em seu trabalho, um critério-chave para o sucesso de um aplicativo que realmente explore e conecte diferentes aspectos de uma cidade ou campus universitário, é gerenciar e fornecer acesso unificado a uma ampla variedade de informações heterogêneas e descentralizadas.

Uma das ferramentas mais utilizadas e eficazes para a navegação ainda é o mapa, em seus mais variados formatos. Em contraste a um mapa padrão, um mapa de navegação pode amplificar as informações de rota junto com informações de contexto relevante. Existem dois tipos distintos destes mapas que podem ser aplicados no contexto *indoor*, os mapas *top-view* (vista superior) ou *oblique-view* (visão oblíqua), comumente referenciados como mapas 2D e 3D, respectivamente (LORENZ et al., 2013).

A partir desta diferenciação entre mapas 2D e 3D, existem diversas formas de representação e visualização da realidade. Com o avanço no interesse e nas pesquisas em ambientes *indoor*, estes vêm sendo modelados e representados de diversas formas, onde destacam-se: i) desenhos arquitetônicos; ii) mapas planta baixa; iii) mapas esquemáticos; iv) *Building Information Model* (BIM); v) realidade aumentada e virtual; entre outros (CHOW et al., 2018).

Embora os mapas 3D simplifiquem a compreensão espacial em comparação aos mapas 2D, estes últimos ainda são os preferidos pela maior parte de seus usuários. Isto pode ser explicado devido aos seus raios de projeção vertical, que podem ser alinhados com a direção da rota através da rotação horizontal do mapa

(LORENZ et al., 2013). Além disso, os mapas 2D estão em conformidade com as geometrias horizontais, isto é, as geometrias dos pavimentos guardam seus ângulos verdadeiros.

### 2.3 APLICAÇÕES WEBGIS

Aplicações *web*, também conhecidas como *web apps*, são aplicativos que são executados através do uso de um navegador *web*. Aplicativos são *software* específicos que executam determinada tarefa, e tratando-se de aplicações *web*, estes normalmente exigem que o navegador obtenha informações, de tempos em tempos ou sempre que for executado, do servidor da aplicação (CHILELA, 2016).

Um *Web Geographic Information System* (WebGIS) é uma aplicação *web* que utiliza SIG, e que funciona integrada aos protocolos da *World Wide Web* (WWW). Pode utilizar diversas linguagens de programação, e sua estrutura pode variar de acordo com a complexidade de seu sistema (YAN; GUO, 2013). Desde sua concepção, os WebGIS têm demonstrando imenso valor governamental, empresarial, científico e na sociedade geral (FU, 2015).

Aplicações WebGIS geralmente possuem ferramentas que permitem aos usuários manipular, interagir, analisar, salvar, gerenciar, editar e exibir dados geoespaciais de diferentes fontes. Basicamente um WebGIS possui uma arquitetura de três camadas, conforme FIGURA 1. Clientes WebGIS são as camadas de apresentação, isto é, a visualização da aplicação, geralmente como mapas ou resultados de análises, sendo interpretadas pelos navegadores *web*. Os servidores WebGIS ocupam a camada lógica, ou intermediária, onde o conteúdo e as funcionalidades da aplicação são determinados. Um Sistema de Gerência de Bancos de Dados Geográficos (SGBDG) é responsável por oferecer armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos (QUEIROZ; CÂMARA, 2005), sendo assim necessário para dar suporte a uma aplicação WebGIS.

FIGURA 1 – ARQUITETURA DE UM WEBGIS



FONTE: Adaptado de Fu (2015).

### 2.3.1 Iniciativas de WebGIS aplicadas em universidades

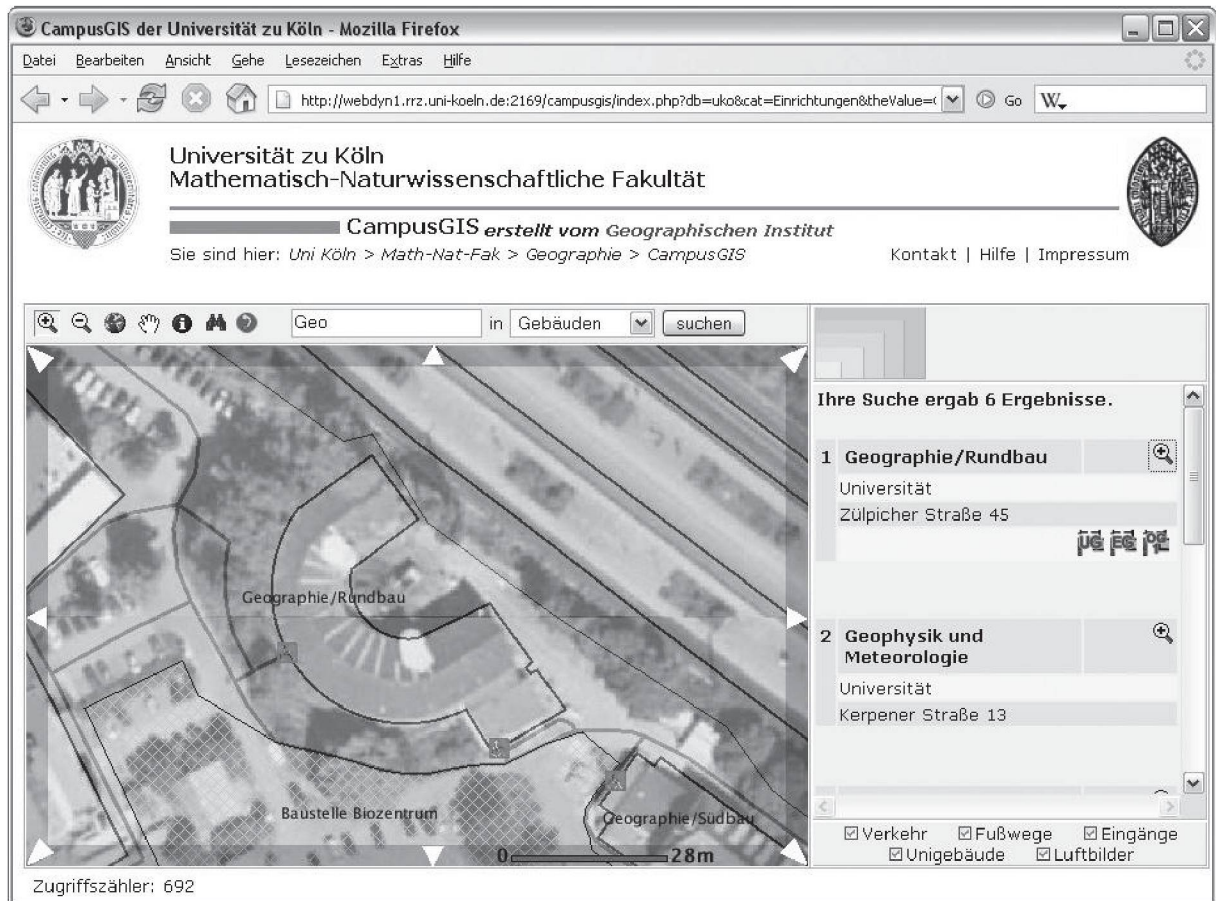
Nas últimas duas décadas observou-se o crescimento no interesse da utilização de ferramentas de SIG aplicadas à mobilidade e navegação em campi universitários, aliada principalmente ao seu desenvolvimento em ambiente *web*. Junto a isso, diversas tecnologias de posicionamento e mapeamento vêm sendo aplicadas.

Pappas et al. (2003) examinaram e apresentaram metodologias e questões técnicas sobre o desenvolvimento, atualização e manutenção de um sistema de apoio à tomada de decisões, com base na tecnologia SIG, para fins administrativos e de planejamento para grandes áreas, aplicadas ao campus da Universidade de Patras, Grécia.

Cheung (2006) realizou testes de navegação com usuários utilizando três formas de representação para auxiliar na navegação no campus da Universidade de Auckland, Nova Zelândia. Utilizou-se de um mapa interativo, imagens anotadas e instruções verbais, aplicados a um grupo de usuários, com o auxílio de um PDA.

Baaser et al. (2006) criaram um WebGIS denominado "CampusGIS", para a Universidade de Colônia, Alemanha (FIGURA 2). A tarefa geral da ferramenta é a conexão de vários bancos de dados existentes na Universidade de Colônia com dados espaciais. Seu foco não é apenas na recuperação e orientação de informações espaciais, mas também para navegação no campus e gerenciamento administrativo, visando desenvolvimentos posteriores.

FIGURA 2 – WEBGIS DESENVOLVIDO POR BAASER ET AL. (2006)



FONTE: Baaser et al. (2009).

Jacob et al. (2009) desenvolveram uma interface *web* multilíngue, baseada no *Open Street Maps* (OSM), para orientação e navegação no campus da Universidade Nacional da Irlanda, com ênfase na navegação de pedestres (FIGURA 3). O objetivo inicial desta interface foi fornecer suporte aos participantes de conferências internacionais na universidade. A interface fornece rotas utilizando informações de um banco de dados geoespacial (BDG) de ambientes *indoor* integradas ao ambiente outdoor disponível pelo OSM.

FIGURA 3 – WEBGIS DESENVOLVIDO POR JACOB ET AL. (2009)



FONTE: Jacob et al.(2009).

Na Universidade de Tecnologia de Wuhan, China, foi proposto por Huang et al. (2010) um *framework* de um sistema de navegação inteligente baseado em um SIG (FIGURA 4). O desenvolvimento e implementação do sistema é apresentado a partir de coleta de dados, design de banco de dados, implementação do sistema e outros aspectos. O sistema realiza ainda algumas funções como gerenciamento de educação, investigação de informações, guia de serviço, navegação de campus virtual e tomada de decisões, entre outras.

FIGURA 4 – WEBGIS DESENVOLVIDO POR HUANG ET AL. (2010)

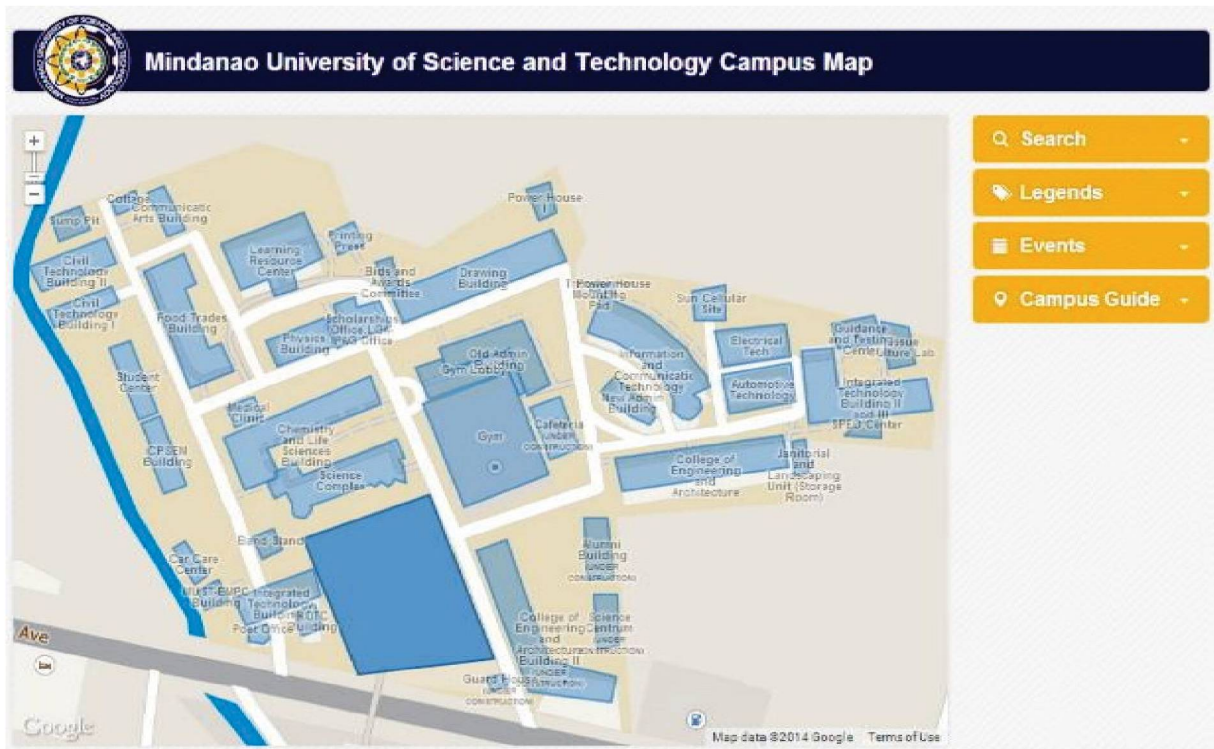


FONTE: Huang et al. (2010).

Sepehr (2013), em sua tese, desenvolveu uma proposta de *framework* para estruturar a categorização, organização, validação, navegação e representação de dados topográficos. Esses dados topográficos são coletados anualmente pelos alunos de Engenharia de Geodésia e Geomática da Universidade de New Brunswick, Canadá. Além de seu trabalho apresentar uma metodologia de sistematização para coletas dos dados, apresenta também uma proposta de implementação de um BDG para seu armazenamento. Para disponibilização dos dados, um WebGIS foi desenvolvido usando o ArcGIS Server no lado do servidor e o ArcGIS JavaScript API no lado do cliente.

O trabalho de Eder et al. (2015) desenvolveu um WebGIS que facilitava a criação de rotas utilizando o Google Maps integrado a uma base de dados *outdoor* dos edifícios do campus da Universidade de Ciência e Tecnologia de Mindanao, Filipinas (FIGURA 5). O WebGIS proposto permitia também a inclusão de um mapa digital estático *indoor* do campus com informações como nome da sala e andar, por exemplo. O trabalho apontou uma boa receptividade entre os alunos dos campus.

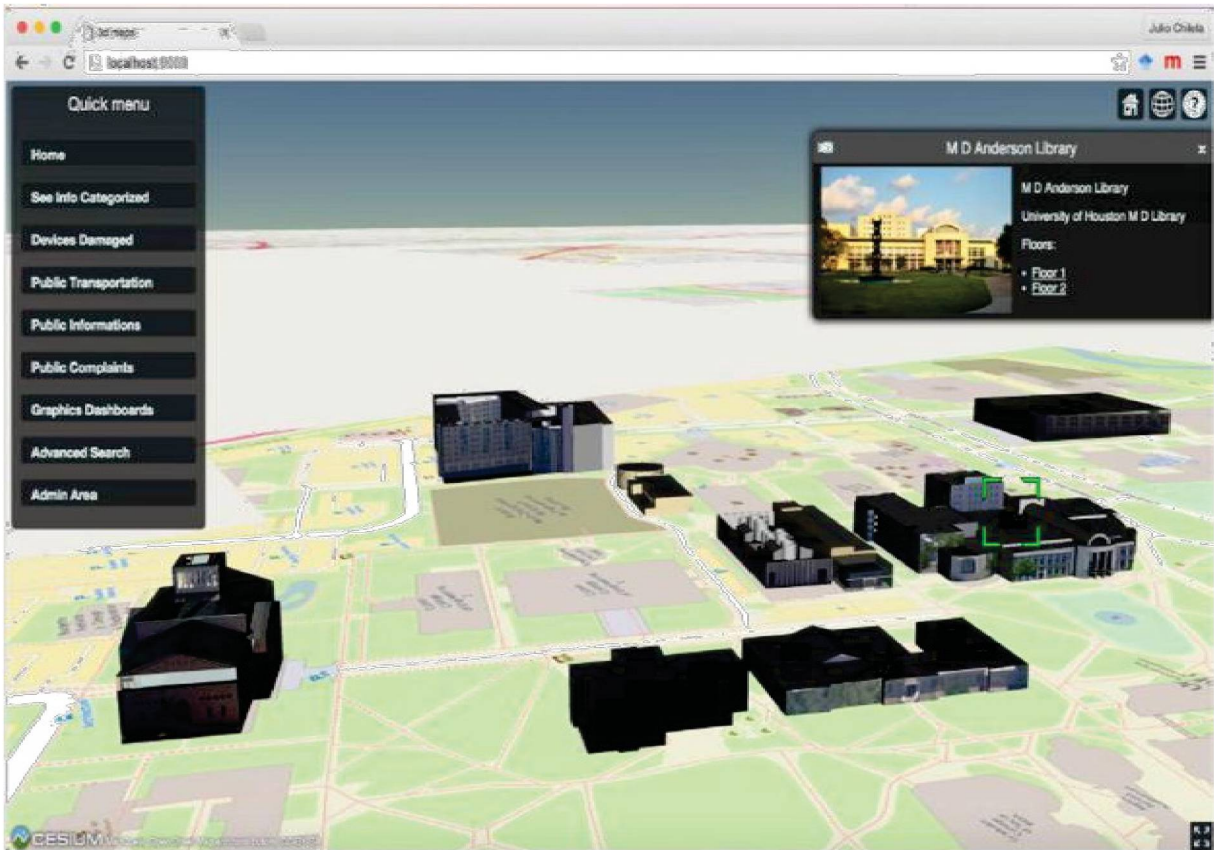
FIGURA 5 – WEBGIS DESENVOLVIDO POR EDER ET AL. (2015)



FONTE: Eder et al. (2015).

Chilela (2016) desenvolveu um WebGIS capaz de armazenar, organizar e espacializar a informação de um *smart campus* e de suas instalações (FIGURA 6). Além disso, permite processar e manipular dados de um dispositivo desenvolvido que permite calcular o número de pessoas em cada edifício por meio de sua instalação e conexão à internet, usando assim conceitos e ferramentas da *Internet das Coisas*.

FIGURA 6 – WEBGIS DESENVOLVIDO POR CHILELA (2016)



FONTE: Chilela (2016).

No Brasil ainda são poucas universidades que possuem algum sistema de mapeamento interativo de seus campi. Silva e Sá (2015) realizaram um WebGIS para consulta de informações dos prédios existentes no campus Recife, da Universidade Federal de Pernambuco. Delazari et al. (2019) relatam sobre os desafios de representação *indoor* e a criação de um sistema de navegação eficiente, apresentando um modelo de criação de rotas com um mapa esquemático semiautomático desenvolvido na UFPR.

Observando os trabalhos desenvolvidos, verifica-se como principal objetivo dos desenvolvimentos de WebGIS, no contexto de instituições universitárias, a navegação no campus, observando-se um interesse crescente na navegação *indoor*. Entretanto, a maioria das pesquisas observadas não considera a questão da utilização de técnicas de desenvolvimento centradas no interesse do usuário, ou no levantamento de requisitos para o seu desenvolvimento. Também observa-se a falta de pesquisas a respeito de WebGIS que proporcionem interação conjunta de ambientes *indoor* e *outdoor*.

## 2.4 GEOSERVIÇOS

Devido à necessidade de integração cada vez maior de aplicações e bases de dados, diversas instituições se organizaram para a criação de variadas normas e padrões para a solução deste problema. Grande parte dessas normas fornecem soluções que utilizam a arquitetura baseada em serviços (SOA). A utilização de SOA permite que seja criada uma forma flexível de montagem de cadeias de serviços com interfaces padronizadas, sem a necessidade do conhecimento exato das características por trás de cada interface (CAMBOIM, 2011). A utilização de geoserviços também busca a padronização dos dados disponíveis para a utilização de uma Infraestrutura de dados espaciais acadêmica, compatível com o padrão utilizados pela INDE (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais).

Dentre as principais instituições de padronização para a informação geoespacial, destacam-se a OGC e a ISO, com ISO/TC211. Pela sobreposição do escopo de suas atividades, estas duas organizações trabalham juntas, possuindo um grupo especial para esta coordenação, chamado *Join Advisory Group* (JAG).

### 2.4.1 Open Geospatial Consortium (OGC)

A OGC é uma organização internacional sem fins lucrativos, comprometida com a criação de padrões abertos de qualidade para a comunidade geoespacial global. Esses padrões são feitos por meio de um processo de consenso e estão disponíveis gratuitamente para serem utilizados, visando melhorar o compartilhamento dos dados geoespaciais do mundo (OGC, 2019).

Ela teve origem na *Open GRASS Foundation* (OGF). O GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*) foi o primeiro SIG de código aberto a chegar ao status de produção. Originalmente desenvolvido entre 1982 e 1995 pelo exército americano, sendo em 1997 seu desenvolvimento assumido pela academia e, atualmente, contando com uma ampla comunidade internacional de desenvolvedores (GRASS, 2019).

A OGF começou a operar em 1992. Em 1994 ela se transformou na Fundação *Open GIS* e, no mesmo ano, houve a alteração para o formato atual, como OGC, um consórcio internacional formado atualmente por 526 membros de empresas, instituições governamentais e universidades (OGC, 2019).

### 2.4.2 International Standards Association (ISO)

A ISO é uma organização internacional não governamental independente, contando atualmente com membros de 164 países e 783 comitês e subcomitês técnicos para cuidar do desenvolvimento de padrões. Mais de 135 pessoas trabalham em tempo integral para a Secretaria Central da ISO, em Genebra, na Suíça. Por meio de seus membros, reúne especialistas para compartilhar conhecimento e desenvolver Normas Internacionais relevantes, voluntárias, baseadas em consenso e relevantes para o mercado, que apoiem a inovação e forneçam soluções para os desafios globais (ISO, 2019).

Dentre os diversos comitês técnicos que discutem áreas de trabalho específicas pela ISO, foi fundado, em 1994, o ISO/TC211 (ISO/TC211, 2019). O objetivo deste comitê é estabelecer um conjunto de padrões para a informação geográfica digital, especificando a infraestrutura (incluindo definição e descrição) e serviços necessários para a manipulação de dados geográficos, aquisição, processamento, análise, acesso, apresentação e transferência desses dados em formato digital/eletrônico, entre diferentes usuários, sistemas e locais.

Enquanto a OGC é responsável por questões mais tecnológicas e de implementação, a ISO/TC-211 trata de questões de longo prazo e conceitos mais abstratos dos padrões. Visando a comunicação entre as duas organizações, criou-se em 1999 o comitê *Join Advisory Group* (JAG) na ISO. O JAG é responsável pela coordenação entre o ISO/TC-211 e a OGC. A harmonização e o alinhamento de especificações e padrões do OGC e do ISO/TC-211 visam facilitar o desenvolvimento de arquiteturas e *software* geoespaciais interoperáveis. Além disso, o JAG também identifica problemas e oportunidades e recomenda atividades de cooperação (ISO, 2019).

### 2.4.3 Web Map Service (WMS)

O *Web Map Service* (WMS) é um padrão de interface que fornece uma interface HTTP simples para solicitar imagens de mapa geograficamente referenciadas de um ou mais bancos de dados geoespaciais. Uma solicitação WMS define uma ou mais camadas geográficas e a área de interesse a ser processada.

A resposta a uma solicitação WMS é uma ou mais imagens de mapa geograficamente referenciadas (retornadas em formatos como JPEG, PNG, etc.). A interface também suporta a capacidade de especificar se as imagens retornadas devem ser transparentes para que as camadas de vários servidores possam ser combinadas ou não (OGC, 2019).

Sendo assim, este serviço dispõe uma renderização de um mapa solicitado em forma de figura, e não feições ou dados matriciais em si. Este padrão define um mapa, neste contexto, como uma representação da informação geográfica em um formato compatível à visualização em um navegador web, por exemplo. O WMS permite três operações principais (QUADRO 1).

QUADRO 1 - OPERAÇÕES WMS

Operação	Descrição
<i>GetCapabilities</i>	Retorna os metadados do serviço
<i>GetMap</i>	Retorna o mapa como base em parâmetros geográficos e de representação definidos
<i>GetFeatureInfo</i>	Retorna os atributos sobre uma feição ( <i>feature</i> ) em particular mostrada no mapa

Fonte: O Autor (2020).

A capacidade de definir regras de estilo necessita de uma linguagem de estilo padronizada, onde o sistema cliente-servidor possa se comunicar. A simbologia das feições possui uma especificação chamada *Styled Layer Descriptor* (SLD), também padronizada pela OGC. Além dos padrões de representação, o SLD define uma operação para acesso padronizado a símbolos de legenda (OGC, 2019). Esta norma permite que simbologias pré-definidas possam ser criadas e compartilhadas no formato XML (*Extensible Markup Language*) para o padrão WMS. O SLD define uma codificação que estende o padrão WMS para permitir a definição pelo usuário de simbolização e coloração de dados geográficos e de cobertura. Aborda também a necessidade de os usuários e do *software* de serem capazes de controlar a representação visual dos dados geoespaciais.

#### 2.4.4 Web Feature Service (WFS)

O *Web Feature Service* (WFS) é um padrão criado para criar, modificar e trocar informações geográficas de formato vetorial pela web utilizando uma interface HTTP. Um WFS codifica e transfere informações em *Geography Markup Language* (GML), uma padronização baseada na linguagem XML. Atualmente em sua versão 2.0.0, o WFS permite onze operações possíveis (QUADRO 2).

QUADRO 2 - OPERAÇÕES WFS

Operação	Descrição
<i>GetCapabilities</i>	Retorna os metadados do serviço
<i>DescribeFeatureType</i>	Descreve a estrutura dos tipos de objeto que podem ser servidos
<i>GetPropertyValue</i>	Recupera o valor de uma propriedade de uma feição ou parte do valor de uma propriedade complexa da feição do armazenamento de dados para um conjunto de recursos identificados, usando uma expressão de consulta
<i>GetFeature</i>	Retorna instâncias dos objetos disponíveis na base de dados. O cliente pode selecionar quais objetos deseja por critérios espaciais ou não
<i>GetFeatureWithLock</i>	Retorna uma seleção de uma feição e também aplica um bloqueio nestas
<i>LockFeature</i>	Bloqueia uma ou mais instâncias durante uma transação
<i>Transaction</i>	Utilizado para a execução de operações de modificação dos objetos (inserção, exclusão e atualização)
<i>CreateStoredQuery</i>	Cria uma consulta armazenada no servidor WFS
<i>DropStoredQuery</i>	Exclui uma consulta armazenada do servidor WFS
<i>ListStoredQueries</i>	Retorna uma lista das consultas armazenadas em um servidor WFS
<i>DescribeStoredQueries</i>	Retorna um documento de metadados descrevendo as consultas armazenadas em um servidor WFS

FONTE: O Autor (2020).

O WFS é principalmente um serviço de acesso as feições, mas também inclui elementos de um serviço de tipo de feição, um serviço de conversão/transformação de coordenadas e serviço de conversão de formato geográfico.

## 2.5 ENGENHARIA DE REQUISITOS

Visando agrupar todas as atividades que envolvem a descoberta, documentação e manutenção dos requisitos em um sistema computacional, criou-se o termo Engenharia de Requisitos (ER) (SOMMERVILLE, 2011). A Engenharia de *Software* é o termo utilizado para o estudo e metodologia acerca do desenvolvimento de *software*. *Software* e sistema são termos que comumente são confundidos, entretanto, a rigor o termo sistema é empregado para definir um conjunto significativo de componentes inter-relacionados para cumprir um determinado objetivo, enquanto *software* está relacionado a uma solução computacional que busca resolver um problema específico, sendo este possível de ser parte de um sistema (SOMMERVILLE, 2011; PRESSMAN; MAXIM, 2014).

A estruturação de um software está além de apenas sua codificação e interface. Para a sua construção diversos requisitos também devem ser considerados, como seus dados, configurações e documentação, por exemplo. Sendo assim, os requisitos são a base de todo projeto que leva em consideração a Engenharia de *Software*. São estes que definem o que as partes interessadas, por exemplo, usuários, clientes, fornecedores, desenvolvedores e empresas, precisam do novo sistema em potencial, bem como o que o sistema deve fazer para satisfazer essas necessidades (HULL et al., 2005, p. 2).

Sommerville (2011) define o ciclo de vida de um *software* nas etapas de: i) definição, ou concepção; ii) construção ou desenvolvimento; iii) operação ou utilização; e iv) retirada ou aposentadoria do *software*. Estas etapas representam um ciclo que representam a ordem global das atividades desempenhadas pelo desenvolvimento, evolução, manutenção e retirada do *software*.

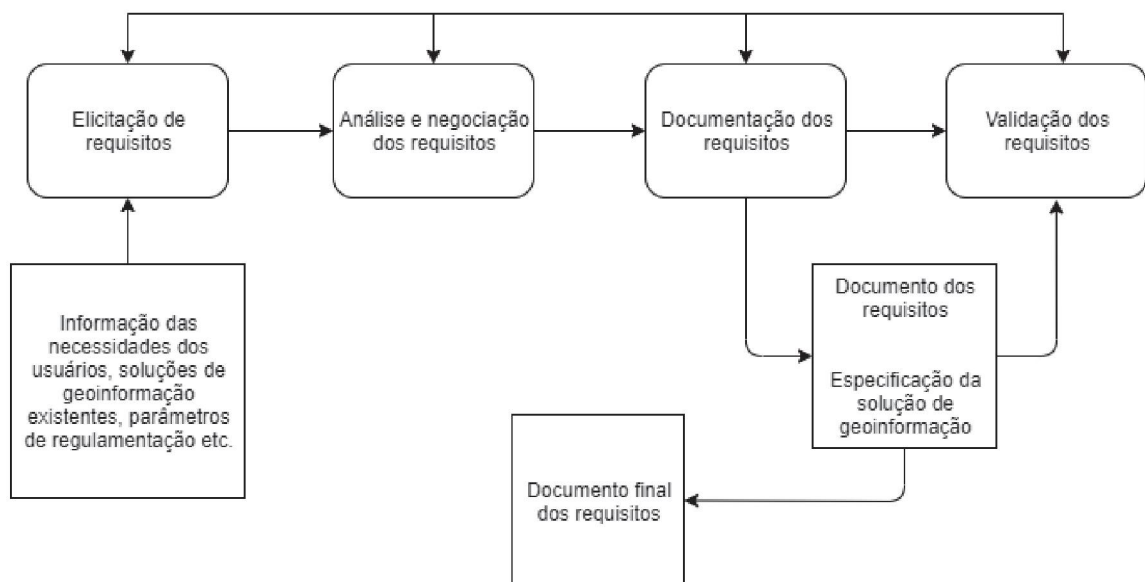
As etapas iniciais do ciclo de vida de um *software*, isto é, sua concepção e desenvolvimento, são denominadas como processo de *software*. Estas etapas são estruturadas em um conjunto de atividades que são comuns aos vários tipos de modelos de processo de software (PRESSMAN; MAXIM, 2014):

- Especificação de software;
- Projeto e implementação de software;
- Validação de software; e
- Evolução de software.

Graças à necessidade de organizar as atividades dos processos de *software* foram desenvolvidos diversos modelos que sistematizam essa prática (SOMMERVILLE, 2011). Os principais modelos de processo de *software* empregados na criação de um software são: i) Modelo em Sequencial; ii) Modelo Iterativo Evolucionário; iii) Modelo Iterativo Incremental; e iv) Modelo Específico. Cada modelo apresenta metodologias diferentes para abordagem das atividades listadas anteriormente. Independente do modelo adotado, o ciclo de vida de um software inicia-se com sua definição e concepção.

Kotonya e Sommerville (1998) apresentam orientações e diretrizes para a realização da escrita, análise, validação e gerência de requisitos por meio de um modelo de atividades dentro de um processo de engenharia de requisitos. Este modelo foi adaptado por Sluter, van Elzakker e Ivánová (2016) para o contexto de uso em soluções de geoinformação (FIGURA 7).

FIGURA 7 - MODELO DE ATIVIDADES DO PROCESSO DE ENGENHARIA DE REQUISITOS APLICADA A SOLUÇÕES DE GEOINFORMAÇÃO.



FONTE: Adaptado de Sluter, van Elzakker e Ivánová (2016).

Um dos desafios no desenvolvimento de sistemas computacionais está em definir da melhor forma as características que o sistema deverá satisfazer. Estas são essenciais a um sistema e são apresentadas em formas de funções, ou

funcionalidades, e restrições (HULL et al., 2005). O sistema deve apresentar ou respeitar aquilo que é determinado pelos requisitos de sistema, ou seja, as funções e restrições do sistema são seus requisitos.

Dentro do processo de ER, existe uma separação entre os chamados “requisitos de usuário” e os “requisitos de sistema”. Sommerville (2011) define estes dois tipos de requisitos conforme a seguir:

1. Requisitos de usuário são declarações, em uma linguagem natural com diagramas, de quais serviços o sistema deverá fornecer a seus usuários e as restrições com as quais este deve operar.
2. Requisitos de sistema são descrições mais detalhadas das funções, serviços e restrições operacionais do sistema de software. O documento de requisitos do sistema (às vezes, chamado especificação funcional) deve definir exatamente o que deve ser implementado. Pode ser parte do contrato entre o comprador do sistema e os desenvolvedores de software (SOMMERVILLE, 2011, p. 58).

A engenharia de requisitos (ER) é um ramo da engenharia de *software* que se destina a definir e gerenciar as características essenciais de um sistema por meio de informações advindas dos clientes e dos usuários, a partir do processo de descobrir, analisar, documentar e verificar seus requisitos, os quais são tratados como funções ou restrições para o melhor desempenho e funcionamento do sistema (SOMMERVILLE, 2011). Os requisitos que são levantados de forma equivocada ou mal interpretados, geram retrabalho, maior custo operacional, prazos extras e insatisfação do cliente. Dessa forma, o propósito da utilização da ER no desenvolvimento de um sistema está intrinsecamente relacionado a atender todos os requisitos e objetivos do projeto, e levar ao usuário o produto esperado.

Os requisitos são descritos de maneiras diferentes conforme cada tipo, onde os requisitos de usuário são mais gerais, e os requisitos de sistema possuem informações mais detalhadas e específicas sobre os serviços que devem ser implementados. Esta diferenciação também decorre pois cada requisito é direcionado a um tipo de leitor. Estes requisitos também podem ser divididos entre requisitos funcionais e não funcionais (SOMMERVILLE, 2011). Os requisitos funcionais definem as funcionalidades do sistema, já os não funcionais definem as suas restrições. Além destes, existem também os chamados requisitos

suplementares, que são todo tipo de restrição tecnológica ou lógica que se aplica ao sistema como um todo e não apenas a funções individuais (WAZLAWICK, 2011).

Dentro de um projeto que vise empregar ER em sua concepção, deve-se identificar todas as possíveis fontes de informações de requisitos (sistema, clientes usuários etc). Wazlawick (2011) divide a busca por requisitos em duas etapas: i) levantamento de requisitos; e ii) análise de requisitos. A etapa de levantamento de requisitos, ou elicitación de requisitos, corresponde a buscar todas as informações possíveis sobre as funções que o sistema deve executar e as restrições sobre as quais o sistema deve operar, resultando assim no documento de requisitos. A etapa de análise de requisitos estrutura e detalha os requisitos de forma que eles possam ser abordados na fase de elaboração para o desenvolvimento de outros elementos como casos de uso, classes e interfaces (WAZLAWICK, 2011).

Segundo Thayer (1997), a ER é dividida em cinco fases:

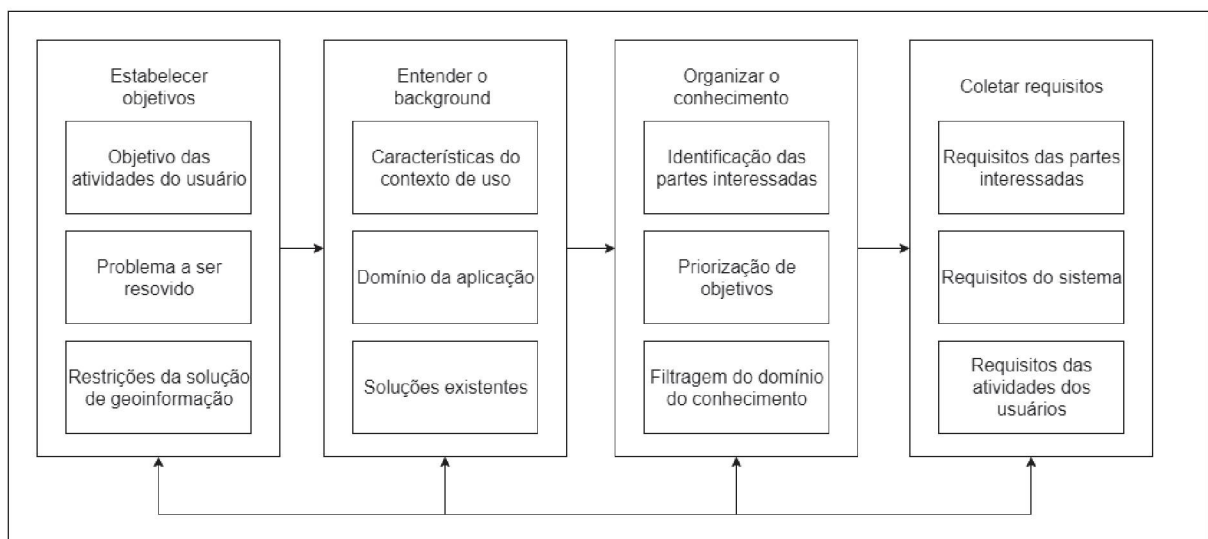
- **Elicitación** – Nessa fase, clientes e analistas descobrem, revisam, articulam e compreendem as necessidades dos usuários e as restrições no sistema e na atividade de desenvolvimento;
- **Análise** – O processo de análise consiste em analisar as necessidades dos clientes e usuários para chegar a uma definição dos requisitos do sistema;
- **Especificación** – Fase na qual desenvolve-se um documento que registra, de forma clara e precisa, cada um dos requisitos do sistema;
- **Verificación** – Consiste no processo de garantir que a especificación de requisitos de software esteja em conformidade com os requisitos do sistema, e com os padrões de documentos da fase de requisitos, e seja uma base adequada para a fase de projeto arquitetônico (preliminar);
- **Gerenciamento** – Trata-se do planejamento e controle das atividades de elicitación, especificación, análise e verificación de requisitos.

A fase de elicitación é crucial na ER, pois é a partir dela que são extraídas as informações do cliente sobre o que ele deseja que seja construído, e então são definidos todos os requisitos do sistema, sendo, portanto, uma etapa crítica para o desenvolvimento de um software e a base para as etapas posteriores. Além disso, trata-se de um processo iterativo que também pode estar presente em todas as demais etapas da ER (NUSEIBEH; EASTERBROOK, 2000).

A elicitação é realizada aplicando-se distintas técnicas colaborativas envolvendo analistas, além de clientes e usuários certos, que são os mais adequados para a identificação dos requisitos (SOMMERVILLE, 2011; LAUESEN, 2002). Para garantir o sucesso do projeto é fundamental encontrar todos os grupos de partes interessadas e, não apenas descobrir seus interesses, como também ajudá-los a compreender melhor esses interesses (MCCONNELL, 1998).

Sluter, van Elzakker e Ivánová (2016) apresentam diretrizes e instruções para elicitação de requisitos para sistemas de geoinformação, adaptadas do processo genérico proposto por Kotonya e Sommerville (1998). As etapas propostas são apresentadas na FIGURA 8.

FIGURA 8 - PROCESSO GENÉRICO DE ELICITAÇÃO DE REQUISITOS



FONTE: Adaptado de Sluter, van Elzakker e Ivánová (2016).

O processo de obtenção de requisitos é realizado usando quatro tarefas diferentes: estabelecer objetivos, entender o *background*, organizar o conhecimento e coletar requisitos (FIGURA 3). O processo de obtenção começa com o estabelecimento dos objetivos e a definição do problema a ser resolvido pela solução de informações geográficas. Isto inclui definir os objetivos das atividades do usuário, uma descrição do problema que se propõe a solucionar, o motivo para se usar o sistema, e suas possíveis restrições. Em seguida, faz-se necessário adquirir o conhecimento técnico-científico para embasar as atividades do usuário, especificamente o seu contexto de uso, domínio da aplicação do sistema de geoinformação e as soluções já existentes. Podem ser aplicadas entrevistas com os

usuários e análise de documentos relativos ao uso desejado e ao domínio de conhecimento. Na etapa de organização do conhecimento é realizado o conhecimento é conferido e organizado, identificando-se os envolvidos, as metas são organizadas por importância e o domínio do conhecimento é filtrado. Por fim, é que são coletados os requisitos, sejam eles relativos aos envolvidos, ao domínio do conhecimento ou às atividades dos usuários (KOTONYA; SOMMERVILLE, 1998; SLUTER; VAN ELZAKKER; IVÁNOVÁ, 2016).

A metodologia proposta por Sluter, van Elzaker e Ivánová (2016) para elicitação de requisitos para soluções geoespaciais apresenta um conjunto de questionamentos a serem respondidos pelas partes envolvidas no projeto, visando coletar informações necessárias sobre os requisitos, necessidades e domínios da aplicação. As questões foram elaboradas adaptadas pelo modelo genérico proposto por Kotonya e Sommerville (1998) (SLUTER; VAN ELZAKKER; IVÁNOVÁ, 2016; RAMOS; SLUTER, 2017):

1. Atividades do usuário:

- Quais são as responsabilidades dos usuários no “contexto de uso” definido?
- Quais são as atividades que os usuários devem realizar para cumprir suas responsabilidades?
- Quais são os conhecimentos técnico-científicos que são o suporte teórico às atividades dos usuários?

2. O problema a ser resolvido:

- Qual é o problema a ser resolvido?
- Qual é o conhecimento geográfico necessário para a solução do problema?

3. Restrições da solução de geoinformação:

- Quais as condições dos dados geográficos que são necessárias para a solução do problema?
- Quais são as restrições dos dados geográficos e dos sistemas de geoinformação que são exigidas pelas condições definidas na questão anterior?

4. Objetivos do sistema de geoinformação:

- Com base nos objetivos das atividades dos usuários, no problema a ser resolvido, e nas condições e restrições da solução, quais são os objetivos do sistema de geoinformação?

5. Identificação dos envolvidos e dos usuários:

- Quem são os envolvidos no domínio da aplicação?
- Quais características dos envolvidos devem ser consideradas no projeto do sistema de geoinformação?
- Entre os envolvidos, quem são os usuários do sistema?
- Quais são as responsabilidades e tarefas do usuário neste contexto da aplicação?

6. Priorização dos objetivos e filtragem do conhecimento do domínio da aplicação:

- Qual conhecimento geográfico o usuário necessita construir?

Estas questões podem ser respondidas utilizando algumas técnicas apresentadas por Sluter, van Elzaker e Ivánová (2016) amplamente discutidas na literatura, entre elas: i) análise de documentos e revisão de literatura; ii) *brainstorming*; e iii) utilização de questionários. Informações sobre essas técnicas podem ser encontradas em Cross (1989), Maguire (1998) e Sluter, van Elzaker e Ivánová (2016).

Após a elicitación dos requisitos, a etapa seguinte proposta pela ER é a análise de requisitos. A etapa de levantamento de requisitos é a fase de descobertas do sistema. Nesta etapa a equipe de analistas, junto aos clientes e usuários, procura listar o maior número possível de capacidades e restrições do sistema. A importância da ER vem sendo cada vez mais abordada principalmente devido a relação de problemas de desenvolvimento do software e a etapa de levantamento de requisitos, visto que esta está diretamente relacionada à questões da usabilidade do sistema (NUBIATO, 2019).

De acordo com Pressman e Maxim (2014), a análise de requisitos, constitui uma ligação do projeto para a construção do sistema, adaptando-se para as

necessidades do projeto, usuário e produto. A análise de requisitos resulta na especificação das características operacionais e a interface do software com outros elementos do sistema e estabelece restrições que o software deve atender. A análise de requisitos permite que você elabore os requisitos básicos estabelecidos durante as tarefas de iniciação, elicitação e negociação que fazem parte da engenharia de requisitos (PRESSMAN; MAXIM, 2014).

O documento de requisitos é o resultado final do processo de ER (SOMMERVILLE, 2011). Seu conteúdo deve apresentar todos os requisitos do sistema, a fim de que as partes interessadas possam conhecer o sistema e os desenvolvedores possam planejar sua implementação (SOMMERVILLE, 2011; PRESSMAN; MAXIM, 2014). De acordo com Ramos e Sluter (2017), o objetivo deste documento é organizar as informações levantadas, proporcionar entendimento mútuo entre seus desenvolvedores e servir de referência para as etapas de desenvolvimento do sistema.

Ao utilizar ER no desenvolvimento de sistemas é possível obter o entendimento das necessidades dos usuários por parte da equipe de desenvolvimento, delimitar o sistema e suas funcionalidades, possibilita a predição de problemas, gestão dos recursos do projeto, entre outros (RAMOS; SLUTER, 2017). Observa-se assim que a utilização da ER no desenvolvimento de sistemas é altamente recomendada (RAMOS; SLUTER, 2017; KONNO, 2018; NUBIATO, 2019), buscando assim otimizar soluções que atendam às necessidades das partes envolvidas no projeto.

### **2.5.1 Brainstorming**

A técnica *brainstorming* é aplicada no início da fase de desenvolvimento do sistema, quando pouco do design real é conhecido e há necessidade de novas ideias. Essa técnica consiste em reunir um conjunto de especialistas para inspirar um ao outro na fase criativa de geração de ideias, para o processo de solução de problemas. O *brainstorming* parte da premissa de que não há ideias ruins ou estúpidas, todas as ideias sugeridas são consideradas, pois, mesmo que simples, podem ser a base para ideias melhores, o que estimula a liberdade criativa. No processo *brainstorming*, é possível rapidamente obter dados úteis, e a sessão não

precisa levar mais de uma hora (CROSS, 1989; MAGUIRE, 1998; FUZII et al., 2008).

Etapas do processo *brainstorming* (MAGUIRE, 1998):

1. Decide-se sobre os objetivos do *brainstorm* e os participantes necessários para participar dele;
2. Explica-se claramente aos participantes quais tópicos devem ser considerados e o formato da reunião;
3. Cria-se um cronograma para a sessão e executa-se uma sessão piloto para verificar se o cronograma é realista. Se forem necessárias informações básicas dos indivíduos do grupo, é elaborado um questionário adequado, o qual é aplicado antes ou depois da sessão;
4. Durante a sessão, o líder da reunião deve ser ativo na liderança da discussão e resumir os resultados no final de cada tópico. É importante distinguir entre qual é o consenso do grupo e qual é a opinião de diferentes participantes.

Algumas regras dessa técnica são fornecidas por Cross (1989):

- Não permitir nenhuma crítica às ideias durante a sessão;
- Incentivar uma grande quantidade de ideias;
- Dar boas-vindas às ideias aparentemente irrelevantes;
- Manter todas as ideias curtas e precisas; e
- Tentar combinar e melhorar as ideias dos outros.

## 2.6 USABILIDADE

Segundo a ISO 9241-11 (1998), o termo usabilidade é empregado para referenciar os atributos de um produto que o tornam mais fácil de usar. É uma consideração importante em um projeto, pois esta mensura o quão os usuários dos produtos são capazes de trabalhar de forma eficaz, eficiente e com satisfação. Esta ISO descreve o contexto de uso de um produto (*hardware*, *software* ou serviços) e as medidas relevantes de usabilidade de forma explícita.

Para Nielsen e Loranger (2006) o conceito de usabilidade pode ser compreendido como um atributo de qualidade relacionado à facilidade de uso de algo. Mais especificamente, refere-se à rapidez com que as pessoas podem

aprender alguma coisa, o quão eficientes elas são em usá-las, o quanto conseguem relembrar o que aprenderam, o grau de propensão a erros e o quanto gostam de utilizá-la.

Quando a usabilidade é considerada em interfaces *web*, podem ser eliminados problemas como a redução no tempo e a dificuldade de acesso à informação, e assim evitar a insatisfação do usuário em não conseguir encontrar a informação desejada (WINCKLER; PIMENTA, 2002).

Para o autor do livro “*Don’t make me think*”, uma abordagem de bom senso à usabilidade *web* significa que, para se considerar que algo funciona bem, uma pessoa com capacidade média (ou mesmo abaixo da média) deve conseguir usá-lo para a finalidade pretendida sem sentir-se frustrado (KRUG, 2000). Se as pessoas não conseguem utilizar ou simplesmente não utilizam determinado recurso, o mais recomendável é que o mesmo seja retirado (NIELSEN; LORANGER, 2006).

O nível de usabilidade de um produto pode ser determinado por meio da medição do desempenho e da satisfação dos usuários deste produto (ISO, 1998). Os benefícios de se medir a usabilidade de uma página *web*, assim como qualquer produto, pode ser observado devido à complexidade das interações entre o usuário, os objetivos, as características da tarefa, e outros elementos do contexto de uso. É possível avaliar a usabilidade de um produto com ou sem a presença do usuário ao qual se destina.

Dentre os métodos de avaliação de usabilidade sem a presença do usuário, destacam-se: as inspeções por *guidelines* e *checklists*, avaliação heurística e critérios ergonômicos. Quanto aos métodos com a presença do usuário, destacam-se: o teste de usabilidade, e o *think aloud*, onde pede-se que à medida que o usuário realiza determinada tarefa, fale em voz alta o que estava pensando e o que pretende fazer para sua execução. Nielsen (1993) aborda o método de avaliação heurística para avaliação de interfaces sem a presença do usuário, e o teste de usabilidade, utilizado com a presença do usuário, como sendo os mais utilizados para cada um dos casos.

Para o método de avaliação heurística, cada avaliador realiza uma inspeção gerando uma lista de problemas de usabilidade, onde são indicados os princípios que foram violados e a gravidade do problema observado. Este método ainda é muito utilizado pela facilidade de sua aplicação, que envolve dez princípios propostos por Nielsen (1994):

1. Visibilidade do status do sistema: O sistema sempre deve manter os usuários informados sobre o que está acontecendo, por meio de *feedback* apropriado dentro de um prazo razoável;
2. Correspondência entre o sistema e o mundo real: usar texto e ícones intuitivos e facilmente reconhecíveis;
3. Liberdade e controle do usuário: percorrer diferentes menus e entrar e sair de seleções facilmente;
4. Consistência e padrões: usar características similares e consistentes com aquelas presentes em aplicações da mesma natureza;
5. Prevenção de erros: completar tarefas sem erros e recuperar-se de eventuais erros com facilidade;
6. Reconhecimento em vez de lembrança: minimizar a necessidade de uso da memória do usuário;
7. Flexibilidade e eficiência de uso: ajustar-se ao ritmo do usuário, adequando-se tanto a usuários novatos quanto a especialistas;
8. Estética e design minimalista: eliminar informações desnecessárias;
9. Ajuda no reconhecimento e recuperação de erros: ajudar o usuário a reconhecer, diagnosticar e recuperar-se de erros na aplicação; e
10. Ajuda e documentação: ajudar o usuário a encontrar conteúdos específicos e a aprender a usar a aplicação, fornecendo exemplos e assistência em tarefas críticas.

Com a evolução das interfaces de usuário no contexto de aplicações *mobile*, Kumar e Goundar (2019) propuseram novas heurísticas visando a usabilidade de aplicações móveis de aprendizado:

1. Comandos dirigidos a seleção: usuários devem atuar selecionando em vez de digitando os dados e comandos;
2. Organização de conteúdo: objetivos principais de aprendizagem devem ser destacados, ajustando o conteúdo a uma só tela sempre que possível;
3. Representação Visual: figuras, ícones, sons, cores e animações devem ser empregados para ajudar no processo de aprendizagem.

O método de avaliação com o usuário pelo teste de usabilidade tem por objetivo identificar pontos críticos na interação do mesmo com um sistema, que podem consistir em problemas referentes à usabilidade. Nielsen (1993) destaca a vantagem e eficiência de utilizar este método devido à possibilidade de sua aplicação com um número pequeno de usuários, pois com apenas 5 usuários participantes é possível identificar aproximadamente 75% dos problemas mais críticos de uma interface.

### **2.6.1 User Centred Design**

De acordo com Nielsen (1993) a busca da qualidade de um software envolve diversos aspectos em sua produção, desde suas qualidades básicas, como funcionalidade, confiabilidade e segurança de uso, até as chamadas qualidades extras ou implícitas, como flexibilidade, adaptabilidade e facilidade de entendimento. Dentro desse conjunto de critérios está a interface, que é responsável pela interação do usuário com o *software*.

No decorrer dos anos, diversas denominações foram surgindo buscando definir ou expressar a interação entre o homem e o computador. Termos como Interação Homem-Computador (HCI – *Human-computer interaction*), Design Centrado no Usuário (UCD – *User Centred Design*), Fatores Humanos (HF – *Human-Factors*), fatores ergonômicos (EF – *Ergonomic-Factors*), Experiência do Usuário (UX – *User Experience*) entre outros, são comumente encontrados em publicações do gênero. Do ponto de vista da usabilidade, os fatores humanos e ergonômicos são mais abrangentes devido a diversos outros fatores, como faixa etária, nível de conhecimento, tipo de aplicação, por exemplo, e podem influenciar na qualidade final da interface (Nielsen, 1993).

A criação de uma ciência para o estudo das interfaces baseadas no usuário é justificada pelos conhecimentos específicos necessários para projeto de uma interface (NORMAN, 2013): i) conhecimento do design, da programação e da tecnologia; ii) conhecimento acerca das pessoas, dos princípios da computação mental, comunicação e interação; e iii) conhecimento específico acerca da tarefa que deve ser cumprida utilizando a interface. Assim no decorrer dos anos surgiram diversas abordagens para este processo.

Para Lowdermilk (2013), o foco dos estudos em usabilidade é amplo e concentra-se na análise do comportamento humano em relação a sua interação com qualquer produto. Assim a HCI é um subconjunto de usabilidade que se concentra especificamente na interação de seres humanos com os produtos de computação. Buscando-se uma maior qualidade no projeto de interfaces ao conhecimento científico acerca da cognição, surgiu na década de 80 o conceito de UCD. O UCD é uma metodologia usada por desenvolvedores e designers para garantir que eles estejam criando produtos que atendam às necessidades dos usuários.

Segundo Garrett (2010), UCD consiste na prática de criar experiências atraentes e eficientes para o usuário em todas as etapas do desenvolvimento de um produto. Seu conceito é levar o usuário em consideração em cada passo do processo de desenvolvimento, atendendo assim ao objetivo de entender todas as possibilidades ao qual o usuário está suscetível na interação com o produto, compreendendo suas expectativas durante esse processo.

### **2.6.2 Questionário SUS**

O questionário SUS é um teste de avaliação da usabilidade criado por Brooke (1996) no laboratório da *Digital Equipment Corporation*, no Reino Unido, sendo um teste de avaliação de forma subjetiva. Este questionário é baseado na escala *Likert*, construído mediante a identificação de eventos que conduzem a expressões da atitude que se deseja capturar.

Geralmente, o questionário SUS é utilizado após uma experiência do usuário com o sistema a ser avaliado, sem qualquer discussão ou questionamento prévio. Todos os itens devem ser respondidos, de forma imediata e sem a necessidade de grandes ponderações por parte do entrevistado. Caso o participante não tenha opinião bem definida sobre algum tópico do questionário, este deve marcar o ponto central da escala (BROOKE, 1996).

A formulação do questionário SUS é a proposição de dez afirmações propostas por Brooke (1996), sendo cinco de caráter positivo e cinco de caráter negativo. O texto original em inglês é apresentado no QUADRO 3.

QUADRO 3 - QUESTIONÁRIO SUS

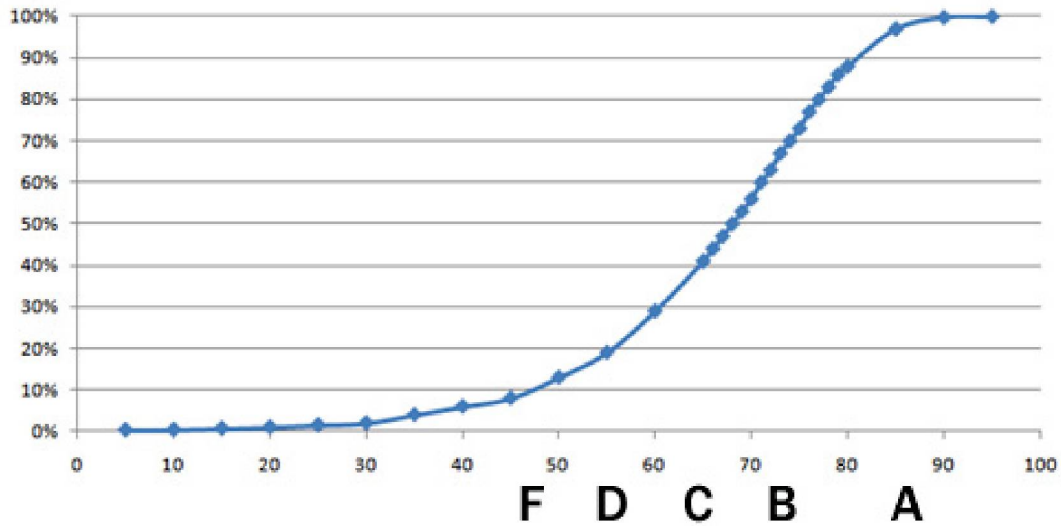
<b>Questionnaire System Usability Scale</b>
1. I think that I would like to use this system frequently.
2. I found the system unnecessarily complex.
3. I thought the system was easy to use.
4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system.
5. I found the various functions in this system were well integrated.
6. I thought there was too much inconsistency in this system.
7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly.
8. I found the system very cumbersome to use.
9. I felt very confident using the system.
10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system.

FONTE: Brooke (1996)

No trabalho de Brooke (1996), o entrevistado deve responder a este questionário atribuindo um valor entre 1 e 5, sendo 1 “*Strongly disagree*” (discordo totalmente) e 5 “*Strongly agree*” (concordo totalmente). Para cada afirmação são estabelecidos pesos específicos às respostas dadas, realizando-se assim, por meio de formulação específica, a pontuação total de usabilidade do modelo SUS.

A pontuação de usabilidade do modelo SUS é obtida por meio da seguinte fórmula: Para as pontuações das afirmações ímpares, diminui-se 1 da posição da escala da resposta correspondente; para as pontuações das afirmações pares, a pontuação equivale a 5 menos ao valor da escala da resposta correspondente. Ao final da obtenção das pontuações para as dez questões, multiplica-se o somatório por 2,5, sendo este valor final a pontuação de usabilidade SUS, que pode variar de 0 a 100. De acordo com trabalhos de Sauro (2011), o valor 68 é o número de referência a ser considerado como média para a pontuação do modelo SUS. Além disso, o especialista criou um gráfico por meio de processos estatísticos onde foram associados os números das pontuações SUS às letras de A a D e F (FIGURA 9).

FIGURA 9 - ESCALA DE PONTUAÇÃO SUS PROPOSTA POR SAURO (2011)



FONTE: Sauro (2011).

Bangor, Kortum e Miller (2009) criaram uma classificação a partir de testes, associando a pontuação SUS a adjetivos. Esta classificação é apresentada na TABELA 1.

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO POR ADJETIVOS DA ESCALA SUS

Adjetivo	Intervalo da pontuação SUS
Pior imaginável	0 - 12,5
Horrível	12,6 - 20,3
Ruim	20,4 - 35,7
Confiável	35,8 - 50,9
Bom	51,0 - 71,4
Excelente	71,5 - 85,5
Melhor imaginável	85,6 - 100

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

As opções de respostas, representando a variação da escala de *Likert*, sendo cada resposta correspondente a uma pontuação no questionário, é apresentada no QUADRO 4.

QUADRO 4 - ESCALA LIKERT

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

FONTE: O Autor.

Araújo e Gonzalez (2015) utilizaram o método de avaliação de usabilidade fundamentado na metodologia do *Projecto Usabilidad de Geoportales IDE* proposto pelo Instituto Panamericano De Geografia e História, junto ao questionário SUS no estudo de caso do Visualizador da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais do Brasil (VINDE). Este trabalho permitiu fornecer resultados aos desenvolvedores do geoportal, provendo subsídios para validar suas funções e seu layout e para aprimorar o atendimento aos usuários.

Pereira (2017) desenvolveu um WebGIS para apoiar o projeto Museu Virtual do Turismo, que permite integrar a visualização de objetos geográficos num mapa, com informação descritiva dos mesmos. A solução desenvolvida foi avaliada por colaboradores do projeto e por elementos externos ao mesmo, com a utilização de questionários. Os questionários elaborados e preenchidos foram divididos em duas partes: a primeira relacionada com o SUS, e a segunda constituída por perguntas mais técnicas relacionadas diretamente com o projeto.

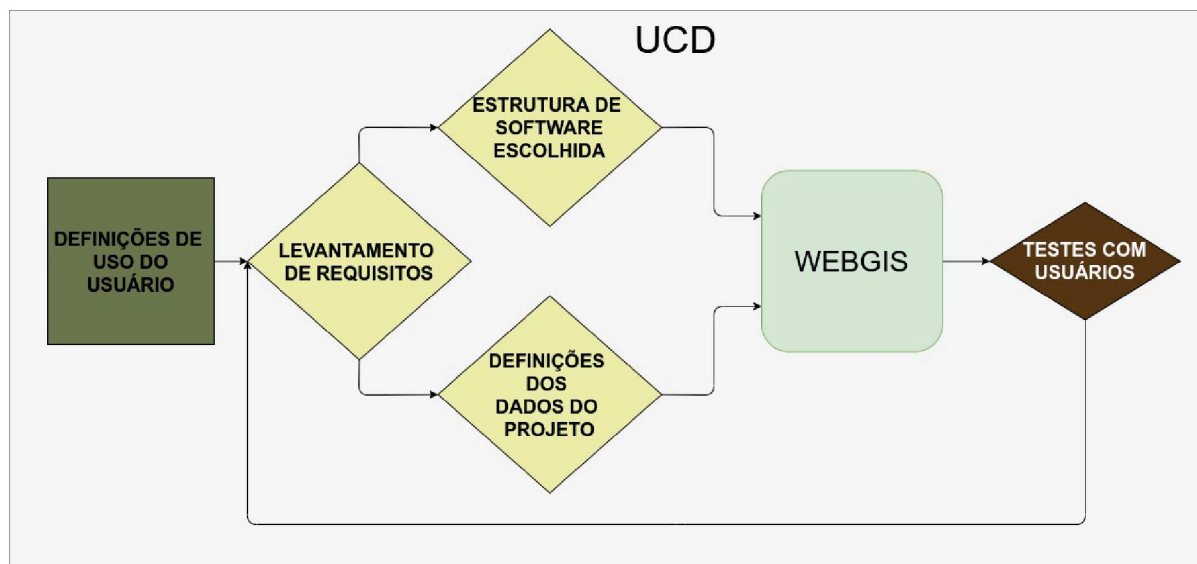
A fim de avaliar seu sistema WebGIS desenvolvido para monitoramento sistemático de estruturas costeiras, Maia et al. (2018) utilizou o método SUS para avaliar sua usabilidade. Dentre as vantagens de sua utilização, eles citam o questionário fornece um método robusto, confiável e de baixo custo para avaliar a usabilidade de uma ferramenta computacional. Além disso, por ser amplamente utilizado, tornou-se uma das principais ferramentas para dar suporte a esse tipo de avaliação, permitindo uma diferenciação efetiva entre sistemas utilizáveis ou não. Outra vantagem de usar o SUS é que, por ser um pequeno questionário, leva a uma maior receptividade por parte dos testadores em responder suas perguntas (MAIA et al., 2018).

### 3 METODOLOGIA

Esta pesquisa propôs desenvolver um sistema WebGIS para navegação de campi universitários no contexto da UFPR, aplicando-se recursos baseados em ER e UCD. Realizou-se também um teste para avaliação da usabilidade desta interface, a fim de verificar a sua eficiência, eficácia e satisfação por parte dos usuários. A metodologia deste trabalho consistiu no levantamento de requisitos funcionais e não funcionais para o desenvolvimento do *software*, no desenvolvimento do WebGIS e na avaliação de sua usabilidade.

Para o desenvolvimento do WebGIS foi proposto e implementado um BDG e o desenvolvimento de sua interface *web*. E por fim, com a interface aplicada ao estudo de caso, realizou-se uma lista de tarefas e a aplicação do questionário SUS a um grupo de usuários, a fim de se avaliar a usabilidade da interface proposta. Em todas as etapas da elaboração da pesquisa o contexto do usuário foi considerado, buscando-se aplicar técnicas de UCD. A FIGURA 10 apresenta as etapas de elaboração da pesquisa.

FIGURA 10 - ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO



FONTE: O Autor (2020).

Os tópicos a seguir descrevem as etapas propostas na metodologia.

### 3.1 DEFINIÇÃO DAS NECESSIDADES DO USUÁRIO

A partir da proposta inicial do projeto UCM, desejou-se definir as necessidades do usuário no contexto da aplicação WebGIS a ser desenvolvida. Para isso, foi aplicada a prática *brainstorming* em reuniões com participantes do projeto, entre os quais alunos de graduação, alunos de pós-graduação, professores e servidor técnico administrativo da universidade. A etapa de *brainstorming* tem por objetivo captar sugestões das partes envolvidas de soluções e funções de *software* que possam ser desenvolvidos no ambiente proposto. Por meio destas reuniões com as partes envolvidas no processo de desenvolvimento do projeto, foram levantados os requisitos do usuário e do sistema e definiu-se quais dados e funcionalidades estariam disponíveis no projeto.

### 3.2 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

Considerando a engenharia de requisitos, nesta etapa foi realizada a definição das necessidades do usuário por meio da elicitaco dos requisitos. Os requisitos constituem a base para a concepo eficiente do sistema e devem ser utilizados durante todo o processo de sua implementaco. Como citam Hull et al. (2005) e Sommerville (2011), requisitos incompletos ou mal definidos podem acarretar problemas futuros, como exemplo erros, concluses equivocadas ou sistemas que no atinge os objetivos propostos.

### 3.3 DEFINIO DOS DADOS DO PROJETO

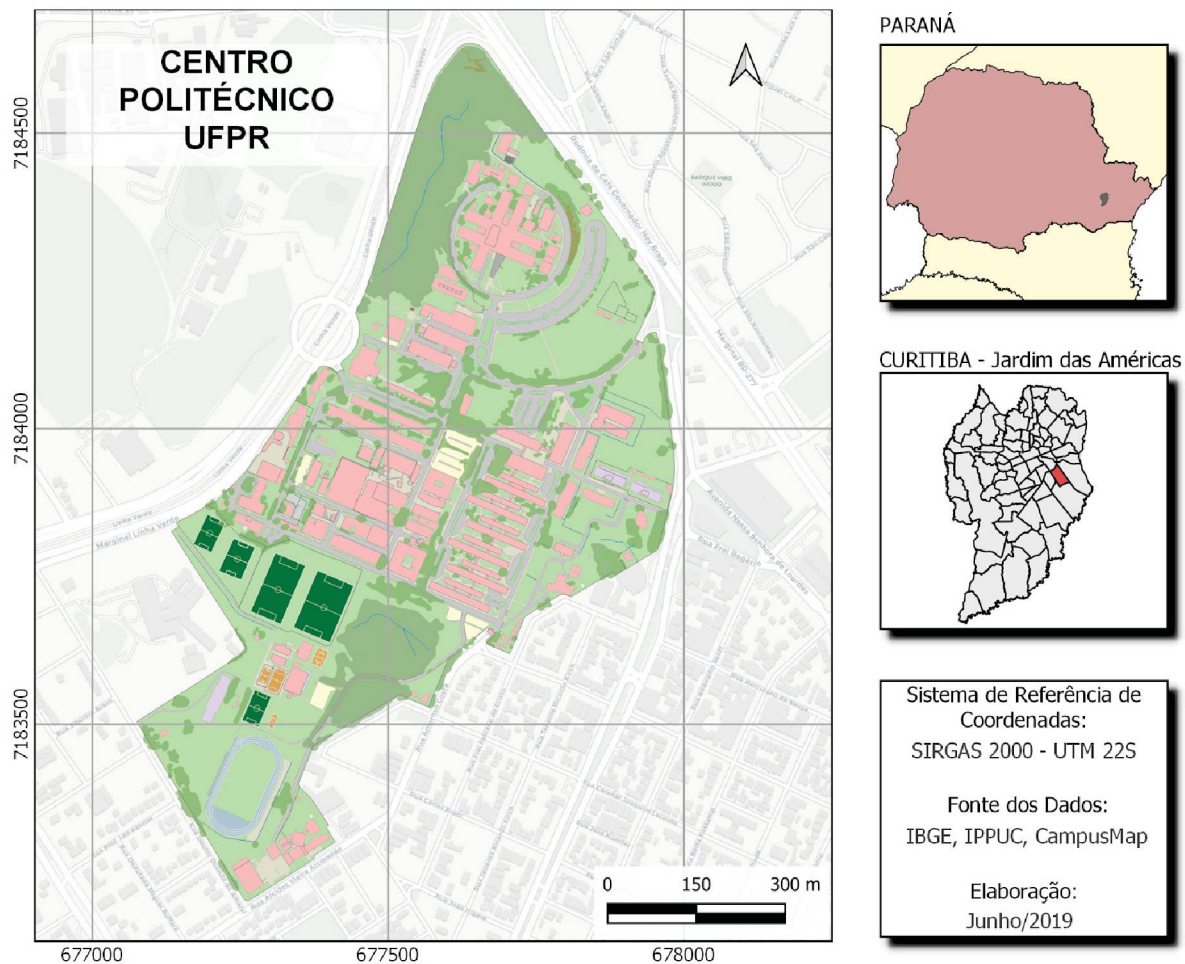
Os dados geoespaciais foram categorizados no BDG como *outdoor* (externos) e *indoor* (internos). Buscou-se assim desenvolver o WebGIS no contexto do projeto UCM, com disponibilidade de dados geoespaciais da rea *outdoor* (arruamentos, caladas, edificaes etc.) e *indoor* (salas de aula, laboratrios, banheiros etc.). Para a realizao deste trabalho definiu-se a caracterizao da rea de estudo limitada ao campus Centro Politecnico. Isto devido ao fato de atualmente a maior parte dos dados disponveis serem deste campus, porém posteriormente com a expanso de base cartogrfica, o sistema desenvolvido pode ser facilmente

aplicado aos demais campi. Os levantamentos destes dados foram realizados por diversos métodos, tanto em relação a sua geometria como aos seus atributos.

### 3.3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo é o campus Centro Politécnico da UFPR, localizado no bairro Jardim das Américas, Curitiba, Paraná, Brasil (FIGURA 11).

FIGURA 11 - ÁREA DE ESTUDO



FONTE: O Autor (2020).

A escolha deste campus deve-se atualmente pela quantidade de dados geográficos já disponíveis, sua diversidade de ambientes (salas de aula, sala de professores, laboratórios, secretarias, lanchonetes etc.), sua intensa circulação de alunos e visitantes e por ser o maior campus da UFPR.

### 3.3.2 Dados da base cartográfica *outdoor*

Os dados geoespaciais obtidos para a área *outdoor* do campus Centro Politécnico foram gerados a partir de aerolevanteamento com equipamento do tipo VANT, modelo Phantom 4. O voo foi realizado no dia 12 de novembro de 2017, em um total de 10 missões de voo realizadas para recobrir toda a área do campus (DELAZARI; FILHO, 2019). Todas as especificações técnicas do voo, equipamentos utilizados e processamento dos dados estão disponíveis no documento “Especificações Técnicas de Produtos Cartográficos - Projeto UFPR CampusMap”, disponível no *site* oficial do projeto UCM (<<http://www.campusmap.ufpr.br>>).

A partir das imagens obtidas pelo levantamento aéreo foram gerados dois produtos, um ortofotomosaico do campus com resolução de 5 cm, e a restituição das feições externas observadas. Estas feições foram categorizadas, construindo assim a base cartográfica *outdoor* do campus.

Os dados da base cartográfica *outdoor* disponíveis foram categorizados a partir das normas desenvolvidas pelo Exército Brasileiro Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV) versão 3.0 conforme trabalho de Pisetta (2018), adaptado conforme necessidade, em conjunto com sua simbologia. O resultado desta classificação e da simbologia utilizada encontram-se disponível na *homepage* principal do projeto UCM e no ANEXO A deste trabalho.

### 3.3.3 Dados da base cartográfica *indoor*

Os dados *indoor* foram extraídos inicialmente de plantas originais das edificações do campus. A maioria destas plantas estava em formato CAD, sendo necessária a sua adequação a um formato interpretado por *software* de SIG. Além disso os dados em sua maioria eram dos projetos originais das edificações, não sendo atualizados desde então. Portanto, houve a necessidade de verificação *in loco* de todas as edificações, realizando-se sua atualização, conforme descrito por Sarot (2015). O resultado da classificação e simbologia utilizados para categorização dos atributos de representação *indoor* estão apresentados no ANEXO B do presente trabalho.

### 3.4 ESTRUTURA DE SOFTWARE ESCOLHIDA

Somando-se às necessidades do projeto com o conhecimento técnico disponível, foram definidas as ferramentas. Algumas das ferramentas escolhidas implicam na utilização de outras conforme suas dependências de forma implícita ou não. A lista completa de materiais utilizados neste trabalho é apresentada no próximo tópico.

#### 3.4.1 Materiais

Os materiais utilizados para realização deste trabalho estão especificados no QUADRO 5. Este trabalho prezou pela utilização de *software* livres para sua execução.

QUADRO 5 - MATERIAIS UTILIZADOS

Materiais	Especificações	Utilidade
Computador <i>Notebook</i> Asus S56C	Processador: Intel Core i7-3537U 3,1 GHz Memória RAM: 8GB	Desenvolvimento da programação e testes de visualização
Computador *SERVIDOR*	Processador: Intel Core i7-7770 3,6 GHz Memória RAM: 32GB	Servidor para hospedagem do ambiente desenvolvido
UBUNTU	v. 18.04 LTS	Sistema Operacional dos computadores
Apache	v. 2.4.18	Servidor <i>web</i>
Apache Tomcat	v. 8.5	Servidor <i>web</i> Java
Geoserver	v. 2.16	Servidor de dados geoespaciais
PostgreSQL	v. 9.5	Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD)
PostGIS	v. 2.2	Extensão do SGBD para suporte a dados geoespaciais
PgRouting	v. 2.1.0	Biblioteca do PostGIS que auxilia a criação de rotas
JavaScript	ECMAScript 2018	Linguagem de programação
Leaflet	v. 1.4.0	Biblioteca JavaScript para criação de interfaces de mapas interativos
PHP	v. 7.3.1	Linguagem de programação
QGIS	v. 3.6.2-NOOSA	Edição e preparação dos dados geoespaciais

FONTE: O autor (2020).

O desenvolvimento de aplicações *web* divide-se em dois níveis: *Back-End* e *Front-End*. Entende-se por *Back-End* toda parte estrutural da aplicação que é executada remotamente pelo servidor, ficando oculta localmente ao usuário da aplicação. *Front-End* é a estrutura visível ao usuário cliente, o que inclui toda sua interface de visualização e manipulação.

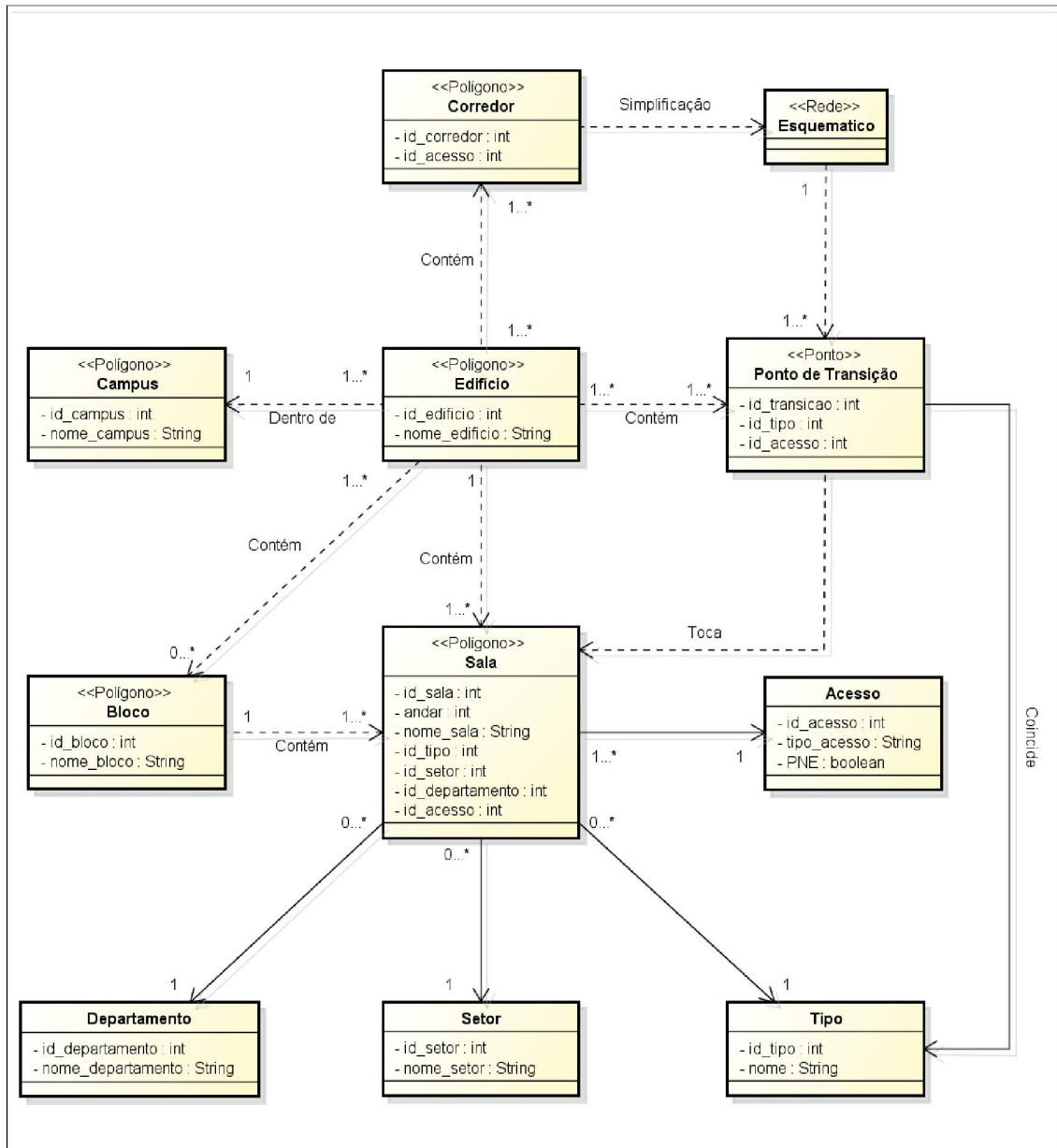
### **3.4.2 Estrutura *Back-end***

#### **3.4.2.1 Banco de dados geoespacial**

Para a construção do BDG, optou-se por utilizar o *software* PostgreSQL em conjunto com sua extensão espacial, a ferramenta PostGIS. Embora o PostGIS também permita o armazenamento de dados geoespaciais matriciais (arquivos *rasters*), para este projeto optou-se por utilizá-lo apenas para armazenamento de dados no formato vetorial.

O projeto UCM tem por objetivo mapear todos os campi da UFPR (DELAZARI et al., 2019), e embora esta tarefa não tenha sido finalizada, visando sua expansão, foi modelado um BDG *indoor* e *outdoor* em que esta expansão de sua base de dados fosse possível. O modelo do banco de dados geoespacial *indoor* no formato *Unified Modeling Language* (UML) é apresentado na FIGURA 12. Já o UML para os dados *outdoor* estão apresentados no ANEXO B deste documento.

FIGURA 12 - MODELO UML DO BANCO DE DADOS INDOOR



powered by Astah

Fonte: Adaptado de DELAZARI et al., 2019.

As estruturas organizacionais do banco de dados devem ser respeitadas para que as ferramentas que serão implantadas no *WebGIS* possam utilizá-las. Durante o desenvolvimento do *WebGIS*, preocupou-se em cadastrar de forma correta o banco de dados com as informações que deverão ser disponibilizadas ao público-alvo.

Para a criação de rotas pelo *WebGIS*, foi utilizado a biblioteca *PgRouting*. Para que esta biblioteca funcione de forma correta e obtenha o cálculo de rotas, foi utilizado o modelo proposto por Farias e Delazari (2017) para o cálculo de rotas

baseado no algoritmo de caminho mais curto, implementado na função “*pgr\_dijkstra*” da biblioteca.

### 3.4.2.2 Geoserver

O GeoServer é um servidor para compartilhar dados geoespaciais utilizando os padrões da OGC. Criado em 2003 e mantido pelo projeto *Open Planning Project*, ele é baseado na linguagem JAVA, sendo um *software* de código aberto. Projetado visando interoperabilidade, ele publica dados de qualquer fonte de dados espaciais usando padrões abertos, permitindo flexibilização na criação de mapas e no compartilhamento de dados (GEOSERVER, 2019). Ele desempenha o papel de fornecer ao cliente um serviço de mapa da *web*, também chamado de geoserviço. O Geoserver pode receber uma solicitação de diversos tipos de geoserviço de forma unificada e padronizada, e retornar a vários formatos de dados. Ele pode facilitar a liberação de dados de um mapa gerado por um geoserviço, permitindo que os usuários atualizem, excluam e insiram dados característicos (HE; SUN; ZHAO, 2015).

Conforme citam He, Sun e Zhao (2015), pode ser relativamente fácil compartilhar informações geográficas rapidamente entre os usuários com a utilização de geoserviços por meio do Geoserver. Ao usá-lo, os dados podem ser tratados como mapas de visualização, além de liberar os dados reais diretamente. A função de edição, exclusão e adição também pode ser fornecida ao mesmo tempo nestes mapas.

Utilizou-se os recursos de visualização de dados do Geoserver realizando-se sua conexão ao BDG. A partir dos dados geoespaciais armazenados nos BDG, o Geoserver possibilita a criação de camadas de visualização por meio de geoserviços, como WMS e WFS.

Para a visualização dos dados na interface WebGIS, utilizaram-se as camadas WMS criadas pelo Geoserver. Estas camadas são simbolizadas conforme definição realizada por arquivos de estilos SLD. Estes arquivos foram gerados utilizando-se o *software* QGIS, devido à facilidade em seu uso, e inseridos no Geoserver para simbolização de cada camada WMS criada. A simbolização *outdoor* do campus foi realizada com base no trabalho de Pisetta (2018).

Para o acesso aos atributos das camadas de interesse no WebGIS, utiliza-se o geoserviço WFS disponibilizado no Geoserver para as camadas do BDG. Por

meio do geoserviço WFS, é possível obter informações de camadas de interesse de acordo com uma feição escolhida ou a partir de uma busca por atributos.

Para a criação de geoserviços de dados *raster* pelo Geoserver, optou-se pela utilização do método de uso de pirâmides *raster*, conforme descrito em Lima, Delazari e Camboim (2019), buscando assim diminuir o tráfego de dados. Este método utiliza o *plugin* “*imagePyramid*” instalado ao Geoserver, que fica responsabilizado por interpretar a imagem após o processo de criação de pirâmides, o qual realiza interpolações em diversos níveis a fim de obter resoluções espaciais diferentes para a mesma imagem, obtendo assim resultados de imagens menores conforme visualização. Isto permite um fluxo menor de tráfego de dados e uma melhor fluidez de uso da aplicação (LIMA; DELAZARI; CAMBOIM, 2019).

### **3.4.3 Estrutura *Front-end***

Toda a interface do sistema com o usuário é realizada pela estrutura *front-end*. Portanto devido a isso é nessa região que deve-se realizar a maior atenção aos desejos do usuário e atendimento de seus requisitos. Toda a sua idealização foi proposta utilizando-se os recursos de UCD, visando-se atender aos requisitos definidos. Deseja-se com a interface do WebGIS desenvolvido atender as funcionalidades dos requisitos do sistema de forma que a interação com usuário ocorra de forma mais agradável a este. Buscou-se ainda atender às heurísticas propostas por Nilesen (1994) e Kumar e Goundar (2019) para o desenvolvimento da aplicação.

#### **3.4.3.1 *Framework Bootstrap***

O Bootstrap é um *framework front-end* desenvolvido para ser “elegante, intuitivo e poderoso” (BOOTSTRAP, 2019), criado para fornecer um desenvolvimento web mais rápido e fácil. Seu projeto foi desenvolvido por Mark Otto e Jacob Thornton em meados de 2010 para o Twitter, e atualmente é mantido pela equipe principal com o enorme apoio e envolvimento da comunidade. O Bootstrap é uma estrutura HTML, CSS e JavaScript muito popular para o desenvolvimento de sites responsivos, isto é, adaptável a diversas plataformas, como *desktop*, *mobile*. Atualmente encontra-se na versão 4.3 (BOOTSTRAP, 2019). Com o interesse em

tornar a interface *WebGIS* multiplataforma, utilizou-se o *framework* Bootstrap para a criação do *layout* da interface geral do projeto.

### **3.4.3.2 Leaflet**

Para a visualização dos mapas no WebGIS, utilizou-se a biblioteca Javascript Leaflet. Esta biblioteca permite a criação de mapas interativos *web* de maneira simples e rápida. O Leaflet possui os principais recursos de mapas interativos, sendo projetado visando simplicidade, desempenho e usabilidade. Ele funciona de maneira eficiente nas principais plataformas móveis e de *desktop*. O Leaflet pode ter suas funcionalidades estendida com *plug-ins*, possui ampla documentação e um código-fonte simples e legível (LEAFLET, 2019). Através dos mapas criados com o Leaflet, é possível a inserção de camadas de geoserviços WMS, como o OSM, além da inserção de camadas vetoriais e *rasters*.

## **3.5 TESTES COM USUÁRIOS**

Para os testes do WebGIS, realizou-se um conjunto de tarefas a um grupo de 31 usuários, com a utilização da ferramenta desenvolvida. Este conjunto de tarefas foi construído visando-se explorar as funcionalidades do WebGIS, em conjunto com a experiência do usuário ao utilizá-lo.

Junto a lista de tarefas, foi solicitado aos usuários que respondessem se haviam conseguido ou não a realização da tarefa. Caso não conseguissem realizar a tarefa, pediu-se que descrevessem o porquê. A análise da eficácia e eficiência da interface foi discutida com base nos resultados obtidos pelos usuários na execução das tarefas. A descrição dos erros foi utilizada como *feedback* de possíveis erros encontrados na interface. Ao final da execução das tarefas pelos usuários, foi aplicado a estes o questionário SUS, visando a avaliação, de forma subjetiva, da satisfação de uso da ferramenta pelos mesmos.

Para que o questionário fosse aplicado em português e para que a tradução não perdesse o sentido original, utilizou-se o trabalho de Tenório et al. (2011). Buscando preservar o conteúdo do questionário original, os autores realizaram uma tradução reversa para a língua portuguesa. Assim, as questões foram traduzidas para a língua portuguesa e, a seguir, os autores submeteram a tradução a um

tradutor profissional, que realizou a tradução para a língua inglesa. Buscou-se que a tradução para a língua portuguesa mantivesse o significado e estrutura do texto original, de forma a se conseguir uma tradução reversa muito próxima do texto original. (TENÓRIO et al. 2011). Assim o QUADRO 6 apresenta as questões utilizadas no questionário aplicado. Apesar da dificuldade que pode apresentar a compreensão de algumas questões apresentadas, optou-se por manter a tradução da forma realizada por Tenório et al. (2011).

QUADRO 6 - QUESTIONÁRIO SUS ADAPTADO

1. Eu acho que gostaria de utilizar o WebGIS UFPR CampusMap frequentemente.
2. Eu achei o WebGIS UFPR CampusMap desnecessariamente complexo.
3. Eu achei que o WebGIS UFPR CampusMap foi fácil para usar.
4. Eu acho que precisaria do apoio de um suporte técnico para ser possível usar o WebGIS UFPR CampusMap.
5. Eu achei que as diversas funções do WebGIS UFPR CampusMap foram bem integradas.
6. Eu achei que houve muita inconsistência no WebGIS UFPR CampusMap.
7. Imagino que a maioria das pessoas aprenderiam a usar rapidamente o WebGIS UFPR CampusMap.
8. Eu achei o WebGIS UFPR CampusMap muito pesado para uso.
9. Eu me senti muito confiante usando o WebGIS UFPR CampusMap.
10. Eu precisava aprender uma série de coisas antes que eu pudesse continuar a utilizar o WebGIS UFPR CampusMap.

FONTE: Adaptado de Tenório et al. (2011).

Foram obtidos resultados de pontuação da escala SUS utilizando-se os métodos de Brooke (1996), Sauro (2011) e Bangor, Kortum e Miller (2009).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para constituir a primeira fase da realização deste projeto, realizou-se o levantamento das informações referentes aos usuários e envolvidos no sistema a partir de reuniões com a prática de *brainstorming*. Este levantamento foi realizado com participantes do projeto UCM, colaboradores e alunos de graduação que frequentam o campus Centro Politécnico da UFPR. Com os resultados discutidos nas reuniões, definiu-se que os usuários-alvo do sistema desenvolvido são quaisquer frequentadores do Campus interessados em obter informações de rotas quanto à localização de suas estruturas, além de usuários que desejem obter download de dados cartográficos referentes ao campus, sendo estes dados:

- Modelos Digitais de Superfície (MDS); Ortoimagens; Plantas Cartográficas e Nuvem de Pontos, disponíveis nas escalas de 1:500 e 1:1000; e
- Monografias de marcos da Rede Topográfica da UFPR e de Referências de Nível vinculadas à Rede Altimétrica Brasileira do IBGE.

Com a definição dos usuários alvo do sistema, observou-se dois contextos de uso distintos para a aplicação. Estes são: (a) navegação no campus por meio da utilização de rotas; (b) o acesso a download de dados cartográficos do campus utilizando o sistema. Assim foram utilizadas as questões elaboradas por Sluter, Van Elzakker e Ivánová (2016), tratando mais especificamente da geoinformação na elicitación dos requisitos e necessidades dos usuários para o sistema proposto. Estas perguntas serviram para que fosse possível entender os diversos elementos necessários ao sistema, e sua relação no processo de levantamento dos requisitos. As respostas obtidas destes questionamentos estão apresentadas a seguir:

### 1. Atividades do usuário:

- Quais são as responsabilidades dos usuários no “contexto de uso” definido?
  - a) Determinar a rota entre dois pontos de interesse no interior do campus desejado da UFPR.
  - b) Obter os dados cartográficos de interesse do campus desejado da UFPR.

- Quais são as atividades que os usuários devem realizar para cumprir suas responsabilidades?
  - a) Selecionar o campus de interesse; Definir os locais de origem e destino da rota.
  - b) Realizar o cadastro no sistema; Realizar o registro de acesso ao sistema; Definir o tipo do dado cartográfico de interesse; Selecionar o local de interesse do dado cartográfico; Escolher o dado cartográfico a ser baixado.
- Quais são os conhecimentos técnico-científicos que são o suporte teórico às atividades dos usuários?
  - a) Conhecimentos referentes à semântica do local ao qual se origina e destina à realização da rota.
  - b) Conhecimentos referentes à cartografia e utilização de dados cartográficos.

## **2. O problema a ser resolvido:**

- Qual é o problema a ser resolvido?
  - a) Determinar a menor trajetória entre dois pontos de interesse a partir da definição de suas localizações no campus.
  - b) Disponibilização de dados cartográficos referentes à rede topográfica e a base cartográfica do campus.
- Qual é o conhecimento geográfico necessário para a solução do problema?
  - a) Para a solução deste problema, são necessários conhecimentos geográficos referentes à área na qual se destina realizar a rota, tais como os nomes dos locais de origem e de destino.
  - b) Para a solução deste problema, são necessários conhecimentos geográficos referentes à área que se deseja realizar o *download* de dados cartográficos, tais como sua posição geográfica, sua identificação e qual tipo de dado se deseja obter.

## **3. Restrições da solução de geoinformação:**

- Quais as condições dos dados geográficos que são necessárias para a solução do problema?

- a) Os dados geográficos precisam estar todos atualizados, refletindo desse modo a realidade do local e resultando numa rota real e possível ao usuário. Além disso, todos devem estar no mesmo sistema de coordenadas para correta visualização dentro do sistema.
- b) Os dados disponíveis também precisam estar todos atualizados, a fim de refletirem a realidade e atender as necessidades do usuário.
- Quais são as restrições dos dados geográficos e dos sistemas de geoinformação que são exigidas pelas condições definidas na questão anterior?
  - a) A desatualização dos dados pode produzir erros e equívocos na realização das rotas pelo usuário. Sendo assim, os dados utilizados devem ser considerados condizentes com a realidade. Com relação ao sistema de coordenadas, as restrições se referem à necessidade de manutenção do mesmo sistema, para todos os dados utilizados e gerados. Como a área de estudo localiza-se no estado do Paraná, sendo totalmente abrangida pelo sistema UTM Zona 22 Sul, não há necessidade de mudanças no sistema de coordenadas. Assim, nesse caso, a definição do sistema de coordenadas pode ser fixa, sem necessidade de alteração por parte do usuário.
  - b) A desatualização dos dados cartográficos disponíveis para *download* pelos usuários pode acarretar na inconsistência dos mesmos e em erros por parte dos usuários ao seu acesso.

#### **4. Objetivos do sistema de geoinformação:**

- Com base nos objetivos das atividades dos usuários, no problema a ser resolvido, e nas condições e restrições da solução, quais são os objetivos do sistema de geoinformação?
  - a e b) O sistema tem como objetivo realizar o cálculo de rotas a partir da localização de dois locais por parte do usuário. Além disso, o sistema tem como objetivo disponibilizar dados cartográficos para usuários técnicos que desejam acesso a essas informações.

#### **5. Identificação dos envolvidos e dos usuários:**

- Quem são os envolvidos no domínio da aplicação?

a e b) Nesta aplicação os envolvidos são participantes do projeto UCM e seus colaboradores, dos quais fazem partes representantes do núcleo docente e discente, além de servidores da instituição.

- Quais características dos envolvidos devem ser consideradas no projeto do sistema de geoinformação?

a e b) Devem ser consideradas a formação e experiência profissional dos envolvidos, os conhecimentos teóricos e práticos em geoinformação e o conhecimento no interesse dos usuários.

- Entre os envolvidos, quem são os usuários do sistema?

a e b) Entre os envolvidos, podem ser usuários do sistema todos aqueles que desejarem obter um sistema de rotas entre localidades no campus, além de usuários técnicos que desejem acesso à informações cartográficas disponíveis pelo sistema.

- Quais são as responsabilidades e tarefas do usuário neste contexto da aplicação?

a) Utilizar a rota criada pela aplicação para realizar o trajeto desejado.

b) Utilizar os dados cartográficos obtidos de acordo com o suas aplicações e possíveis interesses.

## **6. Priorização dos objetivos e filtragem do conhecimento do domínio da aplicação:**

- Qual conhecimento geográfico o usuário necessita construir?

a) O usuário precisa determinar a sua trajetória conforme a representação da rota obtida pelo sistema a fim de obter êxito na localização do ambiente de destino.

b) O usuário necessita interpretar os dados obtidos a fim de realizar o tratamento adequado aos mesmos, conforme sua necessidade.

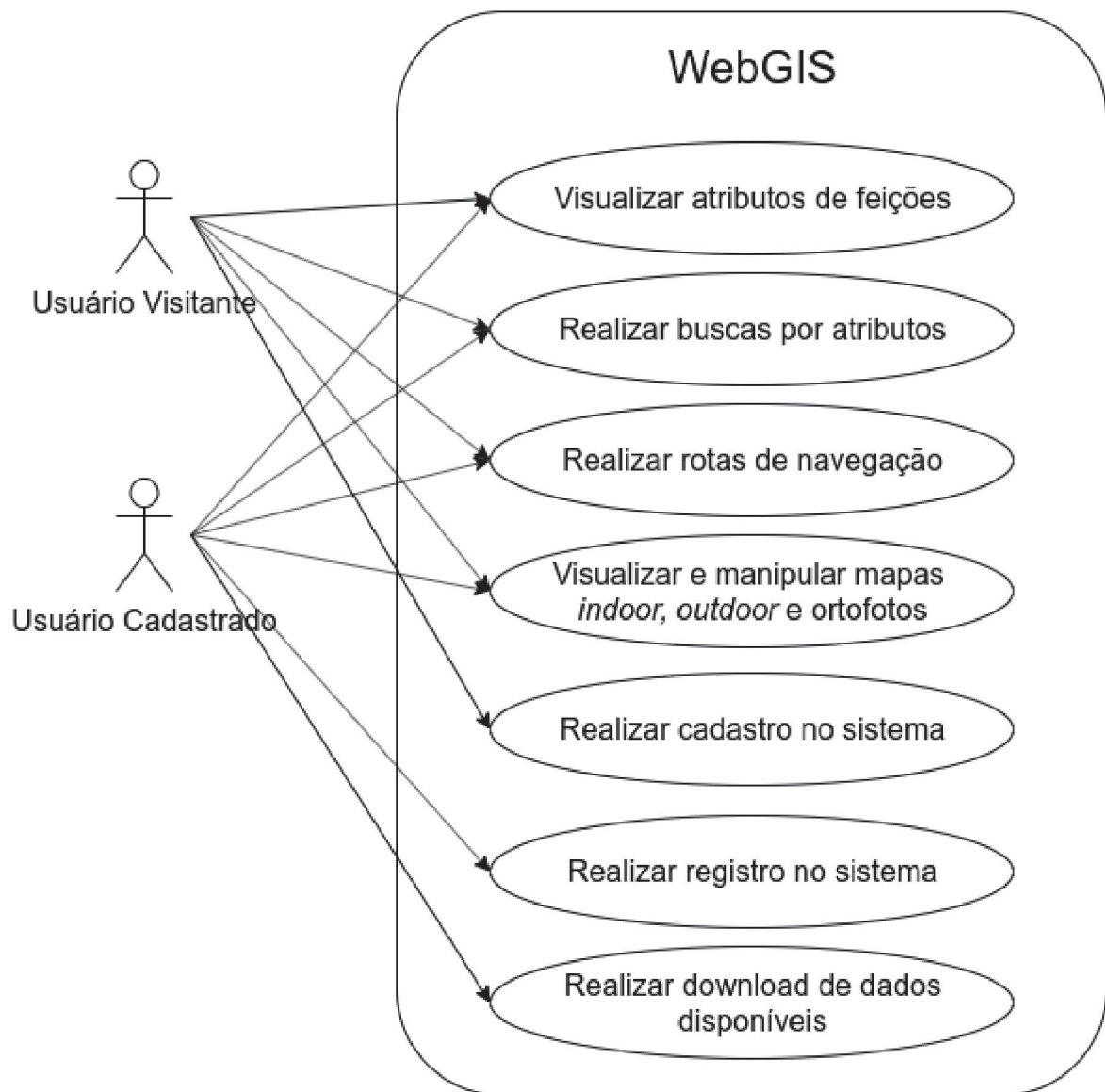
Com este levantamento e observações realizadas durante as reuniões, foi possível a classificação dos requisitos em requisitos funcionais (RF) e requisitos não funcionais (RNF), além da criação do diagrama de casos de uso. Os requisitos obtidos estão apresentados no QUADRO 7 e em seguida é apresentado o diagrama de casos de uso obtido em função destes requisitos (FIGURA 13).

QUADRO 7 - LISTA DE REQUISITOS FUNCIONAIS E NÃO FUNCIONAIS

Tipo de requisito	Descrição
Não Funcional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adotar como referência as especificações técnicas da ET-EDGV para modelagem do BGD;</li> <li>• Implementar um BGD com os dados da base cartográfica e ambientes <i>indoor</i> disponíveis;</li> <li>• Utilizar padrões de geoserviço nas normas da OGC e INDE;</li> <li>• Fazer uso de software livre;</li> <li>• Ser multiusuário, multiplataforma e multitarefa.</li> <li>• Permitir escalabilidade;</li> <li>• Permitir descentralização de acesso e persistência de dados.</li> <li>• Definição da Simbologia adotada.</li> <li>• Escolha do Sistema de Referência.</li> <li>• Responsividade da interface para dispositivos móveis.</li> </ul>
Funcional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentar a janela do mapa;</li> <li>• Apresentar a janela de ferramentas disponíveis no sistema;</li> <li>• Controlar o acesso do usuário;</li> <li>• Apresentar mapa base com conteúdo mínimo;</li> <li>• Apresentar mapa base com visualização de imagem de satélite;</li> <li>• Apresentar base cartográfica dos campi;</li> <li>• Apresentar mapas de ambientes <i>indoor</i>;</li> <li>• Permitir escolha de mapas bases de visualização;</li> <li>• Permitir a escolha de ambientes <i>indoor</i> por andar;</li> <li>• Disponibilizar ferramentas de manipulação do mapa: i) Aproximar; ii) Afastar; iii) Aproximar para área; e iv) Extensão total;</li> <li>• Disponibilizar ferramentas de consultas dos atributos nomes do edifício e ambiente <i>indoor</i> no mapa;</li> <li>• Mostrar atributos de elementos do mapa;</li> <li>• Permitir a criação de rotas a partir de localização de elementos no mapa.</li> <li>• Ligar e desligar elementos do mapa;</li> <li>• Mensagens de alertas ao usuário indicando erros e suas possíveis soluções;</li> <li>• Trocar camadas de visualização no mapa;</li> <li>• Gerenciar usuários: i) Cadastrar usuário; ii) Registrar usuário cadastrado</li> </ul>

FONTE: O autor (2020).

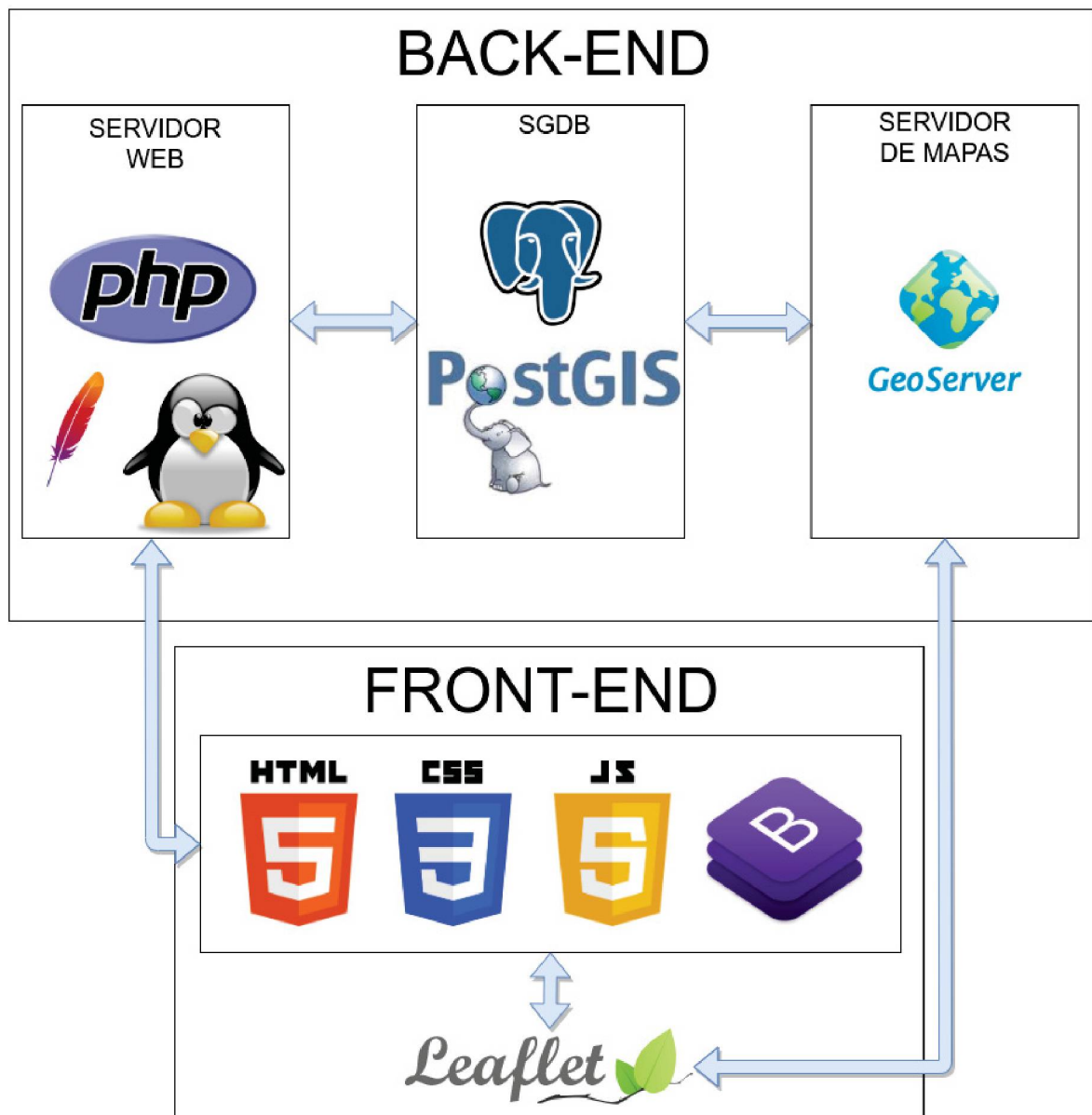
FIGURA 13 - DIAGRAMA DE CASOS DE USO



FONTE: O autor (2020).

Utilizando o levantamento de requisitos, pôde-se determinar a especificação de *software* utilizados pelo sistema. A FIGURA 14 representa sua esquematização conforme apresentado anteriormente na metodologia.

FIGURA 14 - ESQUEMATIZAÇÃO DA ESTRUTURA UTILIZADA.



FONTE: O autor (2020).

A implementação do BDG foi realizada obtendo-se os dados vetoriais da base cartográfica dos campi da UFPR e inseridos no PostgreSQL utilizando-se sua extensão para dados geoespaciais PostGIS. Foram criados *schemas* de tabelas para os dados *outdoor* para cada campus dos quais já possuíam dados, a saber, Centro Politécnico, Cabral, Jardim Botânico e Juvevê. A classificação destes dados encontra-se no ANEXO A, conforme descrito na metodologia. Embora já existam dados da base cartográfica para estes quatro campi, apenas o Centro Politécnico possui dados geográficos *indoor* até o término desta pesquisa, sendo por este motivo alvo principal do estudo. Entretanto com a expansão do BDG com os dados

deste outros campi, o sistema adequar-se-á naturalmente a estes, atendendo assim sua extensibilidade.

Com o servidor de mapas Geoserver criou-se uma conexão com o BDG, criando-se as camadas de geoserviços WMS e WFS utilizadas neste trabalho. A FIGURA 15 apresenta o Geoserver com as camadas criadas para este trabalho.

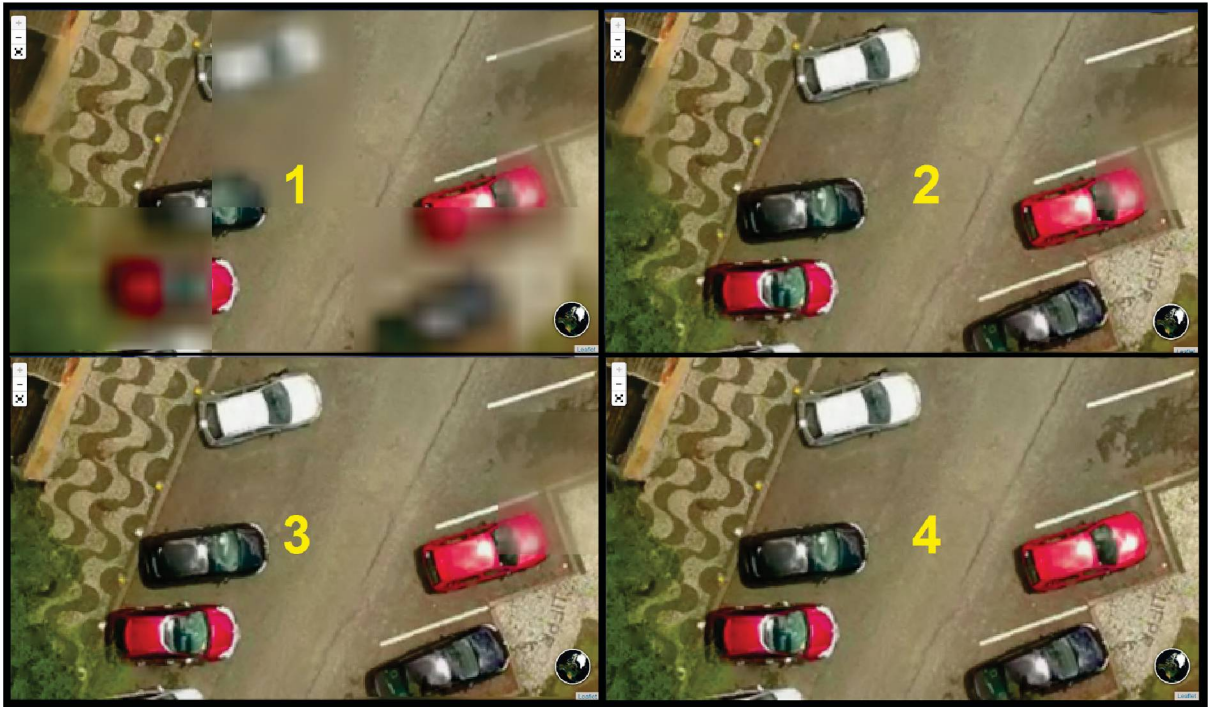
FIGURA 15 - CAMADAS CRIADAS NO GEOSERVER



FONTE: O autor 2020.

Com a utilização do *plugin* de pirâmides no Geoserver, obteve-se uma forma de disponibilizar as ortofotos dos campus com resolução de 5 cm com menor tráfego de dados (LIMA; DELAZARI; CAMBOIM, 2019). A FIGURA 16 apresenta um recorte da interface desenvolvida apresentando o funcionamento deste recurso. O *plugin* faz o papel de gerenciar as *tiles* na resolução adequada, isto é, de acordo com o nível de aproximação, novas *tiles* são obtidas, onde é atualizada a visualização com a nova resolução apenas naquela região, não sendo necessário o tráfego de dados da melhor resolução da imagem de uma única vez.

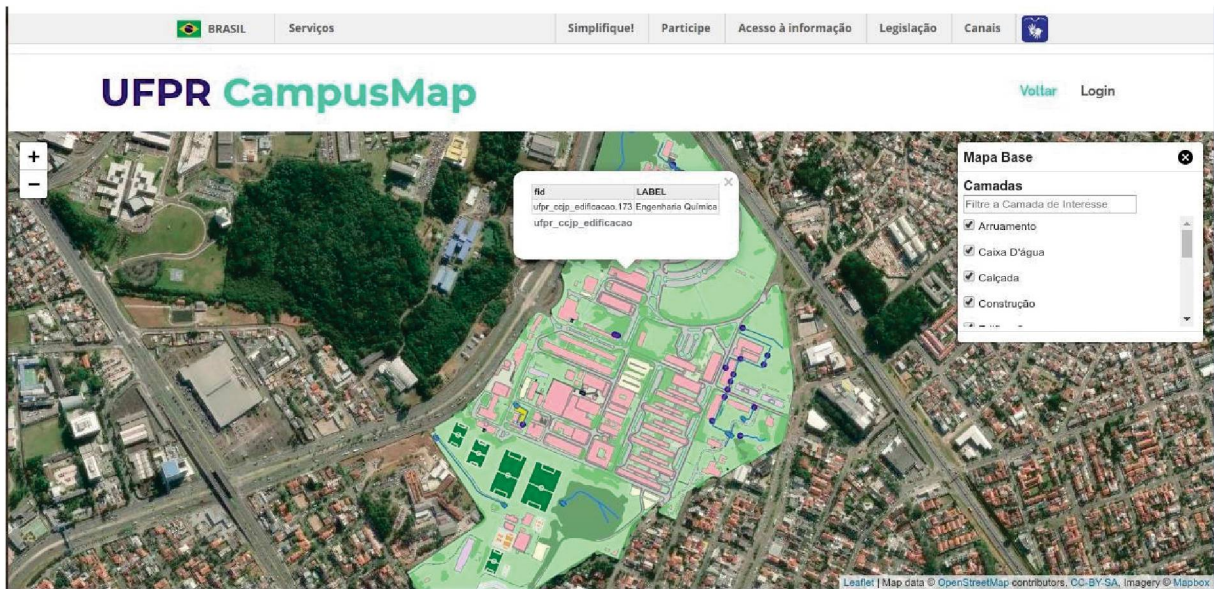
FIGURA 16 - VISUALIZAÇÃO DO RECURSO DE PIRÂMIDE DO GEOSERVER



FONTE: O autor (2020).

Após a publicação dos geoserviços WMS das camadas de interesse do BDG, realizou-se um protótipo da interface do WebGIS para apresentação, discussão e realização de tarefas com os envolvidos no desenvolvimento. Esta etapa teve o intuito de realizar as primeiras implementações dos recursos levantados e construir a interface com a ajuda dos usuários, conforme é recomendado pelas práticas de UCD. O resultado deste protótipo de interface do WebGIS é mostrado na FIGURA 17.

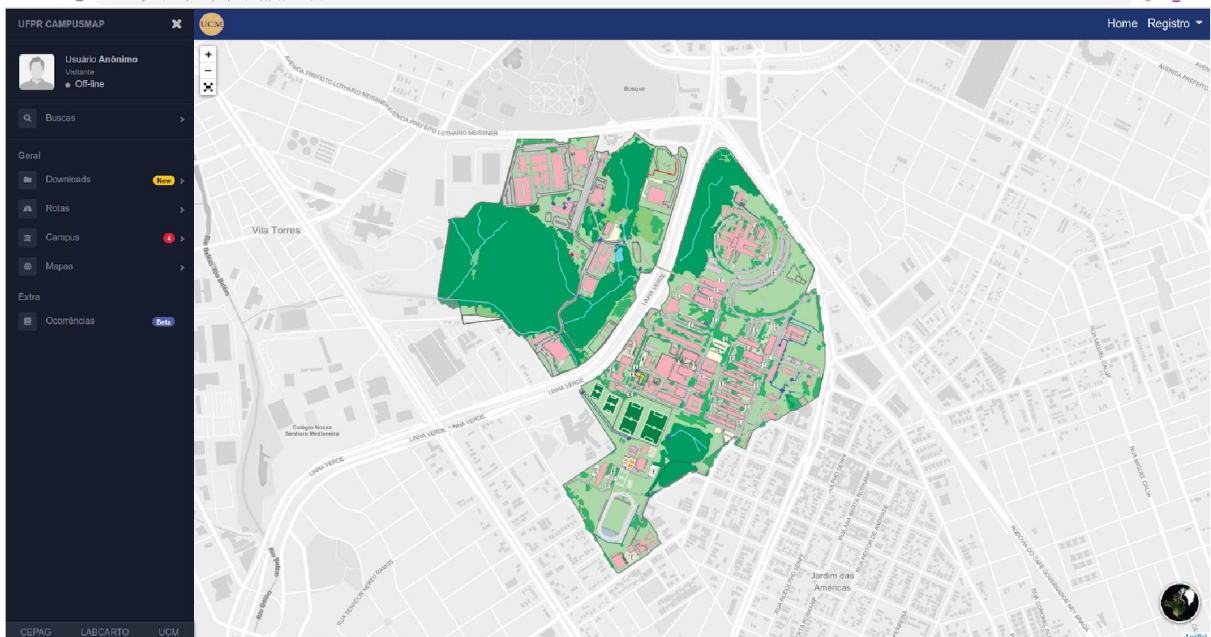
FIGURA 17 - PROTÓTIPO DA INTERFACE DO WEBGIS



FONTE: O autor 2020.

Com as reuniões foram estabelecidas ideias para a construção da interface do WebGIS, buscando-se resultados preliminares onde fosse possível a primeira etapa de realização de testes com novos usuários. Discutiu-se a respeito de diversos detalhes a respeito da interface e a forma como as funcionalidades do sistema deveriam ser apresentadas, buscando um ambiente mais agradável ao usuário. Buscou-se a compatibilização dos interesses dos usuários com o tempo de desenvolvimento e as ferramentas disponíveis para sua execução. Estas discussões foram essenciais para a compatibilização dos interesses dos usuários com o desenvolvimento da aplicação. Ressalta-se que este processo deve ser cíclico, uma vez que podem ser observados diferentes interesses do usuário com o decorrer do tempo, além do surgimento de novos requisitos. Assim obteve-se como resultado a interface apresentada na FIGURA 18, a qual foi utilizada para realização dos testes de usabilidade com usuários.

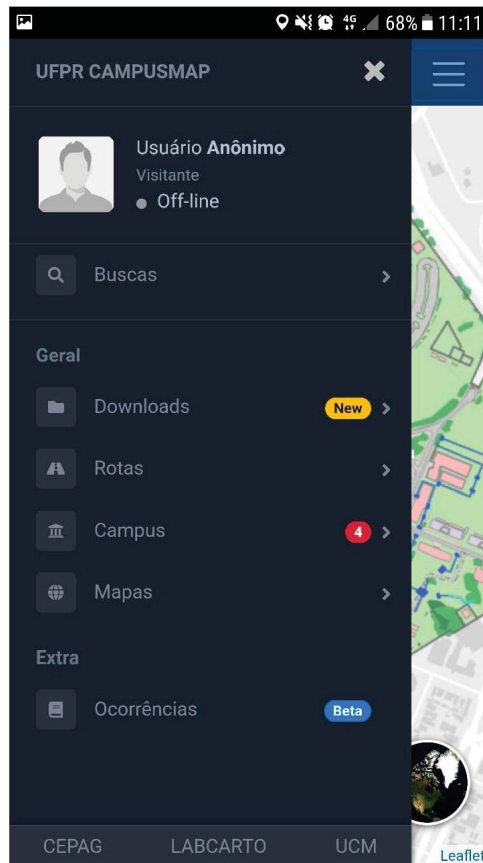
FIGURA 18 - INTERFACE DO WEBGIS DESENVOLVIDO VISUALIZADA EM DESKTOP



FONTE: O autor (2020).

Nesta interface desenvolvida, os principais controles das funcionalidades do WebGIS encontram-se na janela lateral, que foi desenvolvida de forma a ser recolhida e expandida conforme interesse do usuário. Esta interface utilizou a estrutura de recursos do Bootstrap a fim de ser recursiva, isto é, adaptável à plataforma ao qual está sendo utilizada. Exemplo deste recurso é apresentado na FIGURA 19, com a exibição da interface em um smartphone Galaxy S5 Samsung, com tela de 5,1 polegadas, onde é possível observar além da recursividade da plataforma, a função de ocultamento da barra lateral do sistema. O botão “X” no canto superior direito permite fechar a barra lateral, onde após seu fechamento surge o ícone na região esquerda do mapa, sendo possível a reabertura da barra através do seu clique.

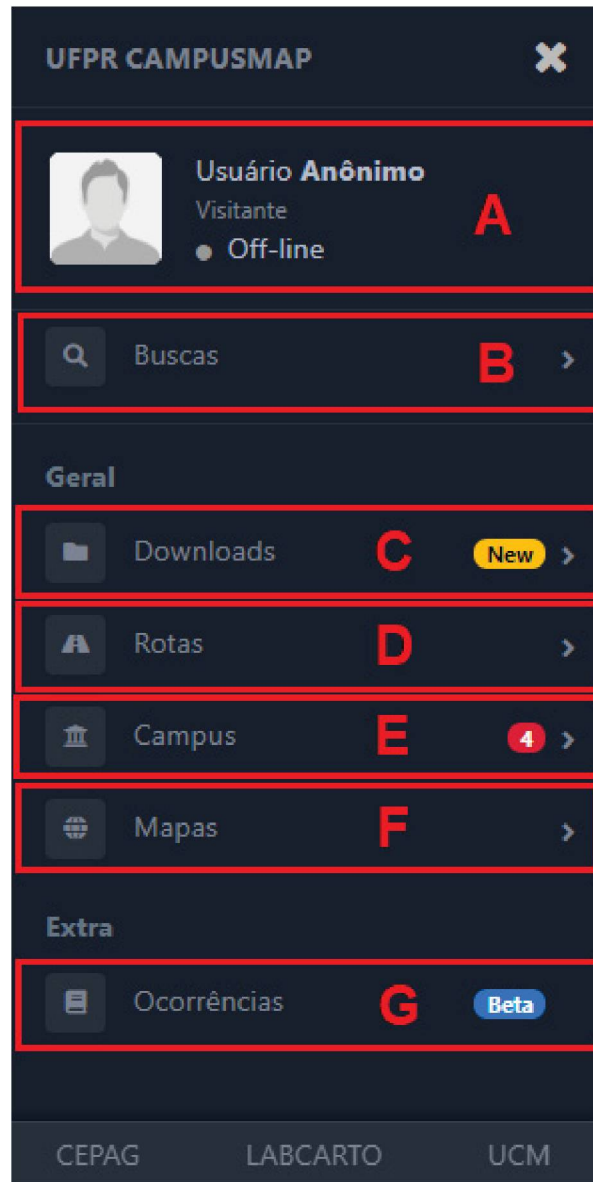
FIGURA 19 - INTERFACE DO WEBGIS DESENVOLVIDO VISUALIZADA EM SMARTPHONE



FONTE: O autor (2020).

A barra lateral da interface do WebGIS desenvolvido (FIGURA 20) apresenta: A) O *status* do usuário, isto é, se o mesmo está identificado no sistema; B) Um menu “Buscas”, onde é possível realizar buscas por atributos como nome da edificação ou ambiente *indoor*; C) Um menu “Downloads” onde estão disponíveis a visualização de camadas de grade nas escalas de 1:500 e 1:1000 e dos pontos de vértices da rede topográfica da UFPR junto a rede altimétrica; D) Um menu “Rotas”, onde é possível realizar a localização de locais de origem e destino e assim criar uma rota no campus; E) Um menu “Campus”, onde é realizado a escolha da visualização da base cartográfica geral do campus escolhido, e permite a busca por atributos neste campus; F) Um menu “Mapas”, onde disponibiliza-se 3 tipos de mapas de visualização dos dados disponíveis: *outdoor*, *indoor* e ortofotos; G) Um link “Ocorrências”, onde está sendo desenvolvido um sistema VGI para registro de ocorrências no campus. O recurso para registro de ocorrências ainda encontra-se em fase de pesquisa e desenvolvimento, e por isto não buscou-se realizar testes com usuários em sua interface neste trabalho.

FIGURA 20 - RECURSOS DA BARRA LATERAL DO WEBGIS



FONTE: O autor (2020).

Na barra superior a visualização do mapa, encontra-se a “*navbar*”, com o menu “Registro”, onde é possível realizar o cadastro no sistema e assim ter acesso à área de usuário cadastrado. Também é possível realizar o registro no sistema de um usuário cadastrado (*login*), ou realizar a saída do sistema de um usuário registrado (*logout*).

Na região de visualização do mapa encontram-se disponíveis as funções de estado do mapa (FIGURA 21). Estas funções são: de aproximação (1.a) e afastamento (1.b) de visualização do mapa, além do recurso de dispor esta visualização em modo de tela cheia (1.c). Encontra-se também disponível o recurso de troca de visualização do mapa base (2), onde é possível uma visualização com

recursos de imagem de satélites (2.a) ou visualização básica em preto e branco dos recursos do OpenStreetMap (2.b). Além destes, quando a visualização *indoor* é acionada pelo usuário, surge o menu de troca de andares (3), permitindo assim a escolha pelo usuário de diminuir um andar (3.a), subir um andar (3.c), e visualizar qual andar encontra-se em exibição (3.b).

FIGURA 21 - FUNÇÕES DA ÁREA DE VISUALIZAÇÃO DO MAPA

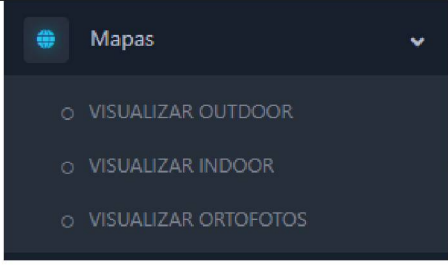


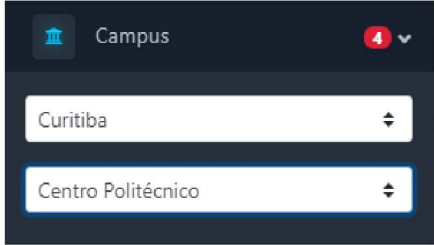


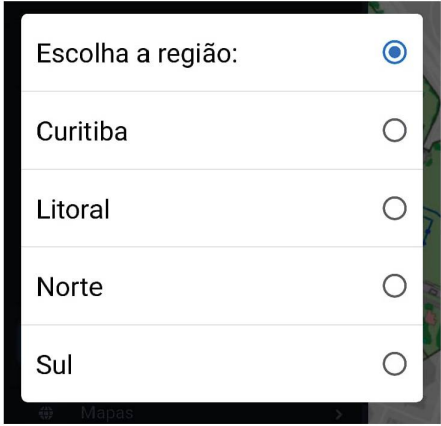
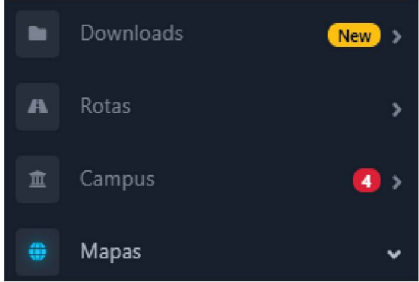
FONTE: O autor (2020).

Buscou-se nesta pesquisa atender as heurísticas de Nielsen (1994) e de Kumar e Goundar (2019) propostas ao desenvolvimento. Para exemplificação de seu emprego, elaborou-se o QUADRO 8 com as heurísticas propostas e um detalhe de sua aplicação na interface. A heurística de documentação e ajuda do WebGIS não fez parte do escopo desta pesquisa.

QUADRO 8 - RELAÇÃO DAS HEURÍSTICAS APLICADAS À INTERFACE DO WEBGIS.

Heurística	Exemplo
Visibilidade do status do sistema	
Correspondência entre o sistema e o mundo real	

<p>Liberdade e controle do usuário</p>	
<p>Consistência e padrões</p>	
<p>Prevenção de erros</p>	<p>www.campusmap.ufpr.br diz</p> <p>Realize as buscas por ambiente de Origem e Destino primeiro!</p> <p>OK</p>
<p>Reconhecimento em vez de lembrança</p>	
<p>Flexibilidade e eficiência de uso</p>	<p>A aplicação não requer conhecimentos técnicos aprofundados para sua utilização.</p>
<p>Estética e design minimalista</p>	
<p>Ajuda no reconhecimento e recuperação de erros</p>	<p>www.campusmap.ufpr.br diz</p> <p>Preencha o campo para efetuar a busca (Não esqueça de escolher o campus)</p> <p>OK</p>
<p>Ajuda e documentação</p>	<p>Ausente</p>

Comandos dirigidos a seleção	
Organização de conteúdo	As principais funcionalidades encontram-se na barra lateral. Na janela de visualização do mapa encontram-se as ferramentas referentes a sua exibição. Funções referentes a cadastro e registro de usuários encontram-se na barra de navegação.
Representação Visual	

FONTE: O autor (2020).

Além da interface principal do WebGIS, utilizou-se também um sistema de registro e cadastro de usuário. Este sistema já existia anteriormente ao desenvolvimento desta pesquisa, sendo utilizado no controle de acesso aos dados da Rede Topográfica da UFPR, agora incorporada ao WebGIS desenvolvido nesta pesquisa. Sua interface é apresentada na FIGURA 22. Nela é realizado o cadastro (A) e registro (B) do usuário a fim de disponibilizar o acesso aos dados de *download* disponíveis no sistema.

FIGURA 22 - SISTEMA DE CADASTRO E REGISTRO DE USUÁRIO

Atividades Google Chrome 28 de jan 20:22

Acoustic Rock | Great... | Entrada (374) - marciano... | Dissertação - Texto - Doc... | G1 - O portal de notícias... | Cadastro de Usuários

Não seguro | campusmap.ufpr.br/usuarios/register.php

Cadastro de Usuários  
campusmap.ufpr.br

CampusMap da UFPR

## Cadastro de Usuários

Prezado usuário,  
Você está acessando um site que possui dados com direitos autorais de produção, captura, tratamento, processamento e distribuição.

Para ter acesso a estes dados, solicitamos que efetue seu cadastro. Para tanto, você deve concordar com nossa política de privacidade e termos de uso dos materiais aqui disponibilizados e que ao descumprí-los está passível de todas as sanções legais previstas em lei.

Caso não receba um email de confirmação automática, com seu código de acesso, por favor entre em contato conosco através do endereço eletrônico do [CampusMap UFPR](#)

Equipe Projeto CampusMap.  
Universidade Federal do Paraná

**Email\***  
Digite seu email

**CPF\***  
Digite seu CPF

**Nome\***  
Digite seu nome

**Telefone de Contato\***

A

Atividades Google Chrome 28 de jan 20:22

Acoustic Rock | Great... | Entrada (374) - marciano... | Dissertação - Texto - Doc... | G1 - O portal de notícias... | Login

Não seguro | campusmap.ufpr.br/usuarios/login.php

CampusMap da UFPR

Log In Register

User icon

Email

Password

Log In

Esqueceu sua senha?

B

FONTE: O autor (2020).

## 4.1 TESTES COM USUÁRIOS

Com a interface do WebGIS implementada, a etapa seguinte foi realizar um teste de sua usabilidade com usuários. O teste foi realizado com 31 participantes em

janeiro de 2020. Dentre os participantes havia alunos e ex-alunos frequentadores do campus. Desta amostra, 54,8% se identificaram pelo gênero masculino, 38,7% pelo gênero feminino e 6,5% preferiram não dizer. A idade dos participantes variou de 21 a 42 anos, e destes 38,7% cursaram ou haviam concluído o ensino superior, e 61,3% cursaram ou haviam concluído uma pós-graduação. Do total de participantes, 77,4% já conheciam anteriormente ou ouviram falar do projeto UCM, enquanto 22,6% não.

Optou-se pela realização do método SUS principalmente por ser um método rápido e com resultados já consolidados pela literatura. Para a realização do método, foi proposto inicialmente aos participantes a interagirem com o sistema por meio de uma lista de tarefas que visou explorar as suas principais funcionalidades. Esta lista de tarefas foi definida buscando-se a realização de ações que simulasse uma interação real dos usuários com o WebGIS, visando explorar a maior parte de suas funcionalidades. Para cada tarefa, solicitou-se que o participante respondesse se havia conseguido ou não executá-la. Em caso de fracasso, foi solicitado a descrição do motivo da dificuldade enfrentada na tarefa. A lista de tarefas elaborada segue a seguir:

1. Acesse o WebGIS UFPR CampusMap na página principal do projeto:  
<<http://www.campumap.ufpr.br>>;
2. Encontre o Edifício Camil Gemael no campus Centro Politécnico, região de Curitiba;
3. Encontre o Laboratório de Cartografia, no campus Centro Politécnico;
4. Faça o cadastro e login no sistema para acesso a recursos de download;
5. Faça download de uma planta na escala de 1:500 em qualquer região do campus Centro Politécnico;
6. Faça download da monografia do vértice topográfico SN-Bigarella, situado em frente ao edifício João José Bigarella, no campus Centro Politécnico; e
7. Crie uma rota a partir do Laboratório de Cartografia até o Centro Acadêmico e Grêmio de Arquitetura e Urbanismo.

O sistema desenvolvido tem caráter multiplataforma, devido a isto foi facultativo a escolha do dispositivo para a realização das tarefas pelos participantes. Contudo 80,6% utilizaram um computador *desktop* para a este fim, e apenas 19,4%

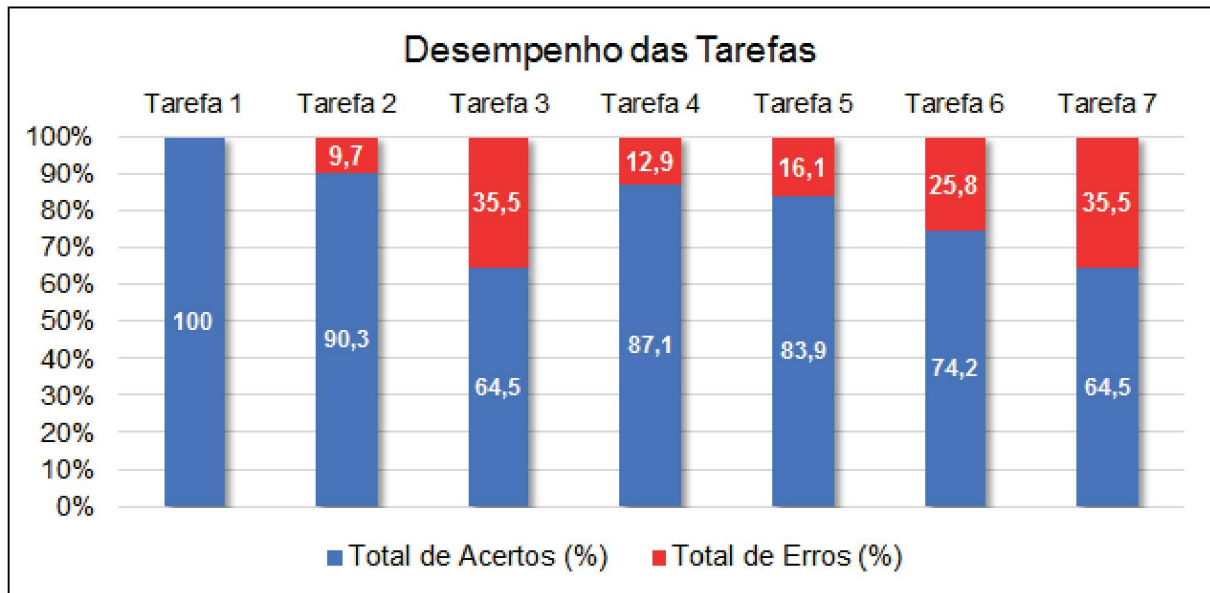
optaram pelo uso de *smartphone*. O desempenho individual das tarefas é apresentado pela TABELA 2, resultando no desempenho geral apresentado pelo GRÁFICO 1, onde são apresentadas as tarefas concluídas com êxito (acertos) e as tarefas não realizadas (onde denominados como erros) pelo total de participantes.

TABELA 2 - DESEMPENHO INDIVIDUAL DAS TAREFAS PELOS PARTICIPANTES

Participante	Total de acertos	Total de erros
1	7	0
2	5	2
3	7	0
4	7	0
5	6	1
6	6	1
7	6	1
8	7	0
9	7	0
10	4	3
11	7	0
12	4	3
13	3	4
14	7	0
15	3	4
16	7	0
17	6	1
18	7	0
19	7	0
20	5	2
21	4	3
22	5	2
23	5	2
24	2	5
25	7	0
26	7	0
27	7	0
28	5	2
29	3	4
30	6	1
31	6	1
<b>Total de participantes: 31</b>	<b>Média do total de acertos: 5,3</b>	<b>Média do total de erros: 1,4</b>

FONTE: O autor (2020).

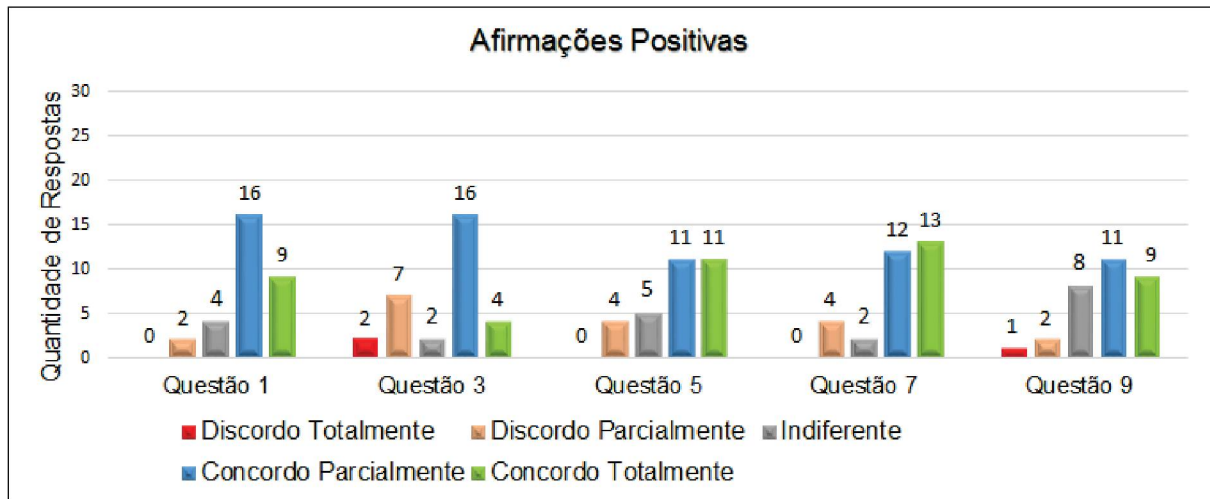
GRÁFICO 1 - DESEMPENHO GERAL DAS TAREFAS PELOS PARTICIPANTES



FONTE: O autor (2020).

Devido a não possibilidade da realização das tarefas de forma presencial com os participantes, o tempo não foi levado em consideração na execução de cada tarefa. Além disso, não foi possível contabilizar quantos usuários iniciaram o questionário e o abandonaram antes de sua finalização, pois apenas questionários finalizados foram recebidos e contabilizados. Após a execução das tarefas, os participantes responderam ao questionário SUS elaborado. Este questionário possui a característica de que suas questões ímpares representam afirmações positivas, enquanto suas questões pares representam afirmações negativas (BROOKE, 1996). Assim apresentam-se nos GRÁFICO 2 e 3 as relações das respostas dos participantes em relação a estas questões.

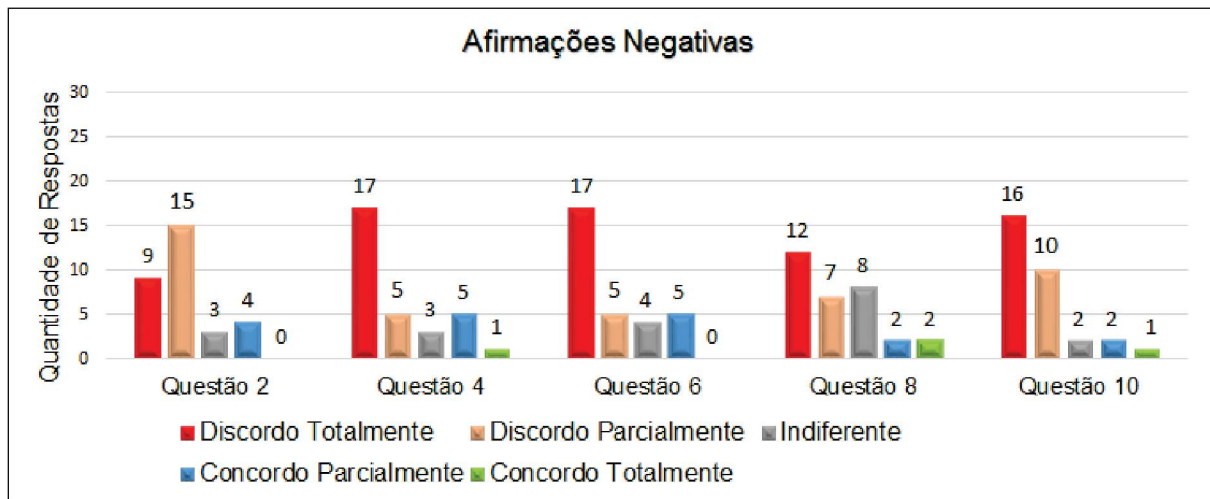
GRÁFICO 2 - RELAÇÃO RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SUS PELAS AFIRMAÇÕES POSITIVAS



QUESTÕES DE AFIRMAÇÕES POSITIVAS
1. Eu acho que gostaria de utilizar o WebGIS UFPR CampusMap frequentemente.
3. Eu achei que o WebGIS UFPR CampusMap foi fácil para usar.
5. Eu achei que as diversas funções do WebGIS UFPR CampusMap foram bem integradas.
7. Imagino que a maioria das pessoas aprenderiam a usar rapidamente o WebGIS UFPR CampusMap.
9. Eu me senti muito confiante usando o WebGIS UFPR CampusMap.

FONTE: O autor (2020).

GRÁFICO 3 - RELAÇÃO RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO SUS PELAS AFIRMAÇÕES NEGATIVAS



QUESTÕES DE AFIRMAÇÕES NEGATIVAS
2. Eu achei o WebGIS UFPR CampusMap desnecessariamente complexo.
4. Eu acho que precisaria do apoio de um suporte técnico para ser possível usar o WebGIS UFPR CampusMap.
6. Eu achei que houve muita inconsistência no WebGIS UFPR CampusMap.
8. Eu achei o WebGIS UFPR CampusMap muito pesado para uso.
10. Eu precisava aprender uma série de coisas antes que eu pudesse continuar a utilizar o WebGIS UFPR CampusMap.

FONTE: O autor (2020).

Observando os GRÁFICOS 2 e 3 é possível verificar que a maioria dos participantes forneceram respostas positivas para afirmações positivas e negativas para afirmações negativas, o que demonstra um alto índice de aceitação do sistema por parte dos participantes.

Utilizando-se o método de Brooke (1996) para pontuação da escala SUS, o sistema obteve o valor de 73,5. Conforme apontado por Sauro (2011) esta pontuação encontra-se acima da média (68), e indica um sistema classificado como “B” na escala apresentada em seu trabalho (SAURO, 2011). A TABELA 3 apresenta os resultados obtidos pela pontuação SUS.

TABELA 3 - PONTUAÇÃO SUS PELO MÉTODO DE BROOKE (1996)

Variáveis	N	Média	Desvio Padrão	Valor mínimo	Valor Máximo
Pontuação SUS	31	73,5	15,4	40	100

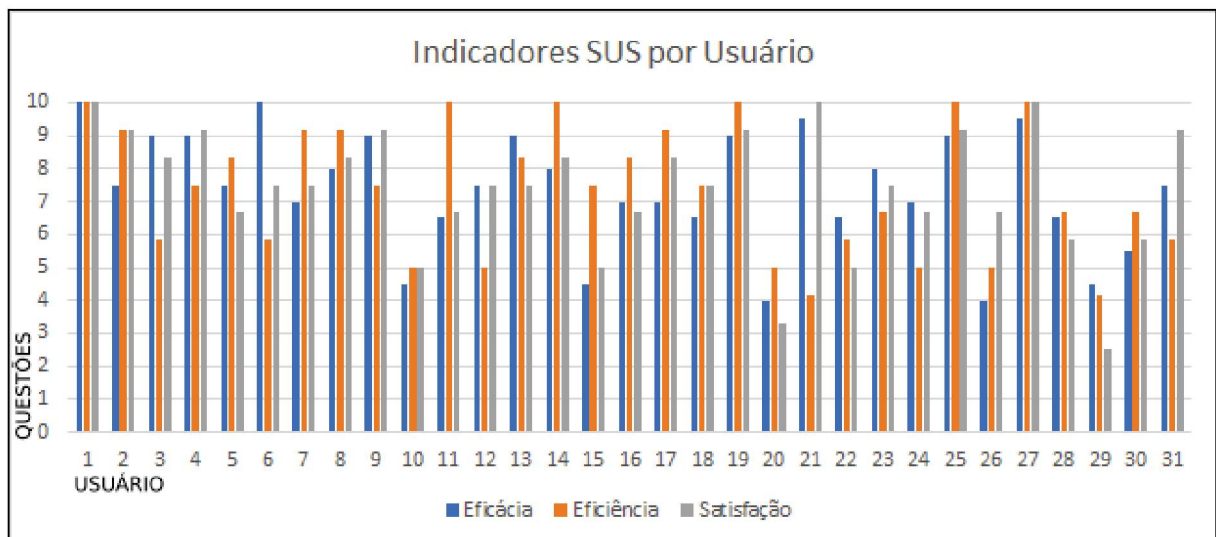
FONTE: O autor (2020).

Araújo (2016) realizou uma classificação das questões do questionário SUS em relação aos índices de usabilidade de eficiência, eficácia e satisfação, adaptando a classificação sugerida no trabalho de Tenório et al. (2010) e Nielsen (1993). Assim a classificação sugerida de acordo com as questões do questionário é:

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

De acordo com esta classificação e com a pontuação obtida por participante em cada questão do questionário SUS, elaborou-se o GRÁFICO 4. Para cada classificação realizou-se a média da pontuação SUS, onde o valor mais alto para pontuação individual de cada questão é 10.

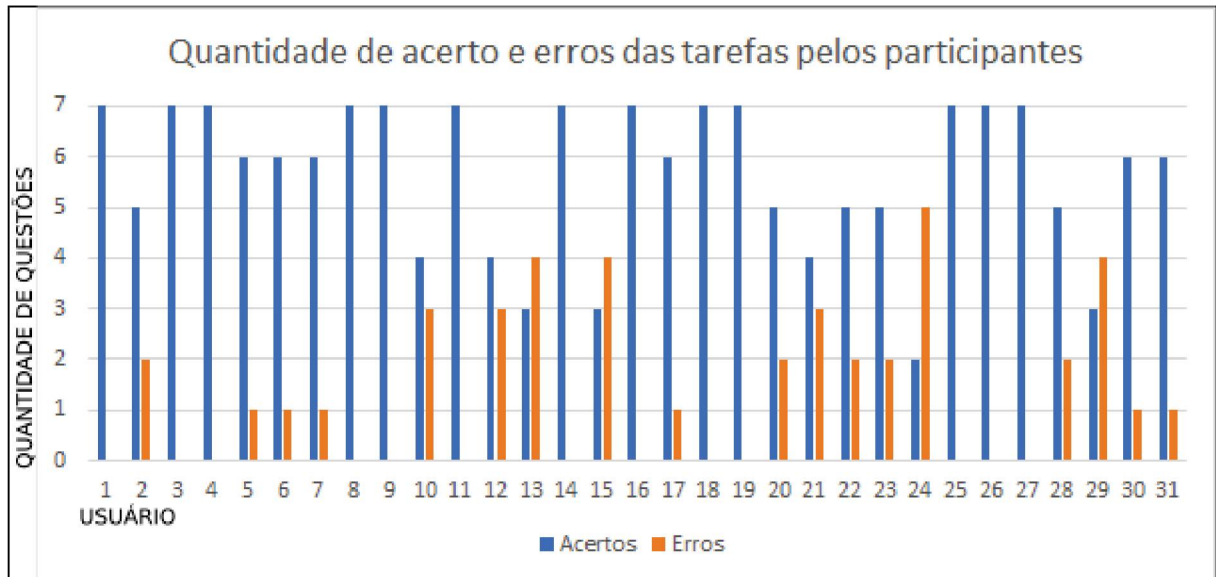
GRÁFICO 4 - VALORES DE INDICADORES DE USABILIDADE A PARTIR DO QUESTIONÁRIO SUS



FONTE: O autor (2020).

A fim de facilitar a comparação dos resultados obtidos pelos indicadores SUS, a partir dos dados de execução das tarefas pelos usuários (TABELA 2) elaborou-se o GRÁFICO 5.

GRÁFICO 5 - VALORES DE INDICADORES DE USABILIDADE A PARTIR DO QUESTIONÁRIO SUS



FONTE: O autor (2020).

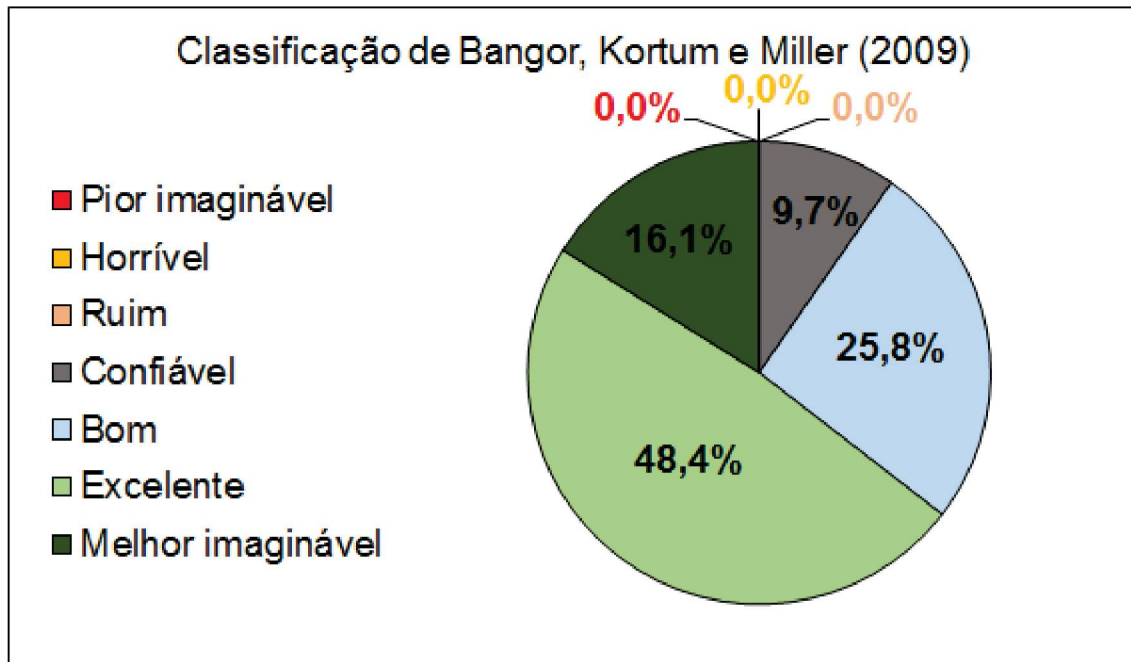
Confrontando o GRÁFICO 4 com o GRÁFICO 5, verificou-se que dos treze usuários que tiveram os valores máximo de acertos de tarefas (usuários 1, 3, 4, 8, 9, 11, 14, 16, 18, 19, 25, 26 e 27), apenas o usuário 26 apresentou uma nota de eficácia incompatível com os demais, ficando este com o valor 4, enquanto os demais apresentaram notas superiores a 6,5 e a média destes usuários neste quesito de 8,0. Entre os usuários que tiveram os menores número de acertos (usuários 10, 12, 13, 15, 21, 24 e 29), a média de pontuação para a eficácia foi de 6,6.

Em relação à eficiência, os usuários que realizaram todas as tarefas obtiveram a maior média neste quesito, 8,5, enquanto os que tiveram menor número de acertos ficaram com a média de 5,6. Analisando-se o quesito de satisfação, os usuários com total de acertos obtiveram média de 8,4, enquanto os de menor número de acertos alcançaram a média de 6,3.

Utilizando a classificação por adjetivos de Bangor, Kortum e Miller (2009) para a escala SUS, a maioria dos participantes classificou o WebGIS desenvolvido como “Excelente” (48,4%). Dentre as 7 classificações possíveis, o sistema foi

considerado a partir da média “Confiável”, com 9,7% dos participantes, “Bom” para 25,8% e “Melhor imaginável” para 16,1% (GRÁFICO 6).

GRÁFICO 6 - CLASSIFICAÇÃO DE BANGOR, KORTUM E MILLER (2009) PARA O WEBGIS DESENVOLVIDO.



FONTE: O autor (2020).

Verificando as respostas apresentadas pelos usuários nos casos da não realização das tarefas, verificou-se como presente a dificuldade da compreensão da ferramenta de busca, tanto por edificação quanto por ambiente *indoor*. A maioria dos usuários que não conseguiram realizar estas operações relataram não encontrar os atributos solicitados nas tarefas, entretanto estes não realizaram os passos necessários para sua execução correta. A necessidade de escolha do campus e a informação de parte do nome do atributo desejado não foram claramente compreendidas por estes usuários, o que aponta a necessidade de mudança na forma como o sistema apresenta este recurso.

Além desta dificuldade, alguns usuários não conseguiram realizar o cadastro no sistema de forma correta, onde a maioria dos erros aconteceram devido ao e-mail haver sido digitado de forma errada, o que impossibilitou o usuário de receber a confirmação e finalizar o cadastro. Aqui observou-se uma falha nesta interface, sendo necessária sua correção para permitir a possibilidade do usuário retificar seu e-mail, caso o mesmo seja indicado de forma equivocada.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Devido à necessidade de trabalhos que buscam desenvolver sistemas de navegação interativa em campi universitários, aliada à complexidade de se orientar nestes ambientes, esta pesquisa visou expandir os estudos acerca da criação de um WebGIS que permita a criação de rotas de navegação *indoor* e *outdoor* dentro de seus espaços. Para esse fim, considerou-se a utilização de recursos de ER em conjunto com as técnicas de UCD para melhorias da usabilidade de sua interface. Buscou-se ampliar os estudos da utilização da ER neste sentido, uma vez que os trabalhos realizados enfatizaram a análise dos mapas e não da interface propriamente dita. Utilizando os recursos de ER foi possível obter o levantamento das definições de uso do usuário e da aplicação, dos seus requisitos funcionais e não funcionais, além da definição da estrutura de software e de seus dados. Utilizou-se ainda técnicas de UCD buscando a melhoria da usabilidade do usuário com o sistema.

Com base nos resultados obtidos pelos testes de usabilidade do WebGIS desenvolvido pelo método SUS, foi possível obter uma avaliação das características de eficácia, eficiência e satisfação do usuário. Os resultados obtidos indicaram que o método proposto para o desenvolvimento do sistema apresentou altos indicadores de adequabilidade em relação à sua usabilidade com o usuário. Além disso, a utilização de práticas de UCD no desenvolvimento apresentou resultados que corroboram a utilização desta prática.

Como contribuição, esta pesquisa apresenta uma metodologia de desenvolvimento de uma aplicação WebGIS para criação de rotas *indoor/outdoor* em campi universitários. Os resultados de seu desenvolvimento podem ser aplicáveis a questões de mobilidade e posicionamento *indoor* no contexto de *smart campus*. Como contribuição à comunidade de usuários técnicos interessados, esta pesquisa implementou uma solução de obtenção de dados cartográficos referentes aos campi da UFPR, sendo estes Plantas, Ortofotos, MDS, Nuvem de Pontos, e Monografias da Rede Topográfica da UFPR. Estes dados estão disponíveis mediante cadastro e registro no sistema, sendo estes abertos a quaisquer usuários.

Com base nas discussões abordadas e nos resultados apresentados, foi possível observar que o desenvolvimento de um WebGIS para navegação de rotas *indoor* e *outdoor* de campi universitários, utilizando-se de métodos e técnicas de

melhorias de sua usabilidade, baseadas em UCD, mostrou-se adequado no contexto de seus usuários.

Durante o desenvolvimento desta pesquisa observou-se que o tempo e recursos técnicos utilizados foram fatores limitantes para a obtenção de melhores resultados. A amostra de usuários participantes dos testes de usabilidade também não representou a totalidade da diversidade de usuários a qual o sistema desenvolvido propõe-se abranger.

Observando as dificuldades apresentadas por alguns usuários, em conjunto aos relatos apresentados, algumas melhorias ao sistema foram levantadas, entre elas: i) a mudança na forma da realização da busca pelos atributos de nome de edificação e ambiente *indoor*, buscando a tornar mais claro o seu entendimento; ii) encontrar uma forma mais clara de apresentar ao usuário a necessidade de escolha do campus ao qual se deseja realizar as consultas; iii) facilitar o cadastro do usuário. Como o projeto continua em desenvolvimento, os resultados desta pesquisa permitirão acrescentar soluções que busquem melhorar o sistema.

Como recomendações a futuros trabalhos, sugere-se:

- Utilizar os motivos das falhas de execução das tarefas, apresentadas pelos usuários no questionário realizado, a fim de encontrar soluções que as facilitem;
- Empregar o modelo de desenvolvimento MVC (*Model-View-Controller*) a fim de facilitar a construção da aplicação por diversos desenvolvedores de forma paralela, visando a aceleração de sua elaboração;
- Deve-se buscar o aperfeiçoamento da interface do WebGIS utilizando-se de técnicas de UCD de forma cíclica, buscando assim a melhoria de sua usabilidade em relação aos usuários ao qual se destinam;
- Empregar diferentes técnicas de avaliação da usabilidade da aplicação a fim de obter diferentes parâmetros de avaliação para um resultado mais consistente neste quesito;
- Buscar maior heterogeneidade amostral dos usuários para melhor representar o universo ao qual se destina a aplicação, além de novos estudos sobre como obter e analisar resultados de testes com estes usuários.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNES, Amanda Pereira; DELAZARI, Luciene Stamato. LANDMARKS EVALUATION WITH USE OF QR-CODE FOR POSITIONING INDOOR ENVIRONMENT. **Boletim de Ciências Geodésicas**, [s.l.], v. 25, n. 4, p.1-15, 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1982-21702019000400024>.
- ARAÚJO, Valéria Oliveira Henrique De. **USABILIDADE DE GEOPORTAIS: O CASO DO VISUALIZADOR DA INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS (INDE)**. 2016. Dissertação de Mestrado. Instituto Militar de Engenharia.
- ARAÚJO, Valéria Oliveira Henrique De; GONZALEZ, María Ester. Usabilidade do Visualizador da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (VINDE), visão do usuário. **Bahia Análise e Dados. Salvador: Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia**, v. 25, n. 4, p. 753-772, 2015.
- ARAVENA, C. A. A., **Desenvolvimento de aplicação para posicionamento indoor por meio das redes Wifi em ambientes internos**. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Departamento de Geomática. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.
- BAASER, U. et al. CampusGIS of the University of Cologne: a tool for orientation, navigation, and management. **Geoinformatics 2006: Geospatial Information Technology**, [s.l.], v. 6421, p.1L1-1L6, 28 out. 2006. SPIE. <http://dx.doi.org/10.1117/12.713239>.
- BALLATORE, Andrea et al. Design and Development of Personal GeoServices for Universities. **Lecture Notes In Geoinformation And Cartography**, [s.l.], p.3-26, 2015. Springer International Publishing. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-16667-4\\_1](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-16667-4_1).
- BANGOR, Aaron; KORTUM, Philip; MILLER, James. Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. **Journal of usability studies**, v. 4, n. 3, p. 114-123, 2009.
- BASIRI, Anahid et al. Indoor location based services challenges, requirements and usability of current solutions. **Computer Science Review**, [s.l.], v. 24, p.1-12, maio 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosrev.2017.03.002>.
- BENEVOLO, Clara; DAMERI, Renata Paola; D'AURIA, Beatrice. *Smart Mobility in Smart City*. **Lecture Notes In Information Systems And Organisation**, [s.l.], p.13-28, 4 out. 2015. Springer International Publishing. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-23784-8\\_2](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-23784-8_2).
- BLACHOWSKI, Jan; ŁUCZAK, Jakub; ZAGRODNIK, Paulina. Participatory GIS in design of the Wrocław University of Science and Technology campus web map and spatial analysis of campus area quality. **E3s Web Of Conferences**, [s.l.], v. 29, p.00025, 2018. EDP Sciences. <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20182900025>.

BOOTSTRAP. **Bootstrap**: Build responsive, mobile-first projects on the web with the world's most popular front-end component library. Disponível em: <<https://getbootstrap.com/>>. Acesso em 2 jun. 2019.

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

CALVI, Camilo Zardo; PESSOA, Rodrigo Mantovaneli; PEREIRA FILHO, José Gonçalves. Um interpretador de contexto para plataformas de serviços context-aware. **Projeto Final de Graduação. Engenharia de Computação, UFES**, 2005.

CAMBOIM, Silvana Philippi. **ARQUITETURA PARA INTEGRAÇÃO DE DADOS INTERLIGADOS ABERTOS À INDE-BR**. 2013. 140 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

CARAGLIU, Andrea; BO, Chiara del; NIJKAMP, Peter. *Smart Cities in Europe*. **Journal Of Urban Technology**, [s.l.], v. 18, n. 2, p.65-82, abr. 2011. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>.

CASANOVA, Marco A. et al. **Banco de dados geográficos**. Curitiba: MundoGEO, 2005.

CHEUNG, Alan Kwok Lun. Representational issues in interactive wayfinding systems: navigating the Auckland University Campus. In: **International Symposium on Web and Wireless Geographical Information Systems**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006. p. 90-101.

CHILELA, Júlio Gabriel. **Web Geographic Information Systems (WebGIS) for smart campus and facility management**. Dissertação de Mestrado. Department of Mathematics of Faculty of Science and Technology at University of Coimbra, Portugal. 2016.

CHOW, Jacky C. K. et al. Indoor Tracking, Mapping, and Navigation: Algorithms, Technologies, and Applications. **Journal Of Sensors**, [s.l.], v. 2018, p.1-3, 2018. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2018/5971752>.

CONCAR. **Plano de Ação para Implantação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais**. p. 205. 2010.

CORREA, Alejandro et al. A Review of Pedestrian Indoor Positioning Systems for Mass Market Applications. **Sensors**, [s.l.], v. 17, n. 8, p.1-26, 22 ago. 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/s17081927>.

CROSS, N.; E ROBIN, R. **Engineering design methods**. Vol. 4. New York: Wiley, 1989.

DA SILVA, Tiago Silva et al. User-centered design and agile methods: a systematic review. In: **2011 Agile Conference**. IEEE, 2011. p. 77-86.

DALTON, Craig M.. Sovereigns, Spooks, and Hackers: An Early History of Google Geo Services and Map Mashups. **Cartographica: The International Journal for**

Geographic Information and Geovisualization, [s.l.], v. 48, n. 4, p.261-274, dez. 2013. University of Toronto Press Inc. (UTPress). <http://dx.doi.org/10.3138/carto.48.4.1621>.

DEAKIN, Mark; WAER, Husam Al. From intelligent to *smart cities*. **Intelligent Buildings International**, [s.l.], v. 3, n. 3, p.140-152, jul. 2011. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/17508975.2011.586671>.

DELAZARI, Luciene S. et al. Mapping Indoor Environments: Challenges Related to the Cartographic Representation and Routes. **Geographical And Fingerprinting Data To Create Systems For Indoor Positioning And Indoor/outdoor Navigation**, [s.l.], p.169-186, 2019. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-813189-3.00009-5>.

DELAZARI, Luciene Stamato; ERCOLIN FILHO, Leonardo. **Especificações Técnicas de Produtos Cartográficos: Projeto UFPR CampusMap**. 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/2JwOk7i>>. Acesso em: 12 maio 2019.

DETWEILER, Mark. Managing UCD within agile projects. **Interactions**, [s.l.], v. 14, n. 3, p.40-42, 1 maio 2007. Association for Computing Machinery (ACM). <http://dx.doi.org/10.1145/1242421.1242447>.

EDER, Marylene S. et al. Web Interactive Campus Map. **International Journal of Scientific & Technology Research**, p. 62-67, 2015.

FARIAS, Pedro Paulo Santos; DELAZARI, Luciene Stamato. Cálculo De Rotas Com O Algoritmo Do Caminho Mais Curto Em Ambientes Indoor. In: **Iv Sbg - Simpósio Brasileiro De Geomática E Ii Jornadas Lusófonas Sobre Ciências E Tecnologias De Informação Geográfica/Ctig**, 2017, Presidente Prudente. Anais... . Presidente Prudente: Unesp, 2017. p. 65 - 70. Disponível em: <[http://docs.fct.unesp.br/departamentos/cartografia/eventos/2017\\_IV\\_SBG/\\_artigos/2017\\_SBG\\_CTIG\\_paper\\_42.pdf](http://docs.fct.unesp.br/departamentos/cartografia/eventos/2017_IV_SBG/_artigos/2017_SBG_CTIG_paper_42.pdf)>. Acesso em: 04 jun. 2019.

FARIAS, Pedro Paulo Santos. INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO: PIBITI CNPq (08/2017 a 12/2017): **DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA NAVEGAÇÃO EM AMBIENTE INDOOR/OUTDOOR (Relatório de Iniciação Científica)**. Curitiba: UFPR, 15 p., 2017. Relatório Técnico.

FOLHA, RUF. **Ranking Universitário Folha**. 2019. Disponível em: <<https://ruf.folha.uol.com.br/2019/>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

FU, Pinde. **GETTING TO KNOW WEB GIS**. Esri Press, 2015.

FUZII, R. Y. M.; SOUZA, R. C. G.; TRONCO, M. L. Apoio Automatizado para Aplicação de Técnicas de Elicitação de Requisitos. **Revista Eletrônica de Sistemas de Informação**, v. 8, n. 1, 2009.

GARRETT, James J. **The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond**. 2nd Edition. Berkeley: New Riders, 2010.

GEOSERVER. **What is Geoserver?** Disponível em: <<http://geoserver.org/about/>>. Acesso em: 25 maio 2019.

GOMES, Camila Sonoda; MORAES, Erick Takeshi Kawata; TANAKA, Sérgio Akio. Smart Cities: gestão das vias públicas no contexto de usabilidade em dispositivos móveis. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 34, n. esp., 2018.

GRASS. GRASS GIS: Bringing advanced geospatial technologies to the world. Disponível em: <<https://grass.osgeo.org/>>. Acesso em: 26 maio 2019.

GUNDUZ, M.; ISIKDAG, U.; BASARANER, M.. A REVIEW OF RECENT RESEARCH IN INDOOR MODELLING & MAPPING. **ISPRS - International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences**, [Prague, Czech Republic], v. XLI-B4, p.289-294, 13 jun. 2016. Copernicus GmbH. <http://dx.doi.org/10.5194/isprsarchives-xli-b4-289-2016>.

HE, Dongzhi; SUN, Lisheng; ZHAO, Pengfei. A Research of Publishing Map Technique Based on Geoserver. **Asian Journal Of Applied Sciences**, [s.l.], v. 8, n. 3, p.185-195, 1 mar. 2015. Science Alert. <http://dx.doi.org/10.3923/ajaps.2015.185.195>.

HEUSER, Carlos Alberto. **Projeto de banco de dados: Volume 4 da Série Livros didáticos informática UFRGS**. Bookman Editora, 2009.

HOLLANDS, Robert G.. Will the real *smart city* please stand up? **City**, [s.l.], v. 12, n. 3, p.303-320, 26 nov. 2008. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/13604810802479126>.

HUANG, H. & GARTNER, G. **A Survey of Mobile Indoor Navigation Systems**. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, p 305–319, 2010.

HUANG, Jiejun et al. Development of a campus information navigation system based on GIS. In: **2010 International Conference On Computer Design and Applications**. IEEE, 2010. p. V5-491-V5-494.

HULL, E.; JACKSON, K. and DICK, J. **Requirements Engineering**, 2nd edition, Springer, 2005.

IBGE. **PNAD Contínua TIC 2017**: Internet chega a três em cada quatro domicílios do país. 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/2LwID8k>>. Acesso em: 9 maio 2019.

ISO/TC-211. **ISO/TC 211**: Geographic information/Geomatics. Disponível em: <<https://committee.iso.org/home/tc211>>. Acesso em: 28 maio 2019.

ISO. **ISO**: International Organization for Standardization. Disponível em: <<https://www.iso.org/>>. Acesso em: 26 maio 2019.

ISO 9241-11. International Standard: ISO 9241-11:1998. “**Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11**”: Guidance on usability. 1998.

JACOB, Ricky et al. Campus guidance system for international conferences based on OpenStreetMap. In: **International Symposium on Web and Wireless Geographical Information Systems**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. p. 187-198.

KLEPEIS, Neil e et al. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants. **Journal Of Exposure Science & Environmental Epidemiology**, [s.l.], v. 11, n. 3, p.231-252, jul. 2001. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1038/sj.jea.7500165>.

KOMNINOS, Nicos. **Intelligent cities: innovation, knowledge systems and digital spaces**. Routledge, 2002.

KONNO, Lidia Harumi. **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.

KOTONYA, Gerald; SOMMERVILLE, Ian. **Requirements engineering: processes and techniques**. Wiley Publishing, 1998.

KRUG, Steve. ***Don't make me think!: a common sense approach to web usability***. Pearson Education India, 2000.

LAUSEN, S. **Software Requirements – Styles And Techniques**. Pearson Education, London, UK. 2002.

LEAFLET. **Leaflet**: an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps. Disponível em: <<https://leafletjs.com/>>. Acesso em 2 jun. 2019.

LIMA, Cynthia Roberti; **Desenvolvimento de aplicativo para dispositivos móveis com mapas indoor para o projeto UFPR Campus map**. Trabalho de graduação (Engenharia Cartográfica e de Agrimensura) – Setor Ciências da Terra. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

LIMA, Marciano Da Costa; DELAZARI, Luciene Stamato; CAMBOIM, Silvana Philippi. CRIAÇÃO DE UMA INTERFACE WEB PARA VISUALIZAÇÃO DE ORTOFOTO DO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO DA UFPR. In: **Anais do Congresso Internacional de Educação e Geotecnologias - CINTERGEO**. 2019. p. 227-231.

LORENZ, Alexandra et al. Map design aspects, route complexity, or social background? Factors influencing user satisfaction with *indoor* navigation maps. **Cartography And Geographic Information Science**, [s.l.], v. 40, n. 3, p.201-209, jun. 2013. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15230406.2013.807029>.

LOWDERMILK, Travis. **User-centered design: a developer's guide to building user-friendly applications**. " O'Reilly Media, Inc.", 2013.

MAGUIRE, M. C. **Respect User-Centred Requirements Handbook, Telematics Applications Project TE 2010: Requirements Engineering and Specification in Telematics**, HUSAT Research Institute, 1998.

MAIA, Alexandre et al. Developing a Responsive Web Platform for the Systematic Monitoring of Coastal Structures. **Communications In Computer And Information Science**, [s.l.], p.176-197, 30 dez. 2018. Springer International Publishing. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-06010-7\\_11](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-06010-7_11)

MCCONNELL, S. **Software project survival guide**. Pearson Education, 1998.  
MEIRELLES, Fernando de Souza. Tecnologia da Informação. **30a Pesquisa Anual do Uso de TI nas Empresas. Fundação Getúlio Vargas**, 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/2wdxEci>>. Acesso em 9 maio 2019.

MITTLBÖCK, Manfred; KNOTH, Laura; VOCKNER, Bernhard. Universitäre Campus Maps-Beispiele aus Österreich und Nordamerika: Status quo & quo vadis?. **AGIT Journal**, v. 3, p. 374-382, 2017.

MUHAMAD, Wardani et al. Smart campus features, technologies, and applications: A systematic literature review. In: 2017 **International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)**. IEEE, 2017. p. 384-391.

NAZÁRIO, Débora Cabral; DANTAS, Mário Antônio Ribeiro; TODESCO, José Leomar. Representação de Conhecimento de Contexto e Qualidade de Contexto. **Jornada Iberoamericana de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento-JIISIC. Proceedings...** Lima, Peru, p. 95-102, 2012.

NEVES, Ana Régia de M. et al. Iniciativa *Smart Campus*: um estudo de caso em progresso na Universidade Federal do Pará. In: **Anais do I Workshop de Computação Urbana (COURB 2017)**. SBC, 2017.

NG, Jason W.p. et al. The Intelligent Campus (iCampus): End-to-End Learning Lifecycle of a Knowledge Ecosystem. **2010 Sixth International Conference On Intelligent Environments**, [s.l.], p.332-337, jul. 2010. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/ie.2010.68>.

NIELSEN, Jakob; LORANGER, Hoa. **Prioritizing web usability**. Pearson Education, 2006.

NIELSEN, Jakob. **How many test users in a usability study**. Nielsen Norman Group, 2012.

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

NIELSEN, Jakob. **Nielsen Norman Group: 10 Usability Heuristics for User Interface Design**. 1994. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>>. Acesso em: 22 jan. 2020.

NORMAN, Don. **The design of everyday things: Revised and expanded edition**. Basic books, 2013.

NUBIATO, Everton Leandro. **Proposta de requisitos para aquisição de sistema de informação territorial por administrações públicas municipais**. Dissertação de Mestrado. Curitiba: Programa de Pós graduação em Ciências Geodésicas da UFPR, 2019.

NUSEIBEH, Bashar; EASTERBROOK, Steve. Requirements engineering: a roadmap. In: **Proceedings of the Conference on the Future of Software Engineering**. 2000. p. 35-46.

OGC. **Open Geospatial Consortium**: Welcome to The OGC. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/>>. Acesso em: 26 maio 2019.

OLIVEIRA, Alvaro; CAMPOLARGO, Margarida. From *Smart* Cities to Human *Smart* Cities. **2015 48th Hawaii International Conference On System Sciences**, [s.l.], p.2336-2344, jan. 2015. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/hicss.2015.281>.

OWOC, Mięczysław; MARCINIAK, Katarzyna. Knowledge management as foundation of *smart* university. In: **2013 Federated Conference on Computer Science and Information Systems**. IEEE, 2013. p. 1267-1272.

PAPPAS, V.; DIMOPOULOU, E.; POLYDORIDES, N. The contribution of GIS technology for a continuous planning process. Case study: Patras University campus. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 67, 2003.

PEREIRA, Joana Maria Castanheira. **Plataforma integrada para análise de informação georreferenciada**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) Departamento de Informática.

PISETTA, Jaqueline Alves. **Base Cartográfica do campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná**. Trabalho de Conclusão de Curso. Setor de Ciências da Terra, Dep. Engenharia de Cartografia e Agrimensura. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

POSTGIS. **Spatial and Geographic objects for PostgreSQL**. Disponível em: <<https://postgis.net/>>. Acesso em: 25 maio 2019.

POSTGRESQL. **About: What is PostgreSQL?**. Disponível em: <<https://www.postgresql.org/about/>>. Acesso em: 25 maio 2019.

PRESSMAN, Roger S., MAXIM, Bruce R. **Software engineering: a practitioner's approach**. Eighth Edition. McGraw-Hill Education, 2014.

QUEIROZ, Gilberto Ribeiro de; CÂMARA, Gilberto. Banco de Dados Geográficos. **Curitiba: Editora MundoGEO**, 2005.

RAMOS, Gustavo Dias; SLUTER, Claudia Robbi. Determinação das características da geoinformação na interação do usuário em um sistema para o cálculo da contribuição de melhoria. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 23, n. 3, p. 476-492, 2017.

SALAH, Dina; PAIGE, Richard F.; CAIRNS, Paul. A systematic literature review for agile development processes and user centred design integration. **Proceedings Of The 18th International Conference On Evaluation And Assessment In Software Engineering - Ease '14**, [s.l.], p.1-10, 2014. ACM Press. <http://dx.doi.org/10.1145/2601248.2601276>.

SAROT, Rhaíssa Viana. **Avaliação de mapas indoor para dispositivos móveis para auxílio à tarefa de orientação**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2015

SAROT, Rhaíssa Viana; DELAZARI, Luciene Stamato. Evaluation of mobile device *Indoor* maps for orientation tasks. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 24, n. 4, p. 564-584, 2018.

SAURO, J. Measuring Usability With The System Usability Scale (SUS), **Measuring U**, 2 fev. 2011. Disponível em: <https://www.measuringu.com/sus>. Acesso em: 5 abr. 2019

SCHRADER-PATTON, Charlie; AGER, Alan; BUNZEL, Ken. GeoBrowser deployment in the USDA forest service: a case study. In: **Proceedings of the 1st International Conference and Exhibition on Computing for Geospatial Research & Application**. ACM, 2010. p. 28.

SEPEHR, Samyar. **Development of a geospatial reference framework: a case study for the UNB-GGE survey camp**. Tese (Doutorado). University of New Brunswick, Canadá. 2013.

SI, Ruochen; ARIKAWA, Masatoshi. a Framework of Cognitive Indoor Navigation Based on Characteristics of Indoor Spatial Environment. **The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 40, n. 4, p. 25, 2015.

SILVA, Pricila Alves da; SÁ, Lucilene Antunes Correia Marques de. MAPEAMENTO DIGITAL PARA WEB DO CAMPUS RECIFE DA UFPE. In: XXIII CONIC, VII CONITI, IV ENIC, 23., 2015, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2015. v. 1, p. 1 - 4. Disponível em: <<https://bit.ly/2IhIROj>>. Acesso em: 2 jun. 2019.

SILVA, Ricardo Pereira e. Suporte ao desenvolvimento e uso de frameworks e componentes. Tese (doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação, Porto Alegre, BR-RS, 2000.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software**, 9 edição. Pearson, Addison Wesley, 2011.

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

SLUTER, Claudia Robbi; VAN ELZAKKER, Corné P. J. M.; IVÁNOVÁ, Ivana. Requirements Elicitation for Geo-information Solutions. **The Cartographic Journal**, [s.l.], v. 54, n. 1, p.77-90, 20 jun. 2016. Maney Publishing. <http://dx.doi.org/10.1179/1743277414y.0000000092>.

TENÓRIO, Josceli Maria et al. Desenvolvimento e avaliação de um protocolo eletrônico para atendimento e monitoramento do paciente com doença celíaca. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, v. 17, n. 2, p. 210-220, 2010.

THAYER, R. H.; BAILIN, S. C.; DORFMAN, M. **Software requirements engineering**. 2 ed. Wiley - IEEE Computer Society Press, Hoboken, NJ. 1997.

TORRES-SOSPEDRA, Joaquín et al. Enhancing integrated *indoor/outdoor* mobility in a *smart* campus. **International Journal Of Geographical Information Science**, [s.l.], v. 29, n. 11, p.1955-1968, 28 maio 2015. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/13658816.2015.1049541>.

UFPR, **Indicadores UFPR**. 2018. Disponível em: <<https://indicadores.ufpr.br>>. Acesso em: 10 maio 2019

WAZLAWICK, Raul Sidnei. **Análise e projeto de sistemas de informação orientados a objetos**. Segunda Edição. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2011.

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

XIA, Shixiong et al. Indoor Fingerprint Positioning Based on Wi-Fi: An Overview. **Isprs International Journal Of Geo-information**, [s.l.], v. 6, n. 5, p.1-25, 28 abr. 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi6050135>.

YAN, Pei; GUO, Jiao. Design of Digital Campus Based on *WebGIS*. **2012 International Conference On Information Technology And Management Science (ICITMS 2012) Proceedings**, [s.l.], p.41-46, 2013. Springer Berlin Heidelberg. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-34910-2>.























YU, Zhiwen et al. Towards a smart campus with mobile social networking. In: 2011 International Conference on Internet of Things and 4th **International Conference on Cyber, Physical and Social Computing**. IEEE, 2011. p. 162-169.

















ZLATANOVA, Sisi et al. Problems in *indoor* mapping and modelling. **Acquisition and Modelling of Indoor and Enclosed Environments 2013, Cape Town, South Africa, 11-13 December 2013, ISPRS Archives Volume XL-4/W4, 2013**, 2013.

## ANEXO A – CATEGORIZAÇÃO BASE CARTOGRÁFICA

Seção	Shape	Categoria	Sigla	Definição
1.1	UFPR_XXXX_Delimitacao_Fisica	<b>Classes Base do Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas.</b>	<b>CBGE</b>	Agrupa as feições que representam as classes consideradas básicas e de uso comum no Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas, com exceção das feições altimétricas.
	UFPR_XXXX_Deposito_Geral			
	UFPR_XXXX_Elemento_Industrial			
	UFPR_XXXX_Estacionamento			
	UFPR_XXXX_Estacionamento_Ponto			
	UFPR_XXXX_Passeio			
	UFPR_XXXX_Poste			
	UFPR_XXXX_Quadra			
	UFPR_XXXX_Travessia_Pedestre			
	UFPR_XXXX_Trecho_Arruamento			
1.2	UFPR_XXXX_Acesso	<b>CBGE/ Estrutura de Mobilidade Urbana</b>	<b>EMU</b>	Agrupa as feições que representam as estruturas físicas relacionadas aos deslocamentos de pessoas e bens dentro de um espaço urbano.
	UFPR_XXXX_Paraciclo			
1.3	UFPR_XXXX_Arquibancada	<b>Cultura e Lazer</b>	<b>LAZ</b>	Agrupa as feições que representam as estruturas físicas das unidades voltadas à prática esportiva.
	UFPR_XXXX_Campo_Quadra			
	UFPR_XXXX_Piscina			
	UFPR_XXXX_Pista_Competicão			
1.4	UFPR_XXXX_Construcao	<b>Edificação</b>	<b>EDF</b>	Agrupa as feições que representam os diferentes tipos de edificações do campus.
	UFPR_XXXX_Edificacao			
1.5	UFPR_XXXX_Subestacao_Energia	<b>Energia e Comunicações</b>	<b>ENC</b>	Agrupa as feições que representam as estruturas físicas associadas à geração, transmissão e distribuição de energia.
	UFPR_XXXX_Torre			
1.6	UFPR_XXXX_Massa_Dagua	<b>Hidrografia</b>	<b>HID</b>	Agrupa as feições que representam o conjunto das águas interiores e oceânicas da superfície terrestre, bem como elementos, naturais ou artificiais, emersos ou submersos, contidos nesse ambiente.
	UFPR_XXXX_Trecho_Drenagem			
	UFPR_XXXX_Canal_Vala			
	UFPR_XXXX_Sumidouro_Vertedouro			

1.7	UFPR_XXXX_Pontos_Referencia	<b>Pontos de Referência</b>	<b>PTO</b>	Agrupa as feições que representam os elementos que servem como referência a medições em relação à superfície da Terra ou de fenômenos naturais.
1.8	UFPR_XXXX_Corte UFPR_XXXX_Curva_Nivel_Mestra UFPR_XXXX_Curva_Nivel_Intermediaria UFPR_XXXX_Ponto_Cotado_Altimetrico	<b>Relevo</b>	<b>REL</b>	Agrupa as feições que representam a forma da superfície da Terra e do fundo das águas tratando, também, os materiais expostos, com exceção da cobertura vegetal.
1.9	UFPR_XXXX_Caixa_Sistema_Infraestrutura	<b>Sistema de Transporte/ Subsistema Dutos</b>	<b>DUT</b>	Agrupa o conjunto de feições destinadas ao transporte em dutos, bem como as suas estruturas de suporte relacionadas.
1.10	UFPR_XXXX_Arvore_Isolada UFPR_XXXX_Areas_Verdes	<b>Vegetação</b>	<b>VEG</b>	Agrupa as feições que representam, em caráter geral, os diversos tipos de vegetação natural e cultivada.

<u>Seção</u>	<u>Categoria</u>	<u>Camada</u>	<u>Classe</u>	<u>Símbolo</u>
1.1	Classes Base do Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas	<u>UFPR_XXXX_Delimitacao_Fisica</u>		—
		<u>UFPR_XXXX_Deposito_Geral</u>		
		<u>UFPR_XXXX_Elemento_Industrial</u>		
		<u>UFPR_XXXX_Estacionamento</u>		
		<u>UFPR_XXXX_Estacionamento_Ponto</u>		E
		<u>UFPR_XXXX_Passeio</u>		
		<u>UFPR_XXXX_Poste</u>		+
		<u>UFPR_XXXX_Quadra</u>		
		<u>UFPR_XXXX_Travessia_Pedestre</u>		
			<u>UFPR_XXXX_Trecho_Arruamento</u>	<u>Sem pavimento e sem meio fio</u>
		<u>Com pavimento e com meio fio</u>		
1.2	CBGE/Estrutura de Mobilidade Urbana	<u>UFPR_XXXX_Acesso</u>		
		<u>UFPR_XXXX_Paracido</u>		•
1.3	Cultura e Lazer	<u>UFPR_XXXX_Arquibancada</u>		
		<u>UFPR_XXXX_Campo_Quadra</u>	<u>Campo</u>	
			<u>Quadra</u>	
		<u>UFPR_XXXX_Piscina</u>		
	<u>UFPR_XXXX_Pista_Competiciao</u>			
1.4	Edificação	<u>UFPR_XXXX_Construcao</u>		
		<u>UFPR_XXXX_Edificacao</u>		
1.5	Energia e Comunicações	<u>UFPR_XXXX_Subestacao_Energia</u>		
		<u>UFPR_XXXX_Torre</u>		◆
		<u>UFPR_XXXX_Massa_Dagua</u>		
1.6	Hidrografia	<u>UFPR_XXXX_Trecho_Drenagem</u>		
		<u>UFPR_XXXX_Canal_Vala</u>		
			<u>Sumidouro</u>	
		<u>UFPR_XXXX_Sumidouro_Vertedouro</u>	<u>Vertedouro</u>	
			<u>Galeria</u>	
1.7	Pontos de Referência	<u>UFPR_XXXX_Pontos_Referencia</u>	<u>Referência de Nível</u>	▲
			<u>Vértice Topográfico</u>	▲

1.8	Relevo	<u>UFPR_XXXX_Corte</u>		
		<u>UFPR_XXXX_Curva_Nivel_Mestra</u>		
		<u>UFPR_XXXX_Curva_Nivel_Intermediaria</u>		
		<u>UFPR_XXXX_Ponto_Cotado_Altimetrico</u>		
1.9	<u>Sistema de Transporte/ Subsistema Dutos</u>	<u>UFPR_XXXX_Caixa_Sistema_Infraestrutura</u>		
1.10	Vegetação	<u>UFPR_XXXX_Arvore_Isolada</u>		
		<u>UFPR_XXXX_Areas_Verdes</u>	<u>Árvore</u>	
			<u>Bosque</u>	
			<u>Cultivo</u>	
			<u>Gramma</u>	
			<u>Canteiro</u>	
			<u>Macega</u>	
			<u>Capoeira</u>	
<u>Pasto</u>				
1.11	Complementares	<u>UFPR_XXXX_Detalhes</u>		
		<u>UFPR_XXXX_Limite</u>		



## ANEXO C – CATEGORIZAÇÃO INDOOR

Classe	Descrição	
Indoor	Indoor são os ambientes internos de uma edificação.	
Atributo	Tipo (tamanho)	Descrição
local	Local	Indica o nome da unidade da UFPR.
codigoLocal	Codigo_Local	Indica o código da unidade da UFPR.
edificio	Alfanumérico (150)	Indica o nome da edificação.
codEdif	Inteiro	Indica o código da edificação.
siglaEdif	Alfanumérico (30)	Indica a sigla da edificação.
setor	Setor	Indica o nome do setor a qual o ambiente pertence.
codSetor	Cod_Setor	Indica o código do setor a qual o ambiente pertence.
siglaSetor	Sigla_Setor	Indica a sigla do setor a qual o ambiente pertence.
departamento	Departamento	Indica o nome do departamento.
siglaDep	Sigla_Dep	Indica a sigla do departamento.
codDep	Cod_Dep	Indica o código do departamento.
ambiente	Alfanumérico (150)	Indica o nome do ambiente.
siglaAmb	Alfanumérico (15)	Indica a sigla do ambiente.
tipoAmb	Tipo_Amb	Indica a classificação do ambiente.
subTpAmb	Sub_Tp_Amb	Indica a subclassificação do ambiente.
codTpAmb	Cod_Tp_Amb	Indica o código relacionado ao tipo do ambiente.
codAmb	Alfanumérico (20)	Indica o nome ou numeração da sala.
nomeProf	Alfanumérico (150)	Nome dos docentes.
area	Real	Área em metros quadrados.
andar	Inteiro	Número do andar em que o ambiente está.
rotulo	Inteiro	Numeração dos edifícios, relacionada com a legenda dos mapas.
simbPictorico	Alfanumérico (150)	Indica se a feição é representada por um símbolo pictórico.
codUfpr	Alfanumérico (50)	Indica o nome da sala relativo ao ensalamento da UFPR

-  Sala de Aula
-  Laboratório
-  Secretaria
-  Sala de Professores
-  Biblioteca
-  Auditório
-  Outros