

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE  
CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA

BIANCA DA MOTA MOUTA

SISTEMA DE INFORMAÇÃO AO USUÁRIO PARA INCENTIVO DA  
CICLOMOBILIDADE EM JOINVILLE/SC

Joinville  
2021

BIANCA DA MOTA MOUTA

SISTEMA DE INFORMAÇÃO AO USUÁRIO PARA INCENTIVO DA  
CICLOMOBILIDADE EM JOINVILLE/SC

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Transportes e Logística, no curso Engenharia de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Orientador: Dr. Benjamin Grando Moreira

Coorientadora: Dra. Simone Becker Lopes

Joinville  
2021

## RESUMO

Como consequência do expressivo aumento no número de automóveis nas cidades e uma estrutura que favorece esse modal, é necessário incentivar alternativas não motorizadas de transporte permitam uma melhor mobilidade urbana. Este trabalho tem como objetivo a pesquisa e o desenvolvimento de um aplicativo para dispositivo móvel que determine rotas priorizando o uso da infraestrutura cicloviária e colete dados qualitativos e quantitativos acerca dos trajetos percorridos. A codificação do aplicativo foi feita em Flutter e a versão piloto foi testada em ambiente de desenvolvimento simulado, em um emulador android. A coleta de dados é feita de modo georreferenciado e as informações são armazenadas em um banco de dados externo não relacional. O potencial do projeto é, além de servir como sistema de informação ao usuário, que as informações coletadas podem justificar o investimento em infraestrutura para transporte por bicicleta, cujos benefícios vão desde a facilidade de percurso de pequenas e médias distâncias até a saúde do ciclista e o impacto positivo na mobilidade urbana da cidade.

**Palavras-chave:** Bicicleta. Infraestrutura cicloviária. Aplicativo.

## **ABSTRACT**

The significant increase in the number of cars in cities and an infrastructure that favors this mode of transportation has led to consequences such as high air pollution rates and traffic congestion all over the world. In light of this, it is necessary to encourage alternative modes of transportation which allow better urban mobility. Among the non-motorized alternatives, cycling looks promising. The benefits from cycling are wide ranging. It allows for localized travel that doesn't increase traffic congestion, improves the health of the cyclist, and aids in the reduction of carbon emissions. This work I am presenting was developed in the city of Joinville, Brazil and aims to research and develop a mobile application that assists cyclists in determining adequate, expedient, and safe travel routes. The app also collects quantitative and qualitative data about the paths taken by users. The georeferenced information collected will be stored in an external database and will be available for later use. Write the abstract here.

**Keywords:** Urban Mobility. Mobile Application.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus pais e meu irmão por todo o apoio durante todos esses anos, a segurança de tê-los ao meu lado me trouxeram não só até a conclusão da graduação mas também às minhas demais realizações até aqui.

Aos meus amigos, cada um com a sua parcela de contribuição às minhas incontáveis risadas e histórias para contar. Ao diretório acadêmico, à atlética e à bateria da UFSC Joinville, que de forma tão importante trazem oportunidades, cultura e esporte à comunidade acadêmica. Às minhas amigas Gabriela Dominguez, Gabriela Fernandes, Hannah Williams, Jade Cavalcanti, Liège Gotz, Letícia Bodanese, Maria Eugênia Reike e Michelle Silva, pelos conselhos, viagens e por serem mulheres inspiradoras para mim durante esses anos.

Um agradecimento especial à Luana Lenzi, minha parceira de quase todas as disciplinas, de todas as horas, do Universipraia aos incontáveis finais de semana estudando e fazendo trabalhos. Tudo teria sido diferente se eu não tivesse você no mesmo barco, muito obrigada.

Ao CONEMB e à equipe competente com a qual vivi minha primeira experiência profissional, com um agradecimento especial ao Fabiano Ventura, que tanto me ensinou sobre liderança, inspiração e responsabilidade.

À RD Station, que me deu a oportunidade de me tornar uma desenvolvedora de software em uma das empresas mais incríveis do Brasil. Obrigada principalmente aos meus líderes diretos Ricardo Caldeira, Rodrigo Miguel, Felipe Almeida e Cesar Arruda, por acreditarem em mim e me motivarem a um dia liderar e inspirar outras pessoas assim como vocês fizeram e fazem comigo. Agradeço também à minha colega Bruna Lopes, por segurar virtualmente a minha mão durante todos os dias da minha caminhada na RD.

À UFSC, a qualidade dessa instituição pública tornou possível minhas atuais e futuras conquistas profissionais. Aos grandes professores que tive, principalmente à Christiane Fernandes e à Silvia Taglialha por sempre me receberem de braços abertos em sua sala, pelas conversas e apoio sempre que precisei. Ao meu orientador Benjamin Grando, que foi compreensivo, prático e direto para nortear minha execução deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos os envolvidos nestes anos da minha vida que direta ou indiretamente me ajudaram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Uma chave importante para o  
sucesso é a autoconfiança.  
Uma chave importante para a  
autoconfiança é a preparação.

---

Arthur Ashe

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ciclovia Bidirecional . . . . .	16
Figura 2 – Ciclofaixa . . . . .	17
Figura 3 – Linha do tempo da legislação ciclovária no Brasil . . . . .	18
Figura 4 – Fluxograma dos fatos que influenciam a demanda ciclovária em áreas urbanas . . . . .	20
Figura 5 – Principal problema enfrentado no uso da bicicleta como meio de transporte . . . . .	21
Figura 6 – O que faria os entrevistados utilizarem mais a bicicleta . . . . .	21
Figura 7 – Diagrama de Casos de Uso . . . . .	29
Figura 8 – Diagrama de Atividades 1 . . . . .	33
Figura 9 – Diagrama de Atividades 2 . . . . .	33
Figura 10 – Protótipo das telas . . . . .	34
Figura 11 – Ferramentas utilizadas no desenvolvimento . . . . .	37
Figura 12 – Tela do Android Studio durante o desenvolvimento . . . . .	38
Figura 13 – Repositório do projeto no GirHub . . . . .	39
Figura 14 – Tela de interface gráfica com o banco de dados. . . . .	40
Figura 15 – Tela de Início. . . . .	43
Figura 16 – Tela de Busca. . . . .	44
Figura 17 – Tela de busca com rota traçada. . . . .	45
Figura 18 – Tela de avaliação. . . . .	46
Figura 19 – Página online Ciclomapa . . . . .	47
Figura 20 – Trecho com os dados da Infraestrutura ciclovária de Joinville/SC . . . . .	48
Figura 21 – Exemplificação de pontos georreferenciados referentes às ciclovias e ciclofaixas . . . . .	48
Figura 22 – Estrutura do Banco de Dados . . . . .	50
Figura 23 – Exemplo do fluxo de uso do Aplicativo . . . . .	51
Figura 24 – Dados da Rota . . . . .	52
Figura 25 – Dados da Seção . . . . .	53
Figura 26 – Dados da Localização . . . . .	53
Figura 27 – Protótipo da Tela de Histórico . . . . .	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caso de uso: Visualizar Mapa . . . . .	30
Tabela 2 – Caso de uso: Buscar Rota . . . . .	30
Tabela 3 – Caso de Uso: Avaliar trecho . . . . .	31
Tabela 4 – Caso de Uso: Terminar Rota . . . . .	31
Tabela 5 – Cancelar Rota . . . . .	32
Tabela 6 – Dados de Localização . . . . .	49
Tabela 7 – Dados de Seção . . . . .	49
Tabela 8 – Dados de Rota . . . . .	50
Tabela 9 – Dados de Exemplo . . . . .	51

## LISTA DE SIGLAS

API	Application Programming Interface
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
GEIPOP	Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes
IDE	Integrated Development Environment
IGBE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ITDP	Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento
JSON	JavaScript Object Notation
OSM	Open Street Maps
PLANMOB	Plano de Mobilidade
PMNU	Programa Nacional de Mobilidade Urbana
RF	Requisitos Funcionais
SDK	Software Development Kit
Semob	Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UML	Unified Modeling Language
VGI	Volunteered Geographic Information

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivo Geral</b>	<b>14</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>14</b>
<b>1.3</b>	<b>Estrutura do trabalho</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO TEÓRICA</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>O Sistema Ciclovário</b>	<b>15</b>
2.1.1	Infraestrutura ciclovária	15
<b>2.2</b>	<b>Legislação</b>	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<b>Mobilidade Ativa</b>	<b>19</b>
<b>2.4</b>	<b>Contexto do uso da bicicleta</b>	<b>20</b>
2.4.1	Brasil	20
<b>2.5</b>	<b>Coleta e uso colaborativo de dados</b>	<b>22</b>
2.5.1	Mapas Colaborativos	22
<b>2.6</b>	<b>Análise de Trabalhos Relacionados</b>	<b>24</b>
2.6.0.1	Strava	24
2.6.0.2	Waze	24
2.6.0.3	Biketrilhas	25
2.6.0.4	CAATP e CAATPMob	26
<b>3</b>	<b>PROJETO E DESENVOLVIMENTO</b>	<b>28</b>
<b>3.1</b>	<b>Casos de Uso</b>	<b>28</b>
3.1.1	Diagrama de caso de uso	28
3.1.2	Levantamento de Requisitos	29
<b>3.2</b>	<b>Diagrama de Atividades</b>	<b>32</b>
<b>3.3</b>	<b>Protótipo de Telas</b>	<b>34</b>
<b>3.4</b>	<b>Linguagem e Framework</b>	<b>34</b>
3.4.1	Flutter	36
3.4.2	Tecnologias e Ferramenta	37
3.4.2.1	Android Studio	37
3.4.2.2	Plataforma de versionamento Github	38
3.4.2.3	Google Maps via API	39
3.4.2.4	Firebase	40
<b>3.5</b>	<b>Etapas de Desenvolvimento</b>	<b>41</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>42</b>
<b>4.1</b>	<b>Apresentação do Sistema</b>	<b>42</b>

4.1.1	Tela de Início . . . . .	42
4.1.2	Tela de Busca . . . . .	43
4.1.3	Tela de Avaliação . . . . .	45
<b>4.2</b>	<b>Manipulação dos Dados</b> . . . . .	<b>46</b>
4.2.1	Dados da infraestrutura cicloviária de Joinville . . . . .	47
4.2.2	Banco de dados da aplicação . . . . .	49
<b>4.3</b>	<b>Exemplo de Utilização do Aplicativo</b> . . . . .	<b>50</b>
4.3.1	Recuperação e uso dos dados . . . . .	53
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> . . . . .	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>56</b>
	<b>APÊNDICE A</b> . . . . .	<b>60</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística , a população brasileira quadruplicou entre os anos de 1940 e 2000, sendo cerca de 82% habitantes de centros urbanos (ESTATÍSTICA., 2017). Segundo a União Internacional de Transportes Públicos (UITP, 2013), as cidades são os motores da economia e, por concentrarem grande parte da produção econômica mundial, atraem cada vez mais moradores, acabando por crescer de forma acelerada e desordenada. Dentre os diversos problemas decorrentes de um planejamento urbano incompleto estão as questões relacionadas à mobilidade.

Durante anos os investimentos em mobilidade urbana privilegiaram o transporte individual, com obras de ampliação do sistema viário, construção de pontes, túneis e viadutos. Esse privilégio, alinhado ao incentivo à indústria automobilística, trouxe consigo o aumento expressivo de mais de 100% da frota de automóveis circulante de 2002 a 2012 (DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO, 2017). As consequências desse aumento foram impactos negativos nas cidades como, por exemplo, poluição, congestionamentos e acidentes de trânsito, dificultando os deslocamentos e prejudicando o desempenho, principalmente, das atividades mais rotineiras, como trabalhar e estudar (LOPES, 2010).

A Lei 12.587 determina que todas as cidades com mais de 20.000 habitantes desenvolvam um Plano de Mobilidade (PLANMOB) , que seja integrado ao plano diretor municipal (BRASIL, 2012). E para que se possa fazer um diagnóstico da situação e entender os problemas atuais de mobilidade das cidades, fazer prognóstico da situação futura, propor alternativas mitigadoras ou políticas preventivas, o primeiro passo é a obtenção e coleta de uma série de dados e informações de todos os subsistemas urbanos. Estes dados serão necessários para alimentar os diversos modelos e ferramentas de análise nas diferentes etapas do processo de planejamento da mobilidade (LOPES; PFAFFENBICHLER; JR, 2016). Segundo o caderno de referência para a construção do PlanMob, a base de informações do setor de mobilidade urbana pode ser montada a partir de dados de fontes primárias (dados obtidos diretamente em campo) ou através de levantamentos em fontes secundárias (dados disponíveis, documentos, bibliografia). É necessário, através das informações levantadas, poder analisar a infraestrutura de transportes, a distribuição espacial da população e suas atividades, assim como seu comportamento na rede viária e de transportes através dos diferentes modos de transportes (BRASIL, 2015a).

Tendo em vista a relevância da coleta de dados, diversos projetos são

desenvolvidos nesse campo com o intuito de facilitar esta etapa. Por exemplo, o aplicativo mobile desenvolvido por Henning (2017) cujo objetivo foi otimizar o processo de coleta de dados de tráfego criado por Lopes (2010) que era originalmente feito através de um computador portátil dentro de um veículo pesquisador. Tal projeto trouxe uma ferramenta que melhorou o processo de pesquisa e mostrou potencial para ser aplicado em meios de transportes mais sustentáveis, como transporte público e bicicleta, tendo sido, entretanto, efetivamente aplicado apenas para o modo rodoviário (HENNING, 2017).

Como o acesso ao transporte se tornou um direito social (BRASIL, 2015b), as cidades devem ser planejadas de modo que esse direito seja assegurado aos seus habitantes. Para alinhar os deveres e as necessidades dos cidadãos, junto da sustentabilidade e o dever de suprir o direito básico ao transporte, o planejamento na cidade deve ser realizado com seriedade e competência, com o objetivo de atender este direito. É necessário a mudança de paradigma, mudando o foco, que anteriormente era dado ao veículo, agora para as pessoas. Portanto, o que era tratado, anteriormente, como planejamento de transportes e de planejamento da circulação, de forma isolada, agora deve ser analisado de forma integrada, e considerado com o planejamento urbano e do uso do solo através do planejamento da mobilidade. É preciso analisar todos os modos de forma integrada, dando prioridade aos modos não motorizados, sobre os motorizados (LOPES, 2010).

Nesse contexto, vê-se a importância do incentivo a modos alternativos de transporte, principalmente os não-motorizados, hoje chamados de transportes ativos, como a bicicleta. Trata-se de um meio de transporte acessível, de baixo custo, capaz de ampliar o acesso da população às oportunidades de trabalho, lazer, equipamentos públicos e serviços, traz benefícios à saúde e reduz emissões de gases de efeito estufa. Apesar de sua invenção datar do séc. XVI, a bicicleta foi deixada em segundo plano no planejamento das cidades brasileiras, principalmente a partir de meados do século XX, seguindo a tendência mundial pós Segunda Guerra Mundial, quando os subúrbios das cidades começaram a crescer de forma exponencial. O resultado foi a desumanização das cidades, com a falta de escala humana nos espaços livres (KIRNER, 2006), ou seja, a grandiosidade de edifícios, rodovias e viadutos afastou a estrutura e as construções do nível dos olhos do pedestre e do ciclista, tornando a cidade menos atrativa e adaptada a eles.

A utilização da bicicleta como meio de transporte tem um forte impacto em termos de mobilidade nos deslocamentos de trabalho ou lazer, sendo amplamente utilizada como alternativa a veículos motorizados próprios ou transportes públicos, cujo custo tem aumentado com o passar do anos. No entanto, a adoção deste meio de transporte vê-se limitada pela falta de incentivo ao uso, como a existência de vias adequadas que liguem potenciais pontos de origem e destino das viagens por bicicleta

(KIRNER, 2006) e a disponibilidade de um sistema confiável de informação ao usuário.

Embora exista já uma grande maturidade no domínio dos sistemas de navegação, a sua adaptação às condições específicas da bicicleta tem-se ainda uma larga margem de progressão. Ao contrário do trânsito automóvel, a inexistência de vias próprias para a utilização de bicicletas em algumas áreas urbanas torna necessário que os sistemas de navegação consigam gerar redes viárias e rotas adaptadas a este meio de transporte. Torna-se por isso fundamental que os sistemas de navegação tenham em atenção as condições de trânsito nas rotas geradas e ainda aspetos como o esforço físico despendido por parte do ciclista e a sua adequação ao tipo de bicicleta utilizada. Alguns sistemas conhecidos de traçado de rota á deram um importante passo nessa direção pois alguns sistemas que antes eram focados apenas no traçado de rotas para automóveis já são capazes de fazê-lo também para as bicicletas. Há no entanto a necessidade de um maior captação de dados de utilização tanto das rotas quanto da infraestrutura cicloviária, a partir dos quais seja possível gerar e classificar rotas adaptadas ao perfil do utilizador da bicicleta (COSTA et al., 2011).

A participação da sociedade civil em um processo de planeamento urbano ainda se limita, majoritariamente, a consultas efetuadas por meio de formatos tradicionais que exigem a presença física dos cidadãos em determinados eventos, como, por exemplo, audiências públicas. Segundo Misra et al. (2014), uma das alternativas à democratização da participação popular na gestão das questões urbanas é o mapeamento colaborativo, uma vez que os indivíduos – inclusive minorias, como, por exemplo, uma comunidade de ciclistas – passam a poder participar do processo, a partir de qualquer local, através de um ambiente online.

Nesta perspectiva, pretende-se, com este trabalho, além de oferecer ao usuário uma fonte confiável de informação no que diz respeito ao traçado de rota que o incentiva a optar pelo modo cicloviário, objetiva-se coletar dados quantitativos do trajeto percorrido e qualitativos fornecidos pelo próprio ciclista.

O principal problema sobre o qual este trabalho se debruça é a criação de uma aplicação móvel capaz de traçar rotas para o utilizador da bicicleta e coletar informações acerca das mesmas de forma não intrusiva e sem pôr em risco a segurança do ciclista durante a circulação. Torna-se por isso necessário explorar questões de identificação de localização, percurso, coleta e armazenamento de dados.

O estudo foi realizado na cidade de Joinville, Santa Catarina, utilizando dados georreferenciados da infraestrutura cicloviária municipal e captando avaliações dos próprios usuários à medida que estes percorrem as rotas. Dessa maneira, além de oferecer um sistema de informação ao usuário, obtem-se dados relevantes para o planeamento viário e a construção de uma cidade mais cicloinclusiva.

O trabalho foi realizado em etapas, desde a pesquisa das tecnologias disponíveis até a escrita do código e o teste de funcionamento, conforme descrito

no capítulo de desenvolvimento.

### **1.1 Objetivo Geral**

Desenvolver um aplicativo para dispositivo móvel que permita visualização da estrutura cicloviária da cidade, traçar rotas que priorizem essa estrutura e acompanhe o deslocamento em tempo real, coletando avaliação dos ciclistas.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- a. Obter dados geolocalizados da rede cicloviária de Joinville/SC;
- b. Identificar os recursos e tecnologias necessárias para o projeto;
- c. Levantar casos de uso e requisitos do sistema;
- d. Disponibilizar os dados coletados em uma base de dados online e em tempo real.

### **1.3 Estrutura do trabalho**

No capítulo 2 são apresentados os elementos da fundamentação teórica com uma análise da infraestrutura cicloviária e a legislação correspondente no Brasil e na cidade de Joinville. Ao final, uma breve pesquisa sobre projetos relacionados ao tema deste trabalho. No capítulo 3, estão descritas as etapas do planejamento de um sistema: as funcionalidades, casos de uso, levantamento de requisitos, diagrama de atividades e prototipação. Em seguida, discorre-se sobre a pesquisa e escolha das ferramentas e tecnologias utilizadas, assim como as conexões com serviços externos à aplicação desenvolvida. No capítulo 4, descreve-se o funcionamento do aplicativo depois de pronto, como se dá a coleta e armazenamento dos dados e como estes poderão ser extraídos e utilizados no futuro. O capítulo capítulo 5 reúne as conclusões do projeto e as considerações acerca de trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO TEÓRICA

A seguir serão apresentadas as definições técnicas da infraestrutura cicloviária, a legislação vigente, conceitos de mobilidade ativa e como os mesmos nortearão o desenvolvimento do trabalho.

Primeiramente, serão discriminadas as diferentes categorias de infraestrutura cicloviária, que servirá de base para a subseção de diagnóstico da utilização da mesma em âmbito nacional e municipal. Em seguida, há um breve levantamento da legislação referente ao transporte cicloviário. Por fim, discute-se sobre o conceito de mobilidade ativa e cicloinclusão.

### 2.1 O Sistema Cicloviário

Segundo GEIPOT (2001) , um sistema cicloviário consiste em uma rede integrada composta de elementos como vias, terminais, transposições, equipamentos, que atendam as necessidades dos usuários de bicicleta principalmente em termos de segurança e conforto.

Existem três tipos diferentes de sistema cicloviário:

- a. Compartilhado: constitui-se de vias adaptadas ou não à circulação de bicicleta que possuem, no entanto, um baixo tráfego motorizado e portanto um maior nível de segurança;
- b. Preferencial: inclui espaços destinados exclusivamente ou prioritariamente às bicicletas como ciclovias e ciclofaixas. Na prática, esses sistemas dificilmente cobrirão todas as linhas de desejo dos ciclistas, que necessitarão utilizar, de forma compartilhada, as demais categorias de vias;
- c. Misto: são trechos que possuem tanto infraestrutura exclusiva, quanto rotas compartilhadas com os veículos motorizados.

#### 2.1.1 Infraestrutura cicloviária

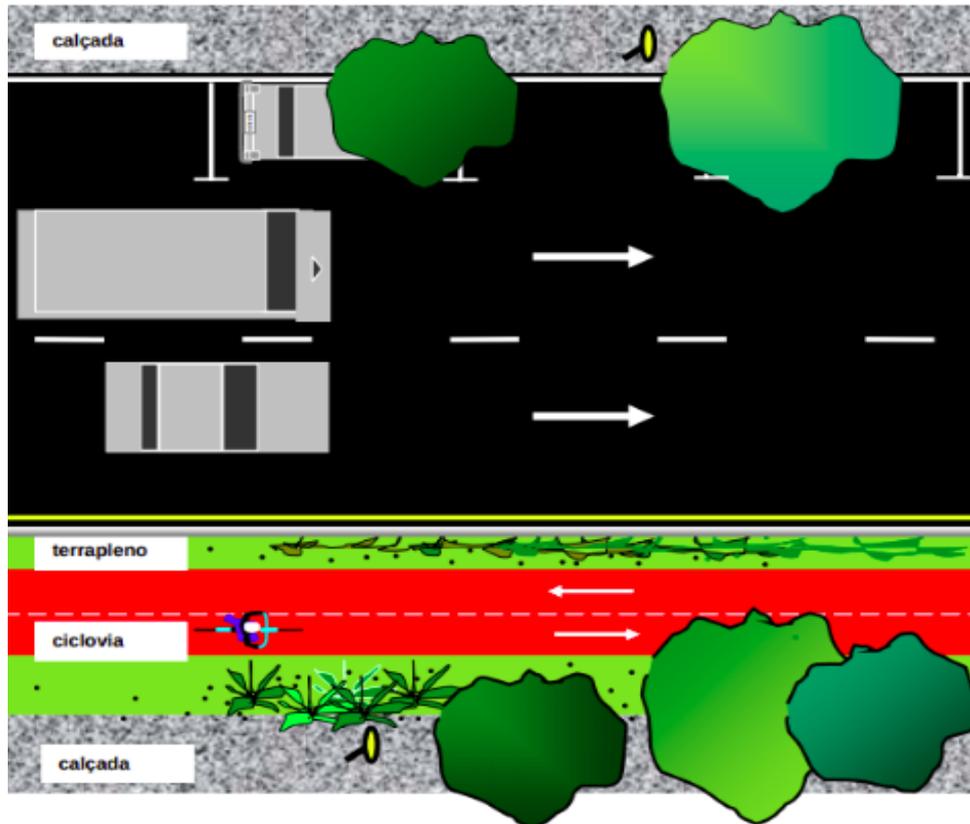
No que diz respeito à infraestrutura, o GEIPOT (2001) define diferentes tipos de vias. São eles: ciclovias e ciclofaixas, uni ou bidirecionais.

As ciclovias são vias segregadas fisicamente do tráfego geral, que podem seguir paralelas a ele ou de forma independente em parques ou praças, por exemplo. A separação física acontece por um meio-fio ou canteiro.

As ciclovias podem ser divididas em unidirecionais e bidirecionais. As unidirecionais são mais comuns no planejamento cicloviário tradicional, no qual os ciclistas seguem sempre as mesmas regras de tráfego que os demais veículos. No Brasil, o modelo bidirecional é o mais comum.

A Figura 1 mostra a ilustração de uma ciclovias bidirecional (em vermelho) que está em paralelo com a via e possui uma separação física entre elas.

Figura 1 – Ciclovias Bidirecional

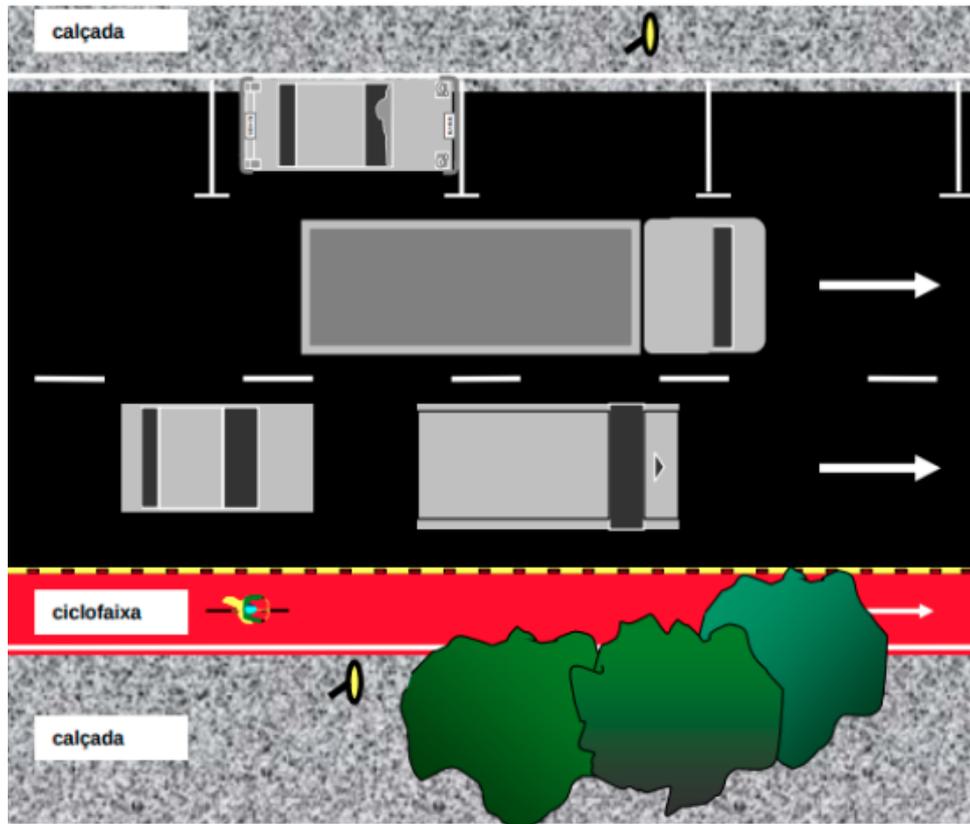


Fonte: GEIPOT (2001)

A desvantagem desse modelo de ciclovias é uma maior necessidade de investimento em infraestrutura, além de uma disponibilidade de espaço um pouco maior quando comparado a uma ciclofaixa (GEIPOT, 2001).

As ciclofaixas são faixas de rolamento destinadas às bicicletas, localizadas no bordo das ruas e avenidas no mesmo sentido do tráfego. O objetivo é separá-las do fluxo dos demais veículos, portanto são indicadas por linhas separadoras pintadas no solo ou por outros recursos de sinalização como placas e tachões (GEIPOT, 2001), como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Ciclofaixa



Fonte: GEIPOT (2001)

O Código de Trânsito Brasileiro (CTB) , art. 59, prevê que "a autoridade de trânsito com circunscrição sobre a via poderá autorizar a circulação de bicicletas em sentido contrário ao fluxo de veículos automotores, desde que dotado o trecho com ciclofaixa"(BRASIL, 1997).

Elas demandam, portanto, menos investimentos em construção e permitem uma maior flexibilidade de mudanças no sentido de deslocamento ou localização.

## 2.2 Legislação

À medida que evoluiu a legislação brasileira, no que diz respeito à mobilidade urbana, viu-se uma crescente importância atribuída ao transporte ciclovário. A Figura 3.

Figura 3 – Linha do tempo da legislação ciclovitária no Brasil



Fonte: Autora (2021)

Em 1976 foi publicado o primeiro manual brasileiro de planejamento de infraestrutura ciclovitária chamado "Planejamento Ciclovitário – Uma Política para as Bicicletas", elaborado pelo extinto Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes (GEIPOT) (BRASIL., 2018).

Nos anos 80, as primeiras cidades brasileiras elaboraram seus planos diretores de transportes urbanos incluindo estudos e projetos voltados à melhoria das condições de circulação e segurança de ciclistas. No entanto, a bicicleta só foi considerada um veículo pela lei em 1997, com a publicação de um novo Código de Trânsito Brasileiro (CTB) (BRASIL, 1997).

O CTB apresentou o reconhecimento da bicicleta como modo de transporte e veículo, incorporando algumas de suas especificidades e a correta hierarquia de prioridades na circulação a partir das relações de fragilidade no trânsito (BRASIL., 2018). Foi no Código de Trânsito Brasileiro de 1997 que a bicicleta passou a ter importância jurídica no que diz respeito às questões de mobilidade. O CTB define o ciclismo urbano como um fenômeno recente valorizado como alternativa ao transporte motorizado individual. (BRASIL, 1997). Segundo o artigo 58 do Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 1997), quando não houver ciclovia, ciclofaixa ou acostamento, ou quando não for possível a utilização destes, a circulação de bicicletas nas vias urbanas e nas rurais de pista dupla deverá ocorrer nos bordos da pista de rolamento, no mesmo sentido de circulação regulamentado para a via, com preferência sobre os veículos automotores.

Em 2003 o Ministério das Cidades criou a Secretaria Nacional de Transporte e

da Mobilidade Urbana (Semob) para formular a Política Nacional da Mobilidade Urbana (PNMU), que passou mais de uma década em discussão, e integrá-la às demais políticas urbanas.

Em 2004, a Semob criou o programa “Bicicleta Brasil: Programa Brasileiro de Mobilidade por Bicicleta” e pela primeira vez o país passou a ter políticas públicas federais específicas para a bicicleta; Em 2007 foi lançado, como parte deste programa, a “Coleção Bicicleta Brasil: Caderno de referência para elaboração de planos de mobilidade por bicicleta para as cidades”. Em 2012 a PMNU foi finalmente aprovada (BRASIL, 2012), após 17 anos em elaboração e discussão. Ela prioriza o transporte público, o pedestre e a bicicleta, incentivando a integração modal na matriz de deslocamentos da população, com foco no transporte urbano sustentável e no planejamento urbano integrado. O principal instrumento de gestão definido pela PMNU são os planos municipais de mobilidade urbana. Sem os planos, os municípios não podem receber recursos orçamentários federais destinados à mobilidade urbana.

Em 2012, a Política Nacional de Mobilidade Urbana determina a prioridade dos modos de transportes não motorizados sobre os motorizados e obriga autoridades competentes de todo o país promoverem a circulação de pedestres e ciclistas em primeiro lugar (BRASIL, 2012).

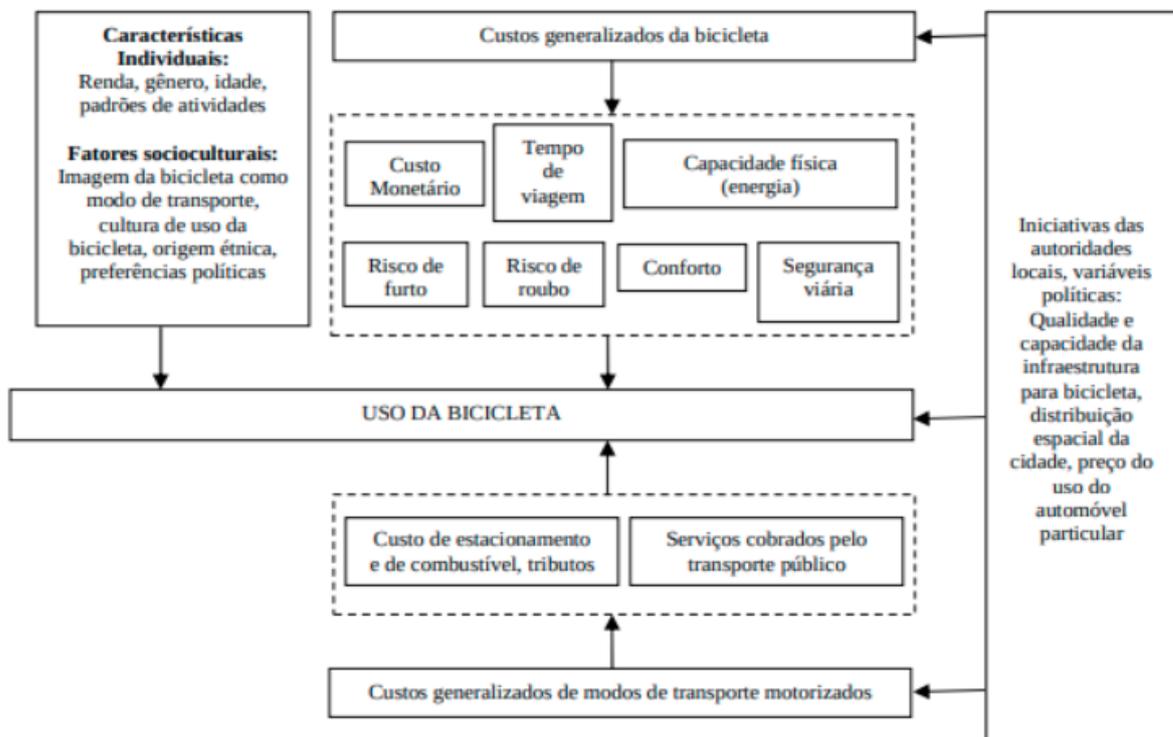
Em novembro de 2015, organizações da sociedade civil se uniram para propor ao governo federal o chamado “PAC da Mobilidade Ativa”, reivindicando a destinação de R\$ 7 bilhões do orçamento da União (por meio do Ministério das Cidades) para implantação, qualificação, promoção, educação e ampliação de infraestrutura para pedestres e ciclistas. A proposta foi elaborada sob a forma de minuta de Portaria, contendo as normas, diretrizes gerais e justificativa; e entregue em dezembro de 2015 ao Ministério das Cidades. O potencial risco de acidentes de trânsito reflete nas estatísticas oficiais na média de 45.000 mortes/ano em cidades brasileiras (OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA, 2018). Para Benicchio et al. (2018), muitos desses acidentes deveriam ser qualificados como crimes, porém, a maioria fica impune na justiça devido aos valores da cultura do automóvel estarem impregnados na coisa pública.

### **2.3 Mobilidade Ativa**

O termo *cicloinclusivo*, utilizado neste trabalho, é uma adaptação para o português do termo original em inglês *bike friendly*, e se refere à abordagem mais abrangente que envolve a promoção do uso da bicicleta de forma totalmente integrada ao sistema de mobilidade urbana de uma cidade. Assim, planejamento cicloinclusivo é muito mais do que construir infraestrutura cicloviária. Trata-se de transformar o ambiente urbano em um lugar seguro e confortável para pedalar.

Rietveld e Daniel (2004) consideram que diversos fatores influenciam a demanda ciclovária em áreas urbanas, sejam eles pessoais, sociais, ambientais, entre outros. Dentre os fatores pessoais estão a renda, que influencia a posse de veículos e a escolha modal, e a idade, que limita os idosos na escolha devido à capacidade física necessária. Além disso, há padrões de rotinas individuais como destino da viagem ou horário do dia. A Figura 4 mostra uma adaptação do fluxograma sugerido pelos autores.

Figura 4 – Fluxograma dos fatos que influenciam a demanda ciclovária em áreas urbanas



Fonte: Adaptado de Rietveld e Daniel (2004)

## 2.4 Contexto do uso da bicicleta

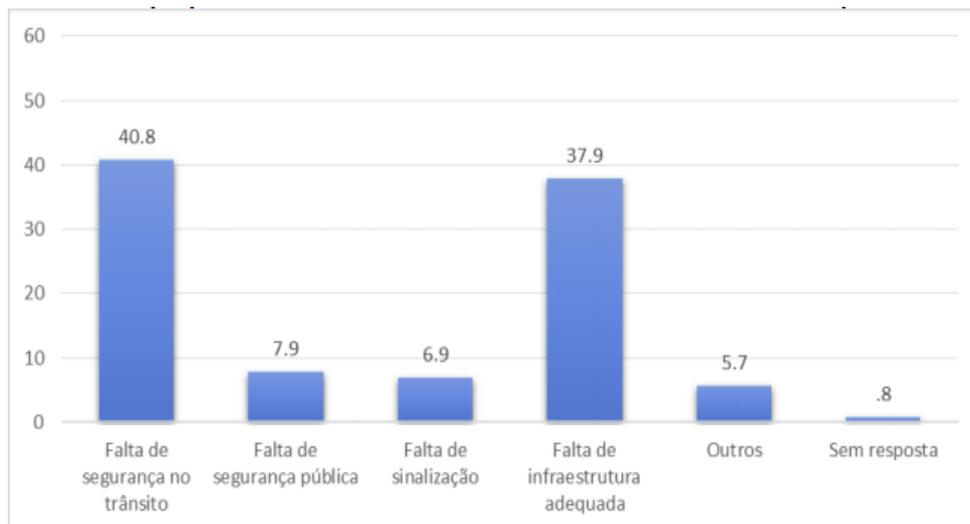
A seguir será apresentado um diagnóstico do uso da bicicleta no Brasil e, em particular, na cidade de Joinville/SC. São trazidos dados de pesquisas realizadas em escala nacional, bem como dados divulgados pela prefeitura da cidade.

### 2.4.1 Brasil

Uma pesquisa realizada pela Ativo (2018), revelou as principais tendências do deslocamento por bicicleta em várias cidades brasileiras, destacadas a seguir nesta subseção.

Foi apontado que os dois maiores problemas enfrentados no uso da bicicleta são a falta de segurança no trânsito, com 40,8% das indicações da pesquisa, e a infraestrutura precária, com 37,9%, como mostra a Figura 5.

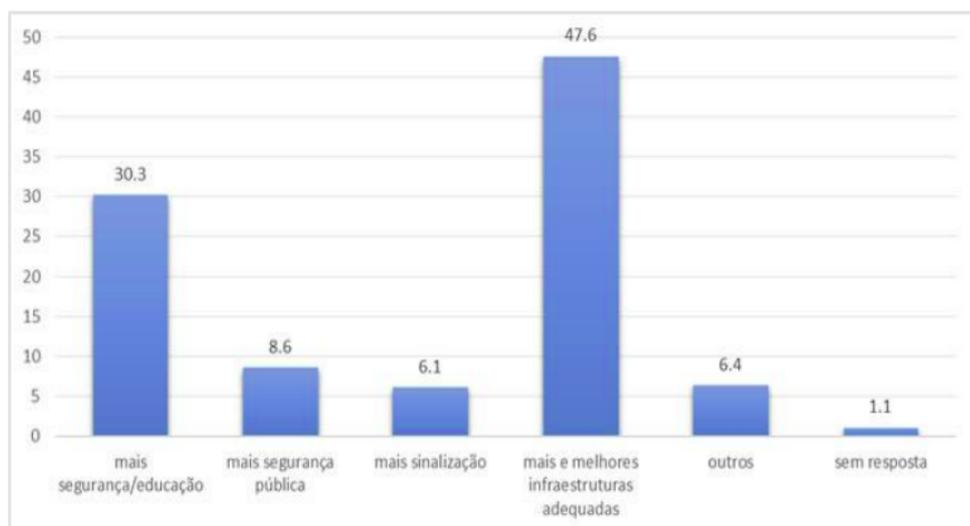
Figura 5 – Principal problema enfrentado no uso da bicicleta como meio de transporte



Fonte: Ativo (2018)

A pesquisa também mostrou que as duas medidas que mais influenciariam as pessoas a utilizar o modo ciclovitário seriam o aumento da segurança e melhorias na infraestrutura, conforme pode ser constatado no gráfico da Figura 6, com 48% de escolha dos entrevistados.

Figura 6 – O que faria os entrevistados utilizarem mais a bicicleta



Fonte: Ativo (2018)

Sendo a infraestrutura um fator relevante, morar próximo de ciclovias, ciclofaixas, ciclorrotas ou calçadas compartilhadas é um fator que pode estimular

as pessoas a pedalam para se deslocar na cidade. Apesar de limitada por não fazer distinções entre áreas destinadas ao deslocamento diário e ao lazer como parques e praças, a métrica de extensão da rede cicloviária é muito utilizada pelas prefeituras para monitorar o alcance da infraestrutura.

Os resultados do indicador para 2019 mostram que 4 em cada 5 pessoas moram distante das vias destinadas às bicicletas nas capitais brasileiras. Este dado é mais preocupante para as pessoas de baixa renda, que encontram-se ainda mais longe. Segundo dados do BRASIL (2020), somente 13% da população com renda mensal abaixo de 1 salário mínimo mora próximo a essa infraestrutura, enquanto 30% dos moradores com renda acima de 3 salários mínimos estão a 300 metros de uma rota segura para ciclistas.

## 2.5 Coleta e uso colaborativo de dados

O fenômeno da coleta de dados colaborativa é mais conhecido pelo termo em inglês *crowdsourcing* e tem sua origem atribuída à chamada *Web 2.0*, termo surgido em 2004 para “designar a transformação da web de um meio de consumo para uma plataforma de produção”. Nesta época, a relação de mão-única até então predominante na rede – informação sempre fornecida pela página para o público, resumindo o acesso à web somente para obtenção de informação –, cedeu espaço a sites cujos conteúdos eram gerados por seus próprios visitantes (SOUSA, 2012). Por esse motivo, Sousa (2012) afirma que a internet passou a contar com “usuários produtores” para se desenvolver e não apenas servir a “usuários consumidores”.

São exemplos de experiências colaborativas na internet as páginas denominadas wiki, como Wikipédia, portais de jornalismo cidadão, sites de compartilhamento de mídias e jogos virtuais, fóruns, programas de mensagem instantânea e redes sociais.

Segundo Costa et al. (2011), o desenvolvimento e a popularização ainda mais recentes no século XXI de dispositivos como smartphones e tablets representam um fator facilitador para a participação dos indivíduos em ambientes colaborativos em relação às versões web, dada a sua portabilidade. A possibilidade de uso desses dispositivos com conexão online em praticamente todos os lugares dentro das áreas de cobertura da rede permite que os sistemas sejam alimentados com dados de maneira mais imediata e, desta forma, respondam de forma mais efetiva às necessidades dos usuários.

### 2.5.1 Mapas Colaborativos

A técnica de mapeamento colaborativo, ou “geocolaboração”, corresponde à aplicação do modelo *crowdsourcing* na área de domínio da cartografia, referindo-se à

alimentação de sistemas com dados fornecidos em ambiente digital por seus usuários para geração de mapas. A particularidade, neste caso, se dá devido ao fato de que cada dado inserido em sistemas de mapeamento colaborativo deve ser geolocalizado, ou seja, atribuído a determinada localização (SOUSA, 2012). Nesta dinâmica, ao passo que a comunidade é responsável pelo fornecimento das informações, as plataformas, por sua vez, são capazes de armazená-las de maneira georreferenciada e processá-las, podendo assim oferecer aos usuários uma versão compilada destes dados.

De forma mais restrita e sendo caracterizado como sub-classe do crowdsourcing, o volunteered geographic information (VGI) restringe o colaborador à inserção específica de um tema sem a atuação direta sobre feições cartográficas de base. Essa categoria viabiliza a colaboração passiva sem que os usuários tenham total controle de informações sensíveis como por exemplo o traçado das vias e, além disso, possibilita a participação de indivíduos leigos no processo.

Erickson (2010) revela entusiasmo com a aplicação de modelos geocolaborativos na gestão das cidades devido à noção de que as pessoas tendem a se interessar por programas que se proponham a resolver questões locais, com as quais se identificam seja porque têm queixas a reportar ou conhecimento a compartilhar. Nesta perspectiva, além de viabilizar a participação de indivíduos que porventura tenham restrições para comparecer aos eventos presenciais de consulta popular, o uso de ferramentas colaborativas pode promover eficiência aos investimentos públicos, transparência dos dados e satisfação dos cidadãos, contribuindo, portanto, com a legitimação por estes das decisões tomadas pelas autoridades. A participação da população, neste formato alternativo, pode se dar de forma indireta por meio do fornecimento de dados – tais como dados de GPS registrando rotas percorridas, velocidade de tráfego, dentre outros – que, compilados, formarão um banco de dados que se tornará objeto de estudo pelo poder público; ou, diretamente, através de feedback sobre os sistemas/ equipamentos urbanos existentes ou apontamento de problemas locais para os quais são demandadas intervenções do poder público (MISRA et al., 2014).

Cabe observar que os diversos programas de geocolaboração funcionam de diferentes formas, uma vez que possuem diferentes propósitos e abrangem diferentes temas nos quais se supõe que o fator de localização seja útil ou pertinente para a análise dos dados. Na próxima subseção, são relacionadas algumas plataformas que, ao utilizar a técnica de *crowdsourcing*, ilustram o avanço no campo da cartografia contemporânea.

## 2.6 Análise de Trabalhos Relacionados

Dentre as etapas de desenvolvimento de um projeto está a etapa de análise de mercado, cujo objetivo é identificar possíveis iniciativas anteriores relacionadas ao mesmo tema e possam servir de referência ou até mesmo ponto de partida.

Foram analisadas algumas soluções utilizadas por ciclistas em seu dia a dia, com diferentes objetivos.

### 2.6.0.1 Strava

Strava (San Francisco, CA, EUA) é definida como uma rede social online para ciclistas e corredores. É composto por um aplicativo móvel e um site, permitindo aos usuários rastrear suas viagens, corridas e caminhadas em um smartphone ou outro dispositivo GPS. O aplicativo Strava registra distância, tempo, velocidade média e rota (trajetória GPS) de cada atividade. Os usuários podem também adicionar informações textuais como títulos e marcações para descrever suas viagens. A bandeira "comutar" indica viagens a pé ou de bicicleta cujo destino é o trabalho (STRAVA, 2021). O banco de dados da Strava compreende quase um trilhão de pontos GPS globalmente e está crescendo em mais de 8 milhões de atividades a cada semana.

O uso das funcionalidades básicas do aplicativo é gratuita, porém a versão *premium* disponibiliza um maior detalhamento das informações de performance e uma maior possibilidade de integração com a versão web da plataforma.

Já o Strava Metro é um conjunto de serviços de dados que permite a visualização dos padrões de ciclismo e da movimentação de pedestres (corrida e caminhada). O Metro anonimiza e agrega dados de atividades de milhões de usuários da Strava e, em seguida, colabora com departamentos de transporte e grupos de planejamento urbano para melhorar a infraestrutura para ciclistas e pedestres (SUN; MOBASHERI, 2017).

### 2.6.0.2 Waze

O Waze é um aplicativo gratuito para smartphones e tablets com sistemas Android, iOS e Windows Phone, dentre outros, que utiliza a técnica de mapeamento colaborativo para navegação baseada em GPS (WAZE, 2021).

De maneira geral, os mapas são criados e editados pelos próprios usuários, que colaboram com o banco de dados virtual do sistema de maneira passiva – ao trafegar com o aplicativo ligado, o dispositivo alimenta o sistema com os dados de GPS, sem necessidade de intervenção manual do usuário durante o uso – e/ou ativa – o usuário pode editar e inserir manualmente informações na plataforma. Isso permite que o aplicativo processe os dados e forneça mapas viários atualizados, com sugestões otimizadas de rota que levam em conta as informações atualizadas sobre o trânsito.

Basicamente, o Waze é capaz de mostrar, em tempo real, o que acontece no trânsito, e onde os eventos ocorrem (DATAWAZE, 2014).

O funcionamento do aplicativo baseia-se no seguinte lema: “Ninguém sabe melhor o que está ocorrendo em uma cidade do que as pessoas que vivem ali” (DATAWAZE, 2014), ideia que converge com aquela defendida por Erickson (2010) e discutida anteriormente. Os usuários do Waze podem colaborar passivamente com o sistema ao dirigir com o aplicativo aberto no aparelho móvel com a função GPS ativada, fornecendo, deste modo, dados georreferenciados em tempo real sobre fluxo e velocidade de deslocamento nas vias por onde trafegam (WAZE, 2021).

Por outro lado, é possível também contribuir de maneira ativa, atualizando manualmente os mapas com informações como a existência de buracos e perigos; indicação de fiscalização policial; localização de radares; preços de combustíveis em postos de gasolina; fotos; dentre outros.

O Waze possui parceria com órgãos públicos para que utilizem o banco de dados do aplicativo na operação dos seus sistemas de transportes urbanos, por meio do programa intitulado W10 Cidadãos Conectados. A primeira cidade a iniciar a cooperação em fase piloto foi o Rio de Janeiro, no Brasil. A parceria entre o aplicativo e o Centro de Operações Rio, órgão responsável pelo monitoramento do cotidiano da capital fluminense, foi uma iniciativa da Prefeitura, que buscava uma ferramenta que pudesse lhe ajudar no recebimento do Papa Francisco na cidade em junho de 2013 (LESSA, 2014). O início bem sucedido motivou o Waze a buscar novos parceiros, expandindo sua rede até culminar com o lançamento do W10 Cidadãos Conectados. Os dados enviados pelos usuários do Waze são somados àqueles que os órgãos de trânsito locais porventura já coletam por meio de radares e câmeras de vídeo instalados pela cidade, condensados, e então retransmitidos aos órgãos parceiros (DATAWAZE, 2014). Desta forma, o poder público tem à sua disposição um panorama mais completo para monitoramento do trânsito, baseado no qual poderá coordenar ações em prol de melhorar o fluxo de veículos, as rotas dos modais de transporte coletivo e a infraestrutura viária da cidade.

### *2.6.0.3 Bikerilhas*

O bike trilhas é um aplicativo resultante de diversos projetos promovidos pelo programa de extensão NEMOBIS, da Universidade do Estado de Santa Catarina, cuja finalidade é descrita como a promoção de ações que visam incentivar o uso de modos sustentáveis de transporte no município de Joinville.

A primeira parte do projeto foi desenvolvida em 2010, um sistema web em que é possível visualizar as ciclovias, ciclofaixas e trilhas rurais da cidade. Para cada uma delas, é possível obter informações, tais como, altimetria, ponto de início e fim, distância total, nível de dificuldade, bairros por onde ela passa e fotos sobre pontos de

interesse ao longo do percurso (HENNING et al., 2019).

Ainda, no intuito de aumentar a disseminação das informações sobre as vias cicláveis, foi desenvolvido em 2011 um aplicativo onde é possível visualizar as ciclovias através de um smartphone (COSTA et al., 2011). Este aplicativo foi desenvolvido para smartphones com Android e inclui funcionalidades adicionais ao sistema web, tais como, o alerta de proximidade a pontos de interesse previamente registrados.

Para transformar o smartphone em uma ferramenta de coleta/mapeamento de ciclovias, em 2013 foi implementada uma extensão ao aplicativo com a qual é possível gravar, através do GPS do aparelho, as coordenadas por onde passa cada ciclovia (CARNEIRO, 2013). Antes da criação desta funcionalidade a coleta era feita através de um receptor GPS convencional e uma máquina fotográfica digital, usada para tirar as fotos dos pontos de interesse, e a carga das ciclovias mapeadas era feita posteriormente através de um processo manual. A partir desta nova funcionalidade, qualquer usuário do aplicativo pode coletar uma nova ciclovia, tirar fotos ao longo do percurso, e enviar diretamente para o sistema de armazenamento e disponibilização de ciclovias. Dessa maneira, a inclusão de uma nova ciclovia se torna muito mais rápida, o que facilita a atualização permanente das ciclovias da cidade.

Já em 2014 foi implementada a funcionalidade que sugere o menor percurso (caminho) entre um ponto e outro da cidade, privilegiando o uso das ciclovias existentes no caminho. Com essa funcionalidade, usuários de bicicleta têm a possibilidade de encontrar caminhos entre seu ponto de origem e destino que utilizem ciclovias que estejam dentro de um perímetro limite, que não aumente a distância em mais de 20%. Em 2015 foi implementado um aprimoramento que sugere o menor percurso para que agora ela integre o uso da bicicleta com o transporte coletivo (HENNING et al., 2019). Assim, para percursos muito longos o sistema sugere que o ciclista se desloque até um terminal de ônibus ou a um ponto com bicicletário e deste local o sistema sugere que linha de ônibus deve ser tomada para levar o ciclista a seu destino. O sistema sugere também o ponto de descida do ônibus, assim como o trajeto a pé até o destino final.

Como afirma o documento HENNING et al. (2019), ainda pretende-se aprimorar o aplicativo desenvolvido para smartphones para que, além de sugerir caminhos que possuem ciclovias, ele permita o registro com foto de problemas na ciclovia, como, por exemplo, um buraco, e possibilite enviá-la para a autoridade responsável em providenciar o conserto.

#### 2.6.0.4 CAATP e CAATPMob

O CAATP é uma ferramenta para aprimorar o método da pesquisa de informações de tráfego, desenvolvida por Lopes, Pfaffenbichler e Jr (2016), na plataforma MS Excel®. O sistema é operado dentro de um veículo por meio de computador portátil e permite o registro do momento de passagem em pontos

estratégicos, de instantes de paradas e retomadas da corrente de tráfego e motivos de ocorrência dos atrasos. A precisão na coleta e análise dos dados e a redução de recursos humanos e materiais e do tempo total da pesquisa, uma vez que faz todo o processo automaticamente durante a coleta (tabulação, tratamento, análise de dados), são duas das principais vantagens oferecidas. Outra vantagem do CAATP é que seus resultados podem ser facilmente cruzados com informações de fluxo de tráfego, obtidas indiretamente mediante outros equipamentos, como por exemplo controladores eletrônicos de velocidade (HENNING, 2017).

O aplicativo CAATPMob, resultado do trabalho de Henning (2017), tem como intuito otimizar o método utilizado no CAATP, através de um aplicativo para sistema operacional. Segundo o autor, o principal objetivo foi otimizar a captação dos dados reduzindo ainda mais os recursos humanos necessários para a coleta pois, embora o CAATP cumpra o objetivo de melhorar a qualidade de dados obtidos durante a pesquisa de tráfego, ainda havia a dificuldade de se utilizar um computador portátil no veículo da pesquisa.

A identificação do motivo de parada é relevante para análises de fluxo de tráfego pois permite identificar trechos de gargalo. Essa funcionalidade está presente tanto no CAATP quanto no CAATPMob e foi também incorporada neste trabalho.

### **3 PROJETO E DESENVOLVIMENTO**

Este capítulo reúne as etapas do planejamento de um sistema: as funcionalidades, casos de uso, levantamento de requisitos, diagrama de atividades e prototipação. Em seguida, discorre-se sobre a pesquisa e escolha das ferramentas e tecnologias utilizadas, assim como as conexões com serviços externos à aplicação desenvolvida. Por fim, descreve-se o funcionamento do aplicativo depois de pronto, como se dá a coleta e armazenamento dos dados e como estes poderão ser extraídos e utilizados no futuro.

Este capítulo descreve as ferramentas e tecnologias utilizadas, assim como o histórico do desenvolvimento e o aplicativo resultante.

#### **3.1 Casos de Uso**

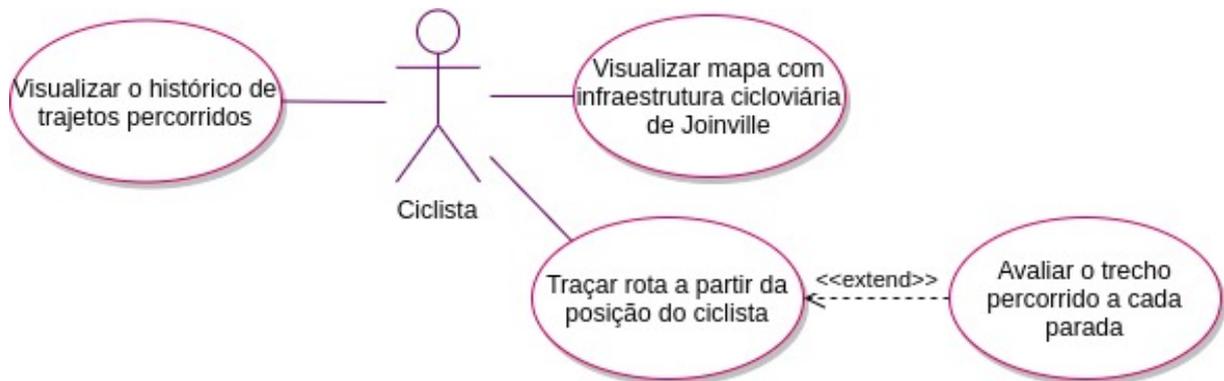
Bezerra (2007) afirma que um caso de uso descreve o comportamento do sistema sob diversas condições conforme este responde a uma requisição de alguém com algo com interesse em seu comportamento. Diferentes sequências de comportamento ou cenários podem aparecer, dependendo das requisições particulares feitas e das condições que as cercam. O caso de uso reúne esses diferentes cenários.

##### **3.1.1 Diagrama de caso de uso**

O Diagrama de Casos de Uso tem o objetivo de auxiliar a comunicação entre os desenvolvedores e o cliente, descrevendo os cenários e mostrando as funcionalidades do sistema do ponto de vista do usuário.

Na Figura 7 é apresentado o diagrama de casos de uso na visão dos usuários do aplicativo.

Figura 7 – Diagrama de Casos de Uso



Fonte: Autora, 2021

São quatro principais casos de uso. O primeiro, intitulado de ‘visualizar mapa com infraestrutura cicloviária de Joinville’, mostra na tela o mapa centrado na localização do ciclista, com indicação visual da malha cicloviária da cidade de Joinville. Há também aquele que mostra o histórico da última rota percorrida com as informações de trajeto e avaliação. Por fim, o traçado de rota a partir da posição atual do ciclista, que permite também a avaliação do trecho percorrido a cada parada.

### 3.1.2 Levantamento de Requisitos

Segundo Junior e Campos (2008), o levantamento de requisitos é a etapa do desenvolvimento de sistemas de informação responsável por identificar e modelar as necessidades do negócio a serem atendidas pelos sistemas de informação e é, portanto, uma atividade cada vez mais relevante em um cenário dinâmico. Segundo Turine, Masiero et al. (1996), é ainda o conjunto de atributos (adequação, acurácia, interoperabilidade, conformidade, segurança) que evidenciam a existência de um conjunto de funções que satisfazem as necessidades explícitas e implícitas.

De acordo com Zanlorenzi e Burnett (1998), requisito pode ser definido como "algo que um cliente necessita". Do ponto de vista de um desenvolvedor de software, requisito também pode ser definido como algo que necessita ser modelado e implementado. No contexto de sistemas, requisitos são fenômenos do ambiente que o software deve executar, uma condição capaz de resolver um problema ou atingir um objetivo; uma condição ou capacidade que deve ser encontrada e constar em um sistema ou seu componente, para satisfazer um contrato, padrão, especificação ou outro documento imposto formalmente; uma representação documentada de uma condição ou capacidade.

Os requisitos do sistema são portanto identificados uma vez que são definidos os casos de uso. Nas Tabelas 1, 2, 3, 4, se encontram as descrições dos casos de uso do sistema: visualizar mapa, buscar rota, avaliar trecho, terminar rota e cancelar rota. Para cada um deles, há a identificação dos requisitos funcionais(RF) associados. A

lista completa dos requisitos está definida no apêndice A.

As pré e pós condições demonstram, respectivamente, o que deve ser necessariamente verdadeiro para que o sistema funcione e qual o estado do mesmo após a execução de cada requisição.

A entrada é a informação ou ação que o usuário deve fornecer ao sistema para que, caso as pré-condições estejam sendo satisfeitas, o sistema consiga chegar até o estado descrito nas pós condições.

Tabela 1 – Caso de uso: Visualizar Mapa

Atores:	Ciclista
Requisitos:	[RF01] Exibir mapa [RF02] Exibir localização do usuário em tempo real [RF03] Exibir infraestrutura cicloviária
Entrada:	Localização obtida por GPS
Pré condições:	Acesso à internet GPS ligado Permissão a informações de localização concedida
Pós Condições:	Posição do Usuário é mostrada no Mapa Infraestrutura cicloviária é mostrada no mapa

Fonte: Autora, 2021

Tabela 2 – Caso de uso: Buscar Rota

Atores:	Ciclista
Requisitos:	[RF01] Exibir mapa [RF02] Exibir localização do usuário em tempo real [RF03] Exibir infraestrutura cicloviária [RF04] Permitir que o usuário insira endereços de origem e destino [RF05] Exibir rota [RF06] Exibir distância até o destino
Entrada:	Localização obtida por GPS Endereço de origem (default: localização atual) Endereço de Destino
Pré condições:	Acesso à internet GPS ligado Permissão a informações de localização concedida
Pós Condições:	Posição do Usuário é mostrada no Mapa Infraestrutura cicloviária é mostrada no mapa

Fonte: Autora, 2021

Tabela 3 – Caso de Uso: Avaliar trecho

Atores:	Ciclista
Requisitos:	[RF07] Aferir informações de deslocamento e velocidade em tempo real [RF08] Inserir no banco de dados Informações de deslocamento e velocidade em tempo real [RF09] Exibir diálogo de avaliação a cada parada [RF10] Inserir no banco de dados as informações de avaliação
Entrada:	Ciclista para de se movimentar
Pré condições:	Acesso à internet GPS ligado Permissão a informações de localização concedida Medição de velocidade e deslocamento em tempo real
Pós Condições:	Tela de Avaliação de trecho é mostrada

Fonte: Autora, 2021

Tabela 4 – Caso de Uso: Terminar Rota

Atores:	Ciclista
Requisitos:	[RF01] Exibir mapa [RF02] Exibir localização do usuário em tempo real [RF03] Exibir infraestrutura cicloviária [RF05] Exibir rota
Entrada:	A distância entre localização atual e destino é menor que 20 metros.
Pré condições:	Acesso à internet GPS ligado Permissão a informações de localização concedida
Pós Condições:	Medição de velocidade e deslocamento são terminadas O sistema volta à tela de início

Fonte: Autora, 2021

A qualquer momento entre a solicitação de rota e a conclusão do percurso, o ciclista pode solicitar o cancelamento de rota, situação projetada conforme o cenário mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Cancelar Rota

Atores:	Ciclista
Requisitos:	[RF01] Exibir mapa [RF02] Exibir localização do usuário em tempo real [RF03] Exibir infraestrutura cicloviária [RF04] Permitir que o usuário insira endereços de origem e destino [RF05] Exibir rota [RF06] Exibir distância até o destino [RF11] Cancelar Rota
Entrada:	Clique no botão de cancelamento de rota.
Pré condições:	Acesso à internet GPS ligado Permissão a informações de localização concedida
Pós Condições:	O sistema volta à tela de início

Fonte: Autora, 2021

### 3.2 Diagrama de Atividades

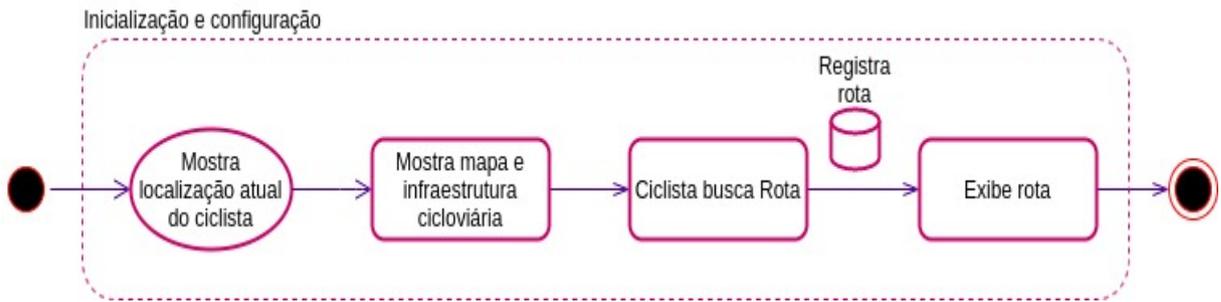
Segundo definição do Booch, Rumbaugh e Jacobson (2006), o diagrama de atividades é um dos diversos diagramas definidos pela UML (Unified Modeling Language) e é utilizado para ilustrar uma sequência de atividades que foram modeladas para representar os aspectos dinâmicos de um processo computacional. Este modelo detalha o fluxo de controle e o fluxo de dados de uma determinada atividade, mostrando as ramificações de controle e as situações onde existem processamento paralelo.

No diagrama, um ícone de atividade pode representar um conjunto de atividades, o fluxo sequencial ou ramificado de uma atividade para outra e os objetos que realizam ou sofrem ações.

O sistema construído neste trabalho foi dividido em dois diagramas: um que representa a inicialização e configuração do sistema (Figura 8) e outro que detalha o fluxo de acontecimentos conforme as ações do usuário (Figura 9).

Ao abrir o aplicativo, acontece primeiro o fluxo de inicialização e configuração, responsável por centralizar o mapa na posição atual do ciclista, mostrar a infraestrutura cicloviária existente na cidade (a partir dos dados previamente carregados), permitir que o ciclista busque por uma rota e, por fim, exibir na tela a melhor rota encontrada.

Figura 8 – Diagrama de Atividades 1

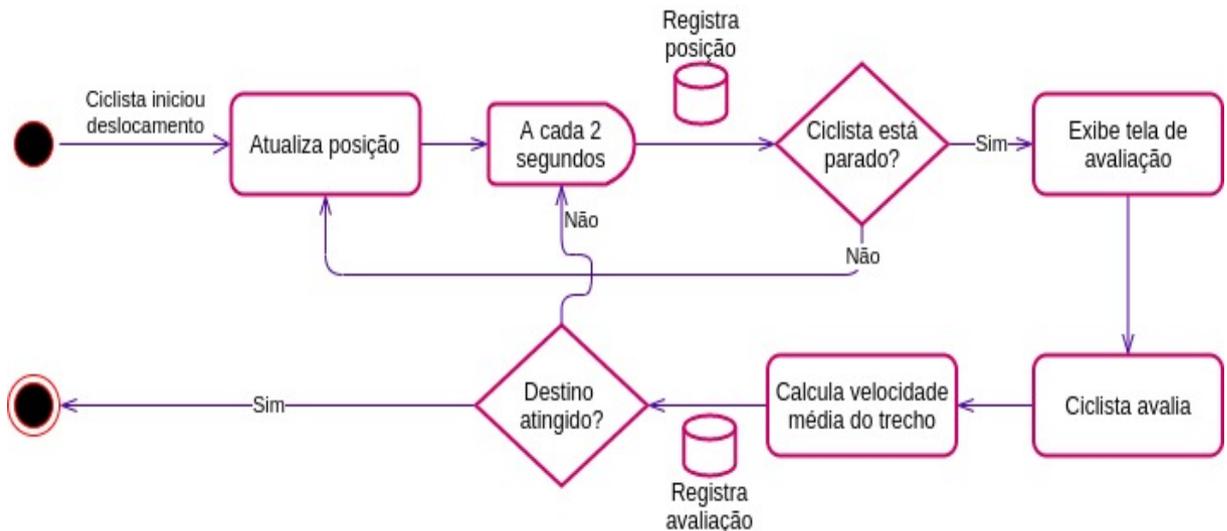


Fonte: Autora, 2021

A partir da exibição da rota, as atividades seguintes do sistema tanto na interface quanto do ponto de vista de armazenamento de dados dependem do movimento do ciclista. Quando este aciona o botão “início”, alertando o aplicativo de que vai começar a percorrer a rota, o sistema passa a coletar informações de movimento e a atualizar o ícone de “posição atual” no mapa. A exibição da tela de avaliação e, conseqüentemente, seu registro bem como da velocidade média do trecho acontece caso o ciclista esteja parado. A condição de parada do ciclista foi definida como: sem registro de movimento há mais de 2 segundos e/ou velocidade instantânea igual a zero.

Por fim, a chegada ao destino é inicialmente tratada como uma parada qualquer e, apenas após a avaliação do último trecho percorrido, testa-se se a posição corresponde ou não ao final da rota.

Figura 9 – Diagrama de Atividades 2



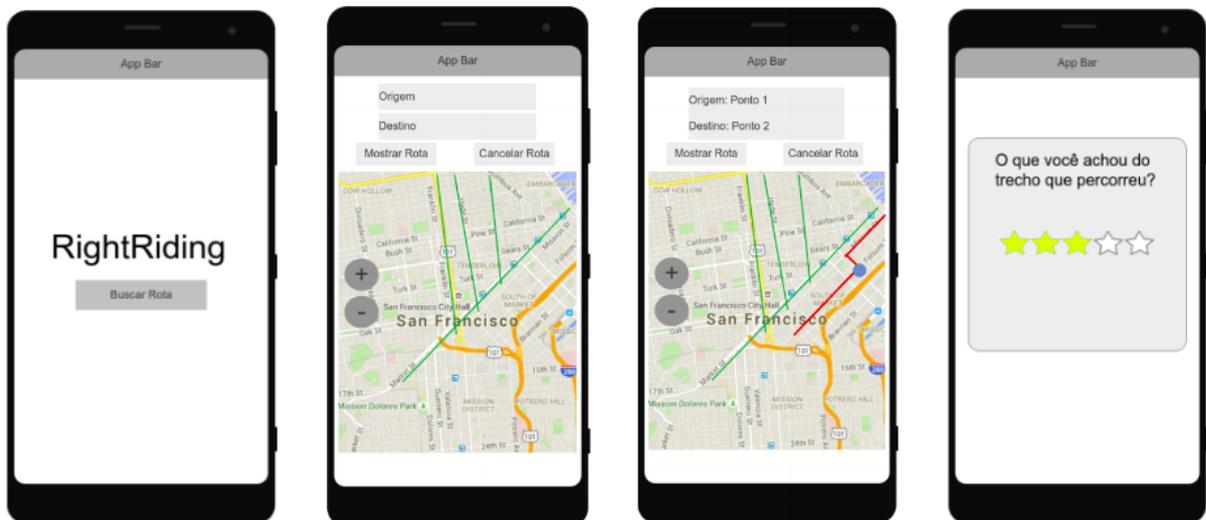
Fonte: Autora, 2021

### 3.3 Protótipo de Telas

Segundo Objective (2017), a prototipação no desenvolvimento de software é um processo cujo objetivo é avaliar as ideias geradas e validar - ou não - os requisitos estabelecidos durante as etapas de estudo e planejamento. Neste momento, trabalha-se na visualização física e visual do projeto.

O protótipo é definido como a tangibilização de uma ideia, a passagem do abstrato para o físico de forma a representar a realidade, mesmo que simplificada, e propiciar validações (VIANNA, 2012). A Figura 10 mostra os protótipos das três telas projetadas: tela inicial, de busca - em seus dois estados - e de avaliação.

Figura 10 – Protótipo das telas



Fonte: Autora, 2021

Tendo como objetivo uma interface clara, intuitiva e de fácil usabilidade, as telas seguem um padrão básico contendo sempre uma barra superior e, em seguida, os demais componentes.

### 3.4 Linguagem e Framework

A escolha de um framework para determinado projeto, na maioria dos casos, depende de diversos fatores, entre eles a experiência dos desenvolvedores com a linguagem e/ou com o framework a ser escolhido, e não somente questões técnicas.

Considerando a natureza piloto do projeto e seu objetivo como prova de conceito, as escolhas técnicas de desenvolvimento foram baseadas na produtividade, visando um desenvolvimento de alto nível cuja curva de aprendizado fosse condizente com o tempo disponível para conclusão do trabalho.

Optou-se então pela análise de opções que permitam o desenvolvimento híbrido. O termo Cross-Platform Development (Desenvolvimento Multiplataforma),

também conhecido como Desenvolvimento Híbrido, é a prática de desenvolver produtos de software para múltiplas plataformas ou ambientes de software. Essa alternativa possibilita que um único código seja compilado para várias plataformas sem a necessidade de reescrevê-lo e, ao mesmo tempo, sua performance seja próxima a de aplicações nativas, tornando-as mais práticas e econômicas para o mercado.

Para amenizar o problema relacionado ao custo de manutenção de cada aplicação, que envolve recursos, tempo, manutenção e evolução, foram criados frameworks para desenvolvimento de aplicações móveis, ou seja, é utilizado uma plataforma base para implementar uma única aplicação (LIMA, 2019).

Dessa forma, chegou-se aos dois dos frameworks mais utilizados no mercado que possuem suporte para desenvolvimento mobile híbrido: o Flutter e o React Native. Ambos possibilitam a execução em ambiente Android, iOS e até mesmo Web, garantindo maior facilidade no desenvolvimento, custos mais baixos e tornando a manutenção mais simples para todas as plataformas (NEVES; JUNIOR, 2020).

Tanto Flutter quanto React Native são os frameworks open source, ou seja, possuem código aberto para quem quiser consultar ou fazer sugestões de modificação. De acordo com a plataforma de hospedagem de código fonte Github (2020), o React Native conta com mais de 90 mil stars, e o Flutter com mais de 105 mil stars, demonstrando o interesse dos usuários da plataforma pela visualização dos códigos. Com base no site de estatísticas (STATISTA, 2020), React Native é o terceiro framework mais procurado entre os desenvolvedores, e o Flutter é o sexto, considerando frameworks de várias categorias.

Em ALMEIDA e Moreira (2019), em um projeto de conclusão do curso de Sistemas para Internet, realizou-se um estudo comparativo entre dois frameworks mais utilizados no desenvolvimento mobile multiplataformas, Flutter e React Native. Em sua pesquisa, foram utilizados 5 critérios para chegar à conclusão de qual framework possui mais benefícios dentro do escopo definido de seu projeto. A conclusão foi que o Flutter possui uma melhor entrega na maior parte dos pontos comparado com o React Native, pois foi a ferramenta que melhor auxiliou o desenvolvedor durante o período de desenvolvimento, devido principalmente à consistência de emulação da aplicação e os diversos componentes já construídos que a ferramenta dispõe para seu utilizador (ALMEIDA; MOREIRA, 2019).

Analisando o trabalho comparativo de Neves e Junior (2020), nota-se que ambas as opções consideradas apresentaram resultados satisfatórios. O React Native, com sua dinamicidade que lembra muito o desenvolvimento Web, entrega muita flexibilidade e produtividade ao projeto. O Flutter, que apesar de utilizar Dart, uma linguagem relativamente nova, mostrou uma curva de aprendizado não muito acentuada para os autores, sendo baseada na orientação ao objeto e dispondo de uma vasta quantidade de material disponível e ótima documentação.

Além da codificação, observou-se também a facilidade de integração com ferramentas externas. Como mencionado anteriormente, o Flutter é mantido pela Google, o que confere a este framework uma vantagem em relação à facilidade de integração com as demais ferramentas oferecidas pela empresa como sistema de mapas com GPS e banco de dados.

Optou-se então pela utilização do Flutter, levando em consideração a familiaridade da autora com a programação orientada ao objeto e a facilidade de integração com as diversas ferramentas oferecidas na Google Platform.

### 3.4.1 Flutter

O Flutter teve sua primeira versão (1.0) lançada em 4 de dezembro de 2018 e possui milhares de aplicativos em produção atualmente utilizando esta tecnologia (FLUTTER, 2021).

Segundo Windmill (2019), Flutter é um sdk mobile (Kit de Desenvolvimento de Software Móvel) e open-source desenvolvido pelo Google, “É uma plataforma que fornece tudo o que você precisa para criar aplicativos: mecanismo de renderização, componentes da UI, estruturas de testes, ferramentas, um host e muitos outros recursos necessários para criar um aplicativo”. Os aplicativos feitos em Flutter são escritos na linguagem de programação Dart, também mantida pela Google, e implementados para Android e iOS a partir do mesmo código. É possível ainda criar aplicativos Web ou Desktop para os principais sistemas operacionais.

Um dos principais pontos de destaque do framework é a construção da interface para o usuário a partir de Widgets, que são os componentes tanto visuais como organizacionais do código. Ao contrário das aplicações nativas em que é necessário construir as abstrações de todos os itens um a um, o Flutter traz pré-pronto todas as abstrações na forma de widgets, possuindo também o próprio mecanismo de renderização dos mesmos, contendo estrutura do aplicativo e de navegação, botões, inputs, widgets de alerta e painéis de diálogos, displays informativos e layouts (FLUTTER, 2021). Com isso a facilidade de se construir uma interface baseada em abstrações já feitas é maior.

Em Flutter tudo é um widget, desde botões, imagens, listas, tudo é feito como widget. Os widgets substituem todos os componentes nativos, e estarão presentes por toda a aplicação. Em suma, o widget pode definir um elemento estrutural como um botão, um elemento de estilo como uma fonte, um aspecto de layout como uma borda, e assim por diante. Ao criar um widget pensando no layout, é importante verificar que existem dois tipos principais: os Stateless, que são fixos e os Stateful, cujo estado pode ser atualizado (MISRA et al., 2014). Após essa definição básica, os demais widgets são criados seguindo uma hierarquia.

### 3.4.2 Tecnologias e Ferramenta

Determinados os requisitos funcionais, os casos de uso do sistema e o framework a ser utilizado, foram então escolhidas as ferramentas de desenvolvimento dentre as várias opções existentes no mercado. A relação das mesmas está sintetizada visualmente na Figura 11, sendo uma breve explicação acerca de cada solução e o motivo da escolha apresentadas nas subseções a seguir.

Figura 11 – Ferramentas utilizadas no desenvolvimento



Fonte: Autora, 2021

A seguir encontra-se uma breve explicação acerca de cada solução e o motivo da escolha.

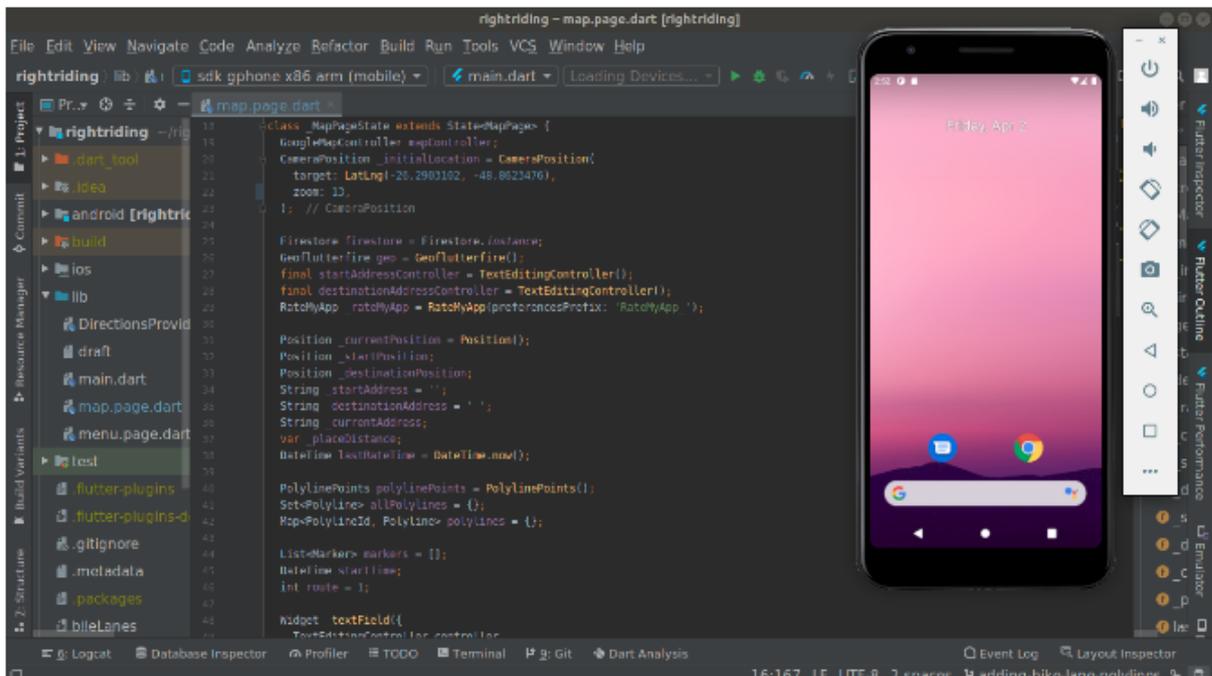
#### 3.4.2.1 *Android Studio*

Aplicativos desenvolvidos em Flutter podem ser criados via linha de comando e desenvolvidos em qualquer editor de código, no entanto a utilização de IDEs específicas que possuem plugins específicos para a linguagem dart tornam a experiência de desenvolvimento mais intuitiva. Tais plugins fornecem recursos como auto-completar, realce de sintaxe, assistências de edição de widgets, suporte a execução e depuração, entre outros (FLUTTER, 2021).

Uma das IDEs que suporta os recursos mencionados acima é o Android Studio (ANDROIDSTUDIO, 2021), a IDE oficial do Google para o desenvolvimento de aplicativos para Android, que com o auxílio de plugins, oferece uma experiência completa e integrada para o desenvolvimento com Flutter (FLUTTER, 2021). Além disso, o Studio possui um emulador integrado para Android e, é possível também criar emuladores iOS. A IDE também possui uma fácil integração com o GitHub para o versionamento do código.

Esses recursos motivaram a escolha do Android Studio como ambiente de desenvolvimento para o aplicativo multiplataforma proposto neste trabalho. A Figura 12 mostra o ambiente Android Studio configurado para o desenvolvimento com Flutter, e a versão android rodando no emulador.

Figura 12 – Tela do Android Studio durante o desenvolvimento



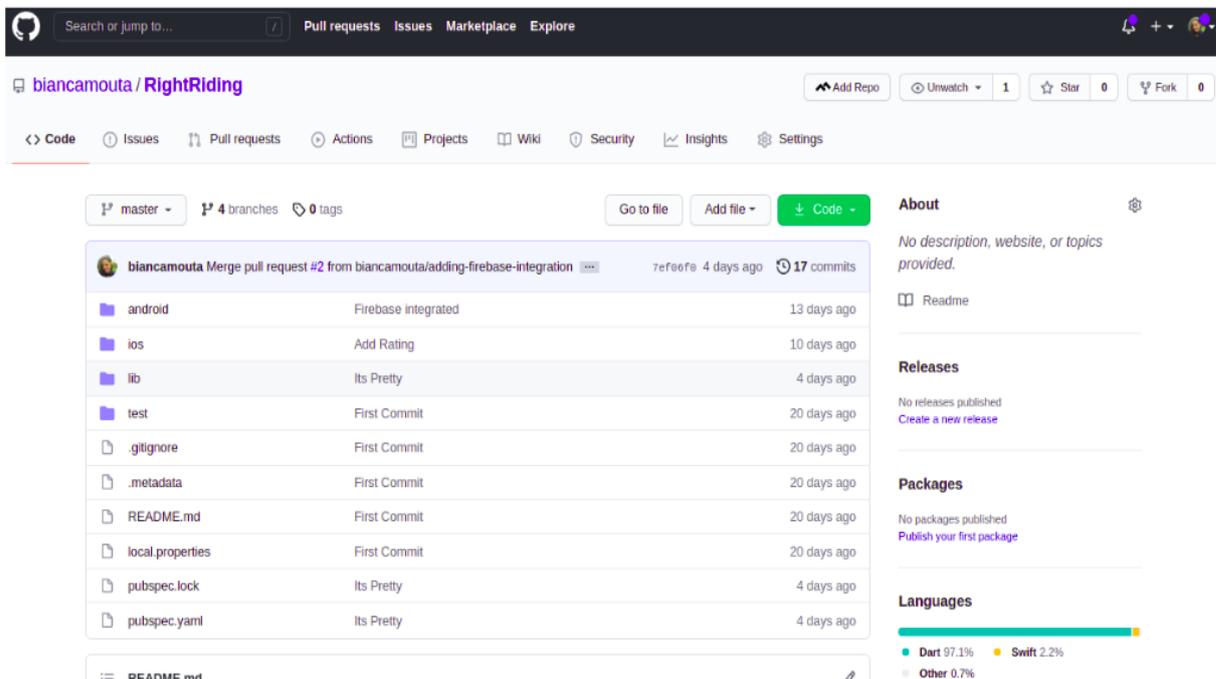
Fonte: Autora, 2021

### 3.4.2.2 Plataforma de versionamento Github

O GitHub é uma plataforma de hospedagem de código fonte gratuita e colaborativo que permite controle de versão e alteração de código online (GITHUB, 2021). O Android Studio possui integração com a plataforma, podendo ser utilizado diretamente como interface de acesso.

A Figura 13 mostra o repositório online no qual foi versionado o código do aplicativo descrito neste trabalho, disponível em <https://github.com/biancamouta/RightRiding>.

Figura 13 – Repositório do projeto no GirHub



Fonte: Autora, 2021

### 3.4.2.3 Google Maps via API

Google Maps é um serviço de localização e visualização de mapas gratuito, possibilitando visualizar e localizar um ponto no mapa (MAPS, 2021). API é o acrônimo de Application Programming Interface ou, em português, Interface de Programação de Aplicativos (TECHTUDO, 2016).

A API do Google Maps é um conjunto de interfaces oferecido pela empresa para ser utilizada em aplicações externas à plataforma da própria Google. Para isso, é necessária apenas a criação de uma API key e fazer a ativação online. Dessa forma, é possível fazer as chamadas diretamente aos servidores da Google em aplicativos independentes, permitindo a utilização de ferramentas como a visualização e interação com os mapas, o download de dados, a exibição e resposta a gestos do usuário no mapa, adição de elementos gráficos, entre outras.

Com o Maps SDK for Android ou Maps SDK for iOS é possível adicionar os mapas ao aplicativo e adicionar elementos gráficos tais como ícones ancorados em posições específicas no mapa (marcadores) e conjuntos de segmentos de linha (polilinhas).

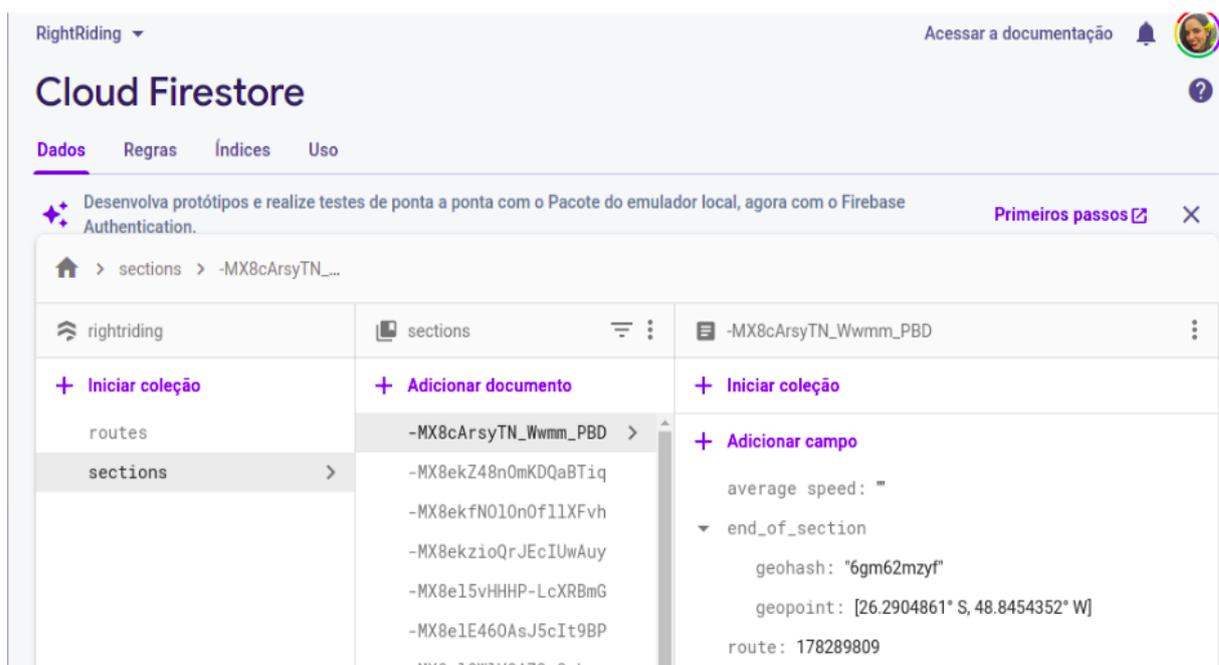
Com o Directions SDK, é possível traçar rotas especificando o modo de transporte desejado e a origem e destino, em forma de texto (String) ou coordenadas geográficas (Latitude e longitude) (MAPS, 2021).

### 3.4.2.4 Firebase

A Firebase é uma plataforma web para desenvolvimento de aplicações cujo objetivo é fornecer ferramentas que o tornem mais simples e intuitivo. Dentre essas ferramentas está a Real-time Database, um banco de dados em nuvem, que pode ser utilizado como backend e tem possibilidade de acesso em tempo real. A persistência e recuperação de dados é feita via API, com suporte para desenvolvimento Android, iOS e JavaScript. O sistema funciona em nuvem baseado no Google Cloud Storage e o armazenamento é feito no formato JavaScript Object Notation (JSON), em formato não sequencial (NoSQL) (FIREBASE, 2021).

A plataforma também oferece, além dos acessos via API, uma interface web online para gerenciamento e visualização da base de dados, conforme ilustrado na Figura 14.

Figura 14 – Tela de interface gráfica com o banco de dados.



Fonte: Autora, 2021

O Cloud Firebase é um banco de dados que mantém os dados em sincronia por meio de listeners em tempo real. Criado pela Google, o CloudFirebase é flexível e escalonável para desenvolvimentos móveis, web e servidores a partir do Firebase e do Google Cloud Platform. Oferece também suporte off-line, auxiliando na criação de aplicativos mais responsivos. Os dados são armazenados em documentos mapeados de campos para valores. Os documentos permanecerão gravados dentro de coleções, que basicamente são containers de documentos que auxiliam na organização e na criação de consultas. Cada campo em um documento pode conter apenas um tipo, como por exemplo strings (para armazenar texto), números e timestamp (para

armazenar data e hora). Os documentos podem conter mais de um campo. É possível realizar a criação de subcoleções nos documentos (FIREBASE, 2021).

### 3.5 Etapas de Desenvolvimento

O desenvolvimento do código do projeto foi dividido nas seguintes etapas:

- Estrutura básica do aplicativo: projeto flutter com tela de início e tela da busca de rota;
- Chamadas via API para disponibilização do mapa na tela de busca e da localização do usuário em tempo real;
- Chamadas via API (Directions API) para cálculo e desenho da rota na tela;
- Conexão com o banco de dados NoSQL Firebase para armazenar as informações de rota;
- Implementação do callback responsável por capturar eventos de movimento e parada do usuário;
- Criação do dialog de avaliação que é disparado cada vez que o usuário pára de se movimentar;
- Implementação do envio automático de informações ao banco de dados a cada movimento e avaliação do usuário;
- Desenvolvimento do frontend da aplicação: escolha de cores, fontes e formas;
- Disponibilização em tela de toda a infraestrutura cicloviária da cidade de Joinville através do recurso da adição de elementos gráficos ao mapa;
- Melhoria na acuracidade de desenho da rota.

O produto resultante das etapas supracitadas será apresentado no capítulo de Resultados.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Apresentação do Sistema**

O sistema proposto foi desenvolvido com base na modelagem apresentada anteriormente, utilizando as ferramentas supracitadas no capítulo 3.

#### **4.1.1 Tela de Início**

A tela de início é a primeira tela do aplicativo (Figura 15), que aparece uma vez que o mesmo é iniciado. Aqui estão presentes três principais componentes:

1. Barra superior fixa na parte superior da tela, contendo as duas letras iniciais do nome do aplicativo e um ícone nativo do Flutter em formato de bicicleta;
2. Área central contendo o nome da aplicação e uma cor de fundo;
3. Botão cujo link leva o usuário à página de busca.

Figura 15 – Tela de Início.



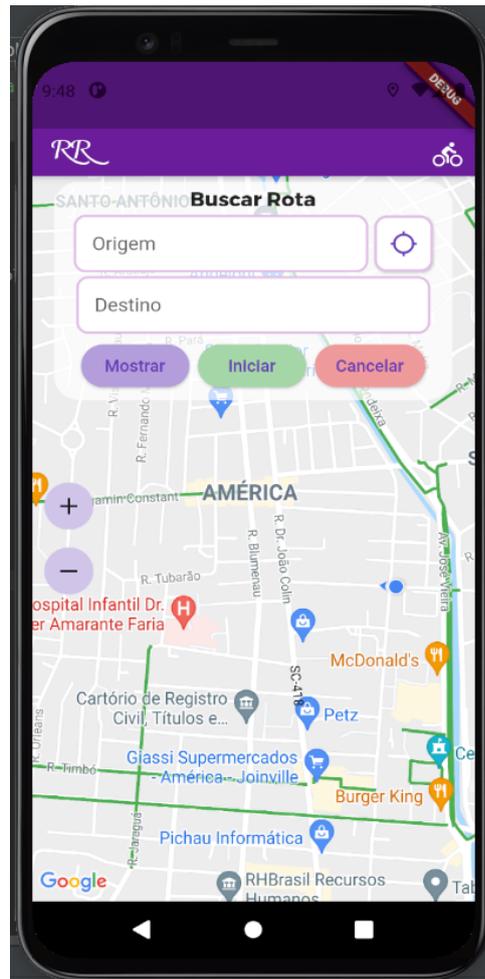
Fonte: Autora, 2021

#### 4.1.2 Tela de Busca

A tela de busca é responsável por dois dos principais casos de uso do aplicativo: a visualização da malha cicloviária de Joinville no mapa da cidade e a busca e acompanhamento de um trajeto. Como o *widget* do mapa consome dados diretamente do servidor google, ele funciona da mesma maneira que na web: é possível arrastar o mapa através do toque, e mudar a escala de visualização utilizando os botões de ZoomIn e ZoomOut.

A posição atual do usuário é aferida automaticamente e a visualização da tela passa a ser centrada neste ponto, movendo-se automaticamente à medida que a localização do usuário mudar. Esta posição é definida como padrão no campo de 'origem' então caso o usuário se mova entre o momento de abertura da tela e o momento de busca de rota, é possível atualizar sua posição de origem clicando no botão à direita do campo de 'origem', como mostra a Figura 16.

Figura 16 – Tela de Busca.

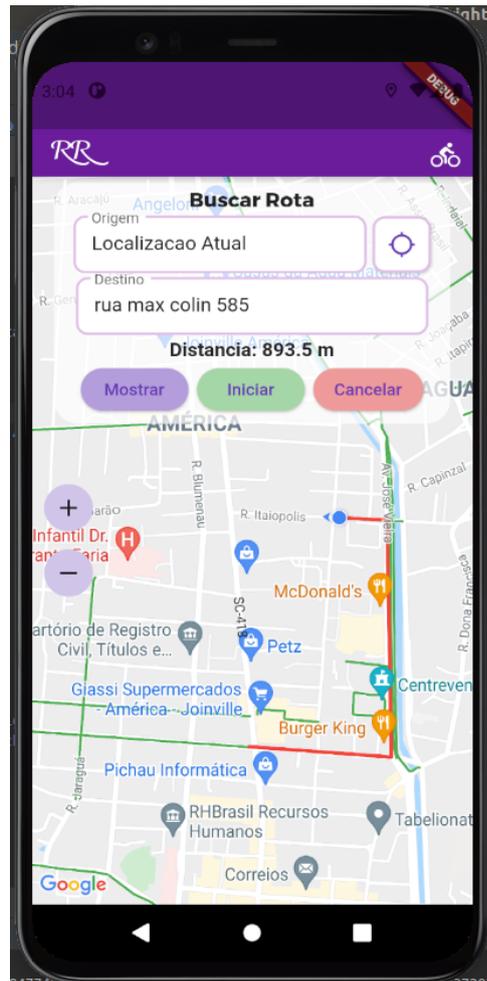


Fonte: Autora, 2021

Para fazer uma busca, o usuário escreve apenas o endereço do seu local de destino e aciona o botão 'Mostrar'. Em seguida, elementos gráficos de linha correspondentes à informação de rota disponibilizada pelo Google Maps API, dando prioridade ao deslocamento por bicicleta, são desenhados na tela na cor vermelha. Então, para efetivamente realizar o percurso, o usuário clica no botão 'Iniciar'.

A partir da inicialização de percurso, a posição atual, os movimentos e a velocidade do usuário passam a ser atualizados e armazenados no banco de dados externo a cada 2 segundos. O funcionamento do banco de dados bem como o acesso ao mesmo serão explicados na próxima subseção. Também nesta janela de tempo, é atualizada a distância restante até o destino. Já a localização atual mostrada na tela em tempo real pelas chamadas ao Google Maps.

Figura 17 – Tela de busca com rota traçada.



Fonte: Autora, 2021

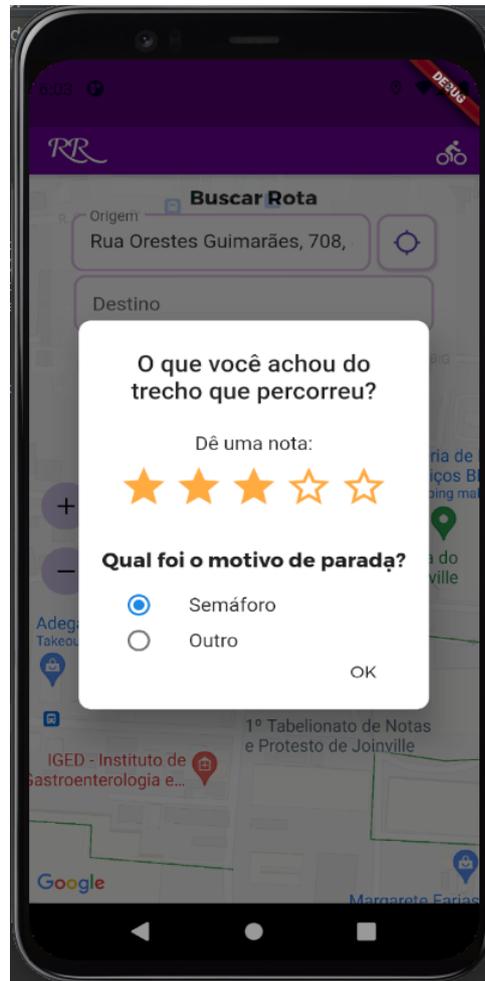
#### 4.1.3 Tela de Avaliação

A tela de avaliação é, na verdade, um novo estado da tela de busca, pois esta permanece ativa enquanto o ciclista faz a avaliação do trecho que acabou de percorrer.

Para esse caso de uso foi utilizado um widget chamado dialog, uma caixa de diálogo que informa o usuário sobre situações que exigem reconhecimento (FLUTTER, 2021). Ele aparece como um pop-up no meio da tela que coloca uma sobreposição sobre o fundo. É mais usado para confirmar uma ação irreversível do usuário ou, como neste caso, uma ação que vai ser realizada sem que o usuário perca totalmente a visibilidade do que continua acontecendo na tela anterior, deixando claro para o mesmo que são ações concomitantes e que o trajeto que está sendo percorrido ainda está ativo no aplicativo.

Como mostra a Figura 18, é solicitado que o ciclista forneça uma avaliação do último trecho percorrido, sendo ele desde o início do percurso ou desde a última avaliação.

Figura 18 – Tela de avaliação.



Fonte: Autora, 2021

Por questões de segurança do usuário, todo esse processo de avaliação acontece apenas quando o sistema identifica que o ciclista parou. Há ainda uma última possibilidade de contribuição à coleta de dados: o registro do motivo de parada.

Caso o usuário não queira contribuir com os dados e desejar apenas seguir com o trajeto, ele pode simplesmente tocar em algum local da tela externo ao pop-up ou esperar que este desapareça após 5 segundos sem resposta.

## 4.2 Manipulação dos Dados

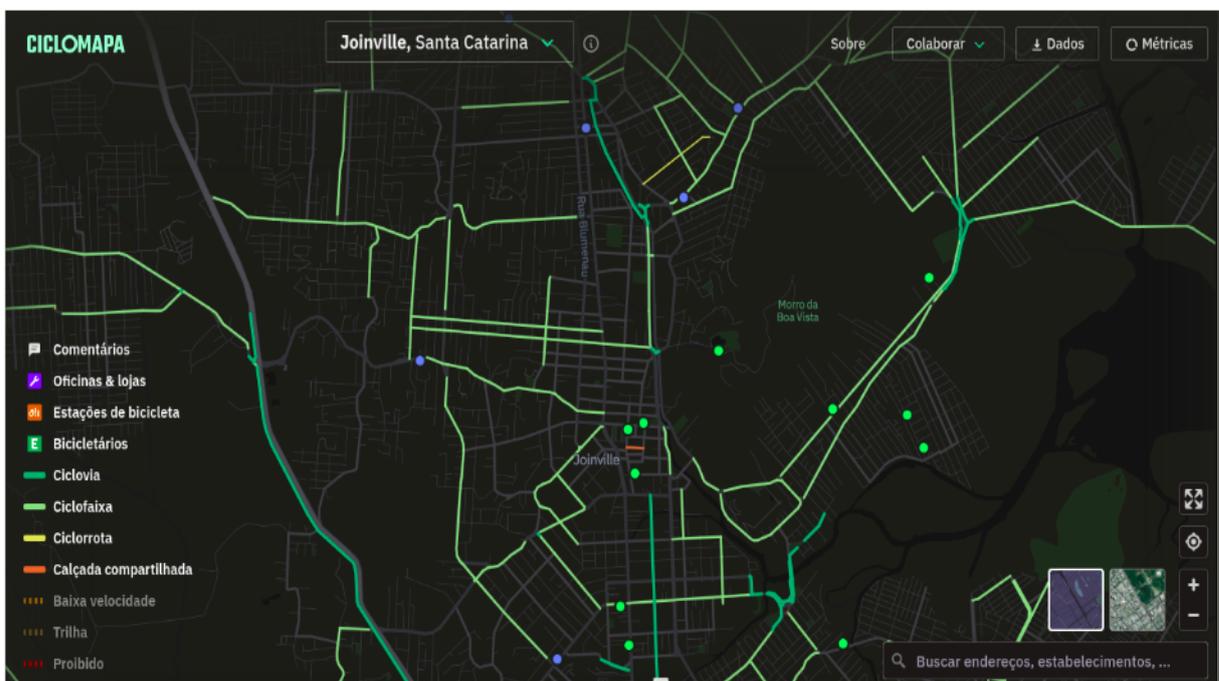
Dados foram manipulados principalmente em duas etapas do desenvolvimento: na adição de informações da infraestrutura cicloviária de Joinville ao mapa e na organização dos dados coletados durante o uso da aplicação.

#### 4.2.1 Dados da infraestrutura cicloviária de Joinville

Para que as linhas correspondentes à infraestrutura cicloviária fossem adicionadas ao mapa, foi necessário primeiramente obter esses dados em um formato georreferenciado.

O CicloMapa é uma ferramenta online livre que busca ampliar a visibilidade das infraestruturas cicloviárias (ou a falta delas) das cidades brasileiras, disponibilizando dados que auxiliem a incidência em políticas públicas para a ciclomobilidade. Como base, é utilizado o OpenStreetMap (OSM), uma plataforma colaborativa de mapeamento de dados geo-espaciais abertos, que procura engajar a comunidade em sua atualização e na importância de dados abertos (CICLOMAPA, 2021). No site do CicloMapa é possível selecionar a cidade desejada, assim como as opções do que se quer visualizar ou não sobre o mapa, como mostra a Figura 19.

Figura 19 – Página online Ciclomapa



Fonte: Autora, 2021

No canto superior da página é possível fazer o download dos dados referentes à cidade selecionada. O download é feito no formato Json, com a organização mostrada na Figura 20. As informações vêm organizadas em um sistema chave-valor, dentro da qual a chave "features" guarda uma lista de objetos do mapa, sendo eles representados por polígonos ou por linhas. Cada um desses componentes possui um número identificador e as coordenadas geométricas de localização, a informação que permitirá o desenho no mapa presente na aplicação.

Figura 20 – Trecho com os dados da Infraestrutura cicloviária de Joinville/SC

```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "features": [
    {
      "type": "Feature",
      "id": "way/264419291",
      "properties": {
        "name": "Oficina de Bicicleta Bike Sul",
        "id": "way/264419291",
        "type": "Oficinas & lojas"
      },
      "geometry": {
        "type": "Polygon",
        "coordinates": [[[-48.8086705, -26.3394253], [-48.8087368, -26.339429], [-48.8087289, -26.3395414], [-48.8086626, -26.3395377], [-48.8086705, -26.3394253]]]]
      }
    },
    {
      "type": "Feature",
      "id": "way/108121467",
      "properties": {
        "name": "Rua Iririú",
        "id": "way/108121467",
        "type": "Ciclofaixa"
      },
      "geometry": {
        "type": "LineString",
        "coordinates": [[[-48.8272303, -26.271431], [-48.8273133, -26.2714812], [-48.8276141, -26.2716723], [-48.8277439, -26.2717502], [-48.8279426, -26.2718763]]]]
      }
    }
  ]
}
```

Fonte: Autora, 2021

Segundo as métricas coletadas pelo próprio CicloMapa, a infraestrutura presente na cidade é composta majoritariamente por ciclofaixas e ciclovias, sendo 132km e 13 km, respectivamente. Portanto, filtrou-se utilizando um script apenas as linhas georreferenciadas referentes às ciclovias e ciclofaixas de modo que estas informações pudessem ser lidas pelo aplicativo e mostradas ao usuário. O resultado do arquivo final está exemplificado na Figura 21.

Figura 21 – Exemplificação de pontos georreferenciados referentes às ciclovias e ciclofaixas

```
[
  [-48.8887383, -26.2826746],
  [-48.887414, -26.2830012],
  [-48.8872383, -26.2830518],
  [-48.8871411, -26.2830853],
  [-48.8870688, -26.2831121],
  [-48.886953, -26.2831632],
  [-48.8868512, -26.2832129],
  [-48.8867558, -26.2832665],
  [-48.8866399, -26.2833403],
  [-48.8864202, -26.2834941],
  [-48.8857836, -26.2839596],
]
```

Fonte: Autora, 2021

#### 4.2.2 Banco de dados da aplicação

Para que seja possível armazenar os dados de percurso e de avaliação de cada trecho, foram criadas três coleções no Cloud Firebase com os nomes “locations”, “routes” e “sections”.

A primeira coleção guarda dados de localização que, após o início do percurso, são enviados a cada 2 segundos com as informações descritas na Tabela 6, cujas colunas representam o nome do campo, o tipo de dado e sua descrição, respectivamente.

Tabela 6 – Dados de Localização

Nome do campo	Tipo de Dado	Descrição
Id	Inteiro	Número identificador da rota
Routeld	Inteiro	Número identificador da rota
Position	Geohash e Geopoint	Tipo nativo do firebase para identificação de posição geográfica
Speed	Double	Velocidade do usuário
Timestamp	DateTime	Momento no qual o dado foi gravado

Fonte: Autora, 2021

À medida que o usuário se move, sua velocidade e deslocamento desde o último registro são aferidos. Caso seja identificada uma parada, a tela de avaliação do trecho é mostrada e a nota é enviada ao banco de dados juntamente com as demais informações referentes ao trecho recém percorrido, como mostra a Tabela 7.

Tabela 7 – Dados de Seção

Nome do campo	Tipo de Dado	Descrição
Id	Inteiro	Número identificador da seção
Routeld	Inteiro	Número identificador da rota
From	Geohash e Geopoint	Tipo nativo do firebase para identificação de posição geográfica
To	Geohash e Geopoint	Tipo nativo do firebase para identificação de posição geográfica
Stars	Inteiro	Avaliação do usuário (em número de estrelas) para a seção em questão
Reason	String	Motivo da parada que encerrou a seção.

Fonte: Autora, 2021

Por fim, a entidade de Rotas é responsável por armazenar os dados gerais da rota inteira percorrida, guardando referência a todas as seções que a subdividem, a média das notas atribuídas a elas e a velocidade média de todo o percurso (Tabela 8).

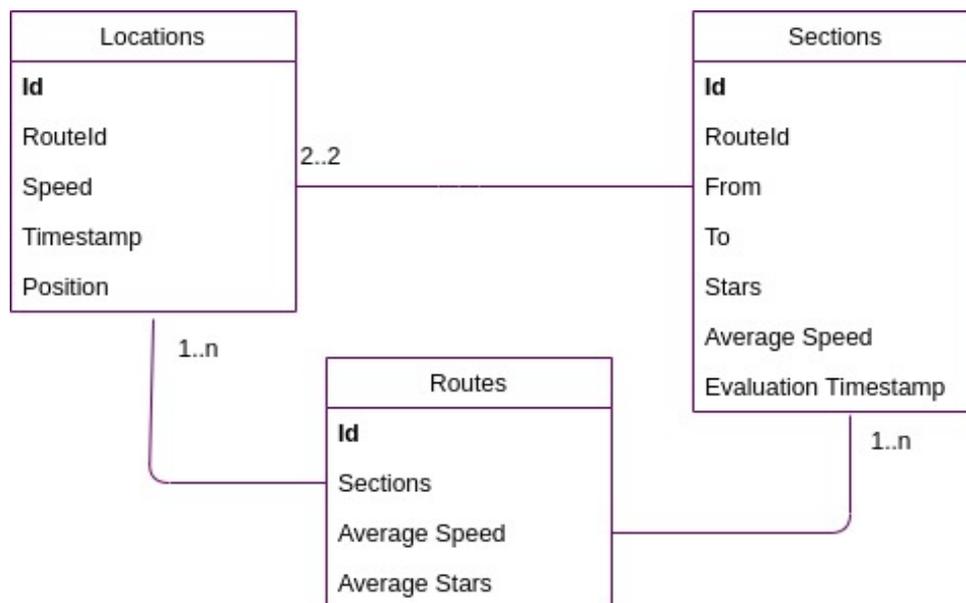
Tabela 8 – Dados de Rota

Nome do campo	Tipo de Dado	Descrição
Id	Inteiro	Número identificador da seção
Sections	List<Sections>	Lista das seções que compõem a rota
Average Speed	Double	Velocidade média durante toda a rota
Average Stars	Inteiro	Avaliação do usuário (em número de estrelas) para a seção em questão

Fonte: Autora, 2021

Apesar do Firebase ser um banco de dados não relacional, a construção das coleções e documentos foi feita de maneira que haja suporte também para migração para uma estrutura relacional caso necessário. Ou seja, mesmo se tratando de documentos organizados no sistema de documentos, foi inserido também um identificador em cada um dos objetos para facilitar o relacionamento entre os mesmos. A estrutura é mostrada na Figura 22.

Figura 22 – Estrutura do Banco de Dados



Fonte: Autora, 2021

### 4.3 Exemplo de Utilização do Aplicativo

Nesta subseção será mostrado um exemplo de utilização do aplicativo, na qual o ciclista buscará uma rota e fará duas paradas no meio do percurso. Os endereços de origem, destino e as situações de parada são detalhadas no Tabela 9 e foram escolhidos à caráter de teste. A simulação de movimento foi feita no emulador do Android Studio.

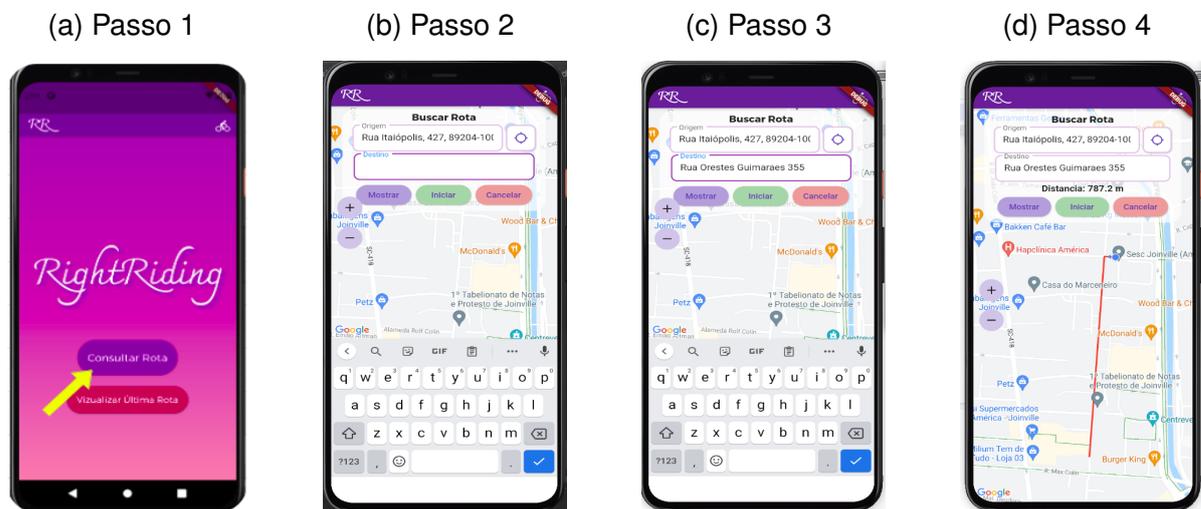
Tabela 9 – Dados de Exemplo

Origem	Sesc Joinville. Rua Itaiópolis 427.
Destino	Supermercado Giassi. Rua Orestes Guimarães 355
Parada no meio do percurso	Rua Orestes Guimaraes 876

Fonte: Autora, 2021

Ao abrir o aplicativo e selecionar a opção “buscar rota” como na Figura 23a (com indicação de uma seta), o usuário será direcionado à tela de busca e terá sua posição atual automaticamente identificada, bem como poderá visualizar a infraestrutura ciclovária ao seu redor, como na Figura 23b.

Figura 23 – Exemplo do fluxo de uso do Aplicativo



Fonte: Autora, 2021

Com o objetivo de primeiramente visualizar a rota sugerida pelo aplicativo, o usuário insere seu endereço de destino no campo de busca, na parte superior da tela e, em seguida, aciona o botão “Mostrar” (Figura 23c). O resultado dessas ações é a construção da rota na cor vermelha e a exibição da distância calculada, como mostra a Figura 23d.

Em seguida, o ciclista aciona o botão “Iniciar” e começa sua movimentação. Neste momento, um registro de rota é criado no banco de dados como um novo documento da coleção “Routes” com as informações já disponíveis neste momento do trajeto: posição inicial e posição final. As demais informações serão adicionadas à medida que as ações correspondentes forem sendo realizadas pelo ciclista. É criado um número identificador da rota que possibilitará o relacionamento entre os pontos percorridos, os trechos avaliados e a rota em questão. Um documento é então criado na coleção “Sections”, representando o início do primeiro trecho da rota, contendo as informações já disponíveis. A cada dois segundos, as informações de localização são

gravadas no banco de dados na coleção “Localização”.

Em determinado momento do percurso, o ciclista pára diante de uma faixa de pedestres durante alguns segundos. Através da verificação periódica de posição, o sistema identifica o momento de parada e exibe o pop-up de avaliação do trecho que acaba de ser percorrido. Após o registro da avaliação e do motivo da parada, o pop-up desaparece e o usuário volta à tela de exibição da rota.

As informações acerca do término da seção são então calculadas e adicionadas ao mesmo documento criado quando a mesma foi iniciada. A localização atual do ciclista permanece sendo registrada, mesmo estando parado, mas o sistema reconhece que a avaliação do trecho já foi feita e pede uma nova avaliação apenas se uma nova parada acontecer após percorridos pelo menos 20 metros. O ciclista então volta a se movimentar até atingir o final do percurso. Neste momento, é novamente exibido o pop-up de avaliação e registradas as informações fornecidas. Ao identificar a chegada ao destino, o sistema é redirecionado à tela de início.

O resultado deste percurso no banco de dados foi uma rota, duas seções relacionadas à essa rota e os registros de localização associados, como nas Figuras 24, 25 e 26.

Figura 24 – Dados da Rota

rightriding > Routes > 1		
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Iniciar coleção</li> <li>Locations</li> <li><b>Routes</b> &gt;</li> <li>Sections</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Adicionar documento</li> <li>1 &gt;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Iniciar coleção</li> <li>+ Adicionar campo</li> <li>averageSpeed: 12.56</li> <li>averageStars: 4</li> <li>from: /Locations/MYkjI9h2_3RPbBdpZi7</li> <li>id: 1</li> <li>sections               <ul style="list-style-type: none"> <li>0 /Sections/1</li> <li>1 /Sections/2</li> </ul> </li> <li>to: /Locations/MZ-4trIXuoje0z7dXcQ</li> </ul>

Fonte: Autora, 2021

Figura 25 – Dados da Seção

Sections > 1		
<p>+ Iniciar coleção</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Locations</li> <li>Routes</li> <li>Sections &gt;</li> </ul>	<p>+ Adicionar documento</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 &gt;</li> <li>2</li> </ul>	<p>+ Iniciar coleção</p> <p>+ Adicionar campo</p> <p>From: /Locations/MYltw0vvggAbLiIHV8te</p> <p>To: /Locations/MYltw0vvggAbLiIHV898</p> <p>id: 1</p> <p>reason: "semaforo"</p> <p>routeId: 1</p> <p>stars: 3</p>

Fonte: Autora, 2021

Figura 26 – Dados da Localização

Locations > -MYkj9h2_3RPb...		
<p>+ Iniciar coleção</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Locations &gt;</li> <li>Routes</li> <li>Sections</li> </ul>	<p>+ Adicionar documento</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-MYkj19h2_3RPbBdpZi7 &gt;</li> <li>-MYkj1ybeaekfq1Pm9-</li> <li>-MYkjmZeK6yTJTj0mxSV</li> <li>-MYkjn2aESpmYVhgExm1</li> <li>-MYkijnmtIUC9pwZDzUUP</li> <li>-MYkjoWXkmo0jKL5r8PO</li> <li>-MYkjp-cxwzs0mDT9cAK</li> <li>-MY1tuaUmMmi1BYSE9qV</li> </ul>	<p>+ Iniciar coleção</p> <p>+ Adicionar campo</p> <p>id: 1</p> <p>position</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>geohash: "6gm62w81"</li> <li>geopoint: [26.2873617° S, 48.8449917° W]</li> <li>speed: 5.658884048461914</li> <li>timestamp: 26 de abril de 2021 16:25:56 UTC-3</li> </ul>

Fonte: Autora, 2021

#### 4.3.1 Recuperação e uso dos dados

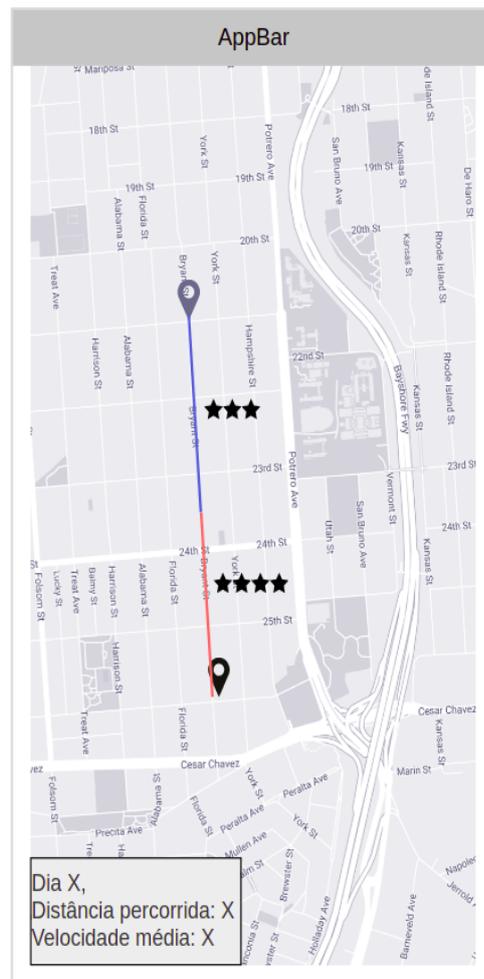
Como descrito anteriormente, os dados coletados durante o percurso realizado pelos ciclistas ficam armazenados no banco de dados Firebase e podem ser acessados de forma remota. Estas informações podem ser utilizadas em análises agregadas que possibilitam a medição do uso e qualidade da infraestrutura cicloviária da cidade. Partindo do esquema mostrado na Figura 22, é possível extrair informações tais como:

- o fluxo de ciclistas que percorrem as vias cicláveis e não cicláveis da cidade, utilizando os documentos da coleção "Location" e técnicas como mapas de calor para, desta maneira, identificar locais de demanda de construção de novas ciclovias ou ciclofaixas;
- a qualidade da infraestrutura já existente, compilando dados de avaliação das seções;
- identificação de demanda por faixas de pedestres ou semáforos em locais com

alto índice de parada com motivo “passagem de pedestre”.

Além disso, há o caso de uso ainda não implementado “visualizar histórico de rotas percorridas” cujo objetivo é permitir que o ciclista tenha um perfil no aplicativo, com login e senha, e tenha à disposição o histórico de rotas por ele percorridas, a exemplo do que acontece no aplicativo Stava, mencionado na subseção X. A Figura 18 mostra um protótipo de como seria composta esta tela.

Figura 27 – Protótipo da Tela de Histórico



Fonte: Autora, 2021

## 5 CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste trabalho partiu da discussão recorrente no estudo da mobilidade urbana acerca da necessidade de investimento e incentivo do uso de meios de transporte alternativos aos veículos automotores, principalmente os individuais. Como pontuado anteriormente, a legislação brasileira já prevê a importância da pesquisa e do planejamento na área.

A exemplo da plataforma Waze, como foi mostrado na subseção 2.6.0.2, a coleta de dados georreferenciados oferece várias opções de aplicação no que diz respeito ao planejamento urbano. Da mesma maneira que o Waze visa a melhora das condições de tráfego de veículos nas cidades com as quais fechou parceria, este trabalho possui potencial de funcionar da mesma maneira, com foco na ciclomobilidade. Há ainda a vantagem de que o estabelecimento de parcerias público-privadas dispensam o poder público de assumir os investimentos necessários em desenvolvimento de software e publicidade, essenciais para que um sistema colaborativo funcione satisfatoriamente.

Como mencionado na seção 4.3.1, além do potencial relacionado à compilação de dados, há o terceiro e último caso de uso do sistema, visualização do histórico de rotas percorridas pelo ciclista. Esta funcionalidade ainda não foi implementada.

Os principais desafios encontrados no desenvolvimento do sistema foram relacionados à falta de conhecimento tanto da linguagem de programação Dart quanto do framework Flutter, requerendo assim tempo para estudo e leitura das documentações. A escolha do período de dois segundos para a identificação da posição geográfica do usuário foi escolhida de forma empírica a partir da realização de testes simulados no emulador do editor de código.

O código fonte desenvolvido para o trabalho está disponível em um repositório no GitHub: <https://github.com/biancamouta/RightRiding>.

Ademais, sugere-se a adição da funcionalidade que permite ao usuário reportar eventos durante o trajeto tais como obras, buracos ou interrupções em ciclovias ou ciclofaixas, com atenção ao aspecto temporal de tais informações. Por fim, permitir a utilização de comandos de voz como interface com o aplicativo, facilitando assim a coleta dos dados.



CARNEIRO, L. M. Cadastro de informações cicloviárias em dispositivos móveis. Joinville, SC, 2013.

CICLOMAPA. **Ciclomapa**. 2021. Disponível em: <<https://ciclomapa.org.br/?lat=-26.2608960&lng=-48.7997310&z=12.82>> Acesso em 27 abr. 2021.

COSTA, M. A. F. d. et al. Sistema de apoio à mobilidade de utilizadores da bicicleta. 2011.

DATAWAZE. **Introducing the W10 and the new connected citizens platform**. 2014. Disponível em: <<http://datawaze.com/2014/10/01/introducing-the-w10-and-the-new-connected-citizens-platformprogram/>> Acesso em 05 dez. 2020.

ERICKSON, T. Geocentric crowdsourcing and smarter cities: Enabling urban intelligence in cities and regions. In: **1st Ubiquitous Crowdsourcing Workshop at UbiComp**. [S.l.: s.n.], 2010.

ESTATÍSTICA., I. B. D. G. E. **Áreas Urbanizadas do Brasil 2015**. 2017. Disponível em: <[https://www.ibge.gov.br/apps/areas\\_urbanizadas.](https://www.ibge.gov.br/apps/areas_urbanizadas.)> Acesso em 03 dez. 2020.

FIREBASE. **Firestore helps you build and run successful apps**. 2021. Disponível em: <<https://firebase.google.com/?hl=pt-br>> Acesso em 27 abr. 2021.

FLUTTER. **Flutter**. 2021. Disponível em: <<https://flutter.dev/docs>> Acesso em 26 abr. 2021.

GEIPOT, E. B. D. P. M. T. **Manual de planejamento cicloviário**. [S.l.: s.n.], 2001. v. 126f.

GITHUB. **Where the world builds software**. 2021. Disponível em: <<https://github.com/about>> Acesso em 27 abr. 2021.

HENNING, E. et al. **Programa de Extensão Nemobis**. 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/199175/UDESC%20-%20PROGRAMA%20DE%20EXTENS%C3%83O%20NEMOBIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 15 mai. 2021.

HENNING, Y. Proposta de aplicativo para coleta de dados de mobilidade. Joinville, SC, 2017.

AZEVEDO JUNIOR, D. P. d.; CAMPOS, R. d. Definição de requisitos de software baseada numa arquitetura de modelagem de negócios. **Production**, SciELO Brasil, v. 18, n. 1, p. 26–46, 2008.

KIRNER, J. Proposta de um método para a definição de rotas cicláveis em áreas urbanas. Universidade Federal de São Carlos, 2006.

LESSA, I. **Waze firma parcerias com prefeituras e meios de comunicação brasileiros**. 2014. Disponível em: <<http://www.proxima.com.br/home/mobile/2014/10/24/Waze-firma-parcerias-com-prefeituras-emeios-de-comunicacao-brasileiros.html>> Acesso em 15 out. 2020.

LIMA, F. F. d. Avaliação de frameworks para o desenvolvimento de aplicações híbridas. Universidade Federal do Pampa, 2019.

LOPES, S.; PFAFFENBICHLER, P.; FERNANDES JR, J. Métodos de coleta e análise de dados na elaboração de um plano de mobilidade. In: **Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável**. Maceió, Brasil: [s.n.], 2016. p. PaginaInicial–PaginaFinal.

LOPES, S. B. **Uma ferramenta para planejamento da mobilidade sustentável com base em modelo de uso do solo e transportes**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2010.

MAPS, G. **Conheça o mundo ao seu redor**. 2021. Disponível em: <<https://www.google.com/intl/pt-br/maps/about/#/>> Acesso em 27 abr. 2021.

MISRA, A. et al. Crowdsourcing and its application to transportation data collection and management. **Transportation Research Record**, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 2414, n. 1, p. 1–8, 2014.

NEVES, J.; JUNIOR, V. M. Uma análise comparativa entre flutter e react native como frameworks para desenvolvimento híbrido de aplicativos mobile: Estudo de caso visando produtividade. **Ciência da Computação-Tubarão**, 2020.

OBJECTIVE. **A Prototipação no desenvolvimento de software**. 2017. Disponível em: <<https://www.objective.com.br/insights/a-prototipacao-no-desenvolvimento-de-software/>> Acesso em 27 abr. 2021.

RIETVELD, P.; DANIEL, V. Determinants of bicycle use: do municipal policies matter? **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, Elsevier, v. 38, n. 7, p. 531–550, 2004.

SOUSA, P. B. de. **Análise de fatores que influem no uso da bicicleta para fins de planejamento ciclovário**. 2012. Tese (Doutorado) — Tese, 2012.

STATISTA. **Cross-platform mobile frameworks used by software developers worldwide in 2019 and 2020**. 2020. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/869224/worldwide-software-developer-working-hours/>> Acesso em 27 abr. 2021.

STRAVA. 2021. Disponível em: <<https://www.strava.com/dashboard>> Acesso em 26 abr. 2021.

SUN, Y.; MOBASHERI, A. Utilizing crowdsourced data for studies of cycling and air pollution exposure: A case study using strava data. **International journal of environmental research and public health**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 14, n. 3, p. 274, 2017.

TECHTUDO. **Google Maps: faça download no celular ou acesso mapas online no seu computador**. 2016. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/google-maps.html>> Acesso em 27 abr. 2021.

TURINE, M. A. S.; MASIERO, P. C. et al. Especificação de requisitos: uma introdução. São Carlos, SP, Brasil., 1996.

VIANNA, M. **Design thinking: inovação em negócios**. [S.l.]: Design Thinking, 2012.

WAZE. **Site oficial do Waze no Brasil.Sobre nós**. 2021. Disponível em: <<https://www.waze.com/ptBR/about>> Acesso em 04 abr. 2021.

WINDMILL, E. **Flutter in Action**. [S.l.]: Manning Publications Company, 2019. Disponível em: <<https://livebook.manning.com/book/flutter-in-action>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

ZANLORENCI, E. P.; BURNETT, R. C. Modelo para qualificação da fonte de informação do cliente e de requisito funcional. **WER**, v. 98, p. 39–48, 1998.

## APÊNDICE A

Lista de Requisitos Funcionais:

- RF01: Exibir mapa;
- RF02: Exibir localização do usuário em tempo real;
- RF03: Exibir infraestrutura cicloviária de Joinville;
- RF04: Permitir que o usuário insira endereços de origem e destino;
- RF05: Exibir rota;
- RF06: Exibir distância até o destino;
- RF07: Aferir informações de deslocamento e velocidade em tempo real;
- RF08: Inserir no banco de dados Informações de deslocamento e velocidade em tempo real;
- RF09: Exibir diálogo de avaliação a cada parada;
- RF10: Inserir no banco de dados as informações de avaliação;
- RF11: Cancelar Rota;