



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Departamento de Sistemas de Informação

André Teixeira Araújo de Matos Pinto

Agregação de rotas cicláveis para geração de dados analíticos de mobilidade urbana

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Gestão de Sistemas de Informação

Trabalho efetuado sob a orientação do(s)

Doutor Rui João Peixoto José

Outubro de 2019

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Agradecimentos

Ao finalizar este trabalho e etapa da minha vida, não posso deixar de agradecer a todos aqueles que, pelo seu apoio e incentivo, contribuíram e tornaram toda a realização deste trabalho mais agradável.

Gostaria de agradecer primeiramente ao meu professor e orientador de tese Dr. Rui João Peixoto José, pelo apoio incondicional, acompanhamento e disponibilidade que contribuíram para o sucesso desta dissertação, assim como pelo voto de confiança ao atribuir-me esta tese de mestrado.

Agradeço igualmente à minha família pelo apoio e motivação que me dedicaram nos momentos de maior stress, que estiveram sempre ao meu lado e me deram forças ao longo destes cinco anos, sem eles nada disto seria alcançável e o meu eterno apreço é dedicado eles.

Um agradecimento final é dedicado aos meus colegas de curso que acompanharam de perto todo o meu crescimento académico, sem eles todo este percurso não teria o mesmo significado e estou-lhes grato pelo apoio e por todos os momentos que tornaram a minha formação uma etapa bastante mais memorável.



DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Resumo

Nos dias de hoje a mobilidade ciclável é vista como um meio de transporte cada vez mais procurado em vários contextos como de lazer, desporto, trabalho, entre outros, isto porque serve como meio de deslocação alternativo aos automóveis que são usados de uma forma desmesurada e contribuem para o aumento dos níveis de poluição urbana, entre outros fatores que diminuem a qualidade da saúde das populações em geral.

Em conformidade com este crescimento, e no sentido de melhorar a mobilidade ciclável, têm surgido serviços de partilha de rotas que têm como objetivo oferecer informações de rotas já circuladas por outros ciclistas. Essas informações podem ser facilmente acedidas por outras pessoas, porém existe uma vasta gama de informação dispersa e que seria bastante útil se conseguíssemos agregá-la de forma a criar outro tipo de informação complementar bastante mais completa.

Neste sentido esta dissertação tem como objetivo estudar o processo de agregação de rotas, e que como um conjunto de dados proveniente de diferentes fontes, promove um objetivo comum, que é melhorar a mobilidade urbana ciclável. Para isso foram estudados diferentes serviços de partilha de rotas e feita a agregação das rotas resultantes desse estudo, onde a informação obtida deste processo foi igualmente estudada no sentido de verificar a sua viabilidade e como pode contribuir para uma melhor experiência ciclável através de informação mais rica e não tão individualizada por uma só rota, mas sim como um conjunto de rotas agregadas.

Palavras chave: Python, OpenStreetMap, *Mapmatching* de rotas, Segmentação de rotas



Abstract

Nowadays, cycling mobility is seen as an increasingly popular means of transport in various contexts such as leisure, sports, work, among others, because it serves as an alternative means of displacement to cars that are used in a disproportionate manner, this contributes to the increase of urban pollution levels, among other factors that decrease the health quality of the population in general.

In line with this growth, and in order to improve cycling mobility, route sharing services have emerged to provide information about routes previously followed by other cyclists. This information can be easily accessed by others, but there is a wide range of scattered information that would be very useful if we could aggregate it in order to create another kind of far more complete complementary information.

In this sense this dissertation aims to study the process of route aggregation, and with data set from different sources, promotes a common goal, which is to improve urban cycling mobility. For this, different route sharing services were studied, and the resulting routes were aggregated, where the information obtained from this process was also studied in order to verify its viability and how it can contribute to a better cycling experience through richer information. and not so individualized by route, but as a set of aggregated routes.

KeyWords: Python, OpenStreetMap, Route Mapmatching, Route Segmentation



Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vi
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas	x
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrônimos	xi
1. Introdução	12
1.1. Enquadramento	12
1.2. Objetivos	13
1.3. Estrutura do documento.....	14
2. Revisão de Literatura	16
2.1. Processo de Revisão de Literatura.....	16
2.2. Tecnologias Avançadas de Posicionamento	17
2.3. Serviços de Partilha de Rotas	17
2.4. Mapmatching.....	18
2.4.1. Mapeamento <i>Offline</i> vs Mapeamento <i>online</i>	19
2.4.2. Tipos de Algoritmos de <i>mapmatching online</i> e <i>offline</i>	21
2.5. Segmentação Dinâmica de Rotas e Algoritmos de Segmentação.....	25
2.6. Estudos de Sistemas Cicláveis	29
2.6.1. Sistemas de <i>Bike Sharing</i>	29
2.7. Visualizações Geoespaciais	30
3. Metodologia.....	32
4. Obtenção e Processamento de Rotas	35
4.1. Dados Base	37
4.2. Tipos de Dados.....	39
4.3. Metadados.....	41
4.4. Informação Complementar.....	43
5. Mapmatching e Agregação de Dados	48
5.1. Mapmatching.....	48
5.2. Mecanismos de Agregação.....	51
6. Análise por Visualização de Resultados	58
7. Conclusões.....	77
Referências	79



Anexos I – Caracterização dos Serviços de Rotas	81
Wikiloc.....	81
Ciclovía	83
Bikely	84
Komoot	85
SportRoutePlanner.....	87
Mapmyride	88
Braga Ciclável.....	90

Índice de Figuras

Figura 1 - Problema geral do mapeamento de medidas para posições – (Roth, The Offline Map Matching Problem and its Efficient Solution, 2018)	20
Figura 2 - Derivação da distância perpendicular (Pereira et al., 2016)	23
Figura 3 - Ligação entre AB e respetiva elipse de erro (Pereira, Costa, & Pereira, 2015)	24
.....	24
Figura 4 - Relação entre objetos espaciais na segmentação de rotas (Dueker Ric, 1984)	27
.....	27
Figura 5 - Agregação de segmentações espaciais (interseções) (Edelkamp & Schrödl, 2003)	28
Figura 6 - Segmentação resultante do algoritmo baseado em k-means (Edelkamp & Schrödl, 2003)	29
Figura 7 - Representação de uma interface GIS (Mennis, Mason, & Cao, 2013)	31
Figura 8 - Fases do Processo	32
Figura 9 - Rota em bruto via Mapbox	49
Figura 10 - Comparação de pontos após feito o mapmatching	50
Figura 11 - Representação da cidade de Braga em QGIS - OSM	52
Figura 12 - Agregação de rotas em QGIS	52
Figura 13 - Rota original com pontos GPS	53
Figura 14 - Rota após aplicado o plugin de segmentação	54
Figura 15 - Representação da aplicação de Python com OpenStreetMap (Boeing, 2016))	55
.....	55
Figura 16 - OSMnx nodos e secções	56
Figura 17 - OSMnx erros associados a nodos e secções	56
Figura 18 - OSMnx solução entre nodos e secções	57
Figura 19 - Mapa térmico da representatividade das rotas em Braga	58
Figura 20 - Representatividade das rotas na cidade de Braga (linhas de segmento)	59
Figura 21 - Representatividade das rotas na cidade de Braga (secções)	60
Figura 22 - Representatividade das velocidades	62
Figura 23 - Sameiro - zona central	63
Figura 24 - Bom Jesus do Monte - zona central	63
Figura 25 - Velocidades médias por secção - Secção centro	65
Figura 26 - Velocidades médias por secção - Secção Rodovia	66
Figura 27 - Velocidades médias por secção - Secção Ciclovía (Superior)	67
Figura 28 - Velocidades médias por secção - Secção Ciclovía (Inferior)	68
Figura 29 - Velocidades médias por secção - Secção Bom Jesus	69
Figura 30 - Velocidades médias por secção - Secção Sameiro	70
Figura 31 - Velocidades médias por secção - Secção Falperra	71
Figura 32 - Padrões de variação da altitude	72
Figura 33 - Análise comparativa da variação da velocidade média e variação da altitude (secção ciclovía)	73
Figura 34 - Análise comparativa da variação da velocidade média e variação da altitude (secção Bom Jesus-Sameiro-Falperra)	74
Figura 35 - Representação de possível rota mais ciclável de acordo com o estudo da velocidade e altitude.	75
Figura 36 -Braga Ciclável (Representação do mapa)	91
Figura 37 - Braga Ciclável (Legenda de mapeamento)	91



Índice de Tabelas

Tabela 1 - Tabela de dados de serviços (Dados Base)	37
Tabela 2 - Tabela de dados de serviços (Tipos de Dados)	39
Tabela 3 - Tabela de dados de serviços (Meta Dados)	41
Tabela 4 - Tabela de dados de serviços (Informação Complementar)	43
Tabela 5 - Análise comparativa dos melhores serviços (após análise)	45
Tabela 6 - Cores representativas de velocidades	62



Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

- API – *Application Programming Interface*
- CSV – *Comma-separated values*
- QR code – *Quick Response Code*
- FIT – *Flexible and Interoperable Data Transfer*
- GDB – *Geodatabase format*
- GIS – *Geographic Information System;*
- GNSS - *Global Navigation Satellite Systems*
- GPS – *Global Positioning System;*
- GPX – *GPS Exchange format*
- GTM – *Google Tag Manager*
- IEEE – *Institute of Electrical and Electronics Engineers*
- IP address – *Internet Protocol address*
- Km/h – Quilómetro por hora
- KML – *Keyhole Markup Language*
- OSM – *OpenStreetMap*
- PDF – *Portable Document Format*
- TCX – *Training Center XML*
- TI – *Information Technology*

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Nos dias de hoje a promoção de modos ativos de transporte, nomeadamente o ciclável, tem vindo a ser considerado como cada vez mais importante, no sentido de promover uma melhor mobilidade urbana mais sustentável. Segundo (Meireles & Ribeiro, 2018), trata-se de um meio de transporte mais saudável, pois promove tanto a saúde individual como a saúde do público em geral, dado que reduz a emissão de gases poluentes e permite o cumprimento de patamares de poluição estabelecidos pela União Europeia.

É de notar que em contrapartida os meios de transporte a motor, mais nomeadamente os automóveis, possuem ferramentas e investimentos bastante mais elaborados e enraizados dentro do mundo da mobilidade, sendo, portanto, um fator que leva as pessoas a menosprezarem ou a darem menos valor à mobilidade ciclável. Neste sentido é então necessário combater esta visão conservadora e procurar meios e alternativas que permitam então melhorar a experiência ciclável e com base em TI, conjugar estas duas vertentes com a finalidade de permitir efetivamente elevar o ciclismo urbano para o nível de competição dentro dos meios de transportes mais utilizados atualmente.

Idealmente, este meio de transporte deveria possuir boas condições e infraestruturas no sentido de promover uma fácil e fluente mobilidade dos ciclistas, como por exemplo, vias de circulação apropriadas e ferramentas de apoio a este tipo de mobilidade, porém atualmente o investimento dado, fica à mercê do efetivamente desejável.

Existem algumas ferramentas de serviço de partilha de rotas que vem combater um pouco a subvalorização da mobilidade ciclável, estes contêm vários tipos de informações relevantes ao nível das rotas, como por exemplo, velocidades de circulação, variação de altitude, entre outros fatores que podiam ter uma maior utilidade não ao seu nível individual, mas sim como um coletivo de informação. Acontece que muita dessa informação encontra-se fragmentada em vários serviços de partilha de rotas distintos o que não facilita o processo de busca de informação de quem recorre aos mesmos, pois pode existir igualmente informação relevante num determinado serviço, enquanto noutra podemos encontrar algo mais concreto que deveria existir em ambos.

Uma possível solução para este problema passa por encontrar algum meio de agregar as várias rotas distribuídas por diferentes serviços, averiguar como estas podem trazer benefícios e o impacto que terá então dentro da comunidade ciclável, da mesma forma recolher informação acerca dos ciclistas e gerar nova informação, tentando assim criar uma ferramenta que atualiza diferentes informações relevantes em tempo real.

Mais concretamente, pretende-se fazer um estudo em torno de como podemos juntar algo que se encontra fragmentado em vários pontos num só, mas tendo em vista de como pode ser feito de uma forma mais eficiente, e também, que realce e cubra as necessidades dos potenciais interessados, neste caso, os ciclistas.

Neste contexto, pretende-se recolher a informação contida num serviço de partilha rotas, ou seja, rotas autónomas que apenas têm um contexto dentro do próprio serviço, e enquadrar o seu conteúdo num ambiente de rotas dinâmico, em que esta rota passa fazer parte de um sistema de rotas agregadas como uma só, caso passem nas mesmas localizações. Dentro do novo ambiente é moldada de maneira a fazer parte de um todo, gerando nova informação por agregação, avaliação e tratamento de dados, traduzindo-se em novas rotas mais completas e num panorama geral, num sistema de informação ciclável mais capaz e diferenciado dos disponíveis atualmente.

Para isso serão estudados os serviços de partilha de rotas mais completos e selecionado por métodos de comparação o mais completo deles para fazer a agregação das respetivas rotas descarregadas. É esperado que este estudo possa servir de apoio a uma visão mais alargada de agregação de rotas, que consistiria num sistema de agregação que conseguisse juntar rotas de vários serviços de partilha de rotas distintos e agregá-las em tempo real num serviço de partilha de rotas bastante mais completo.

1.2. Objetivos

Nesta secção são definidos os objetivos e a investigação necessária, assim como se encontram enquadrados no projeto e a motivação para a sua realização.

Objetivo 1: Analisar vários serviços de partilha de rotas existentes, estudar como e que tipo de rotas disponibilizam e descobrir qual o tipo de informação mais normalizado. Neste sentido é esperado obter um conjunto de dados de várias rotas que contenham informações relevantes para uma posterior agregação e análise

Objetivo 2: Definir e implementar um mecanismo de agregação de rotas, como, algoritmos de segmentação de rotas, processos de agregação de rotas, ferramentas, bibliotecas e identificar eventuais limitações do processo.

Objetivo 3: Definir métricas de cobertura de rotas. Analisar tendo por base todos os percursos de uma cidade, qual a percentagem de percursos representados que incluem as rotas já criadas por utilizadores nessa cidade. Representar as rotas no mapa e verificar caminhos alternativos ou mais utilizados.

Objetivo 4: Gerar dados analíticos de representação das rotas. É esperado que no final seja elaborado uma rede de rotas agregadas e gerar igualmente informação complementar relevante, como por exemplo, a inclinação e velocidade, que permitam caracterizar o valor médio ou variação da velocidade ou inclinação nessas rotas agregadas, gerando-se assim dados analíticos adequados aos utilizadores.

1.3. Estrutura do documento

Este documento encontra-se dividido em sete capítulos distintos.

No primeiro capítulo, é apresentado o tema do projeto, o seu enquadramento e a sua motivação, bem como quais os objetivos e resultados esperados para o projeto.

No segundo capítulo, encontra-se a revisão de literatura, começando por uma descrição de como foi desenvolvida a revisão. São apresentados conceitos de processos de agregações de rotas, literaturas que inserem o conceito de algoritmos que permitem analisar padrões ou recolher informações relevantes no âmbito da agregação de rotas, assim como problemas ou condicionantes dessas abordagens de agregação. São também abordadas outras informações consideradas relevantes, relativamente a metodologias de agregação e visualização de rotas e a estudos já feitos enquadrados com estas vertentes.

O terceiro capítulo diz respeito à metodologia e ferramentas utilizadas no desenvolvimento do projeto, ou seja, todo o processo sequencial das principais fases desenvolvimento e como estas estão dependentes e relacionadas entre si.

No quarto capítulo é descrito o processo de análise de serviço de partilha de rotas cicláveis, a respetiva recolha de dados e posterior tratamento desses mesmos.

No quinto capítulo são descritos os processos de agregação de rotas e respetivos algoritmos envolventes desse mesmo processo, assim como são traçados eventuais problemas ou condicionantes que possam vir a existir e potenciais soluções para colmatar essas eventualidades.

O sexto capítulo corresponde às análises de dados agregados no âmbito da mobilidade ciclável, na sua projeção visual de maneira a poder ser interpretada e se eventualmente este estudo nos permite responder a alguma questão mais concreta de como esta agregação de informação pode ou não ser útil tanto para os ciclistas, como para futuros estudos.

No último capítulo referente à conclusão, temos uma reflexão final de todo o trabalho desenvolvido, os aspetos que consideramos que foram alcançados e outros que merecem um estudo mais aprofundado e os respetivos obstáculos encontrados.

Segue-se a este uma listagem de todas as fontes de referência de informações utilizadas na revisão de literatura e no desenvolvimento deste documento, respetivamente e os anexos com os respetivos conteúdos.

2. Revisão de Literatura

Neste ponto será feita a revisão de literatura que pode ser definida como sendo um resumo de um determinado campo de assunto que suporta a identificação de questões de pesquisa específicas (Rowley & Slack, 2004). Os elementos básicos desta revisão caracterizam-se em revisões críticas de textos teóricos, revisão crítica de outras pesquisas que podem ter informações complementares relevantes e como o trabalho a ser feito se relaciona com esses estudos feitos. Em suma, esta não se baseia em citar vários estudos feitos, mas sim em relacionar, comentar ou até criticar esses mesmos.

2.1. Processo de Revisão de Literatura

O processo de revisão de literatura desta dissertação, baseia-se essencialmente na pesquisa de documentos bibliográficos ou de artigos relacionados com o tema. Numa fase mais prematura, foram selecionadas algumas palavras-chave, com o intuito de obter o maior número de artigos possíveis, recorrendo à *Internet* como principal meio de pesquisa. Estas palavras-chave foram maioritariamente concebidas recorrendo à língua inglesa, uma vez que torna o processo de pesquisa mais abrangente e rico, porém em contrapartida, existem alguns termos semelhantes que poderão encaminhar para pesquisas desnecessárias, como por exemplo, “*routing services*”, está bastante associado a redes de computadores e endereçamento de *IP's*, sendo necessária uma maior especificidade nos termos de pesquisa introduzidos.

Para esta pesquisa foram utilizados motores de busca como o RepositoriUM, Web Of Science, b-on (biblioteca de conhecimento *online*), ACM Digital Library e IEEE Xplore, ou simplesmente recorrendo ao Google Académico, aquando a disponibilização de alguns artigos se encontrava bloqueada.

Nestes motores foram utilizadas palavras-chave como já mencionado anteriormente, como por exemplo, *route aggregation*, *gps trace aggregation*, *sharing services for bicycle routing*, *gps trace aggregation tools - data analysis*, entre outros. Para pesquisas mais diretas foram usadas palavras-chave como *routing services*, ou pesquisas diretas de nomes de serviços de partilha de rotas como Wikiloc, Komoot, entre outros.

2.2. Tecnologias Avançadas de Posicionamento

Dentro de tecnologias avançadas de posicionamento, podemos distinguir dois tipos, nomeadamente tecnologias globais e tecnologias contexto-dependentes. Tecnologias contexto-dependentes, estão limitadas a uma localização dentro de uma determinada estrutura, ou a limitações do equipamento. Apenas tecnologias de GNSS podem ser usadas globalmente. Trata-se de um sistema global de orientação e navegação que usa um conjunto de redes de satélites que transmitem um conjunto de ondas de baixa frequência para recetores na Terra estimarem a posição onde se encontram quando recebem esse mesmo sinal. “De maneira a computar uma posição precisa, são necessários pelo menos quatro satélites distintos”. (Ribeiro, 2014)

Apesar de ser uma tecnologia que tem evoluído bastante rápido ao longo dos anos em contextos urbanos, pois são desenvolvidos softwares complementares de análise, assim como a melhoria das tecnologias de mapeamento que melhoram as capacidades de dispositivos GPS já existentes, existem, porém, alguns problemas relacionados a esse contexto urbano. Acontece que em cidades, os edifícios bloqueiam os sinais de satélite, sendo refletidos pelas fachadas de vidro, o que pode levar a imprecisões no mapeamento de rotas. Da mesma forma, deslocamentos lentos que podem ser causadas pelo maior trânsito em meio urbano, assim como a existência de um maior número de interseções levam igualmente a erros de mapeamento. (Schüssler & Axhausen, 2009)

Grande parte do trabalho realizado está assente neste tipo de tecnologias que apesar de estarem bastante evoluídas, detêm na mesma alguns erros de imprecisão que terão de ser tidos em consideração e averiguadas formas de se solucionarem esses mesmos.

2.3. Serviços de Partilha de Rotas

Com a evolução das necessidades atuais, existe uma maior procura de serviços que permitam partilhar rotas, neste sentido, nas duas últimas décadas, têm vindo a ser desenvolvidas várias ferramentas web de planeamento de rotas. Nos últimos anos, estas têm-se tornado mais multimodais, o que permite servir um conjunto mais alargado de meios de deslocação, como ciclismo, deslocamento pedonal, veículos de trânsito, entre outros.

Neste caso o ciclismo urbano será o principal foco, sendo de notar que este já se encontra bastante integrado com os principais serviços de mapeamento, como é o caso do Google Maps. Porém, segundo, (Turner, Shafer, & Stewart, 1997), o desenvolvimento de serviços de partilha de rotas tem sido muitas vezes dificultado pela falta de dados detalhados, como as condições das ruas ou estado do pavimento, os interesses dos ciclistas e até mesmo a ausência de infraestruturas básicas, como ciclovias e pistas.

O principal intuito será então servir o público alvo, nesse âmbito os desenvolvedores têm de ter em consideração as principais necessidades das pessoas, com a finalidade de construir um serviço dito amigável ao seu utilizador, tendo em conta um conjunto de critérios chave que detêm um maior valor para os ciclistas. (Hochmair, 2018).

Existem atualmente vários serviços disponíveis neste mercado, uns com maior adesão em relação a outros. Ao longo desta dissertação será feito um estudo destes serviços, com o intento de selecionar aqueles que mais se adequam à recolha de informação relevante, para posteriormente ser feita uma análise mais profunda, com a finalidade de descarregar as suas respetivas rotas associadas a uma determinada cidade de caso de estudo, neste caso foi selecionada a cidade de Braga. De notar que tal diversidade se deve à escala para qual estes são desenvolvidos, uma vez que, existem serviços com mapas associados apenas a algumas cidades, estados ou até países, enquanto outros abrangem uma escala global. Neste último caso são esperados serviços mais completos e com uma maior quantidade de dados que poderão ser úteis.

Foram recolhidos vários serviços para este estudo, sendo feita uma análise individual e posteriormente comparativa deles, no sentido de determinar quais os mais completos a nível de disponibilização de dados tanto relevantes como formatos mais utilizados. A análise individual dos serviços encontra-se em (Anexo I – Caracterização dos serviços de rotas), e a análise comparativa encontra-se no ponto (4 – Obtenção e Processamento de Rotas).

2.4. Mapmatching

O mapeamento de rotas, também denominado mais frequentemente por *mapmatching*, trata-se do problema de como podemos combinar coordenadas geográficas existentes, com um modelo lógico do mundo real já existente, onde geralmente são usados GIS (Geographic Information System) – Sistemas de Informação Geográficos. Segundo (Simpson & Us, 2019), a

abordagem mais comum é ter uma sequência de diferentes pontos geográficos (pontos GPS), e relacioná-los com os limites de uma rua representada graficamente, criando assim uma espécie de rede, normalmente representado numa lista que representa o percurso de um veículo ou de uma pessoa.

De forma a fazer esse mapeamento, existem algoritmos de *mapmatching*, que são necessários em qualquer sistema que precise associar algum tipo de informações para locais de georreferenciamento específicos. “Estes algoritmos *mapmatching* utilizam como entrada, dados de um sistema de posicionamento, como GPS, e dados de um mapa digital de ruas.” (Dijk, Jong, & Dijk, 2017). Contudo, embora possamos obter mapas exatos que representam qualquer parte do planeta, informações dinâmicas obtidas de Global Navigation Satellite Systems (GNSS), (por exemplo, GPS) estas contêm quase sempre erros que podem afetar a sua utilidade.(Pereira, 2016)

Os algoritmos de mapeamento podem ser divididos em algoritmos *offline* e em algoritmos em tempo real, *Online*. Os algoritmos em tempo real associam a posição durante o processo de navegação e gravam essa posição numa determinada rede rodoviária. Já os algoritmos *offline* são usados após esses pontos geográficos serem guardados e posteriormente são associados a uma rede rodoviária. (Elson & Douceur, 2007)

Por outras palavras, o mapeamento *online* só pode ser calculado com base em pontos anteriores durante o percurso, porém a sua utilização é orientada para ambientes em tempo real optando pelo detrimento do seu desempenho em relação à precisão. Já a navegação *offline* como já considera todos os pontos da rota, pode tolerar um desempenho mais lento em detrimento da sua precisão.

2.4.1. Mapeamento *Offline* vs Mapeamento *online*

Segundo (Pereira et al., 2009), os algoritmos *online* são menos eficientes que os algoritmos *offline*, isto porque os últimos possuem a vantagem de corresponder não só aos pontos anteriores, mas também aos pontos seguintes, o que permite a um algoritmo selecionar a rota correta quando se encontra perto de um cruzamento, pois consegue usar dois pontos para fazer o mapeamento da rota. Em contrapartida os algoritmos de mapeamento *online* só possuem um conjunto de pontos anteriores sendo a correspondência de pontos mais imprecisa.

Podemos formular o mapeamento *offline* da seguinte forma: dada uma sequência de posições que podem ser mapeadas como várias posições plausíveis numa rede rodoviária; a questão que poderemos colocar é: qual combinação de posições de mapeamento que nos indica a rota ótima, se ligarmos todas as posições mapeadas em potenciais caminhos ótimos distintos? (Roth, 2018)

Neste estudo, verifica-se que o mapeamento por algoritmos *offline* se trata do caminho indicado para conseguirmos agregar rotas, porém existem alguns problemas associados a este mapeamento. Apesar de possuir um nível de precisão de mapeamento mais fiável que o mapeamento *online*, existem, no entanto, condicionantes que terão de ser normalizadas, começamos por ilustrar uma dessas condicionantes na Figura 1:

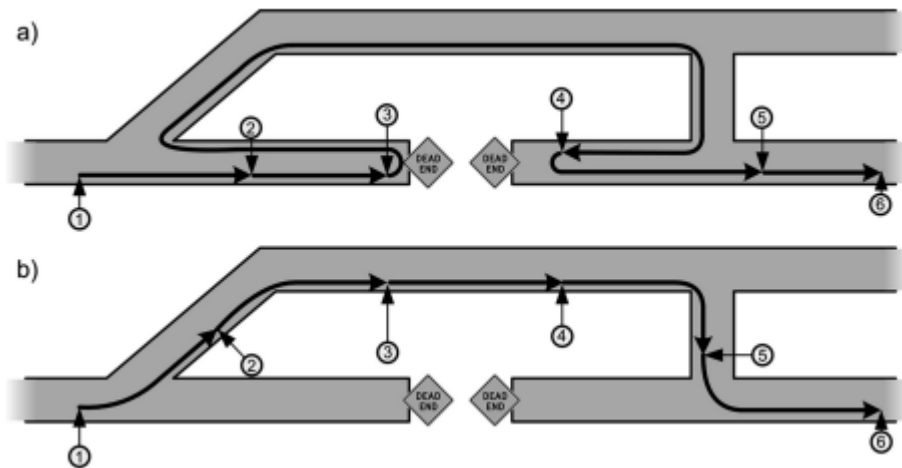


Figura 1 - Problema geral do mapeamento de medidas para posições – (Roth, *The Offline Map Matching Problem and its Efficient Solution*, 2018)

Temos uma sequência de medições denotadas entre 1–6. A hipótese a) mostra uma abordagem de mapeamento simples na qual mapeamos cada posição para a posição mais próxima que reside na rede rodoviária. Se agora ligamos todos as posições mapeadas por caminhos ótimos, temos um caminho bastante longo entre 3 e 4. Além disso, existem inversões de marcha nessas posições. A hipótese b) mostra um mapeamento mais provável: embora as distâncias de mapeamento sejam maiores em média, o caminho resultante é mais provável do que em a), pois a rota provável é mais curta e evita inversões de marcha.

Um outro problema está associado à falta de posições de mapeamento, ou seja, se existisse uma outra posição entre 3 e 4, talvez o algoritmo evitasse criar como uma potencial solução ótima a hipótese a), isto indica que a falta de coordenadas geográficas pontuais existentes numa rota pode levar a avaliações completamente irrealistas dessa rota, que eventualmente pode gerar informação inconsistente e por ventura, leva a otimizações irrealistas.

Já fora do exemplo anterior, podemos encontrar outros problemas associados, como afirmado por (Schüssler & Axhausen, 2009), existem problemas que devem ser resolvidos dentro do mapeamento *offline*, estes correspondem a inversões de marcha, ou até, duplas inversões de marcha que podem causar igualmente problemas na precisão do mapeamento dos pontos GPS.

De uma forma geral os algoritmos de *mapmatching offline*, apesar de terem uma maior precisão de mapeamento, não estão isentos de erros, porém é a alternativa mais viável para a realização deste estudo, pois os mecanismos de mapeamento *online* não se aplicam nestas circunstâncias de agregação de rotas, uma vez que não são feitas em tempo real recorrendo diretamente a um GPS.

2.4.2. Tipos de Algoritmos de *mapmatching online* e *offline*

No âmbito dos algoritmos de *mapmatching*, existem bastantes mais algoritmos de mapeamento *online* do que algoritmos de mapeamento *offline*. Começamos por especificar alguns *algoritmos online*. Segundo (Yang, Kang, & Chon, 2005), existem vários algoritmos de *mapmatching,online* estes estão classificados em quatro principais categorias, sendo estas: algoritmos geométricos, algoritmos topológicos, algoritmos probabilísticos e algoritmos avançados, que serão descritos abaixo.

➤ Algoritmos Geométricos (mapeamento *online*)

Como expectável os algoritmos geométricos são os mais comuns, estes têm apenas em consideração a distância entre pontos GPS diferentes assim como outros elementos dentro da rede viária. (Sharma, Poonia, Kumar, Sunda, & Le, 2018)

Existem três tipos de algoritmos geométricos: ponto-a-ponto, ponto-a-curva e curva-a-curva. O primeiro irá do ponto em que se encontra, ao ponto mais próximo da rede. O segundo irá preferir

a ligação mais próxima. O último é baseado na correspondência ponto a ponto, onde seleciona um conjunto de candidatos e, em seguida, a curva final escolhida é a mais próxima da composta pelos pontos atuais que estão a ser correspondidos. (Xi, Liu, Li, & Liu, 2014)

A principal deficiência de todos os algoritmos geométricos é o facto de ignorarem uma sequência de pontos GPS ao longo do tempo, bem como a conectividade dos pontos dentro a rede. Portanto, é possível que a rota derivada oscile para frente e para trás dentro da ligação entre pontos que estabelece uma rota, além de que, são muito dependentes de uma codificação correta de rede sendo bastante sensíveis a *outliers*. Exemplo de um estudo feito com algoritmos geométricos, temos o seguinte excerto de um estudo feito na cidade de Copenhaga em que existe uma considerável utilização da bicicleta como meio de transporte: “No entanto, a taxa de erro da correspondência de quase 3.000 viagens da área de Copenhague numa rede de ligação com cerca de 300.000 pontos associados foi demasiado alta para qualquer aplicação da vida real.”. (Schüssler & Axhausen, 2009)

➤ Algoritmos Topológicos (mapeamento *online*)

Em contraste aos algoritmos geométricos, os algoritmos topológicos não só têm conta o distanciamento entre os pontos GPS e os elementos da rede, mas também a sequência histórica de pontos GPS e a conectividade de elementos de rede. Este procedimento resume-se a duas etapas, primeiro, um nó ou link inicial é encontrado por meio de abordagens geométricas. Depois, a rota é desenvolvida depois de selecionado um ponto num conjunto de pontos candidatos. Para escolha de um ponto candidato mais provável, podem ser aplicados vários critérios, porém o mais comum trata-se da distância perpendicular entre o ponto GPS e a ligação. A distância perpendicular, é igual ao mínimo da distância euclidiana, entre o ponto GPS e a sua projeção ortogonal na ligação, a euclidiana até ao ponto inicial e a distância euclidiana ao ponto final, sendo o objetivo determinar qual destas detém o menor valor, sendo denominada de distância perpendicular relevante. Na Figura 2, podemos ver uma representação deste critério.

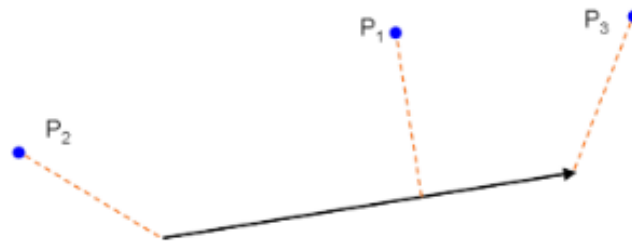


Figura 2 - Derivação da distância perpendicular (Schüssler & Axhausen, 2009)

É de notar que os algoritmos topológicos superam os algoritmos geométricas, quer em termos de velocidade computacional, quer relativamente à precisão da rota. Essa velocidade deve-se ao facto de, por cada ponto GPS, à exceção do primeiro, têm de ser avaliadas muitas menos ligações. São mais precisos pois têm em conta toda a sequência de pontos, sendo menos sensíveis a desvios e a *outliers*.

De acordo com (Zhao Xiangmo, 2018), este algoritmo pode ser melhorado, isto porque não existe forma de retorno e caso o ponto inicial que esteja a ser mapeado seja incorretamente selecionado, pode levar a um caminho errado. Um outro problema está relacionado com a existência de ruas paralelas extremamente próximas, que também pode levar o algoritmo a escolher a rota errada.

➤ Algoritmos Probabilísticos (mapeamento *online*)

Os algoritmos probabilísticos usam uma região de erro, normalmente em forma de elipse ou retangular para corresponder um determinado ponto. Dessa região, a ligação correspondente é selecionada de acordo com a direção, velocidade, conectividade e proximidade do ponto com a ligação. Alguns algoritmos criam regiões de erro para cada ponto delimitador, outros criam apenas perto de interseções, melhorando assim o desempenho do algoritmo e também evita inconsistências no caso de existirem outros segmentos de estradas nas proximidades, como visível na Figura 3.

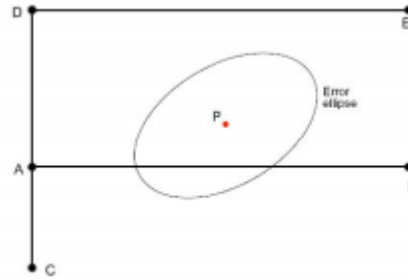


Figura 3 - Ligação entre AB e respetiva elipse de erro (Pereira, Costa, & Pereira, 2015)

São caracterizados por possuírem uma boa precisão e custo computacional pouco elevado, pois só têm de procurar pontos candidatos dentro dessa região de erro.

➤ Algoritmos Avançados (mapeamento *online*)

De maneira a superar os problemas mencionados nos processos de *mapmatching online* anteriores, ao longo dos anos têm vindo a ser sugeridas propostas avançadas, que apesar de terem uma maior precisão, apresentam igualmente um maior custo computacional. Estes não só têm em conta toda a sequência de pontos GPS e a topologia da rede, mas também considera que devido a erros de medição GPS assim como de codificação da rota, isto não implica que a ligação ou ponto mais próximo não seja o correto dentro da sequência. (Quddus, 2006)

Estes algoritmos são especialmente úteis em áreas urbanas com uma grande densidade e onde se torna mais complicado obter posicionamentos corretos. Baseiam-se em técnicas de inteligência computacional de maneira a escolher o segmento correto para fazer o respetivo *match* com os caminhos existentes. (Fonseca-Galindo, Neto, Castro, Lemos, & Braga, 2019)

Fazendo um estudo sobre algoritmos *offline* encontramos artigos onde foi dado uso a este tipo de algoritmos, sendo especificados alguns deles em baixo.

➤ Algoritmo Marchal (mapeamento *offline*)

Este tipo de algoritmo está mais focado na velocidade computacional em detrimento da precisão, em oposição aos demais algoritmos de mapeamento *offline* segundo (Pereira, 2016). O algoritmo usa apenas coordenadas GPS para executar uma correspondência numa rede rodoviária representada por um gráfico direcionado. O algoritmo funciona da seguinte maneira: o primeiro ponto de rastreamento é escolhido e cada um deles constitui um candidato a caminho marcado (uma possível sequência de correspondência). A pontuação de cada candidato é então baseada na soma da menor distância euclidiana entre cada traço, sendo o traço com a menor pontuação/distância o escolhido para fazer a correspondência entre dois pontos.

➤ **Algoritmos Hidden Markov Model e Viterbi (mapeamento *offline*)**

Num estudo feito por (Luo, Chen, & Xv, 2017), foram usados dois algoritmos de *mapmatching*, neste caso o algoritmo Viterbi trata-se de um algoritmo recursivo que permite encontrar a sequência mais provável de determinados estados ocultos, ou seja, o caminho escolhido por este algoritmo resulta da sequência de um estado finito de tempos discretos provenientes do processo de Hidden Markov Model. Este último cria um conjunto de parâmetros bem definidos com base na distância dos pontos GPS e a respectiva ligação rodoviária por onde passam esses pontos GPS e cria uma matriz de probabilidade de transição. *A posteriori*, e o algoritmo Viterbi avalia a melhor probabilidade de transição e cria então uma ligação entre os dois pontos mais prováveis.

Podemos então ver que existem efetivamente bastantes mais algoritmos de mapeamento *online*, porém após ler alguns artigos sobre *mapmatching offline*, temos bons indícios de que este processo é perfeitamente exequível com base nestes últimos.

2.5. Segmentação Dinâmica de Rotas e Algoritmos de Segmentação

A segmentação dinâmica de rotas trata-se de um assunto particularmente importante no âmbito da sua aplicação concetual e tecnológica em GIS, mais precisamente no campo dos transportes.

Esta metodologia consiste em repartir uma determinada rota em vários segmentos, em que em cada um desses segmentos está associado um conjunto de dados que caracterizam esse mesmo, por exemplo, velocidade média, inclinação, níveis de poluição, entre outros, podendo

assim ser mapeadas entre o início e o fim dessa rota. Pode acontecer que a segmentação *a priori* de um atributo, pode sobrepor-se a outro, o que dificulta a comparação e análise entre um e outro, sendo assim bastante complicado descobrir quais aqueles que são efetivamente mais importantes para um ciclista.

Outra condicionante é que um conjunto de condições pode-se não verificar num determinado segmento da rota, por exemplo, erros na medição da velocidade, o que leva a informações pouco conclusivas, ou até erradas, sendo assim, é importante que seja possível angariar informação de rotas semelhantes recolhidas de fontes distintas e associa-las a uma rota comum, ou seja, informações que possam ser partilhadas entre várias rotas que partilhem o mesmo trajeto e que seja possível tratar a sua informação como sendo efetivamente da mesma rota, como uma só.

Um outro problema é o facto das rotas eventualmente possuírem pontos de interseção, ou seja, pontos onde convergem pelo menos três secções distintas, isto torna o processo de segmentação bastante mais complicado, dificultando a maneira como um algoritmo deve recalcular os dados nessas secções em n fatores ou variáveis. (Dueker & Vrana, 1992)

De maneira a solucionar este tipo de problemas temos abordagens de segmentação lineares ou dinâmicas, segundo (Dueker Ric, 1984), “Relacionar atributos e dados espaciais torna-se um problema mais complexo quando focado em abordagens lineares do que abordagens pontuais”. Isto acontece porque o maior grau de sobreposição de atributos entre recursos lineares leva a uma maior dificuldade em estabelecer ligações um para um de dados espaciais. Com a segmentação dinâmica, as entidades lineares não precisam de ser decompostas em segmentos homogêneos, eliminando a criação de objetos espaciais para cada atributo, sendo assim mais vantajosa esta abordagem de segmentação.

Temos vários algoritmos que visam solucionar este tipo de problemas de segmentação. Como dito num estudo feito por (Dueker Ric, 1984), podem-se determinar todas as variáveis de interesse com comportamento ou características semelhantes e de seguida definem-se secções com uma combinação infinita de soluções, porém, isso pode ser bastante trabalhoso, como alternativa pode-se estabelecer um conjunto de segmentos mais pequenos de uma forma arbitrária e armazenar essas características semelhantes numa unidade de solução. Em contrapartida, podem-se perder outras unidades espaciais com o mesmo conjunto de atributos. Na Figura 4 está representado este processo onde podemos ver claramente a divisão da rota por segmentos e respetivos marcadores de referência que guardam então as características semelhantes.

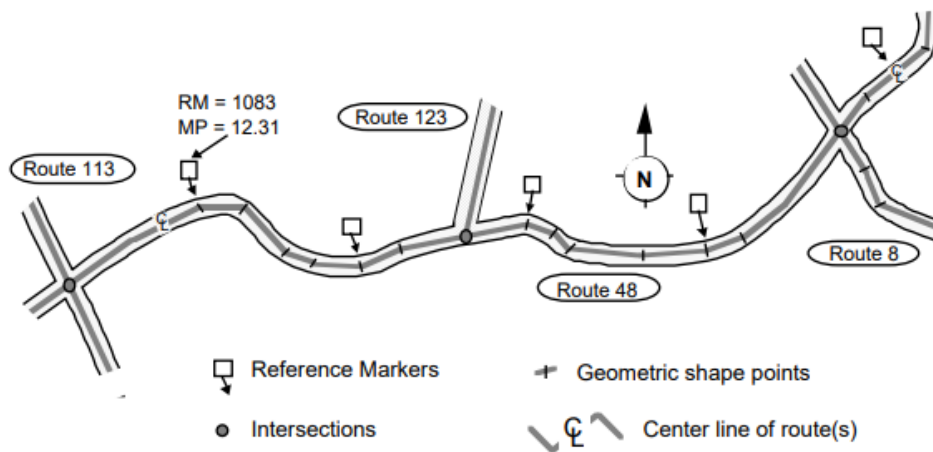


Figura 4 - Relação entre objetos espaciais na segmentação de rotas (Dueker Ric, 1984)

Como mencionado, existem falhas com este tipo de algoritmos ao nível de perda de dados, porém existem outros estudos feitos, envolvendo outras técnicas, assim como algoritmos distintos.

Um outro estudo feito por (Edelkamp & Schrödl, 2003), procurou delinear uma abordagem que permitia inferir segmentos que continham um conjunto de características semelhantes, à semelhança do estudo anterior, porém o algoritmo usado permitia a agregação com base em segmentações espaciais, neste caso pontos de interseção por onde passam várias rotas.

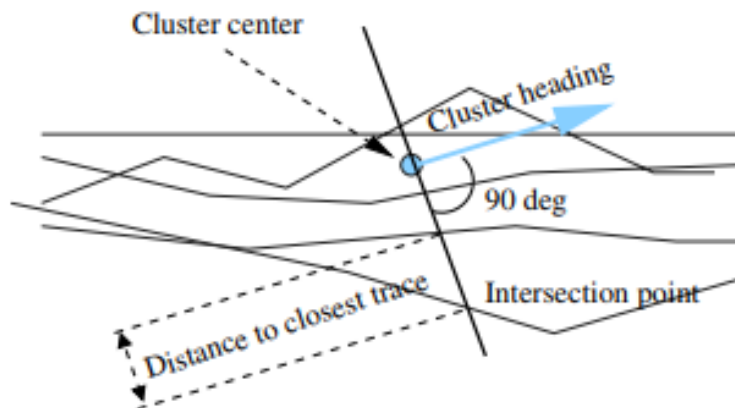


Figura 5 - Agregação de segmentações espaciais (interseções) (Edelkamp & Schrödl, 2003)

Usou-se um algoritmo de semelhança, que procede segundo uma metodologia semelhante ao algoritmo *k-means*, (algoritmo de *clustering*, que a cada iteração se aproxima de um determinado valor médio dentro de um conjunto de valores), Neste caso a cada iteração é adicionado um ponto mais próximo de uma das possíveis soluções que não está inserido no *cluster* de rotas, onde se seguida é recalculado o centro desse ponto, sendo os pontos anteriores excluídos. No final tem-se uma sequência de pontos centrais que dividem o *cluster* de rotas em segmentos, sendo cada secção delimitada por esses pontos calculados, (Edelkamp & Schrödl, 2003) como mostra na Figura 6:

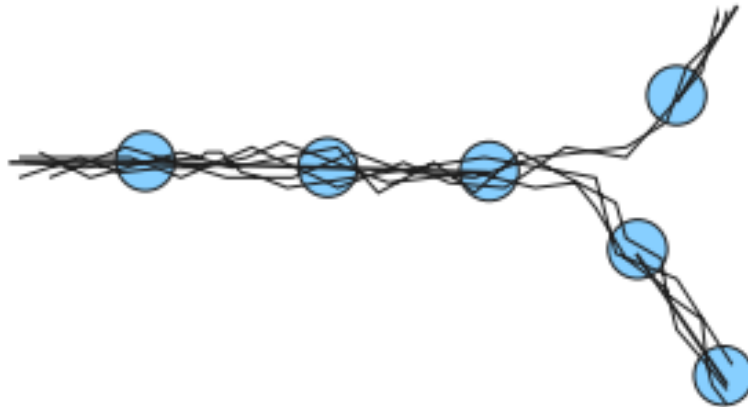


Figura 6 - Segmentação resultante do algoritmo baseado em *k-means* (Edelkamp & Schrödl, 2003)

Facilmente percebemos que existem algumas alternativas de algoritmos que ajudarão no processo de segmentação, porém a sua escolha irá depender dos tipos de dados e da maneira como pretendemos abordar o processo de agregação como um todo, assim como a capacidade das ferramentas utilizadas para suportar este tipo de algoritmos.

2.6. Estudos de Sistemas Cicláveis

Esta secção remete para alguns estudos não tão direcionados para a componente associada ao *mapmatching*, mas sim, para estudos complementares de sistemas cicláveis distintos que de certa forma estão minimamente relacionados, isto permite dar uma noção de quais estudos já foram feitos e enquadrar um pouco a situação atual relativamente ao desenvolvimento de outras vertentes dentro do campo ciclável.

2.6.1. Sistemas de *Bike Sharing*

Os sistemas de *bike sharing* têm vindo a aumentar de popularidade ao longo dos anos e com isso, também aumenta informação potencialmente relevante para outros mecanismos ou variantes relacionadas com o desenvolvimento de ciclismo urbano.

Ao mesmo tempo que permite um meio de transporte amigo do ambiente e promove um estilo de vida saudável, os sistemas de partilha de bicicletas geram igualmente um grande volume de dados, fornecendo recursos inestimáveis a investigadores, no sentido de estes perceberem melhor a dinâmica de mobilidade humana em áreas urbanas.

A compreensão de padrões num sistema de partilha de bicicletas é importante para os investigadores conseguirem desenharem modelos de zonas de estação e de agendamento de horários. Por esses padrões quere-se dizer, um número alargado de registos entre determinadas estações. (Chen & Jakubowicz, 2015)

Através de estudos como o projeto *London Bicycle Hire*, pode-se observar, “A representação de fluxos como linhas embutidas num espaço geográfico têm sido cada mais frequentes para representar fluxos de transportes urbanos” (Wood, Slingsby, & Dykes, 2011). Neste estudo foram usados mapas de fluxo com simbologias apropriadas para demonstrar visões gerais de fluxo, assim como visualizações de mapas de matriz de origem-destino que mantendo o contexto geográfico, foram usadas para controlar igualmente o fluxo de procura e disponibilizar uma visualização detalhada. Mencionou-se este artigo com o objetivo de que o próprio processo de estudo de sistema de partilha de bicicletas, parte tanto pela recolha da informação acerca dos padrões de rotas mais cicláveis, como pela posterior análise dos dados recolhidos recorrendo a ferramentas de visualização geográfica, de forma a poder-se estudar os “melhores locais”, onde se verificam os maiores fluxos, para se inserirem as estações de partilha de bicicletas, tendo por base os mesmos princípios de recolha de informação e posterior análise de rotas agregadas para o estudo de padrões.

2.7. Visualizações Geoespaciais

A geovisualização também é uma componente que detém interesse em ser referida, pois segundo (Yasobant, Vora, Hughes, Upadhyay, & Mavalankar, 2015), esta permite organizar e visualizar dados por camadas e as características desses mesmos em diferentes pontos ao longo do tempo.

Um estudo feito pela ANR project MapMuxing, realça a importância de GIS e a sua importância em vários domínios, como por exemplo, uma resposta rápida perante emergências, transportes, estudos ambientais, planeamento urbano, meteorologia, caminhadas, entre outros.

Os mapas desempenham um papel fulcral nesses sistemas, como sendo os meios primários de exibição de dados aos utilizadores. Estes são usados como ferramentas de pensamento visual, ferramentas de análise e ferramentas de comunicação visual, tirando proveito

das capacidades de raciocínio espacial das pessoas, servindo quatro objetivos base: exploração, confirmação, síntese e apresentação a uma audiência.” (Pietriga & Appert, 2015)

Uma vantagem da utilização de modelos GIS é que estes permitem representar redes de rotas de várias formas possíveis, facilitando a visualização de informação, como a densidade de rotas numa determinada zona, a velocidade média desse conjunto de rotas nessa zona e posteriormente, é possível fazer-se uma análise comparativa de representações de forma a poderem-se tirar algumas conclusões mais concretas com os dados das rotas recolhidas. Outra vantagem das ferramentas GIS é que possuem uma interface amigável que normalmente permite interagir com outras aplicações.

Na Figura 7, podemos ver uma representação de uma rede rodoviária numa interface GIS. Conseguimos distinguir claramente bastantes segmentos que representam as redes de ruas de uma determinada localidade e inseridas nestas, distinguem-se percursos que foram carregados para esta interface de visualização. O mesmo é esperado no sentido de representar as rotas recolhidas neste projeto de forma a podermos visualizar o resultado dos processos de agregação, sendo, portanto, importante recorrer a uma ferramenta que facilite o processo de visualização de rotas agregadas ao nível de variedade de possíveis visualizações.

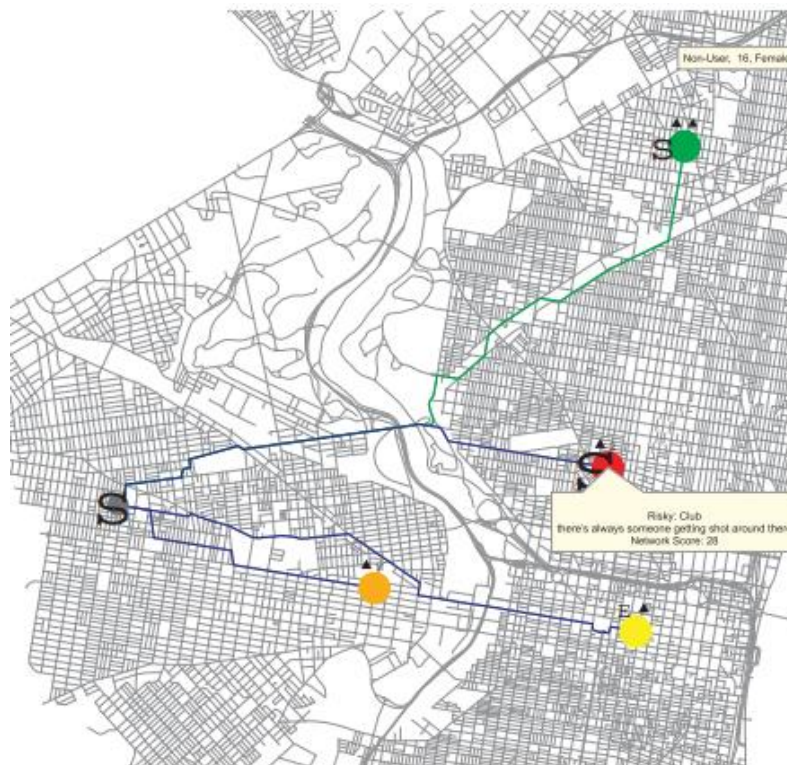


Figura 7 - Representação de uma interface GIS (Mennis, Mason, & Cao, 2013)

3. Metodologia

Neste capítulo são abordados os procedimentos, métodos e ferramentas que foram usados ao longo deste estudo. Toda a sequência de trabalho foi dividida em três fases distintas bem delineadas com o intuito de facilitar a estruturação de todo o processo, estas fases são descritas nos seguintes parágrafos.

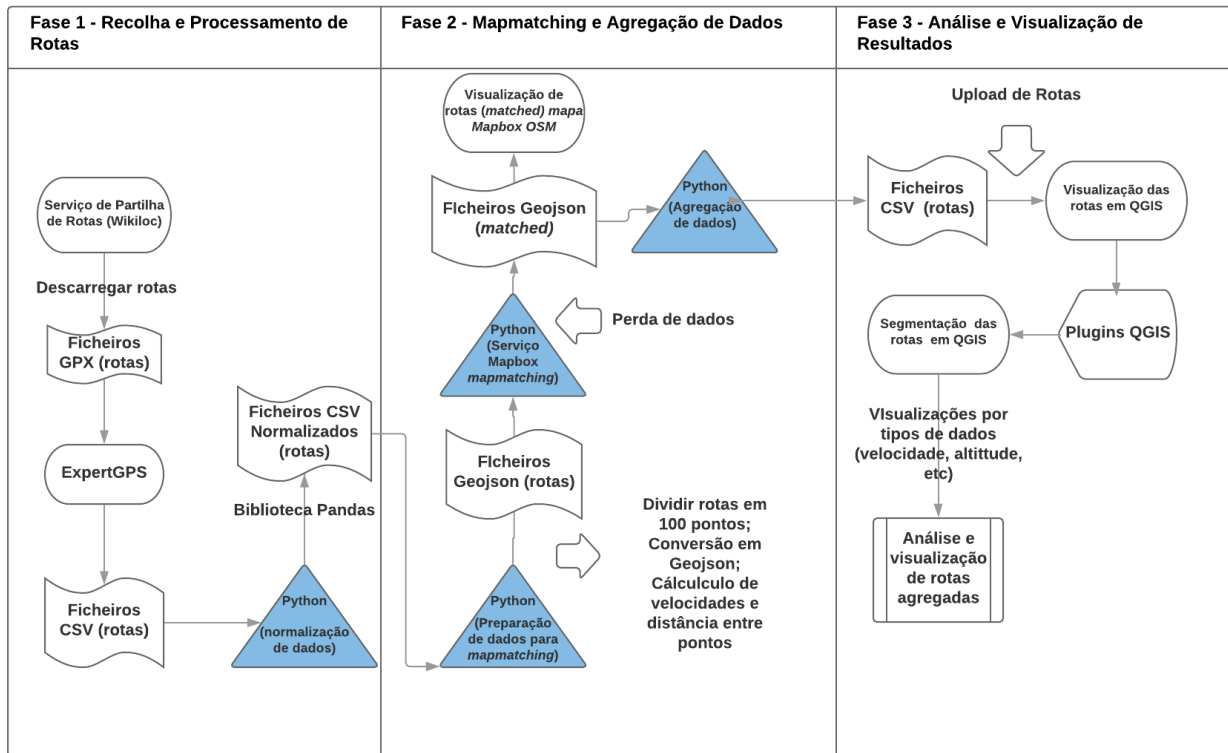


Figura 8 - Fases do Processo

- **Fase 1 – Recolha e tratamento de rotas**

Na primeira fase foram estudados serviços de partilha de rotas e recolhidos aqueles que apresentam maior capacidade de estudo e informação/dados relevantes, com a finalidade de descarregar as rotas existentes nos mesmos e que servirão de dados de estudo de agregação. Nesta abordagem começou-se por analisar os serviços de partilha de rotas, nesse sentido foi feita uma breve descrição dos mesmos de maneira a identificar por alto algumas das suas diferenças e focos como serviços de partilha de rotas, de seguida foram divididos os tipos de conteúdos fornecidos em géneros de dados comuns, (Dados Base, Tipos de dados, Metadados e Informação complementar), com o intuito de perceber se os serviços são ou não semelhantes na informação fornecida aos ciclistas. Com o resultado destas análises determinou-se qual dos serviços é o mais

completo em termos de dados fornecidos, passando então a ser a nossa fonte de dados de onde todas as rotas foram descarregadas.

Nesta mesma fase, depois de recolhida uma amostra de 115 rotas pertencentes ao distrito de Braga, procedeu-se ao tratamento delas, este tratamento passou pela conversão em formatos mais facilmente manipuláveis e eliminar dados irregulares ou incompletos que podem comprometer a análise de dados provenientes das rotas já devidamente agregadas e que por sua vez, iria levar a conclusões erradas. Para este efeito recorreu-se à ferramenta ExpertGPS para a conversão de dados e a linguagem Python para tratar esses dados num formato mais facilmente manipulável no sentido de corrigir incongruências nas rotas originais. Posteriormente estas rotas passam então à fase seguinte do processo, isto já devidamente tratadas e prontas a ser usadas como *input* nos mecanismos de *mapmatching* e agregação.

- **Fase 2 – *Mapmatching* e agregação de dados**

Na segunda fase após os dados estarem devidamente tratados foram usados métodos analíticos de agregação. Começou-se por aplicar um algoritmo de *Mapmatching*, com o objetivo de corrigir erros de mapeamento, e assim aumentar a precisão das rotas quando são carregadas para um mapa. Neste sentido foram usadas ferramentas como Python e a API da Mapbox que contém vários tipos de serviços de tratamento de dados geoespaciais, porém para o problema em questão, utilizou-se o serviço *Mapboxmapmatching*, que se encontra integrado em Python, facilitando assim a importação deste para a linguagem em questão, o que simplificou bastante todo o processo. Da mesma forma, recorrendo a Python conseguiu-se importar sem dificuldade as rotas e convertê-las para o formato de dados GeoJSON aceite como *input* para este serviço, assim como tratar de algumas restrições de dados de entrada exigidos pelo algoritmo de *mapmatching* usado.

Ainda dentro da fase de agregação, procurou-se encontrar algum tipo de mecanismo que permitisse agregar as rotas e possivelmente pendurar dados comuns de rotas que passem numa mesma localização, tendo como objetivo gerar algum tipo de informação interessante, como por exemplo, o número de passagens num determinado segmento, a velocidade média nesse segmento, horas mais comuns de passagem, ou qualquer outro tipo de conclusão sobre a mobilidade ciclável dentro da cidade de Braga, porém este processo apresentou algumas

dificuldades na sua realização, pois a sua realização não se revelou viável de ser executada em Python, partindo-se para uma alternativa em QGIS (sistema de informação geográfico), que apesar de não ser tão rico na análise e manipulação de dados agregados, permitiu alcançar alguns resultados satisfatórios, assim como uma visualização interessante desta informação parcialmente agregada.

- **Fase 3 – Análise e visualização de resultados**

Numa última fase, usou-se a ferramenta QGIS para fazer a análise e visualização das rotas num mapa OSM da cidade de Braga. Num conjunto de 75 rotas resultantes dos processos anteriores, esta ferramenta permitiu manipular os tipos de visualização dos vários dados contidos em cada uma destas rotas, com o objetivo de tirar algum tipo de conclusão minimamente fundamentada sobre a realidade ciclável na cidade de Braga. Para uma melhor análise, dividiu-se a cidade em algumas secções, secções estas que contêm uma realidade própria neste tipo de mobilidade, pois apesar da cidade não ser muito grande, existem zonas com características mais próprias, sendo que não faria sentido estar a tirar algum tipo de elação numa área demasiado extensa, permitindo desta forma obter respostas ou resultados mais fidedignos.

4. Obtenção e Processamento de Rotas

Neste ponto serão analisados os vários serviços de partilha de rotas de maneira e identificar aquele que será a nossa fonte de dados de rotas cicláveis. Podemos verificar no seguimento deste ponto que existem vários serviços de partilha de rotas, porém é importante fazer uma análise daqueles que contém informação mais relevante e rica relativamente às rotas que disponibilizam aos seus utilizadores.

Este estudo foi inicialmente feito com a recolha de diferentes serviços. A sua escolha foi feita tendo em conta a popularidade, visualização prévia de alguns dos seus conteúdos, mas também ao nível de variedade de informação disponibilizada aos seus utilizadores.

As descrições dos serviços escolhidos para análise estarão contidas em Anexo I (Identificação de Serviços), de maneira a evitar que este ponto de estudo se torne demasiado extenso daí começamos por identificar todos os indicadores ou tipos de dados fornecidos pelos serviços identificados.

Indicadores:

❖ Dados Base

Nome do Serviço – Representa a denominação do serviço em questão.

Registo – Indica se é necessário um registo para usufruir do serviço.

Modelo de Negócio – Indica se o serviço é totalmente gratuito (Grátis), ou parcialmente pago no sentido de usufruir totalmente das suas funcionalidades (Semi-Pago).

Adicionar Rotas – O serviço permite adicionar novas rotas por parte do utilizador.

Restrição de Download – Indica se o serviço tem limites de rotas que podem ser descarregadas.

Fórum/ Perfil Social – Detém um fórum de discussão e partilha de informações, quer seja implementado no serviço ou a partir de redes sociais como o Facebook.

❖ Tipos de Dados

Pdf – Permite descarregar rotas em PDF.



GTM – Permite descarregar rotas em GTM.

GDB - Permite descarregar rotas em GDB.

Código QR - Permite descarregar rotas em código QR.

KML - Permite descarregar rotas em KML.

GPX - Permite descarregar rotas em GPX.

TCX – Permite descarregar rotas em TCX.

FIT – Permite descarregar rotas em FIT.

GARMIN – Permite descarregar rotas em GARMIN.

CSV – Permite descarregar rotas em CSV.

❖ Metadados

Perfil de altura (máx e min) – Permite visualizar a altura máxima e mínima da rota.

Duração Média – Indica a duração média ao percorrer a rota.

Extensão do Percurso – Distância física a percorrer na rota, pode ser em milhas ou Km.

Dificuldade do Percurso – Indicador do esforço físico necessário.

Variação do Perfil de Altura - Indica a variação de altitude ao longo do percurso, normalmente representado por gráficos.

Meteorologia – Indicador que permite visualizar as condições meteorológicas para um dado dia.

Fotos e Vídeos – Representações visuais do percurso.

Tipo de Percurso – Permite selecionar um determinado tipo de percurso, como por exemplo, circuito urbano, de montanha, semiurbano, entre outros.

Tipo de Pavimento – Indicador do pavimento encontrado ao longo da rota.

❖ Informação Complementar

Planeamento de Rotas – O serviço permite pesquisar e utilizar outras rotas.

Descrição da Rota – Indica algumas considerações acerca das rotas, de maneira a ajudar os restantes utilizadores que pretendem fazer mesma.

Pontos de Interesse – Indicadores presentes nos mapas que indicam pontos de interesse como, lojas de reparação, pontos turísticos, estacionamentos de bicicletas, fontes, lojas de ciclismo, entre outros.

Energia Consumida/VO2máx – Indicador que calcula as calorias gastas no percurso, assim como a taxa de volume de oxigénio necessário.

Estatísticas – Indicador que permite visualizar várias informações acerca dos percursos já realizados por um dado utilizador ou próprias estatísticas das rotas disponibilizadas pelos serviços.

Com os indicadores devidamente identificamos, partimos então os mesmos em quatro secções distintas, Dados Base, Tipos de dados, Metadados e Informação complementar, onde é feito o estudo dos indicadores presentes em cada serviço.

4.1. Dados Base

Tabela 1 - Tabela de dados de serviços (Dados Base)

	<i>Modelo de Negócio</i>	<i>Crowdsourcing</i>	<i>Adicionar Rotas</i>	<i>Aplicação Móvel</i>	<i>Restrição de descarregamentos</i>	<i>Perfil Social</i>
<i>Wikiloc</i>	Freemium	•	•	•	•	•
<i>Braga Ciclável</i>	Free		•			
<i>Ciclovia</i>	Free	•	•			•
<i>Bikely</i>	Free		•			•
<i>Komoot</i>	Freemium	•	•	•	•	•
<i>SportRoutePlanner</i>	Free		•			•
<i>Mapmyride</i>	Freemium	•	•	•	•	•

Na tabela Tabela 1, temos o conjunto de características base de cada um dos serviços. Aqui é feita a análise desses parâmetros, com o intuito de averiguar as vantagens e desvantagens presentes nos serviços.

- **Modelo de Negócio**

Quanto ao modelo de Negócio, o Wikiloc, Komoot e Mapmyride tratam-se de serviços *Freemium*, ou seja, nem todas as funcionalidades encontram-se disponíveis recorrendo apenas ao registo no serviço, isto pode apresentar um ponto negativo, no sentido de nem todas os utilizadores estarem dispostos a pagar pelo serviço, porém não se tratam de quantidades exorbitantes. Em contrapartida, estes serviços são os mais completos tendo em conta um serviço como um todo, podemos assim ver isto como sendo razoável pois a qualidade paga-se.

Braga Ciclável, Ciclovía, Bikely e SportRoutePlanner, são serviços bastante mais simples, à exceção do último que é um pouco mais completo, por isso é justificável não serem pagos.

- **Crowdsourcing**

Ao nível do Crowdsourcing, trata-se de uma forma complementar de obter ganhos, apenas os serviços Bikely e SportRoutePlanner não possuem qualquer tipo de *Crowdsourcing*, o que leva a querer são aplicações que não justificam a sua qualidade para necessitar de financiamento por esta via.

- **Adicionar Rotas**

Todos os serviços permitem adicionar rotas, sendo, portanto, bastante positivo, uma vez que, existem serviços que apenas admitem o carregamento de rotas.

- **Aplicação Móvel**

Ao nível de aplicações, apenas os serviços mais completos possuem uma, sendo o acaso do Wikiloc, Komoot e SportRoutePlanner, tal é de esperar, são serviços que já estão mais incorporados no ambiente do ciclismo e expandem o seu serviço para uma componente mais eficiente e comoda para os seus utilizadores, tratando-se assim de uma mais valia.

Quanto aos restantes serviços, são demasiado primitivos, ou não justifica o desenvolvimento de uma aplicação, pois não seriam competitivos.

- **Restrição de Descarregamentos**

Da mesma maneira que o ponto anterior, serão focados os serviços Wikiloc, Komoot e SportRoutePlanner, todos contêm limite de rotas descarregáveis, isto tem o intuito de obrigar os utilizadores a fidelizarem-se, apesar de ser um ponto negativo, é justificável pela qualidade do serviço prestado, assim como possuem muitas mais rotas descarregáveis. De notar que possuem em média cerca de 100 rotas descarregáveis sem ser necessária fidelização, o que é bastante razoável.

- **Perfil Social**

A maioria dos serviços possuem um perfil social, à exceção do Braga Ciclável, uns mais completos do que outros, porém são bastante importantes no sentido de criar uma comunidade mais coesa e informada.

Nesta análise de dados base, podemos concluir que os serviços mais completos ao nível das características base são o Wikiloc, Komoot e Mapmyride.

4.2. Tipos de Dados

Tabela 2 - Tabela de dados de serviços (Tipos de Dados)

	<i>GTM</i>	<i>GDB</i>	<i>KML</i>	<i>GPX</i>	<i>TCX</i>	<i>FIT</i>	<i>GARMIN</i>	<i>CSV</i>
<i>Wikiloc</i>			•	•	•		•	
<i>Braga Ciclável</i>								
<i>Ciclovia</i>	•	•	•	•				
<i>Bikely</i>			•	•				
<i>Komoot</i>				•	•	•	•	
<i>SportRoutePlanner</i>			•	•	•			•
<i>Mapmyride</i>			•	•				

Na tabela Tabela 2, temos um conjunto de tipos de dados descarregáveis. Aqui será feita uma análise comparativa em termos de quantidade de ficheiros de descarregamento e os mais utilizados.

Esta análise será feita de uma maneira diferente, focamos essencialmente as aplicações em função dos tipos de dados.

- **Wikiloc**

Possui os dados mais comuns e utilizados neste tipo de serviços, sendo estes TCX e GPX, pode-se também descarregar em código QR diretamente para a aplicação, sendo o único serviço analisado que o permite fazer. Também se encontra disponível em GARMIN que é bastante utilizado, assim como KML.

- **Braga Ciclável**

Este serviço não permite descarregar rotas, sendo portanto inútil neste aspeto.

- **Ciclovia**

Possui igualmente os dados mais comuns TCX e GPX, assim como Pdf, que ainda é utilizado, porém a cair em desuso. Dispõe também do formato GTM e GDB, porém não são muito utilizados. No geral é um serviço bastante completo neste aspeto.

- **Bikely**

Possui os dados mais comuns TCX e GPX.

- **Komoot**

Possui os dados mais comuns TCX e GPX, assim como GARMIN que também é bastante utilizado. Difere dos restantes formatos por possuir o formato FIT. É bastante completo neste aspeto.

- **SportRoutePlanner**

Possui também os dados mais comuns TCX e GPX, assim como KML. Difere dos restantes no sentido de permitir descarregar no formato de CSV.

- **Mapmyride**

Possui os dados mais comuns TCX e GPX.

Na análise de formato de dados podemos ver que existe uma grande diversidade em termos de dados descarregáveis, porém iremos dar mais importância aos formatos TCX, GPX e GARMIN, isto porque permitem descarregar dados cuja compatibilidade seja maior com as ferramentas de agregação.

Sendo assim, por relação com a análise feita anteriormente os serviços o Wikiloc, Komoot, Mapmyride e Sportrouteplanner são os mais apropriados a serem usados.

4.3. Metadados

Tabela 3 - Tabela de dados de serviços (Meta Dados)

	<i>Dificuldade do percurso</i>	<i>Extensão do percurso</i>	<i>Variação do perfil</i>	<i>Perfil de altura</i>	<i>Duração média</i>	<i>Meteo rologia</i>	<i>Fotos e vídeos</i>	<i>Tipo de percurso</i>	<i>Tipo de Pavimento</i>
<i>Wikiloc</i>	•	•	•	•	•		•	•	
<i>Braga Ciclável</i>									
<i>Ciclovia</i>	•	•	•	•			•	•	•
<i>Bikely</i>	•	•	•	•				•	•
<i>Komoot</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>SportRoutePlanner</i>		•	•	•	•	•			
<i>Mapmyride</i>	•	•	•	•	•			•	

Na tabela Tabela 3, estão presentes os metadados dos respetivos serviços estudados, alguns destes dados não foram inseridos na tabela por serem restritos a apenas um serviço, sendo já mencionados na análise individual dos mesmos, iremos focar aqueles em comum neste ponto.

- **Dificuldade do Percurso**

Esta informação encontra-se na maioria dos casos estudados, à exceção do Braga Ciclável e SportRoutePlanner, trata-se de uma informação bastante relevante, no sentido de informar os utilizadores a que tipo de percurso e exigência do mesmo, se irão deparar.

- **Extensão do Percurso**

Um dado bastante relevante, porém, primário, apenas o Braga Ciclável não o possui sendo bastante negativo, o que nos leva a excluir como um serviço adequado nesta análise.

- **Variação do Perfil**

Igualmente um dado primário, permite averiguar as variações de altitude ao longo do terreno. Em termos da sua disponibilização nos serviços é igual ao caso anterior.

- **Perfil de Altura**

Apesar de não ser tão relevante, este indica a altura máxima e mínima da rota em questão. A sua presença nos serviços é igual ao caso anterior.

- **Duração Média**

Diz a duração média de um percurso, isto depende efetivamente do utilizador em si e da sua aptidão física, porém dá uma estimativa razoável. Apenas não se encontra no Braga Ciclável, Ciclovía e Bikely, sendo uma menos valia para estes serviços, sendo que no caso dos últimos dois que se mantinham a parte dos restantes, perdem interesse neste sentido.

- **Meteorologia**

Bastante relevante neste tipo de serviços, apesar disso apenas se encontra presente no Komoot e SportRoutePlanner, dando-lhes uma vantagem adicional em termos de meta dados.

- **Fotos e Vídeos**

Apelativo no sentido de permitir conhecer visualmente as rotas, encontra-se disponível no Wikiloc, Ciclovía e Komoot. Podemos assim inferir que em termos de meta dados o serviço Komoot é o mais completo até este ponto, seguido de SportRoutePlanner e Wikiloc.

- **Tipo de Percurso**

Dá a possibilidade de selecionar o tipo de percurso de ciclismo, podendo ser de montanha, urbano, ecovias, de estrada, entre outros. Apenas não se encontra disponível no SportRoutePlanner, sendo assim, os serviços mais completos por ordem de meta dados são Komoot, Wikiloc e SportRoutePlanner.

- **Tipo de Pavimento**

Trata-se de uma informação bastante interessante para planear as rotas pretendidas. Os serviços que recorrem a estes metadados são o Ciclovía, Bikely e Komoot.

Feita uma análise geral destes metadados, podemos então concluir que o serviço mais completo se trata do Komoot, seguido do Wikiloc e Ciclovía.

4.4. Informação Complementar

Tabela 4 - Tabela de dados de serviços (Informação Complementar)

	<i>Pontos de Interesse</i>	<i>Estadísticas</i>	<i>Sinalização das Rotas</i>	<i>Energia Consumida</i>	<i>Descrição da rota</i>
<i>Wikiloc</i>	•	•			•
<i>Braga Ciclável</i>	•				
<i>Ciclovía</i>	•	•	•		•
<i>Bikely</i>	•				
<i>Komoot</i>	•	•			•
<i>SportRoutePlanner</i>	•			•	
<i>Mapmyride</i>	•	•		•	•

Na tabela Tabela 4, encontra-se a tabela com informação relativa à informação complementar dos serviços, correspondem a conteúdos que informam sobre a rotas e pontos extra das mesmas.

- **Pontos de Interesse**

Todos serviços contêm esta informação, sendo bastante apelativa no sentido de promover pontos de descanso para os ciclistas, lojas de bicicletas, oficinas de reparação e até pontos mais orientados para o ciclismo de turismo.

- **Estatísticas**

Apenas o Wikiloc, Ciclovía, Komoot e Mapmyride, contêm estatísticas de rotas, utilizadores entre outras, dando uma outra perspetiva tanto sobre os próprios ciclistas, como o serviço em si.

- **Sinalização das Rotas**

Informa se as rotas estão devidamente sinalizadas, normalmente aplica-se a ciclovias, sendo o único serviço que disponibiliza tal funcionalidade trata-se do Ciclovía.

- **Energia Consumida**

Permite calcular o número de calorias gastas na rota, apenas disponível no Mapmyride e SportRoutePlanner.

- **Descrição da Rota**

Disponibiliza a descrição de uma rota em si e aspetos interessantes a ter em conta. Esta disponível no Wikiloc, Ciclovía, Komoot e Mapmyride.

Fazendo a análise comparativa entre os serviços em termos de informação complementar podemos concluir que os serviços mais completos tratam-se do Wikiloc, Mapmyride, Ciclovía e Komoot.

- **Quais os serviços mais completos?**

Após feitas as várias análises comparativas anteriores entre os vários serviços, temos na Tabela 5 aqueles que se destacaram dos restantes em cada análise.

Tabela 5 - Análise comparativa dos melhores serviços (após análise)

	<i>Dados Base</i>	<i>Tipos de Dados</i>	<i>Metadados</i>	<i>Informação Complementar</i>
<i>Wikiloc</i>	•	•	•	•
<i>Komoot</i>	•	•	•	•
<i>Mapmyride</i>	•	•		•
<i>Ciclovia</i>			•	•
<i>Sportrouteplanner</i>		•		

Na Tabela 5, podemos visualizar que tanto os serviços Wikiloc e Komoot conseguiram ser os mais completos em todos os tipos de análises, isto pois continham uma maior variedade de informação em todas as situações. Desta forma excluímos automaticamente os serviços Mapmyride, Ciclovia e Sportrouteplanner, que não contêm um conjunto de dados tão completos associados às suas rotas descarregáveis.

Tanto o Wikiloc e Komoot, mesmo tendo algumas variantes distintas, são os que possuem um maior conteúdo de dados, assim como os formatos mais uniformizados de dados geoespaciais mais ao nível de tipos de dados descarregáveis, isto é potencialmente vantajoso no sentido de permitir descarregar rotas em mais formatos distintos que poderão servir de *inputs* a outras ferramentas de tratamento ou processamento das rotas.

Acabou-se por selecionar apenas o Wikiloc como o serviço de fonte dados, uma vez que, não seria plausível descarregar rotas de origens diferentes, pois não possuem exatamente os mesmos tipos de dados e efetivamente este contém um limite maior de descarregamento de rotas do que o Komoot o que apresenta uma vantagem caso esse limite de rotas descarregáveis fosse atingido. Uma outra vantagem é possuir o formato KML, que também é bastante utilizado, o que não acontece com o serviço Komoot.

➤ Tratamento e Uniformização de dados

Foram descarregadas cerca de 115 rotas dentro da cidade de Braga, que foi definida para este caso de estudo, estas em formato GPX, pois trata-se de um formato bastante uniformizado. De referir que nem todas as rotas possuíam o mesmo tipo de informação, deste modo partiu-se para esta fase complementar deste ponto, que não é mais que o tratamento e uniformização das rotas recolhidas.

Apesar do serviço Wikiloc disponibilizar uma grande variedade de dados em bruto, nem todas as rotas recolhidas dentro da área da cidade de Braga continham os mesmos tipos de informação, daí a terem de ser uniformizadas, sendo eliminadas as colunas que não continham qualquer tipo de informação que era situação comum a todas as rotas. É igualmente necessário enquadrar os respetivos ficheiros das rotas em GPX, às necessidades das ferramentas de processamento que serão utilizadas para gerar metadados e retirar dos mesmos conclusões realistas e isentas de possíveis erros ou incongruências contidas nos dados em bruto.

Os dados extraídos em GPX, que é dos formatos mais usados de dados geoespaciais, foram convertidos para formato CSV, isto para poderem ser tratadas posteriormente em Python, que foi a linguagem usada para fazer o tratamento e uniformização das rotas devido à facilidade de permitir uma importação simples deste tipo de formato de dados, assim como a sua acessibilidade no tratamento de ficheiros deste tipo. Para esse efeito utilizou-se a ferramenta *ExpertGPS*, que para além de fazer a conversão de dados, possibilita também visualizá-los num mapa, e verificar se as rotas se encontram dentro a cidade de Braga ou passam pelas suas imediações, sendo eliminadas as rotas periféricas, pois seriam impossíveis de agregar com outras de maneira a criar algum tipo de informação conjunta.

Depois das rotas terem sido convertidas em CSV, foi feito o tratamento de rotas recorrendo à linguagem Python integrada num ambiente Spyder, uma vez que possui bibliotecas, (biblioteca pandas), que conseguem facilmente manipular ficheiros de extensão CSV e alterar diretorias de importação de ficheiros (modulo os). O processo passou, por eliminar colunas irrelevantes, linhas nulas, criação de colunas de tempo referentes a anos, meses, dias e horas de passagem, assim como o cálculo de velocidades e distâncias entre pontos de coordenadas GPS, onde se geraram



alguns metadados e criaram-se as suas respetivas colunas para cada uma das rotas. Feito isto, os ficheiros de rotas encontram-se prontos para passar às fases seguintes do processo.

Para a fase seguinte os ficheiros contendo as informações das rotas já tratadas foram mantidos em formato CSV, pois facilita a posterior conversão para formato Geojson. Esse processo de conversão é explicado no ponto seguinte por uma questão de lógica sequencial de fases e como está representado na Figura 8 - Fases do Processo, presente no Capítulo 3.

5. Mapmatching e Agregação de Dados

Nesta secção é explicado o processo de *mapmatching*, e posteriores mecanismos de agregação de dados.

5.1. Mapmatching

O processo de Mapmatching não é mais do que o tratamento de erros de precisão associados à recolha de pontos GPS e sua posterior projecção numa determinada ferramenta de georeferenciamento, uma vez que, os pontos que representam cada uma das coordenadas GPS por onde passou um ciclista, nem sempre se encontram alinhados com o percurso ou rua que este efetivamente percorreu. Sendo assim, após feito o tratamento das rotas, procuramos corrigir as imprecisões dessas aquando inseridas num mapa.

Para melhor compreender este processo, na imagem Figura 9, temos a representação de uma das rotas descarregadas, esta representação é feita numa API denominada de Mapbox, de onde foi importado um serviço de *mapmatching* para Python. Este serviço de *mapmatching* é baseado em algoritmos de mapeamento *offline* e foram usados os algoritmos mencionados no ponto (2.4.2. Tipos de Algoritmos de *mapmatching online* e *offline*), tratando-se do algoritmo de Hidden Markov Model associado ao algoritmo Viterbi que possibilitam a correção de erros de mapeamento associados à inserção de rotas já existentes numa ferramenta de visualização geoespacial.

Como podemos ver pela Figura 9, existem pontos desta rota que se encontram fora dos limites das estradas, sendo esse os erros de precisão que precisam de ser corrigidos.

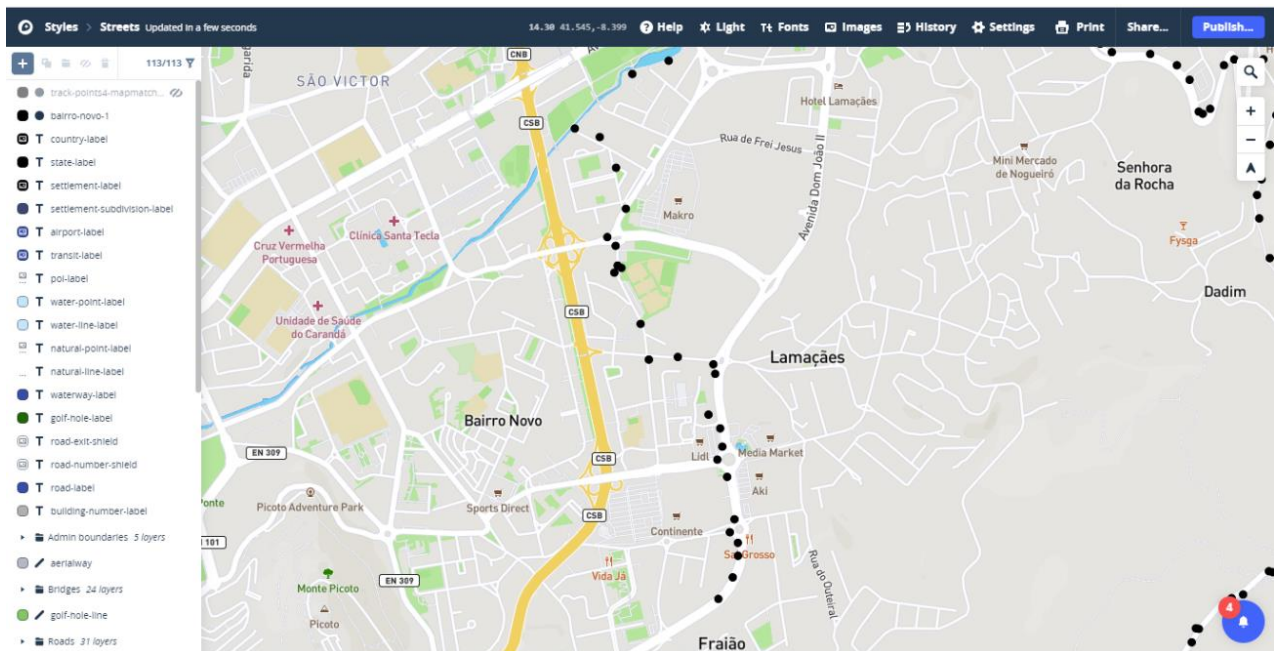


Figura 9 - Rota em bruto via Mapbox

Para isso foi necessário carregar as respetivas rotas em Python e importar o serviço de Mapbox mapmatching para fazer o respetivo *match* dos pontos com as estradas. Nesse sentido foi preciso fazer um tratamento das rotas, visto que os *inputs* como as coordenadas e *timestamps* inseridos neste serviço, mais nomeadamente no algoritmo que processa as rotas, têm de se encontrar em formato GeoJSON e com geometria de *LineString* inerente a este formato de dados. Da mesma forma o serviço possui uma restrição de 100 pontos geográficos que podem ser tratados de uma vez, daí os CSV de cada rota tiveram de ser partidos num máximo de 100 pontos GPS, convertidos em GeoJSON, posteriormente aplicados ao algoritmo de *mapmatching* importado como serviço e finalmente as coordenadas resultantes dos vários CSV voltam a ser unidas como uma rota só, sendo claro que todo este processo se processou em código Python.

Na Figura 10, temos o resultado deste processo numa partição de pontos da rota mostrada na imagem anterior, representado também no serviço de mapeamento da Mapbox:

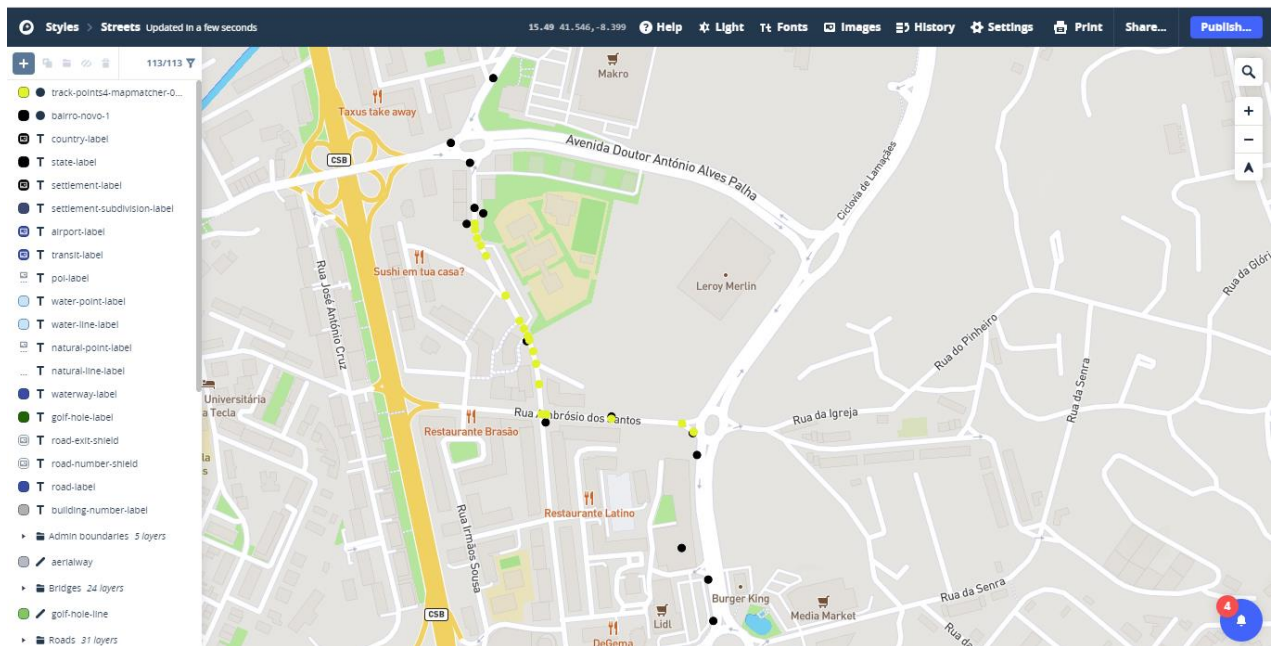


Figura 10 - Comparação de pontos após feito o mapmatching

Podemos então ver a amarelo o conjunto de pontos resultantes depois de aplicado o algoritmo e que o mesmo resulta bastante bem na correção das imprecisões pois nenhum ponto se encontra fora dos limites da via e estão mais centralizados nessa mesma, porém com alguns inconvenientes.

❖ Problemas e desafios associados à utilização deste algoritmo

➤ Perda de dados relevantes – Após aplicado o algoritmo os pontos resultantes encontram-se isentos de outras informações que continham anteriormente, como por exemplo, a elevação ou os tempos de passagem em cada uma das coordenadas geográficas, desta forma, apesar de as rotas apresentarem uma melhor precisão de mapeamento, tornam-se ineficientes por falta de dados no sentido de poderem permitir tirar conclusões no estudo de como podem gerar informações relevantes no âmbito da mobilidade ciclável.

➤ Varição de pontos gerados – Quando aplicado o algoritmo ao máximo de 100 pontos, os respetivos resultantes variam imenso, podendo até resultar mais pontos do que os inseridos como *input*.

Numa tentativa de resolver este problema foram repartidos os CSV em ficheiros de 10 pontos, com o intuito de diminuir esse número de pontos resultantes ou que houvesse uma aproximação do número de pontos gerados, porém a situação manteve-se inalterada no sentido

de ainda existir uma grande variação de novos pontos gerados. Como o número de pontos de *input* difere dos de *output* também é impossível associar os dados antigos, antes de se aplicar o algoritmo, aos novos pontos gerados. Esta variação é visível na imagem anterior, em que numa amostra de 10 pontos (a preto), foram gerados bastantes mais pontos (a amarelo).

Chegou-se à conclusão que efetivamente é possível corrigir as imprecisões de mapeamento das rotas descarregadas recorrendo à ação conjunta do algoritmo Hidden Markov Model associado ao algoritmo Viterbi e a ideia seria posteriormente aplica-los a todas as rotas, porém não é viável para este estudo, visto que, compromete alguns dos objetivos propostos a serem alcançados com a perda de dados demasiado importantes para a posterior análise das rotas já agregadas.

5.2. Mecanismos de Agregação

Nesta secção é feito o estudo da agregação das rotas já devidamente tratadas e como foram gerados metadados a partir dos dados existentes.

Começou-se por representá-las no mapa da cidade de Braga, para isso foi utilizada a ferramenta QGIS. Escolheu-se este software pois possui módulos ou plugins escritos em Python que facilitam a agregação e geram facilmente metadados. Estes módulos não são mais do que ferramentas desenvolvidas para as mais variadas funções de análise e tratamento de dados geoespaciais, podendo ser facilmente instalados visto que se trata de um software *opensource*, de seguida descrevemos quais os plugins usados e para que foram usados.

❖ QuickMapServices Plugin

O primeiro módulo a ser instalado foi o QuickMapServices, este permite criar uma camada com a representação do mapa-múndi em vários formatos e trata-se da camada base onde irão assentar todas as camadas representativas de cada rota.

Existe uma grande variedade de serviços de representação, porém optou-se por escolher o OpenStreetMap, mais concretamente o OSM cycle map, pois contém a representação das vias cicláveis da cidade de Braga e por uma questão de coerência, é igualmente utilizado em conjunto com outras ferramentas empregues neste estudo, podemos ver esta visualização na imagem seguinte:

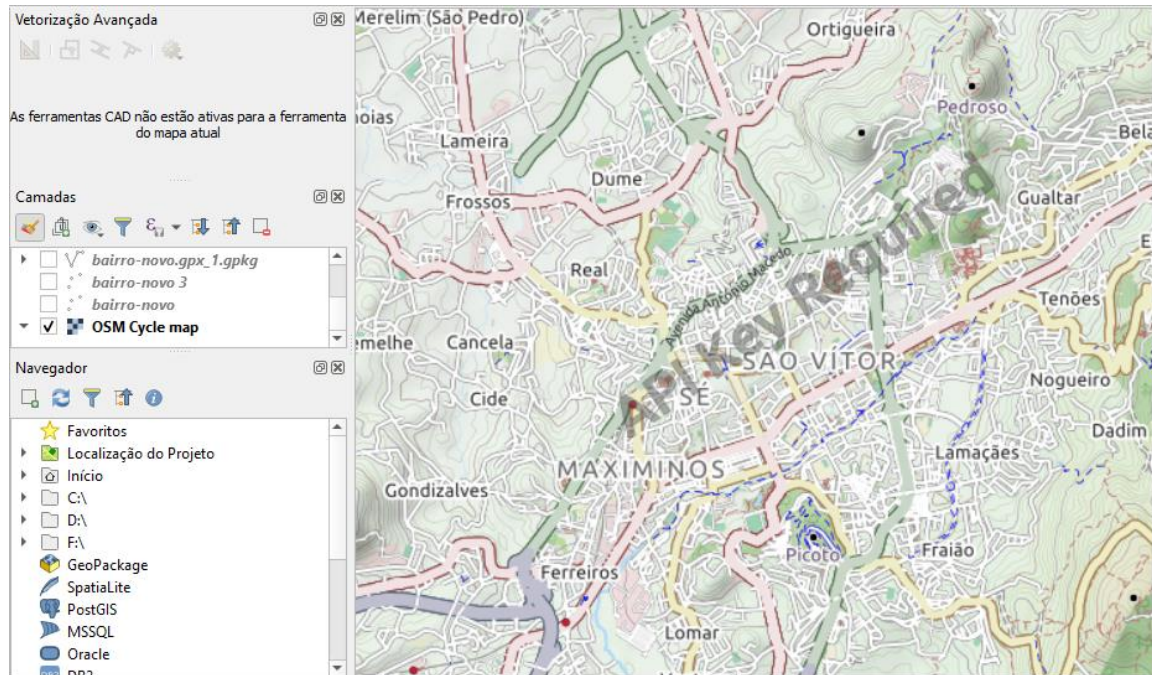


Figura 11 - Representação da cidade de Braga em QGIS - OSM

Observamos então na Figura 11, uma parte da cidade de Braga, assim como a tracejado azul as vias cicláveis e outras vias públicas representadas com cores distintas de acordo com as suas categorias.

De maneira a visualizar a coberturas das rotas foram então agregados os respetivos CSV.

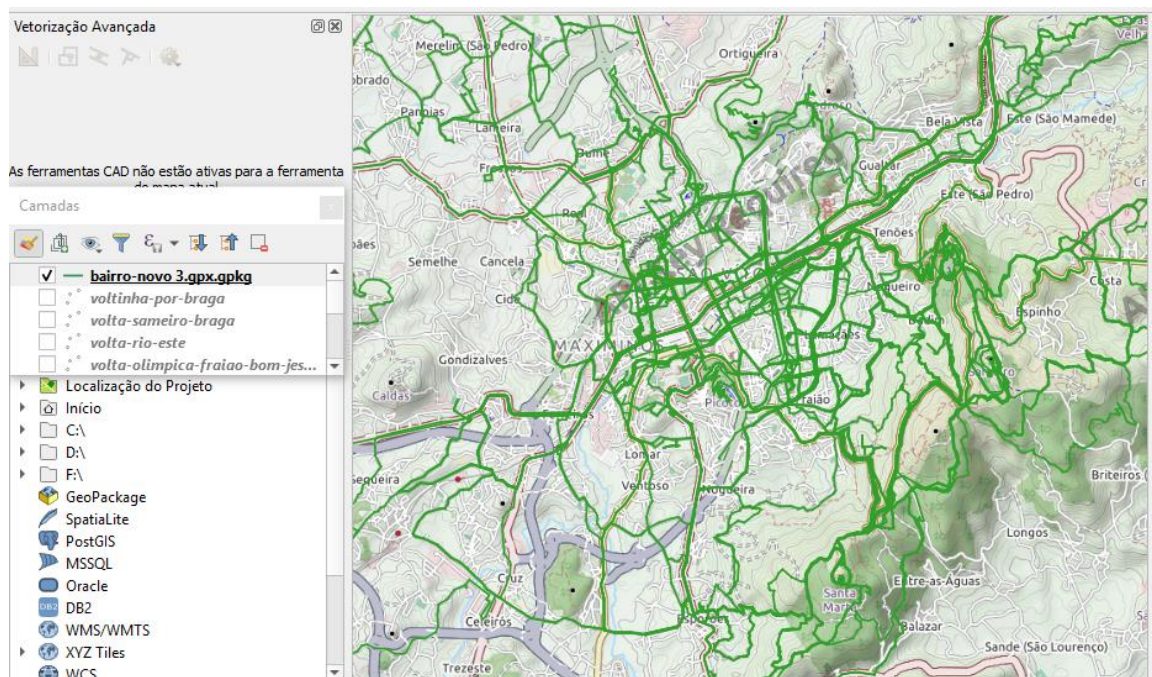


Figura 12 - Agregação de rotas em QGIS

Obtivemos na Figura 12, a representação das rotas em camadas sobre a camada OSM. Podemos ver que existe uma boa cobertura das ruas da cidade de Braga e zonas com uma notória afluência de rotas.

❖ GPX Segment Importer Plugin

Trata-se do segundo plugin a ser instalado e tem como objetivo criar segmentos de reta entre dois pontos GPS, em simultâneo ao inserir a rota, é dada a possibilidade fazer o cálculo da velocidade e tempo que demorou a percorrer cada segmento entre pontos GPS, permitindo assim gerar metadados interessantes para uma futura análise. Para melhor exemplificar este processo de criação de metadados temos na imagem seguinte uma rota original e a sua representação por pontos GPS.

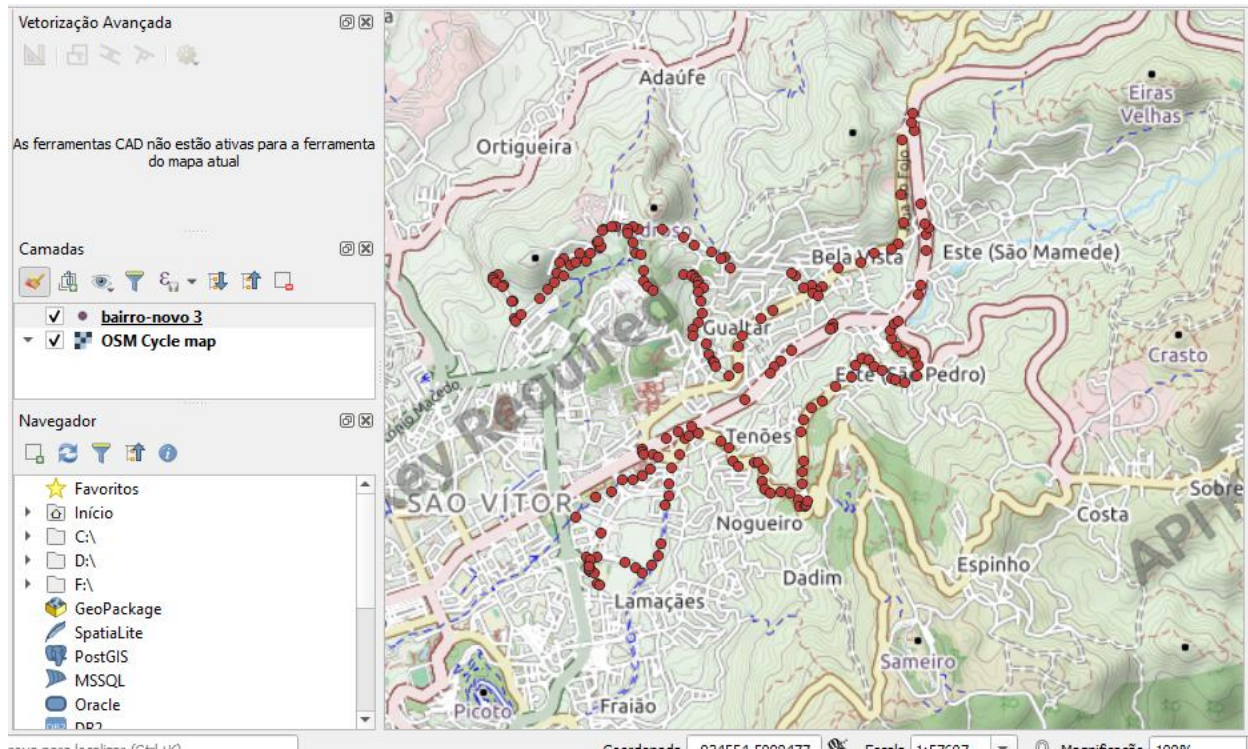


Figura 13 - Rota original com pontos GPS

Podem-se observar, (Figura 13), claramente os pontos que representam esta rota, porém não existe qualquer ligação entre os mesmos. Para tornar então o percurso percorrido mais explícito, é aplicado o plugin que cria os respetivos segmentos e em simultâneo gera os metadados referidos anteriormente:

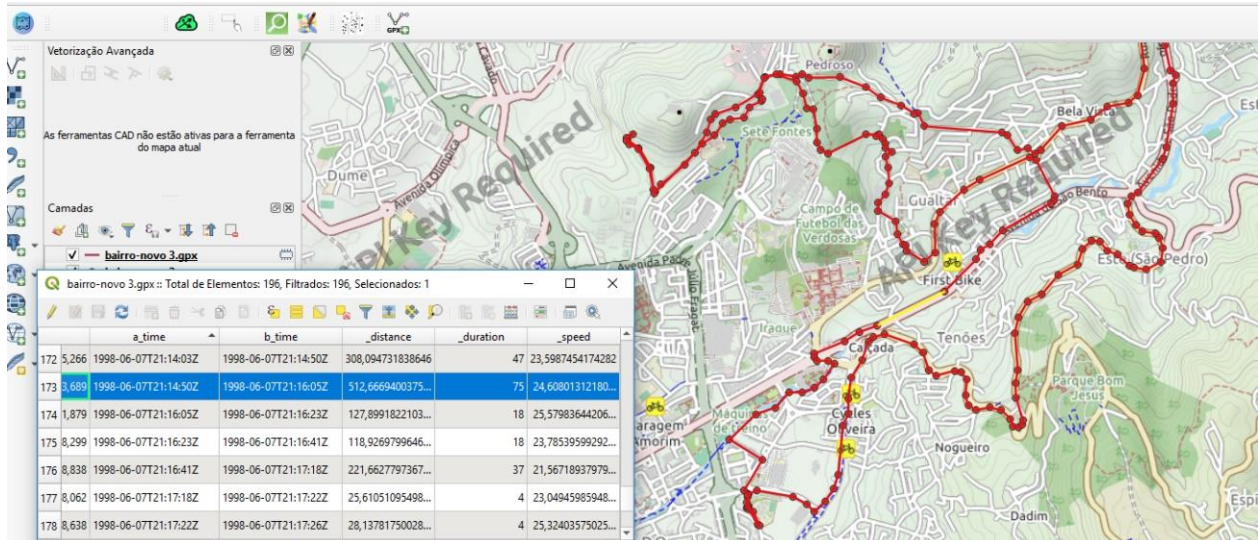


Figura 14 - Rota após aplicado o plugin de segmentação

Como podemos ver na Figura 14, foi criada uma camada correspondente a uma rota denominada (bairro-novo 3.gpx), podemos verificar igualmente a respetiva tabela de atributos com os novos metadados de (_distance, _duration e _speed), calculados automaticamente pelo plugin em questão a partir dos *timestamps* de dois pontos em sequência (a_time e b_time). Observando a rota propriamente dita, vemos que foram criados os segmentos entre cada dois pontos GPS, a amarelo está representado um segmento selecionado na tabela de atributos com as suas respetivas características, onde a cada linha da tabela corresponde um segmento distinto da rota.

Após feita agregação e serem gerados novos dados, podemos então passar à fase seguinte do estudo, que nos diz se com os dados resultantes das fases anteriores é possível ou não fazer um estudo viável de como estas rotas cicláveis geram dados analíticos de mobilidade ciclável dentro da cidade de Braga.

❖ Problemas associados à agregação de rotas

Inicialmente pretendia-se estudar esta cobertura e agregação de rotas recorrendo puramente à ferramenta Python, mais nomeadamente utilizando a biblioteca NetworkX, porém os algoritmos contidos na mesma não se podem aplicar ao contexto de mapeamento, isto porque

não é possível extrair os nodos no OSM, de maneira a descobrir a densidade de pontos de coordenadas provenientes dos CSV, em torno desses nodos, isto no que já mencionado relativamente à segmentação de rotas, (2.5. Segmentação Dinâmica de Rotas e Algoritmos de Segmentação), e como se podem segmentar a agregar dados com base em atributos por segmentos de rota. Da mesma forma exclui-se igualmente a biblioteca Osmnx que seria responsável por projetar e analisar as redes de ruas dentro da cidade de Braga.

Na imagem seguinte, (Figura 15), temos uma representação que ajuda a compreender melhor como seriam projetados os segmentos das ruas e os respetivos nodos onde se pretendia pendurar os dados das rotas que passassem pelas suas imediações de forma a gerar informações como o número de passagens, velocidades médias naquelas secções, entre outros dados interessantes para um possível estudo.

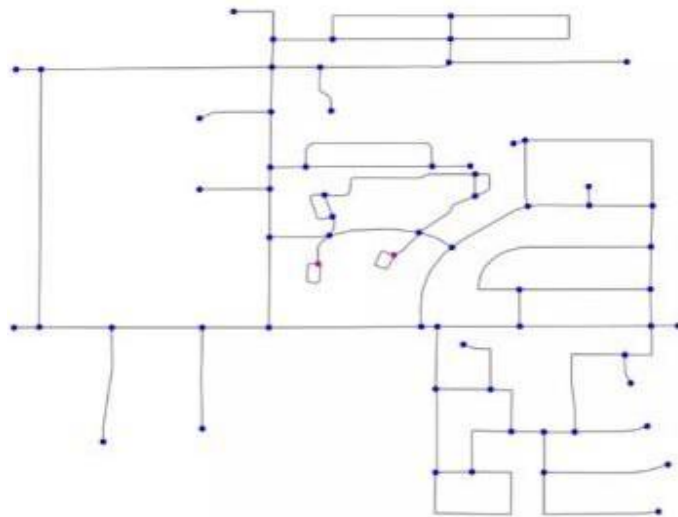


Figura 15 - Representação da aplicação de Python com OpenStreetMap (Boeing, 2016)

Podemos ver na Figura 16, uma representação de uma rede de ruas recorrendo ao pacote OSMnx, onde se observam claramente os nodos que definem os pontos de interseção entre ruas e nodos de fim de rua. Um problema encontrado foi que para Braga apenas foi possível carregar uma vasta extensão de todo o distrito e não o centro da cidade em si ou secções mais pequenas da cidade e tratando-se de uma visualização estática, seria impossível focar zonas mais específicas da cidade onde houvesse uma maior concentração de rotas, levando a uma pobre visualização de cobertura das mesmas.

O objetivo seria, portanto, extrair estes nodos no sentido de pendurar os dados das rotas que arreesassem as suas secções como se pode ser na Figura 16:

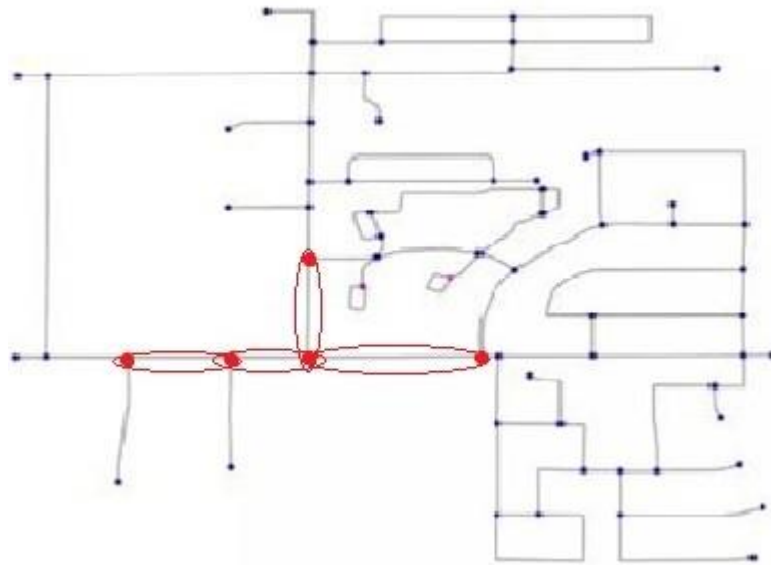


Figura 16 - OSMnx nodos e secções

Um outro problema que se retira logo à partida, é que existem nodos pertencentes a várias secções o que poderia induzir em erros de interpretação da informação gerada, como no seguinte exemplo, Figura 17:

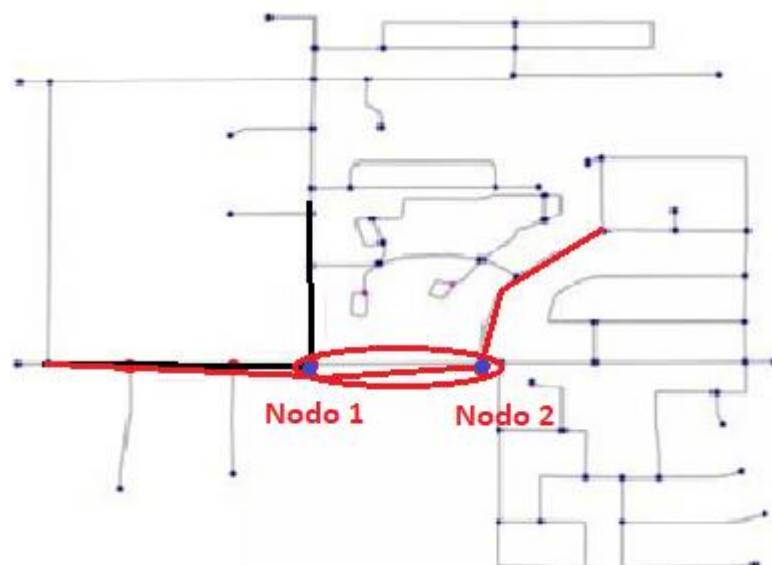


Figura 17 - OSMnx erros associados a nodos e secções

Temos duas rotas representadas a preto e outra a vermelho, onde ambas intercetam o nodo 1, o que iria acontecer seria que a informação contida em ambas as rotas seria guardada nesse ponto, como por exemplo a velocidade. Posteriormente, quando se fosse a calcular a velocidade média na secção entre os dois nodos (1 e 2), iria entrar a velocidade contida na rota

representada a preto, o que geraria uma informação errada, e posteriormente seriam feitas análises incorretas sobre os metadados gerados.

Uma possível solução passaria por criar nodos intermédios a partir dos nodos existentes, que representariam uma dada secção ou rua, evitando erros de análise deste tipo:

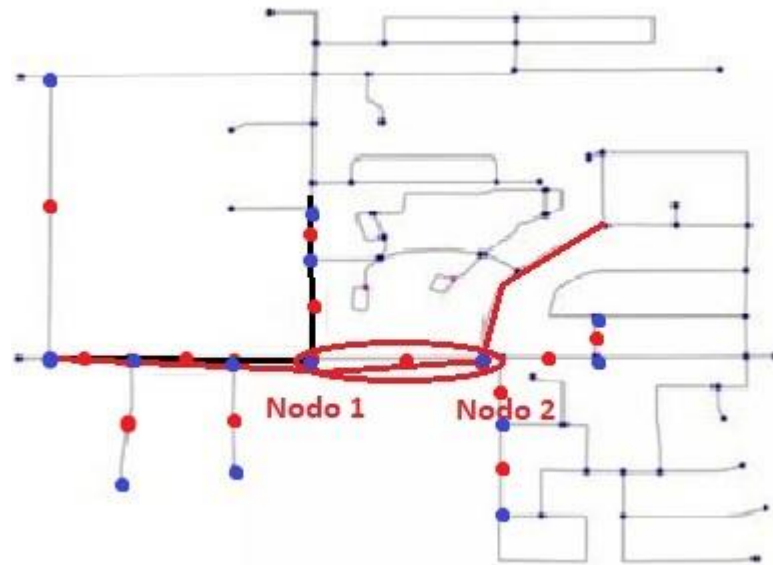


Figura 18 - OSMnx solução entre nodos e secções

Seriam então criados os nodos representados a vermelho, Figura 18, que apenas contabilizavam as rotas que efetivamente passam nessa secção e onde seriam pendurados os dados para posteriores análises e conclusões mais fidedignas no âmbito da segmentação de rotas.

Como não foi possível extrair estes nodos recorrendo a Python e aos pacotes em questão, teve-se de recorrer a outras alternativas, que apesar de não permitirem pendurar dados comuns das rotas e gerar informação em cada secção ou rua agregada, possibilita, no entanto, visualizar essa mesma informação pelo conjunto de rotas que atravessam as diferentes secções da cidade. Apesar de este ser o ponto fulcral desta dissertação, tornou-se mais complexo de se atingir do que o expectável, tendo em conta as ferramentas utilizadas, porém não impediu de procurar outros meios que permitissem tirar algum tipo de conclusão sobre a realidade ciclável na cidade de Braga, sendo que se recorreu à ferramenta QGIS para visualizar e manipular essas visualizações, com o intuito de fazer uma análise mais visual da informação.

6. Análise por Visualização de Resultados

Feita a descrição das metodologias usadas, neste ponto é realizado o estudo de como os *outputs* resultantes de todas as fases anteriores nos permitem tirar conclusões acerca da mobilidade ciclável dentro da cidade de Braga. Tentamos então responder a algumas questões recorrendo à ferramenta QGIS e como diferentes visualizações destas rotas de acordo com algumas das suas características permite tirar algum tipo de conclusão sobre este estudo.

➤ São as rotas recolhidas representativas para o estudo da cidade de braga?

Para responder a esta questão decidiu-se primeiramente fazer uma representação utilizando os nodos e não os segmentos de rota que caracterizam cada um dos pontos de passagem de uma determinada rota, e aplicou-se aos mesmos uma camada térmica, que permite visualizar a concentração de pontos GPS numa determinada área. É de notar na Figura 19, que existem zonas onde essa concentração é claramente maior, o que indica que há efetivamente uma maior cobertura de rotas desses espaços.

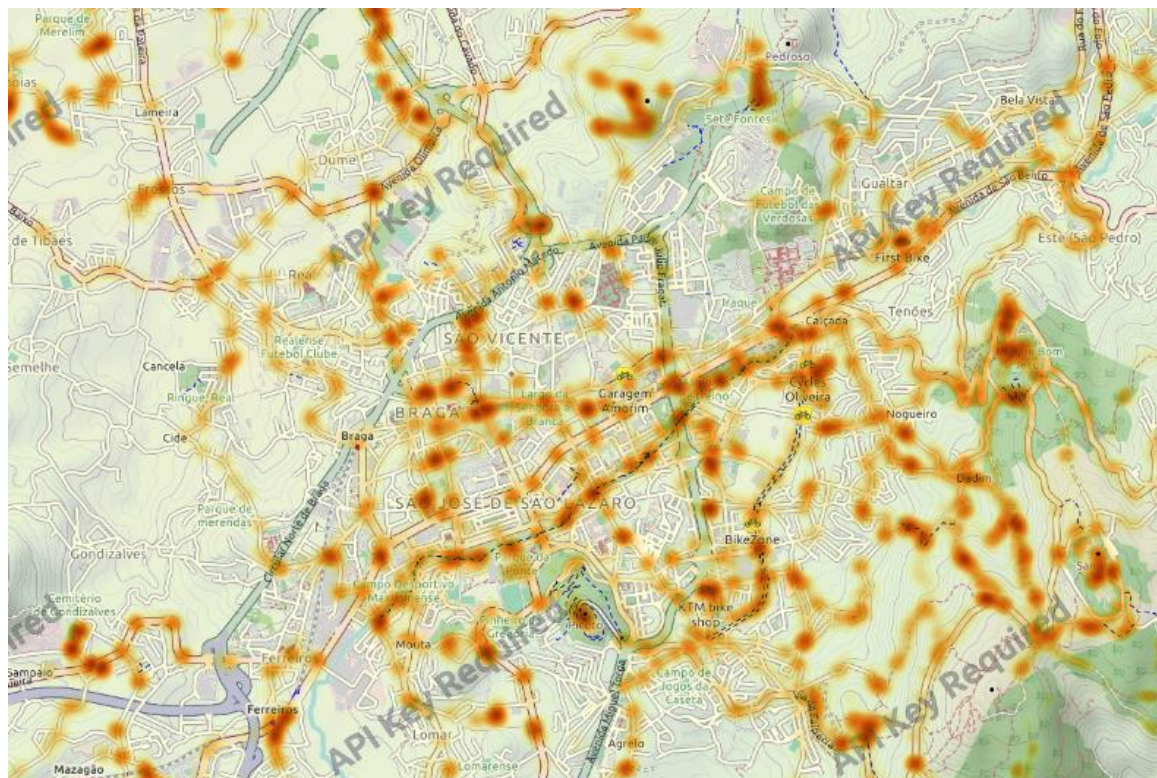


Figura 19 - Mapa térmico da representatividade das rotas em Braga

Fez-se também uma representação utilizando os segmentos feitos por cada uma das rotas, e não os pontos GPS como na imagem anterior, onde foi atribuída a mesma cor e largura das linhas representativas das mesmas. Por este meio conseguimos ver a densidade das rotas que atravessam determinadas partes da cidade, ou seja, quanto maior a espessura das linhas numa rua ou zona, mais ciclável essa zona da cidade se torna, logo mais representativas são essas mesmas zonas como sendo preferenciais para os ciclistas, Figura 20.



Figura 20 - Representatividade das rotas na cidade de Braga (linhas de segmento)

Analisando a Figura 21, observa-se facilmente as zonas com uma maior densidade de circulação. Pretendemos analisar cada uma das zonas e tendo em mente o conhecimento das mesmas na cidade, foram criadas quatro secções de estudo, onde se verifica um maior ajuntamento de rotas

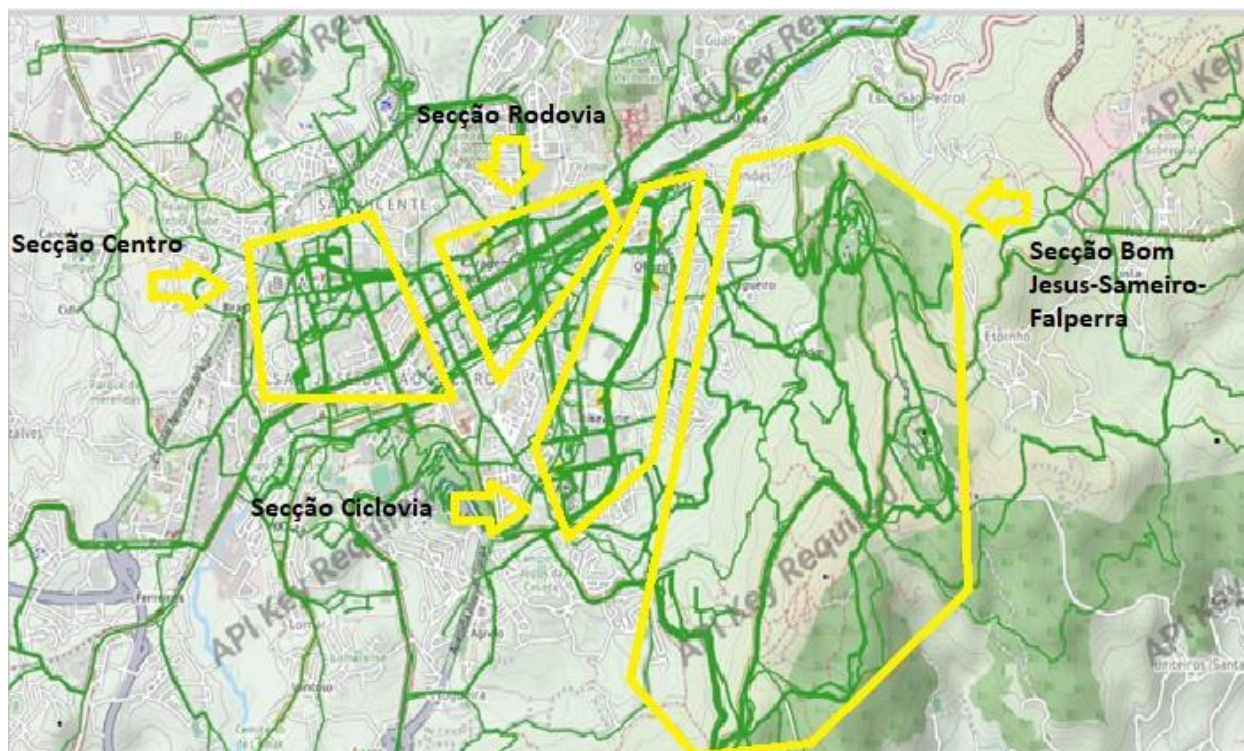


Figura 21 - Representatividade das rotas na cidade de Braga (secções)

- **Secção Centro** – Corresponde à zona central de Braga, trata-se de uma área mais residencial e de comércio e por isso possui uma grande variedade de vias pedonais amplas de grandes extensões e caminhos alternativos que permitem evitar estradas onde circulam automóveis. Por este motivo é compreensível que tenha uma grande afluência de rotas, pois são trajetos facilmente cicláveis, sem grandes problemas de trânsito com a escolha de vias alternativas, ou inclinações pouco acentuadas e possibilitando chegar facilmente aos serviços centralizados da cidade.
- **Secção Rodovia** – É uma zona da cidade que contém várias vias de circulação amplas, apesar de muitas não possuírem ciclovias e conterem algum trânsito nas horas de ponta, são vias de rápido acesso e circulação que ligam o centro da cidade a zonas como a Universidade, o Parque da Rodovia ou o Bom Jesus, que se caracterizam mais pelo ciclismo de lazer ou de desporto e possuem meios de circulação mais apropriados a este tipo de atividade. É a secção onde há mais conglomerados de rotas estudadas.
- **Secção Ciclovía** – Apesar de ser uma zona mais periférica da cidade, possui uma ciclovía com uma extensão de aproximadamente 4,6km, que permite ligar essas zonas a uma zona mais central da cidade, fazendo uma ponte de ligação entre a Secção Rodovia e a Secção Bom Jesus-

Sameiro-Falperra. Desta forma pode-se deduzir que esta maior concentração de rotas descarregadas nesta secção deve-se a esses mesmos fatores.

- **Secção Bom Jesus-Sameiro-Falperra** – Trata-se da secção mais periférica, porém contém muitas zonas com uma grande concentração de rotas, principalmente perto do Bom Jesus, Sameiro e Falperra. Apesar de não existirem ciclovias nestas zonas, elas são bastante utilizadas por ciclistas, mais por aqueles que procuram algum desafio, visto que a variação de perfil nestas zonas é mais acentuada que nas restantes zonas, não contém muito trânsito e é possível optar por caminhos de monte alternativos. Proporciona uma experiência de circulação bastante diferente das restantes zonas, assim como permite a ligação entre a secção Rodovia e a Secção Ciclovias o que pode explicar igualmente a maior utilização desta zona.

Vendo então cada uma destas secções, as suas respetivas características e com o conhecimento prévio destas zonas da cidade, podemos inferir que estas rotas são representativas nestas zonas, pois para além da sua maior densidade, enquadram-se nos perfis de circulação descritos, daí a sua maior utilização por parte dos ciclistas.

➤ **Com base nestes dados o que se pode concluir sobre as melhores rotas de circulação na cidade?**

Com base na resposta à questão anterior conseguimos deduzir quais as zonas mais circuladas tendo em conta a densidade das rotas nessas mesmas. Porém iremos analisar como a velocidade, ou até a variação da altitude podem, ou não, ter alguma influência na preferência da escolha das rotas pelos ciclistas.

➤ **Estudo da Velocidade**

Para o estudo da velocidade foi aplicado um estilo graduado às camadas das rotas, isto permite verificar quais as secções das rotas que estão dentro de um determinado valor de velocidades, ajudando assim a perceber os intervalos de velocidades atingidas. Este estilo foi repartido em cinco categorias de acordo com as velocidades alcançadas, onde a cor representada fica mais saturada quanto maior for a velocidade nessa secção, estando os intervalos compreendidos entre os valores representados na Tabela 6:

Tabela 6 - Cores representativas de velocidades

INTERVALOS KM/H	CORES
0KM/H - 5KM/H	
5KM/H - 15KM/H	
15KM/H - 35KM/H	
35KM/H - 60KM/H	
>60KM/H	

Estes valores foram atribuídos após feito um pequeno estudo de velocidades médias de ciclistas, sendo uma velocidade média de um ciclista não profissional cerca de 30km/h em terreno plano.

Após aplicado este filtro, obtivemos a seguinte representação das velocidades no mapa,

Figura 22:

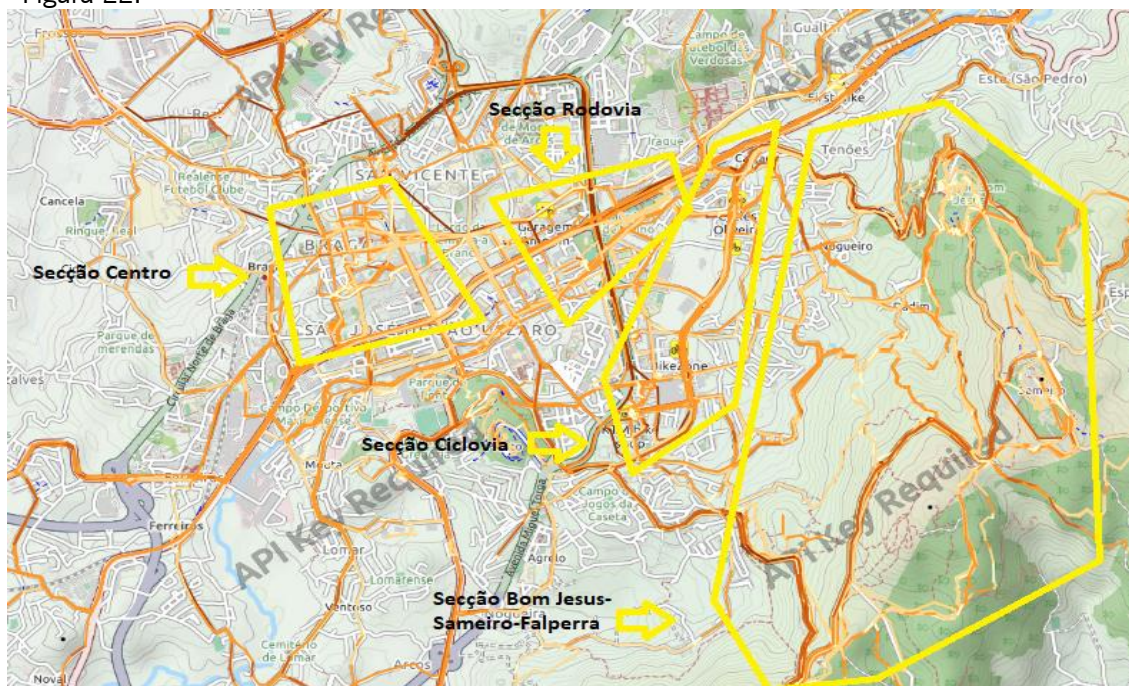


Figura 22 - Representatividade das velocidades

- **Secção Centro** - Como se trata de uma zona mais central da cidade é previsível que as velocidades atingidas não sejam tão elevadas, o que efetivamente se verifica pelas cores mais claras. Isto pode-se dever a uma maior circulação de peões, o que leva a que os ciclistas tenham

de ser mais prudentes, assim como a existência de semáforos e de um maior número de interseções o que leva igualmente a cuidados redobrados, logo a velocidades menores.

- **Secção Rodovia** – Por ser uma zona com várias vias mais amplas é notável que se verificam velocidades mais elevadas nesta zona, porém, no centro desta área, mais perto do parque da rodovia visível a verde, notam-se velocidades menores, pois é igualmente uma área pedonal, sendo deste modo plausível que estas se verifiquem por uma questão de precaução por parte dos ciclistas. Já as principais vias de acesso, são notáveis velocidades maiores.

- **Secção Ciclovía** – Nesta zona é visível que as velocidades médias estão compreendidas dentro da normalidade, isto porque se trata de uma zona com uma constante variação na elevação do piso, ou seja, quer se circule em sentidos opostos da ciclovía, temos menores velocidades e maior esforço na subida, ou maiores velocidades e menor esforço na descida, logo tal como visível na imagem, temos linhas de tons fortes e outros ténues, resultando visualmente em valores médios de velocidade dentro da gama dos (15km/h – 35km/h).

- **Secção Bom Jesus-Sameiro-Falperra** – Trata-se da zona com uma maior variação na gama de velocidades, isto é facilmente compreensível pois existe uma grande oscilação de altitudes desde a base desta zona que se inicia entre a Secção Ciclovía até a um dos pontos mais altos desta zona em questão, o Sameiro. Como se pode ver pela imagem, verificam-se zonas com velocidades bastante baixas, ou bastante altas, o que se pode deduzir que há ruas usadas preferencialmente para descida e outras para subida. É de notar que nas zonas centrais do Bom Jesus e Sameiro predominam velocidades muito baixas, isto porque, podem-se tratar de zonas onde os ciclistas costumam repousar antes de seguir o percurso, pois possuem espaços de descanso, como fontes (representados com torneira branca em fundo azul) ou ate zonas de lazer:

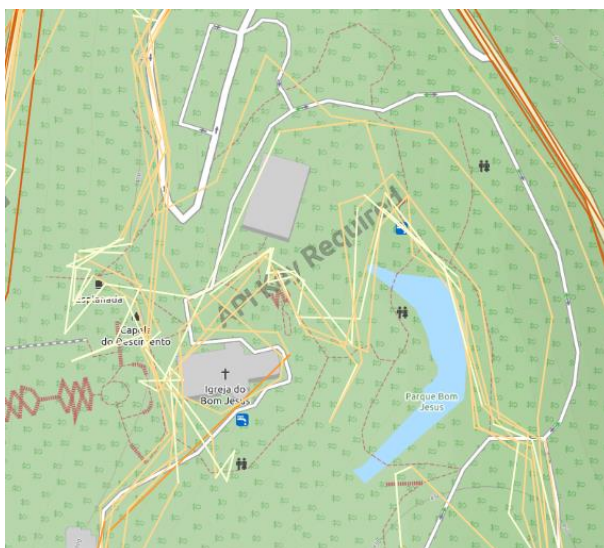


Figura 24 - Bom Jesus do Monte - zona central

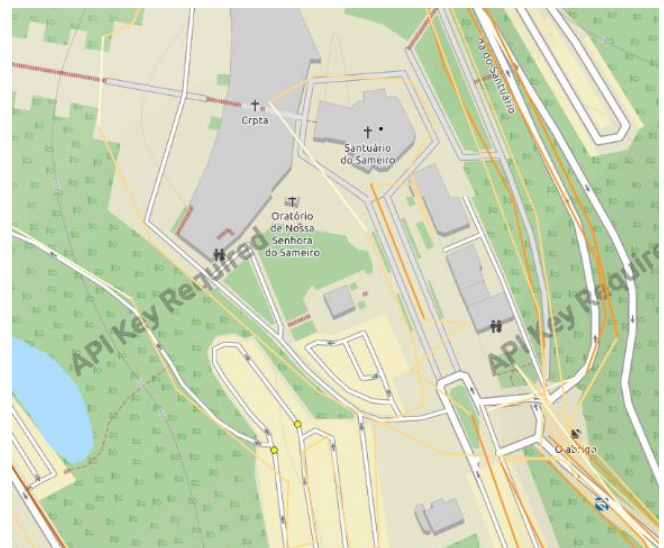


Figura 23 - Sameiro - zona central

Apesar de nos dar uma ideia das velocidades predominantes em algumas zonas, vendo pela densidade de cores, esta visualização não permite tirar conclusões muito realistas ou detalhadas, pois existem várias condicionantes que podem afetar a velocidade e que com os dados existentes, não nos permitem relacionar a maneira como afetam esta variável. No máximo podem-se inferir zonas em que velocidades maiores implicam descidas mais acentuadas e são usadas preferencialmente para descida para pontos mais baixos, ou o contrário que zonas com menores velocidades são preferenciais para subidas.

Para completar um pouco mais esta análise de velocidades, criou-se um campo calculado em QGIS, que determina a variação da velocidade em cada rota em cada uma das suas secções. Esta não é mais que a média de todas as velocidades da rota, dividida pela velocidade da secção. Desta forma para valores inferiores a 1, temos velocidades de secção maiores que a média e estão representadas a verde, caso o valor seja superior a 1, implica velocidades menores que a média percorrida na rota, e é representada a vermelho. Com isto pretendemos verificar zonas mais específicas da cidade onde exista uma grande convergência de valores médios da mesma natureza de velocidades por secção, o que nos pode indicar que são zonas onde existem condicionantes que levam a velocidades médias maiores ou menores por rota.

- **Secção Centro** – Nesta zona podemos ver claramente que existem zonas do centro da cidade onde se verificam o mesmo padrão comportamental dos ciclistas no que toca às velocidades médias atingidas, o que nos pode indicar que são zonas mais facilmente cicláveis ou com menos condicionantes, ou o inverso, caso haja a predominância de secções vermelho, Figura 25.

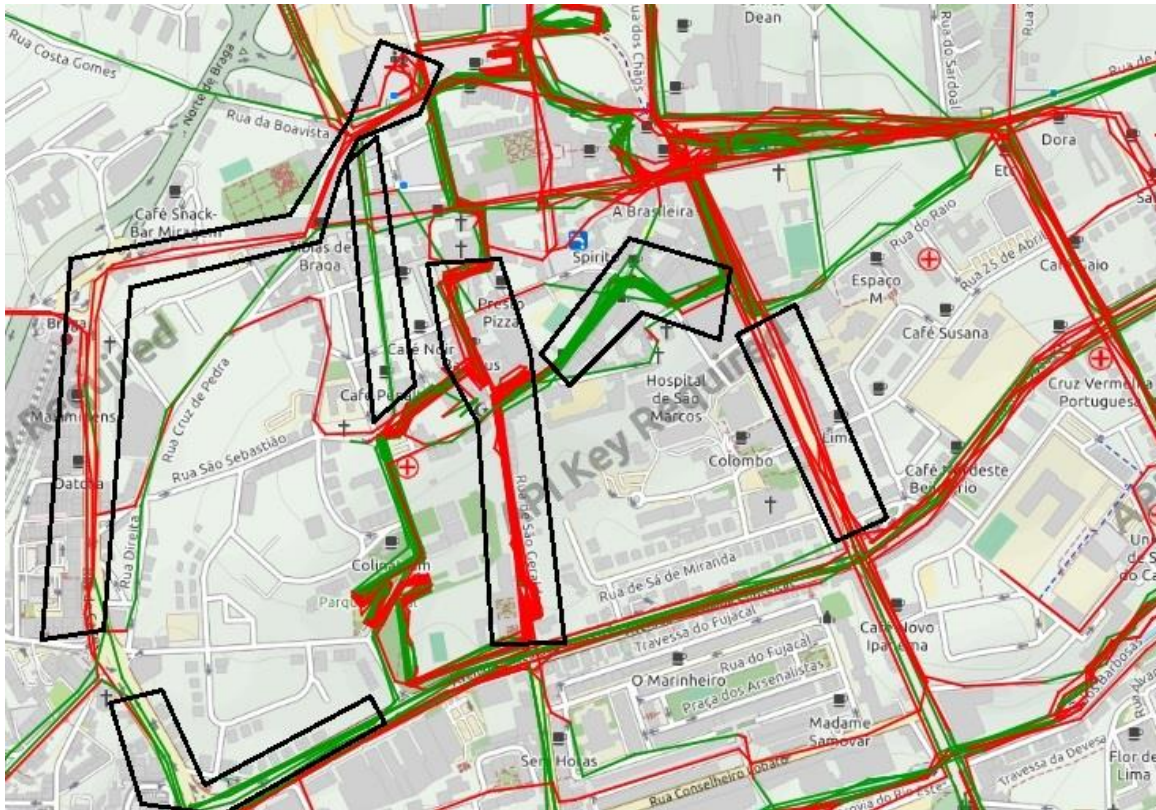


Figura 25 - Velocidades médias por secção - Secção centro

- **Secção Rodovia** – Na secção rodovia podemos ver bastantes zonas com velocidades médias por rota representadas a verde, tal pode ser explicado devido às vias extensas presentes nesta zona, o que permite atingir maiores velocidades sem tantos obstáculos. Porém mais na zona do parque da rodovia é onde se verificam valores abaixo da média, que pode ser explicado por se

tratar de uma zona pedonal, daí a uma concentração de velocidades médias por rota menores devido à existência de peões, Figura 26.

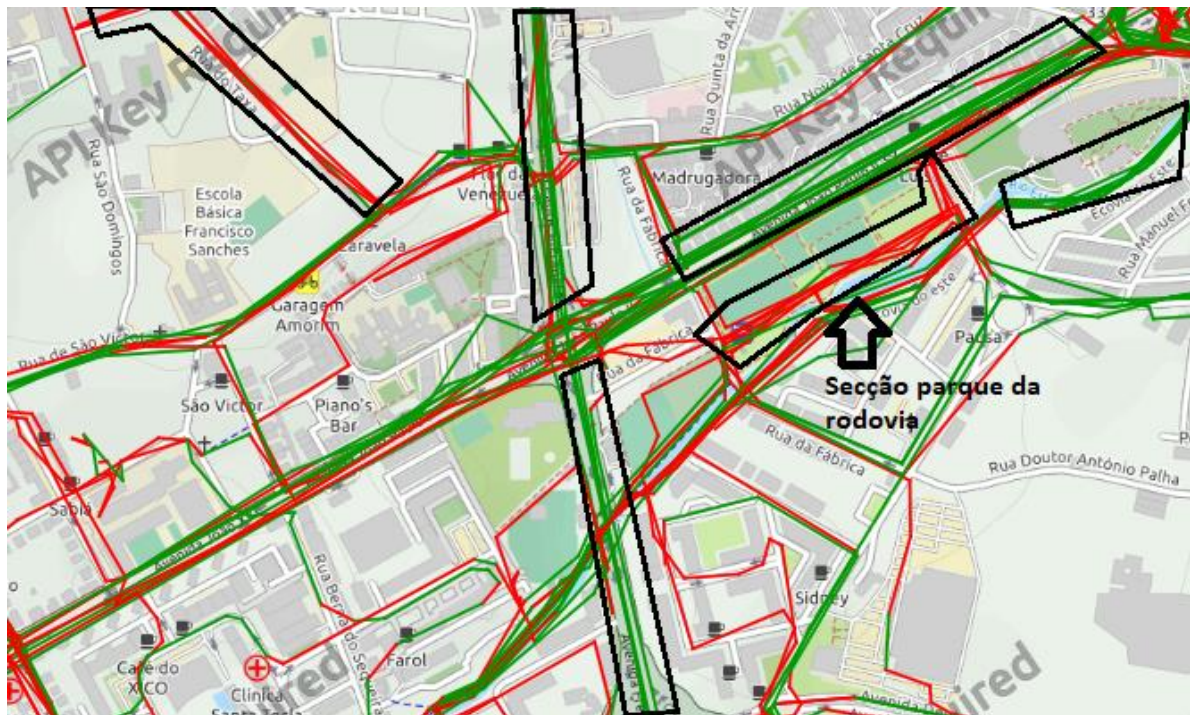


Figura 26 - Velocidades médias por secção - Secção Rodovia

- **Secção Ciclovía** – Esta secção foi dividida em duas visualizações devido à sua extensão.
 - **Secção Ciclovía (superior)** - Na primeira visualização podemos ver na parte superior da ciclovía, mais precisamente do lado esquerdo, a velocidade média é inferior em todas as secções das várias rotas, isto pode ser devido à presença de uma rotunda, que requer mais precaução por parte dos ciclistas, assim como a inclinação desta via é considerável, sendo que o trânsito se faz no sentido ascendente, logo, temos velocidades menores. Já as vias do lado direito têm sempre velocidades acima da média por secções, pois o trânsito faz-se no sentido descendente.

Numa parte mais inferior temos igualmente zonas com velocidades médias superiores, o que leva a presumir que a maioria das rotas são feitas no sentido descendente nesta zona superior da ciclovía, Figura 27.

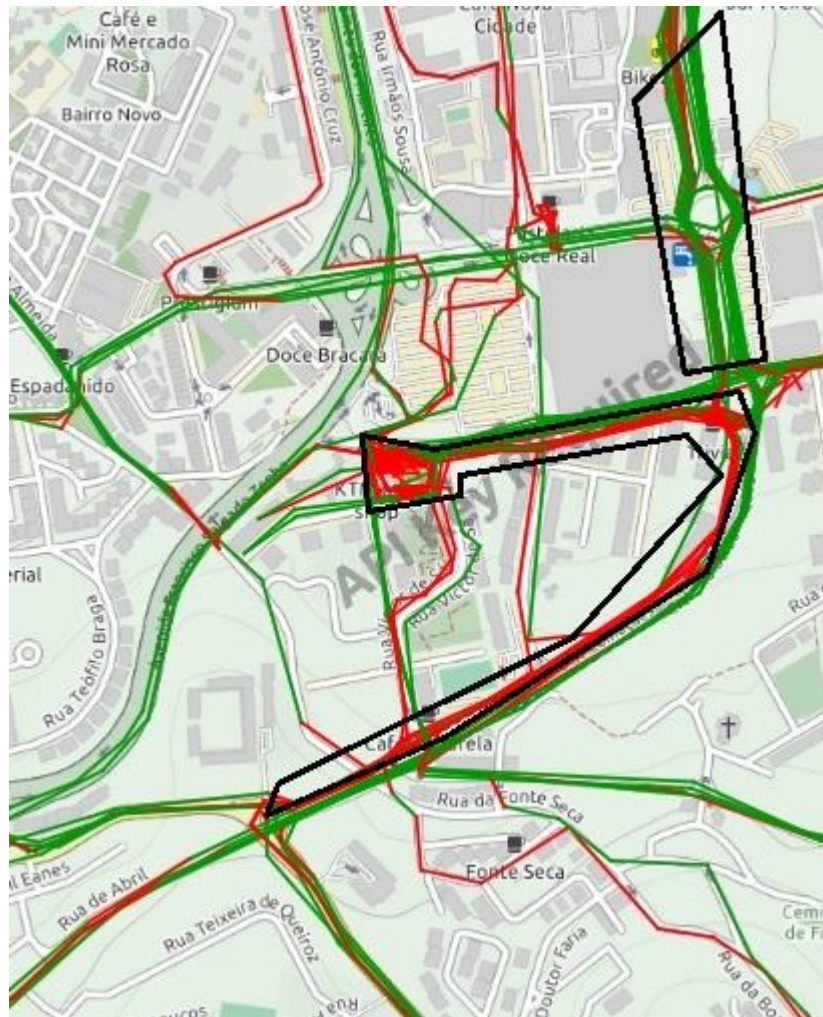


Figura 27 - Velocidades médias por secção - Secção Ciclovía (Superior)

→ **Secção Ciclovía (inferior)** – Nesta zona da ciclovía podemos ver que a maioria das velocidades médias por secção são superiores à correspondente média de cada rota, apenas numa zona é que se verifica uma pequena zona inversa, isto acontece pois existe uma inclinação positiva nessa zona da ciclovía um pouco acentuada, isto por conhecimento da ciclovía em questão, logo as velocidades nessa zona são menores, Figura 28.



Figura 28 - Velocidades médias por secção - Secção Ciclovía (Inferior)

- **Secção Bom Jesus-Sameiro-Falperra** – Esta secção foi dividida em três visualizações devido à sua extensão.

→ **Secção Bom Jesus** – Nesta secção vemos claramente que a maioria das rotas possuem velocidades médias inferiores, isto deve-se ao facto de muito provavelmente os ciclistas utilizarem esta zona como zona de descanso, visto que as vias de acesso têm inclinações bastante acentuadas e desta forma, apresentam secções predominantemente vermelhas.

Da mesma forma vias de ligação, (mais à direita), circundadas a preto na imagem abaixo tratam-se das principais vias de acesso entre o Bom Jesus e o Sameiro, e visto que este último se encontra a uma altitude superior em relação ao Bom Jesus, é espectável que as velocidades médias das secções sejam inferiores à média, o que se verifica efetivamente na imagem, pois é notória a predominância de vias representadas a vermelho.

Já a principal via de acesso ao Bom Jesus (circundada a preto mais à esquerda), é caracterizada por se fazer o transito ascendente pela via da direita e descendente pela via da esquerda, e como se observa, os dados recolhidos estão de acordo com esta informação, pois as velocidades médias na via da direita são menores e as da via da esquerda superiores, Figura 29.

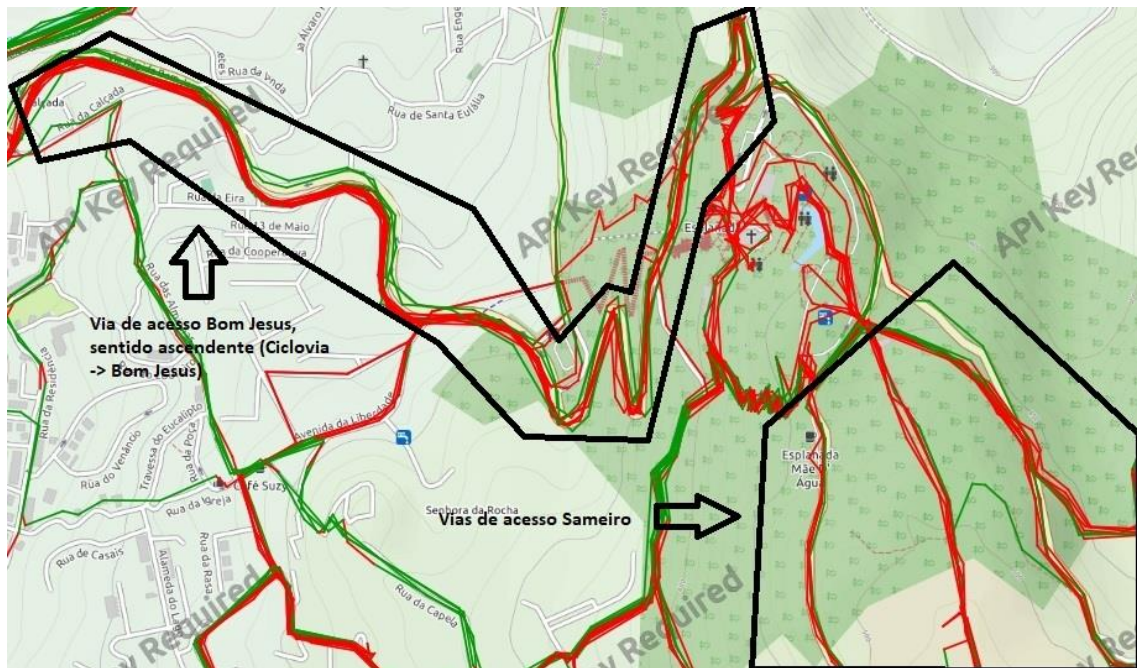


Figura 29 - Velocidades médias por secção - Secção Bom Jesus

→ **Secção Sameiro** – Por se tratar do ponto mais alto da secção Bom Jesus-Sameiro-Falperra, é notável uma variação de velocidades nas diferentes vias de acesso, em que as velocidades das vias de acesso do Bom Jesus, são predominantemente caracterizadas por velocidades médias menores, onde a grande maioria dos valores destas vias inverte os valores na secção do Sameiro. Em contrapartida possuem velocidades médias superiores nas vias de acesso da Falperra, uma vez que inverte o sentido ascendente, para descendente.

Isto é dedutível pois conhecendo esta zona da cidade, a maioria dos ciclistas percorre o trajeto no sentido Bom Jesus -> Sameiro -> Falperra e tendo conhecimento destas zonas, é menos exigente percorrer este circuito nesta ordem, visto que a zona da Falperra possui inclinações mais acentuadas durante extensões mais longas, sendo que as rotas recolhidas mostram de certa forma essa mesma preferência de acordo com as velocidades médias atingidas nas diferentes partições desta secção, Figura 30.

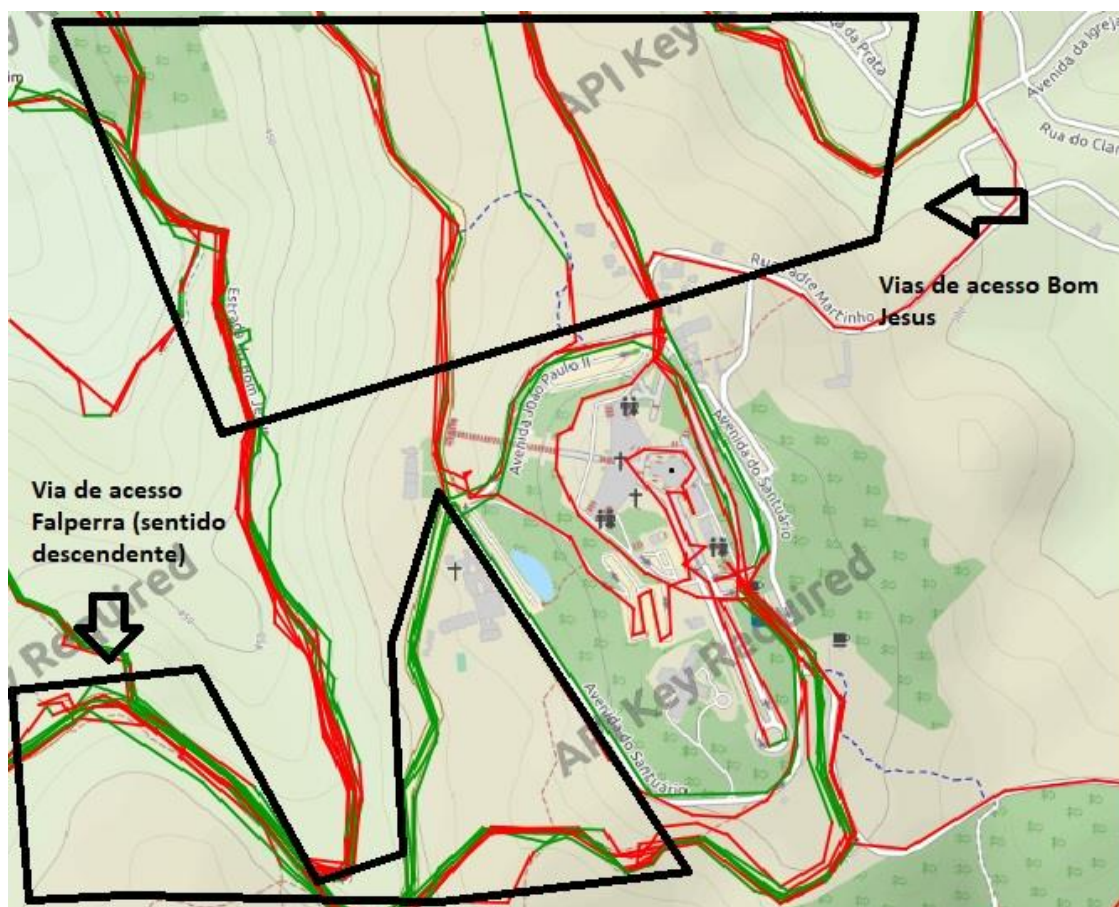


Figura 30 - Velocidades médias por secção - Secção Sameiro

→ **Secção Falperra** – Analisando a Figura 31, distingue-se facilmente a principal via ciclável na zona da Falperra, esta é bastante larga e permite uma fácil circulação por parte dos ciclistas. É igualmente notável que na maioria do percurso são encontradas velocidades médias acima da média nas diferentes secções das rotas, que nos permite deduzir que a maioria dos percursos são feitos no sentido descendente, sendo esta via inclinada em toda a sua extensão, permite atingir velocidades mais elevadas. Claramente nem todas as rotas percorridas seguem esta norma, pode-se depreender que o facto de existirem velocidades médias abaixo da média, indica que foram ciclistas que realizaram o percurso no sentido ascendente, apesar de ter uma exigência bastante superior, representa um desafio maior e talvez seja isso que os próprios procurem.

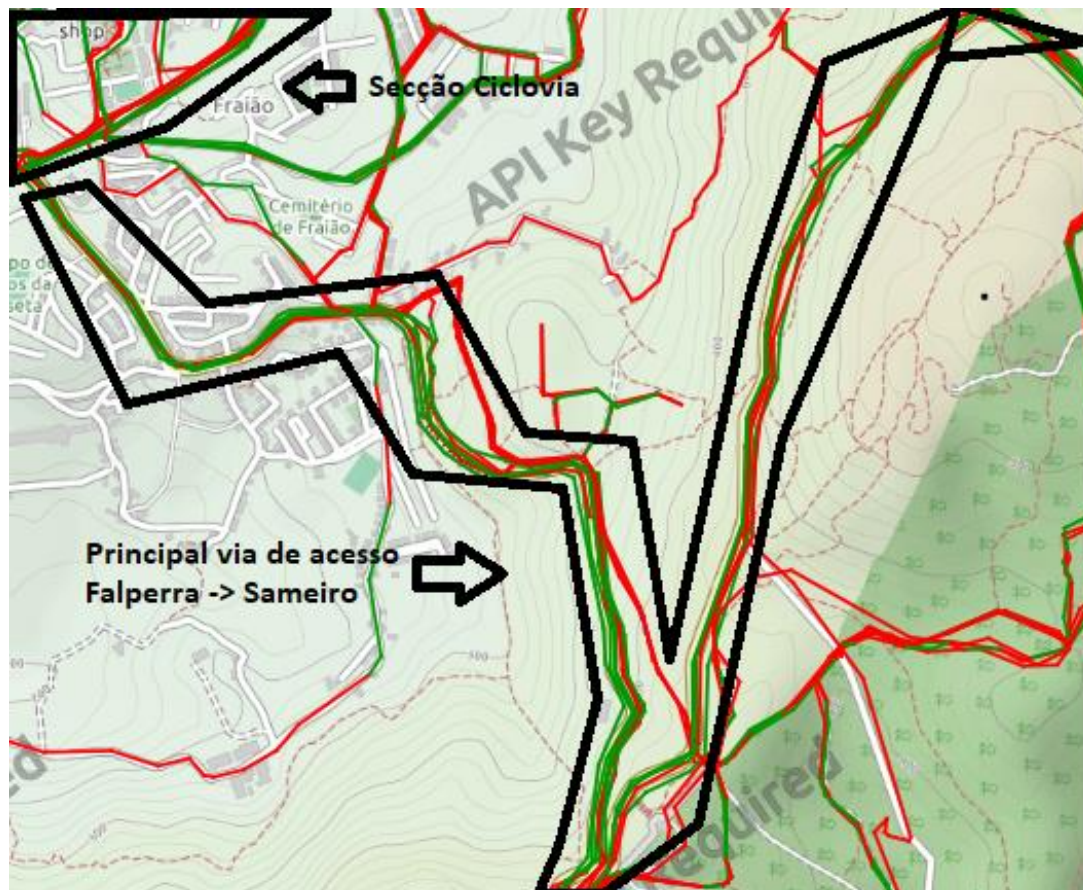


Figura 31 - Velocidades médias por secção - Secção Falperra

Com esta visualização em QGIS, podemos inferir então quais as zonas com uma maior concentração de rotas e como os mesmos padrões de variação da velocidade média, nos podem indicar alguns tipos de comportamentos por parte dos ciclistas nessas zonas, indicando que existem condições do terreno, ou até obstáculos que levam a uma padronização de velocidades médias nessas secções, isto obviamente tendo uma amostra significativa de rotas nessa secção.

➤ Estudo da Altitude e Relações de Padrões com a Variação da Velocidade

No estudo da altitude foi criado um campo calculado em QGIS denominado de variação da altitude, este é obtido fazendo a diferença entre a altitude da primeira coordenada e a altitude da coordenada final de um segmento. De maneira a representar variações positivas ou negativas foi atribuída uma cor mais quente (laranja), para variações de declive positivo, ou seja, subidas e uma cor mais fria (azul), para variações de declive negativo, ou descidas. O principal objetivo desta representação por secções de coordenadas é obter zonas com uma maior densidade de variações de declive do mesmo tipo (positivo ou negativo), que nos permite inferir zonas em que os ciclistas preferem percorrer uma determinada via no sentido ascendente ou descendente e até verificar se

as variações de velocidade estudadas anteriormente, estão de certa forma relacionadas pelo declive do terreno.

Como as secções do centro e da rodovia possuem variações de altitude pouco significativas, sendo que, não foi feito um estudo pormenorizado dessas mesmas, porém na imagem abaixo temos uma representação geral das variações positivas e negativas, dando uma noção das principais zonas em que temos os mesmos padrões preferenciais de circulação em termos da variação da altitude de acordo com as densidades da mesma cor, Figura 32.

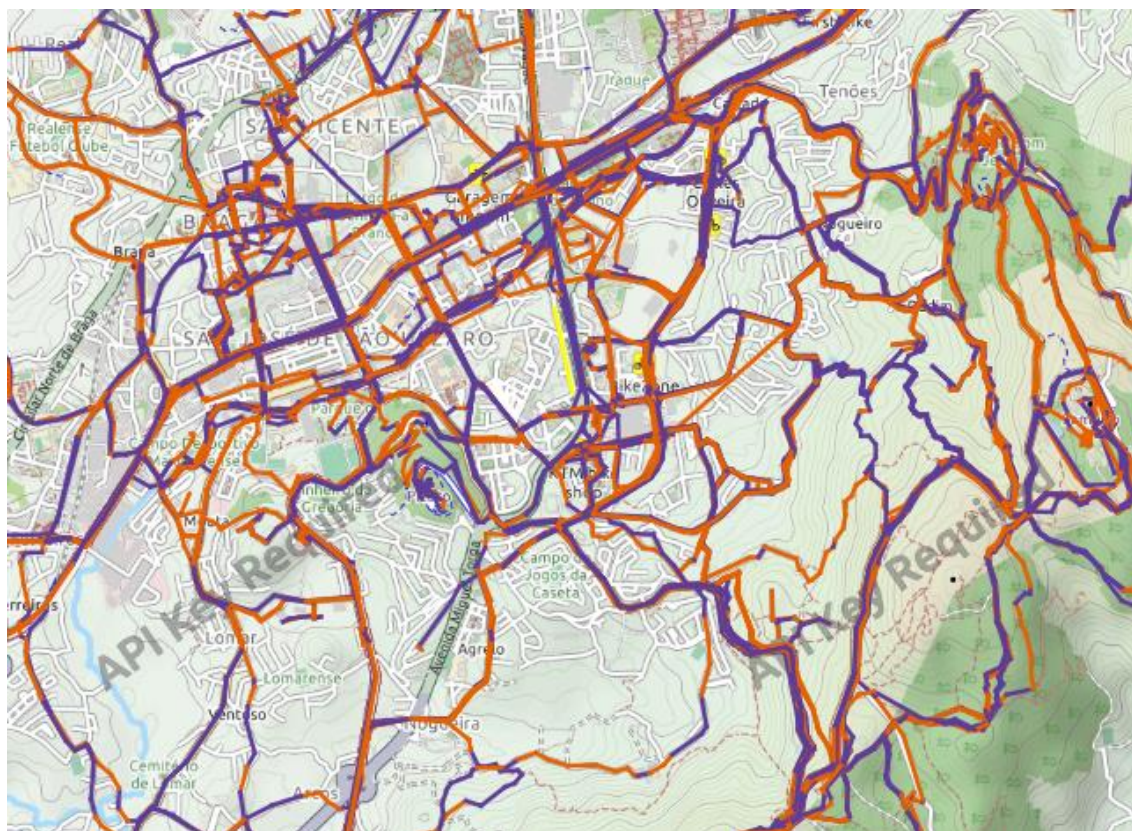


Figura 32 - Padrões de variação da altitude

- **Secção Ciclovía** – Ao analisar a Figura 33, podemos ver que grande parte dos padrões de elevação evoluem de acordo com o estudo da variação da velocidade na mesma secção. Numa secção superior do lado esquerda da via temos variações positivas da altitude, e negativas do lado direito, ou seja, o transito faz-se preferencialmente no sentido ascendente do lado esquerdo e preferencialmente no sentido descendente do lado direito. Da mesma forma na zona inferior temos uma evolução de padrões de altitude que variam de acordo com os padrões de variação de velocidade, o que indica que a altitude e a variação de velocidade estão relacionadas, não excluindo que poderão existir outros fatores condicionantes que influenciam de modo a que as duas representações não sejam totalmente simétricas relativamente à comparação da variação da velocidade média e variação da altitude.



Figura 33 - Análise comparativa da variação da velocidade média e variação da altitude (secção ciclovía)

- **Secção Bom Jesus–Sameiro-Falperra** – Tanto como na secção anterior existem bastantes padrões entre a variação da velocidade média e a variação da altitude que indicam que estas duas variáveis estão diretamente relacionadas.

Nesta comparação, Figura 34, não irá ser detalhada individualmente cada uma das secções, (Bom Jesus, Sameiro e Falperra), visto que, facilmente podemos depreender que as vias de acesso, (circundadas a preto na imagem abaixo), mencionadas no estudo da variação da velocidade média alternam no mesmo sentido da variação da altitude. Como se tratam de zonas com vias bastante largas, trânsito automóvel maioritariamente moderado e com poucas vias pedonais, (fora das zonas centrais do Bom Jesus e Sameiro), é compreensível que estes dois fatores sejam simétricos, pois restam poucos fatores alternativos para além dos mencionados, que possam influenciar a sua comparação direta no sentido de provocar variações assimétricas.

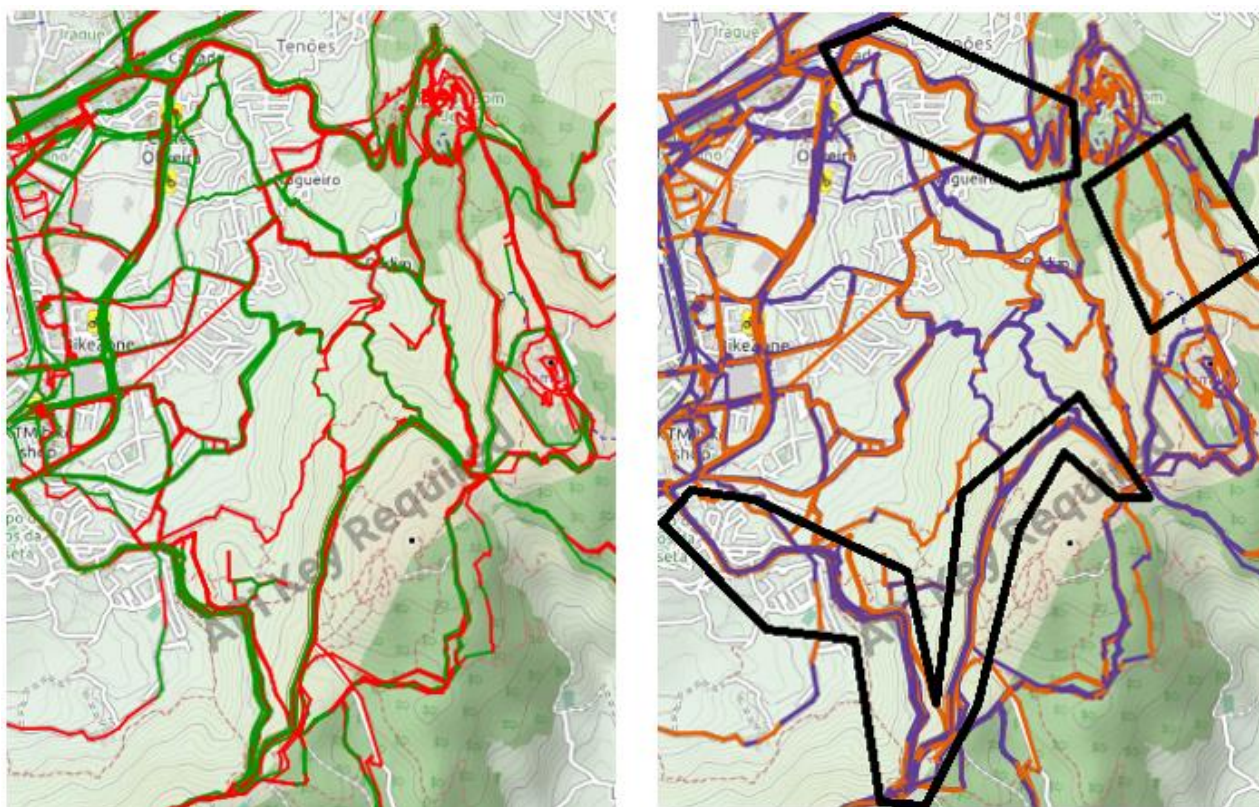


Figura 34 - Análise comparativa da variação da velocidade média e variação da altitude (secção Bom Jesus-Sameiro-Falperra)

Depois de feita esta análise comparativa entre as variações de velocidade e variações da altitude podemos encontrar um padrão de circulação entre as secção da ciclovia e secção do Bom Jesus-Sameiro-Falperra, isto dada a densidade de rotas nessa zona e os padrões de circulação

mostrados por estas duas variáveis pode-se deduzir uma rota ou circuito preferencial, exibido na imagem abaixo, onde o comprimento das setas indicadoras da rota variam de dimensão consoante a variação da velocidade e da altitude, (evolução positiva da altitude -> menor velocidade -> menor dimensão das setas, e vice-versa).

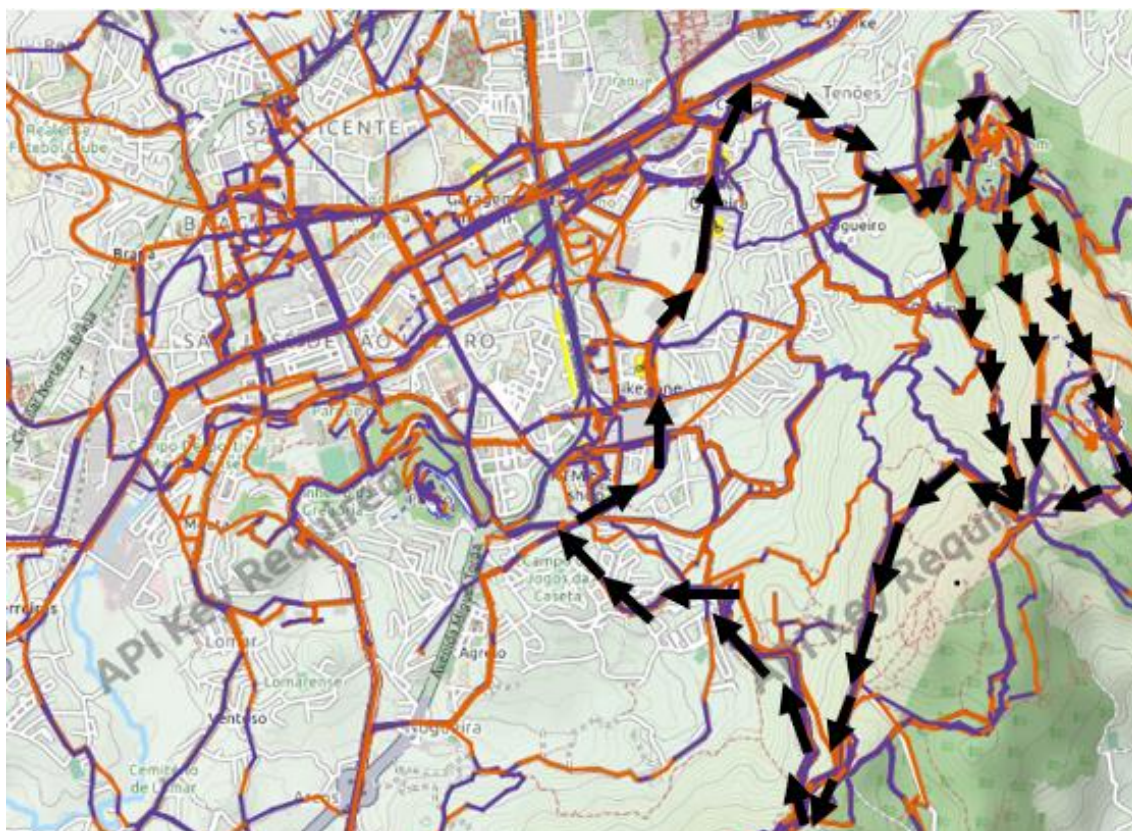


Figura 35 - Representação de possível rota mais ciclável de acordo com o estudo da velocidade e altitude.

Apesar de não podermos responder concretamente à questão relativa à existência de melhores rotas para se circular na cidade de Braga, podemos inferir que com os dados existentes e estudados, podem efetivamente existir rotas candidatas a estudos mais aprofundados sobre a preferência na sua utilização, mas para tal seriam necessários dados mais detalhados, como por exemplo, a qualidade do ar nas zonas, ou até o estado do piso, porém são dados que não são obtidos com tanta facilidade como era esperado.

Existem claramente rotas mais circuladas e com os mesmos padrões de variação de velocidade média e altitude, tanto na secção centro, como na secção rodovia, porém contêm bastantes variáveis que não podem ser estudadas com os dados recolhidos, como a existência de semáforos, horários de maior transito, maior número de obstáculos e vias pedonais, entre outros



fatores que afetam bastante a correlação dos padrões das variáveis estudadas, não sendo assim viável deduzir quais as melhores rotas para se circular.

7. Conclusões

Esta dissertação tinha como objetivo estudar ou criar um mecanismo de agregação de rotas que em tempo real conseguisse recolher uma crescente disponibilização de rotas e de informação fornecida por diferentes serviços de partilha de rotas.

Num primeiro momento, foi feita uma revisão de literatura sobre vários mecanismos e algoritmos que possibilitam uma agregação. Nesse aspeto também foram descritos problemas associados ao mapeamento de rotas, mais nomeadamente a imprecisões de coordenadas GPS e processos de *mapmatching offline*, assim como algoritmos de segmentação e serviços de partilha de rotas que de uma forma geral permitiram ter uma noção de vários estudos já feitos nesta área e quais os potenciais processos que permitem conceptualizar o trabalho a ser feito.

De forma a ter uma fonte de dados rica, estudaram-se vários serviços de partilha de rotas dentro deste mercado e após a sua análise detalhada, assim como identificados os dados mais uniformizados, acabou-se por seleccionar um deles como sendo o mais indicado dentro do universo de serviços seleccionados. Posteriormente foi feito um tratamento dos dados recolhidos em Python de maneira a poder-se avançar para as próximas fases de agregação.

No sentido de eliminar problemas relacionados com o *mapmatching* utilizou-se um algoritmo desenvolvido para esse efeito, sendo igualmente implementado em Python, concluiu-se que efetivamente o mesmo é eficiente no tratamento de erro de imprecisões, porém foram encontrados problemas de perdas de informação contida nas rotas que poderiam comprometer a geração de dados analíticos, daí a ser descartado na sua aplicação a todas as rotas, contudo foi aprovada a sua eficácia neste tipo de correções de imprecisões.

Seguidamente tentou-se aplicar um mecanismo de agregação recorrendo a Python, porém foram encontrados igualmente problemas associados ao processo de pendurar dados por secção de rota, desta forma, explicou-se o método pretendido e como seria desejável que fosse aplicado. Da mesma forma foi definida uma alternativa de agregação, que apesar de não ser tão completa e precisa na geração de dados analíticos, foi uma alternativa viável para se tirarem algumas elações de dados gerados, isto através da sobreposição de rotas e análise de padrões entre diferentes variáveis de estudo. Para esse estudo foi utilizada a ferramenta QGIS e aplicativos

módulos Python desenvolvidos para este ambiente de georreferenciamento às respetivas rotas recolhidas.

Numa fase final foram estudados alguns comportamentos semelhantes entre variáveis e respondidas a algumas questões acerca da mobilidade ciclável dentro da cidade de Braga. Apesar de não ter sido possível a criação de uma nova informação mais exata e realista como era esperado do outro processo de agregação, foi possível tirarem-se na mesma algumas conclusões em relação a variantes que evoluíram de uma forma semelhante e por si estarão possivelmente relacionadas.

Em suma, foram parcialmente cumpridos os objetivos definidos, foi gerada alguma informação analítica recorrendo a todo este processo de agregação, porém apesar dos problemas encontrados, não invalida um novo estudo mais aprofundado de potenciais alternativas que vão de encontro ao processo descrito no sentido de pendurar dados em secções segmentadas das ruas representativas de uma cidade, que muito certamente não terão tantas restrições em futuras análises e na criação de novos dados bastante mais completos.

Referências

- Boeing, G. (2016). <https://geoffboeing.com/2016/11/osmnx-python-street-networks/>. Retrieved from <https://geoffboeing.com/2016/11/osmnx-python-street-networks/>
- Chen, L., & Jakubowicz, J. (2015). Inferring bike trip patterns from bike sharing system open data. *Proceedings - 2015 IEEE International Conference on Big Data, IEEE Big Data 2015*, 2898–2900. <https://doi.org/10.1109/BigData.2015.7364115>
- Dijk, J. Van, Jong, T. De, & Dijk, J. Van. (2017). Annals of GIS Post-processing GPS-tracks in reconstructing travelled routes in a GIS-environment : network subset selection and attribute adjustment. *Annals of GIS*, 23(3), 203–217. <https://doi.org/10.1080/19475683.2017.1340340>
- Dueker Ric, K. J. and V. (1984). Dynamic Segmentation Revisited: A Milepoint Linear Data Model. *GIS-T '92 Conference*, (January 1992), 1–14.
- Dueker, K. J., & Vrana, R. (1992). Dynamic segmentation revisited: a milepoint linear data model. *URISA Journal*, 4(2), 94–105.
- Edelkamp, S., & Schrödl, S. (2003). Route Planning and Map Inference with Global Positioning Traces. *Journal Article Institut Für Informatik*, 128–151. https://doi.org/10.1007/3-540-36477-3_10
- Elson, J. E., & Douceur, J. R. (2007). Transforming offline maps into interactive online maps, 2(12). Retrieved from <https://patents.google.com/patent/US8368695B2/en>
- Fonseca-Galindo, J. C., Neto, J. M., Castro, C. L., Lemos, A. P., & Braga, A. P. (2019). Modelo Logístico para Map-Matching Online de Trajetória de Veículos. *Conference Proceedings*, 1–12. <https://doi.org/10.21528/cbic2017-36>
- Hochmair, H. (n.d.). Decision Support for Bicycle Route Planning In Urban Environments, 697–706.
- Luo, A., Chen, S., & Xv, B. (2017). Enhanced map-matching algorithm with a hidden markov model for mobile phone positioning. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(11), 1–17. <https://doi.org/10.3390/ijgi6110327>
- Meireles, M., & Ribeiro, P. (2018). Como promover a mobilidade ciclável em Portugal. *CECS-Publicações/EBooks*, (May), 131–145.
- Mennis, J., Mason, M. J., & Cao, Y. (2013). Qualitative GIS and the visualization of narrative activity space data. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(2), 267–291. <https://doi.org/10.1080/13658816.2012.678362>
- Pereira, F. C., Costa, H., & Pereira, N. M. (2009). An off-line map-matching algorithm for incomplete map databases. *European Transport Research Review*, 1(3), 107–124.

<https://doi.org/10.1007/s12544-009-0013-6>

- Pietriga, E., & Appert, C. (2015). An Evaluation of Interactive Map Comparison Techniques To cite this version : An Evaluation of Interactive Map Comparison Techniques, 3573–3582.
- Quddus, M. a. (2006). High Integrity Map Matching Algorithms for Advanced Transport Telematics Applications. *Centre for Transport Studies Department of Civil and Environmental Engineering Imperial College London United Kingdom*, (January), 270.
- Ribeiro, M. D. (2014). Tecnologia GPS em pesquisa de origem e destino, 85. Retrieved from <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/101182>
- Roth, J. (2018). The Offline Map Matching Problem and its Efficient Solution. *19th International Conference, IACS 2019 Wolfsburg, Germany, June 24–26, 2019 Proceedings (2018) 863 235, 863*, 23–38. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93408-2>
- Schüssler, N., & Axhausen, K. W. (2009). Map-matching of GPS traces on high-resolution navigation networks using the Multiple Hypothesis Technique (MHT). *Journal Article*, (October), 22. Retrieved from <http://www.baug.ethz.ch/ivt/ivt/vpl/publications/reports/ab568.pdf>
- Sharma, K., Poonia, R., Kumar, R., Sunda, S., & Le, D.-N. (2018). Map Matching Algorithm: Trajectory and Sequential Map Analysis on Road Network. *EAI Endorsed Transactions on Industrial Networks and Intelligent Systems*, 5(16), 155999. <https://doi.org/10.4108/eai.29-11-2018.155999>
- Simpson, J. T., & Us, T. N. (2019). GENERATING HUMAN-CENTRIC driving directions. The method includes generating a route in DIRECTIONS IN MAPPING SYSTEMS. *Visually-Oriented Driving Directions in Digital Mapping System*, 2(12). Retrieved from <https://patentimages.storage.googleapis.com/76/a2/a2/2253ea0e5bbbc3/US7920968.pdf>
- Turner, S. M., Shafer, C. S., & Stewart, W. P. (1997). Bicycle Suitability Criteria : Literature Review and State-of-the-Practice Survey. *Security*, (July 1997), 53.
- Wood, J., Slingsby, A., & Dykes, J. (2011). Visualizing the Dynamics of London's Bicycle-Hire Scheme. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 46(4), 239–251. <https://doi.org/10.3138/carto.46.4.239>
- Xi, L., Liu, Q., Li, M., & Liu, Z. (2014). Map Matching Algorithm and Its Application. *International Journal of Geo-Information*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/320721676_Enhanced_Map-Matching_Algorithm_with_a_Hidden_Markov_Model_for_Mobile_Phone_Positioning
- Yang, J., Kang, S., & Chon, K. (2005). The map matching algorithm of GPS data with relatively long polling time intervals. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, 2561–2573. <https://doi.org/10.11175/easts.6.2561>

Yasobant, S., Vora, K. S., Hughes, C., Upadhyay, A., & Mavalankar, D. V. (2015). Geovisualization: A Newer GIS Technology for Implementation Research in Health. *Journal of Geographic Information System*, 07(01), 20–28. <https://doi.org/10.4236/jgis.2015.71002>

Zhao, X., Cheng, X., Zhou, J., Xu, Z., Dey, N., Ashour, A. S., & Satapathy, S. C. (2018). Advanced Topological Map Matching Algorithm Based on D–S Theory. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43(8), 3863–3874. <https://doi.org/10.1007/s13369-017-2569-0>

Anexos I – Caracterização dos Serviços de Rotas

Wikiloc

Serviço de partilha de rotas, que disponibiliza um conjunto completo de rotas a nível mundial. O que distingue da maioria dos serviços mencionados em baixo, é o seu detalhe de pesquisa, uma vez que é bastante completo em termos de diversidade de especificações que podem ser pesquisadas para uma determinada rota. Existem vários tipos de trilhos destinados a diferentes modalidades disponibilizados por este serviço, porém iremos focar os trilhos orientados ao ciclismo. Um outro fator importante de mencionar é a capacidade dos seus utilizadores poderem disponibilizar as suas próprias rotas de várias formas possíveis e partilharem-nas com os restantes utilizadores.

Encontra-se totalmente desenvolvido e uma interface bastante apelativa e intuitiva, com várias informações relativamente às rotas, estando tanto orientado para circuito urbano e de montanha.

Caraterísticas base

Trata-se um dos serviços mais completos, este possui tecnicamente uma capacidade de descarregamento de rotas ilimitado, pois o seu utilizador poderá adicionar essa mesma aos seus favoritos e visualizá-la quando quiser, não sendo especificado qualquer tipo de limite de downloads, pode igualmente adicionar novas rotas e disponibilizá-las aos restantes membros.

Ao nível do modelo de negócio, trata-se de um serviço semi-pago / *freemium*, pois existem funcionalidades que apenas estão disponíveis recorrendo a mensalidades ou anuidades na versão

de aplicação móvel, como por exemplo, a visualização de mapas e rotas sem recorrer à internet, ou mesmo descarregar a respetiva rota.

Quanto ao número de rotas, é bastante abrangente contendo milhares de trilhas, mais de 10 000 000 em todo o mundo, ao nível de várias vertentes desportistas, porém o foco neste caso, serão as trilhas destinadas ao ciclismo.

Relativamente ao *crowdsourcing*, encontra-se bastante desenvolvido, este possui uma vertente social dentro da aplicação bastante desenvolvida, permitindo aos seus utilizadores exporem as suas dúvidas de maneira a serem solucionadas, quer por uma equipa de suporte, quer pelos restantes utilizadores, dar *feedbacks* de rotas, avaliar as mesmas, dando assim novas ideias de quais aspetos deverão ser melhorados. Encontra-se também distribuída por redes sociais, como o Facebook, onde podem igualmente discutir ideias e contribuir para uma comunidade mais concisa. Possui igualmente uma aplicação móvel *freemium*, onde são pagas mensalidades ou anualidades (aplicação móvel), assim como donativos, estando mais diretamente relacionado com a *crowdfunding*, assim como *mobile crowdsourcing*, onde são recebidas informações dos utilizadores em tempo real, permitindo definir os seus padrões e respetivos perfis.

Tipos de dados

Ao nível dos formatos dados que poderão ser descarregados, podemos fazê-lo em código QR, KML, GPX e GARMIN, sendo bastante completo em termos de variedade. De notar que os formatos mais comuns e suportados por outras aplicações são KML e GPX, sendo bastante positivo neste sentido.

Meta-Dados

Igualmente bastante completo neste sentido, sendo visualizável em vários tipos de mapas, Google Earth, Google Maps, entre outros. Contendo igualmente várias informações complementares das rotas como, duração média do percurso, a sua extensão, dificuldade de execução, variação de perfil que se encontra diretamente relacionado com a dificuldade, descrição detalhada da rota, assim como fotos e vídeos desse mesmo criados por outros utilizadores que facilitam a navegação aos interessados.

Informação complementar

No mapa são também visualizáveis pontos de interesse, como por exemplo, monumentos ou outros aspetos mais orientados para o ciclismo turístico, mas também contém informação no âmbito de um ciclismo mais desportivo, como fontes, parques onde poderão descansar, sendo bastante útil para os seus utilizadores.

No geral as suas características são bastante apelativas, contém vária informação complementar relativamente às rotas, vários tipos de formatos de dados descarregáveis, assim como meta-dados interessantes em termos informativos, sendo um serviço bastante recomendável. Porém peca um bocado por não possuir nenhum tipo de informação meteorológica que poderá ser consideravelmente interessante para os seus utilizadores.

Ciclovia

Trata-se também de um se serviço de partilha de rotas que contém um conjunto de vários percursos cicláveis em todo o Portugal continental. Disponibiliza um conjunto de rotas dividido pelas zonas do país, (Norte, Centro, Lisboa, Setúbal, Faro e ilhas dos Açores e Madeira). Ao aceder a cada uma destas zonas pode selecionar rotas específicas dessa zona, onde poderá descarregar ficheiros das rotas. Possui também a particularidade de permitir selecionar rotas filtradas pelo interesse dos seus utilizadores, como ciclovias, ecopistas, ecovias e percursos BTT, estando orientado tanto para circuitos urbanos e não urbanos.

Caraterísticas base

Serviço que abrange a disponibilização de rotas ao nível nacional, porém é bastante completo em termos de rotas existentes, pois apenas se encontra centralizado para o nosso país. Este também não possui um limite de rotas descarregáveis e poderão ser adicionadas novas rotas por parte dos utilizadores.

O modelo de negócio é gratuito, ou seja, o utilizador pode aceder a todas as funcionalidades do serviço, sem ter e desembolsar qualquer valor monetário.

Contém um número considerável de rotas por todo o país, porém mais orientado para ciclovias, ou outro tipo de pistas construídas para esse efeito como ecovias ou ecopistas.

No âmbito do *crowdsourcing*, apenas se encontra orientado para *crowdfunding*, pois apresenta uma secção de doações, não contendo nenhuma API que permita recolher dados geográficos dos seus utilizadores, apenas disponibiliza estatísticas do número de visitas ao site, ao nível diário e anual. Está inserido em redes sociais como o Facebook, no sentido de partilhar ideias, dúvidas e informações de perfis entre utilizadores.

Tipos de dados

Bastante completo, pois permite descarregar 5 tipos de formatos de dados, sendo os mais comuns KML e GPX, mas também em PDF, GTM e GDB que são menos utilizados, porém, úteis.

Meta-dados

Este serviço encontra-se bem desenvolvido em termos de dados complementares. Permite a visualização em Google Maps e Google Earth. Contém igualmente a maioria dos atributos do Wikiloc, mas também outra informação complementar como o tipo de pavimento e as rotas que se encontram sinalizadas, uma vez que na sua grande maioria se tratam de ciclovias, necessitam desta informação. É de notar que nem todas as rotas contêm todas estas informações.

Informação complementar

Contém bastante informação complementar, porém trata-se de informação que é comum à maioria dos serviços que a dispõem, não tendo nada a destacar em relação aos restantes.

Avaliando este serviço, podemos afirmar que é bastante completo, porém apenas é focado ao nível nacional, havendo outros já mencionados, ou que serão mencionados posteriormente que se encontram mais desenvolvidos e que por sua vez, contêm uma aplicação móvel, que é bastante útil, o que não acontece no caso do Ciclovía, ficando muito a desejar nesse sentido.

Bikely

Trata-se de um site de partilha de mapeamento e partilha de rotas. Este funciona no sentido de permitir fazer o upload de rotas a partir do dispositivo de GPS dos ciclistas, desenhar as suas próprias rotas e procurar rotas de outros ciclistas. Este serviço contém igualmente aplicação que possui todas as funcionalidades existentes no site. O principal objetivo é tornar-se o

melhor serviço de partilha de trilhos de ciclismo de montanha, assim como a partilha de todas as funcionalidades sociais que se esperam destes serviços. Atualmente existe uma versão beta parcialmente funcional.

Caraterísticas base

Disponibiliza rotas a nível mundial, permite adicionar e descarregar rotas, sendo visualizáveis num mapa disponibilizado pelo site. Encontra-se alargado a redes sociais como o Facebook, Twitter, Reddit e um fórum no próprio site. Enquadra-se num modelo de negócio gratuito, sendo apenas necessário fazer o respetivo registo e login. Não contém qualquer indício de *crowdsourcing*.

Tipos de dados

Permite descarregar os tipos de dados mais comuns em KML e GPX.

Meta-dados

Contém uma quantidade considerável de meta-dados complementares às rotas, porém não tantos como alguns dos serviços já mencionados acima e também nenhum fora do normal que se deva destacar.

Informação complementar

Contém bastante informação complementar, porém trata-se de informação que é comum à maioria dos serviços que a dispõem, não tendo nada a destacar em relação aos restantes.

Analisando este serviço como um todo, fica a perder em relação a outros já referidos, contém algumas falhas no site em si não sendo totalmente fidedigno, não possuindo nada de extraordinário, assim da mesma maneira não contém uma aplicação móvel ficando assim bastante a quem das expectativas.

Komoot

Serviço de partilha de rotas de ciclismo a nível mundial, sendo que se encontra ao nível do Wikiloc em termos de disponibilização de ferramentas, é bastante completo e contém

igualmente várias funcionalidades semelhantes, assim como outras bastante interessantes, como por exemplo, a facilidade de escolha de tipo de trilho que se pretende, tipo de piso da rota e previsões meteorológicas. Contém igualmente uma componente social bastante desenvolvida e orienta-se tanto a circuitos urbanos como de montanha. O formato de pesquisa de rotas está mais virado para a componente social, em que a pessoa pesquisa diferentes rotas acedendo ao perfil de outros membros, podendo subscrever à conta desse utilizador e seguir os percursos que este vai publicando.

Caraterísticas base

Tal como o wikiloc, trata-se de um dos serviços mais completos, não possui limite de rotas que podem ser descarregadas, assim como pode ser feito o upload de vários formatos de ficheiros de novas rotas para serem disponibilizadas aos outros utilizadores que serão mencionados dentro dos pontos seguintes.

O modelo de negócio é *freemium*, havendo funcionalidades apenas acessíveis pagando quotas mensais, podendo assim visitar mapas *offline*, atualizações gratuitas dos mapas, tours exportadas para o GPS e voz de navegador.

Contém um grande número de rotas a nível mundial e bastante completas. Estas são distinguidas por tipos como ciclismo turístico, de montanha e de rua.

Ao nível do *crowdsourcing*, encontra-se bastante desenvolvido, este possui uma vertente social dentro da aplicação bastante desenvolvida, à semelhança do wikiloc, também permite dar *feedbacks* de rotas, avaliar as mesmas, dando assim novas ideias de quais aspetos deverão ser melhorados. Encontra-se também distribuída por redes sociais, como o Facebook. De uma forma geral utiliza os mesmos princípios do wikiloc.

Tipos de dados

Ao nível dos formatos dados que poderão ser descarregados, podemos fazê-lo em GPX, TCX, FIT e GARMIN sendo bastante completo em termos de variedade. Porém não contém o formato KML que é bastante comum noutras aplicações.

Meta-Dados

Igualmente bastante completo neste sentido, sendo visualizável em vários tipos de mapas, Google Earth, Google Maps, entre outros. Contendo igualmente várias informações complementares das rotas como, duração média do percurso, a sua extensão, dificuldade de execução, variação de perfil que se encontra diretamente relacionado com a dificuldade, descrição detalhada da rota, assim como fotos e vídeos desse mesmo criados por outros utilizadores que facilitam a navegação aos interessados. Para além disso contém previsões meteorológicas, estatísticas e tipo de pavimento, o que não acontece no wikiloc.

Informação complementar

Contém informação complementar do mesmo âmbito dos restantes serviços.

De uma forma geral é o único serviço que tem potencial para fazer concorrência ao wikiloc, uma vez que são bastante parecidos em vários aspetos, tendo pequenas características que variam nos dois casos, porém, é muito bem concebido contendo informações meteorológicas que é algo que o wikiloc perde por não possuir esse tipo de informação, assim como o tipo de terreno encontrado, que pode ser um fator preponderante na escolha de uma rota.

SportRoutePlanner

Serviço de partilha de rotas destinadas a vários desportos. Feita a análise do mesmo, é fácil de perceber que este não contém muitos utilizadores atualmente, porém também é bastante completo e semelhante aos serviços mencionados acima, contendo a particularidade de possuir um parâmetro que permite calcular a energia despendida, assim como a taxa de volume de oxigénio máximo (VO₂ máx), exigida aos ciclistas, podendo ser bastante interessante em termos de análise de potenciais rotas a utilizar.

Caraterísticas base

Disponibiliza rotas a nível mundial, permite adicionar e descarregar rotas, sendo visualizáveis num mapa disponibilizado pelo site.

Enquadra-se num modelo de negócio gratuito, neste caso nem é necessário criar conta para usufruir das funcionalidades.

Não contém qualquer indício de *crowdsourcing*.

Tipos de dados

Ao nível dos formatos dados que poderão ser descarregados, podemos fazê-lo em GPX, KML, TCX e CSV sendo bastante completo em termos de variedade.

Meta-dados

Contém uma quantidade considerável de meta-dados complementares às rotas, porém não tantos como alguns dos serviços já mencionados acima. Porém é de destacar a existência de indicadores como a velocidade média do percurso, tendo em conta a velocidade colocada no simulador. Assim como a energia consumida/VO2máx, que nos dará o número de calorias gastas durante esse percurso.

Informação complementar

Contém informação complementar do mesmo âmbito dos restantes serviços.

Feita a análise geral, podemos deduzir que este serviço apesar de ter funcionalidades únicas, perde noutras características, pois não possui uma aplicação móvel, o site em si poderia ser mais intuitivo e melhor apresentado. Não possui igualmente uma espécie de rede social dentro do site que facilite a comunicação das pessoas e divulgação de rotas que é bastante útil neste tipo de serviços.

Mapmyride

Serviço igualmente semelhante aos mencionados anteriormente, porém este está mais orientado para o ciclismo profissional, uma vez que possui planos de treino, sendo excepcional ao mesmo, não está tão orientado para o meio urbano, porém possui igualmente rotas ao nível das cidades, contém igualmente a particularidade de possuir dificuldades nas elevações das suas rotas, estando classificadas de (1-5), consoante estas se encontram ao longo do percurso, podendo portanto ter dificuldades diferentes no mesmo percurso.

Caraterísticas base

Trata-se um serviço bem elaborado, permite descarregar rotas sem qualquer restrição de número, pode-se igualmente adicionar novas rotas e disponibilizá-las aos restantes membros.

Ao nível do modelo de negócio, trata-se de um serviço semi-pago / *freemium*, pois existem funcionalidades que apenas estão disponíveis recorrendo a mensalidades ou anuidades na versão de aplicação móvel.

Quanto ao número de rotas, contém milhares de rotas a nível mundial, estando diferenciadas por vários tipos de desportos em que um deles se trata efetivamente do ciclismo.

Relativamente ao *crowdsourcing*, encontra-se bastante desenvolvido, este possui uma vertente social dentro da aplicação bastante desenvolvida. Possui igualmente uma aplicação móvel *freemium*, onde são pagas mensalidades ou anualidades (aplicação móvel), assim como donativos, estando mais diretamente relacionado com a *crowdfunding*, assim como *mobile crowdsourcing*, onde são recebidas informações dos utilizadores em tempo real, permitindo definir os seus padrões e respetivos perfis, assim como são analisados os vários perfis de treinos, visto que se trata de um serviço que investe bastante em planos de treino.

Tipos de dados

Ao nível dos formatos dados que poderão ser descarregados, podemos fazê-lo em GPX, KML.

Meta-dados

Contém uma quantidade considerável de meta-dados complementares às rotas, tal como os serviços mais completos mencionados em cima.

Assim como a energia consumida/ $VO_{2máx}$, que nos dará o número de calorias gastas durante esse percurso.

Informação complementar

Contém informação complementar do mesmo âmbito dos restantes serviços.

Feita a análise global, trata-se de um serviço muito completo. É mais orientado para um perfil de utilizadores que pretendem realmente melhorar a sua condição física, uma vez que possui planos de treinos associados a cada utilizador, podendo ser mais orientado num sentido competitivo.

Braga Ciclável

O Mapa Braga Ciclável é uma iniciativa conjunta do Projeto Bracarae com o Braga Ciclável e tem como objetivo principal fornecer uma visão global da cidade e um conjunto de informações úteis para os ciclistas e os responsáveis pelo planeamento urbano.

Os ciclistas poderão descobrir a localização das ciclovias e estacionamentos para bicicletas que estão atualmente disponíveis na cidade, bem como encontrar lojas, oficinas e aluguer de bicicletas.

Os responsáveis pelo planeamento urbano têm também acesso a informações valiosas para uma melhor compreensão do atual uso da bicicleta como meio de transporte na cidade de Braga: locais onde é necessário instalar estacionamentos para bicicletas, localização e qualidade dos estacionamentos já existentes e percursos frequentemente utilizados pelos atuais ciclistas. (visualizar rotas, adicionar rotas, parques de estacionamento, pontos de interesse, lojas e oficinas, vias cicláveis).

Aqui poderão ser traçadas as rotas por parte de qualquer utilizador, no sentido de partilhar um percurso que costuma fazer normalmente, tendo como intuito ajudar futuros utilizadores deste mapa nas suas deslocações, facilitando assim a sua escolha de uma rota que seja potencialmente semelhante.

Desenhe um percurso que costuma usar para um dos seus destinos

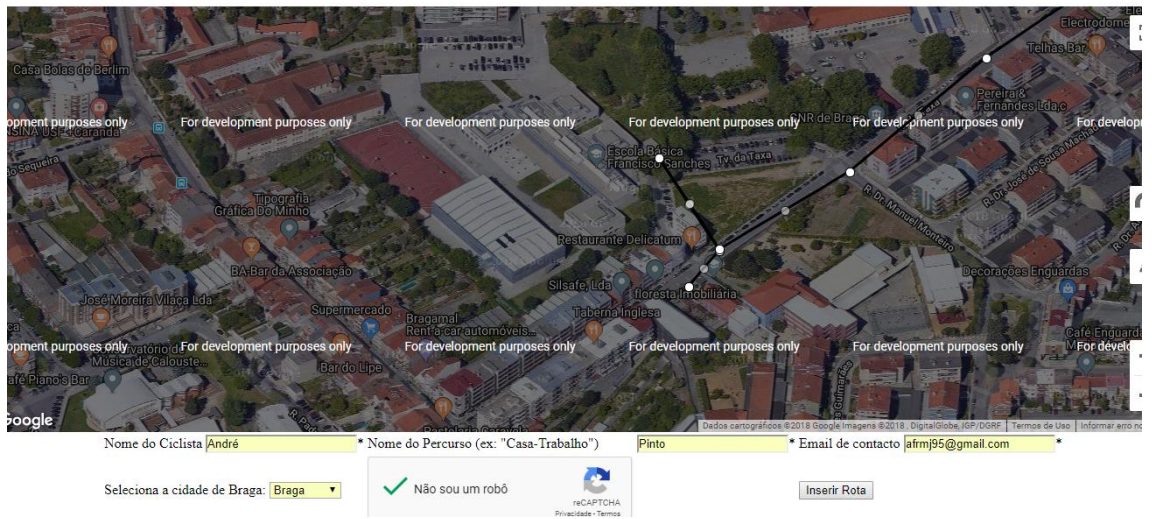


Figura 36 -Braga Ciclável (Representação do mapa)

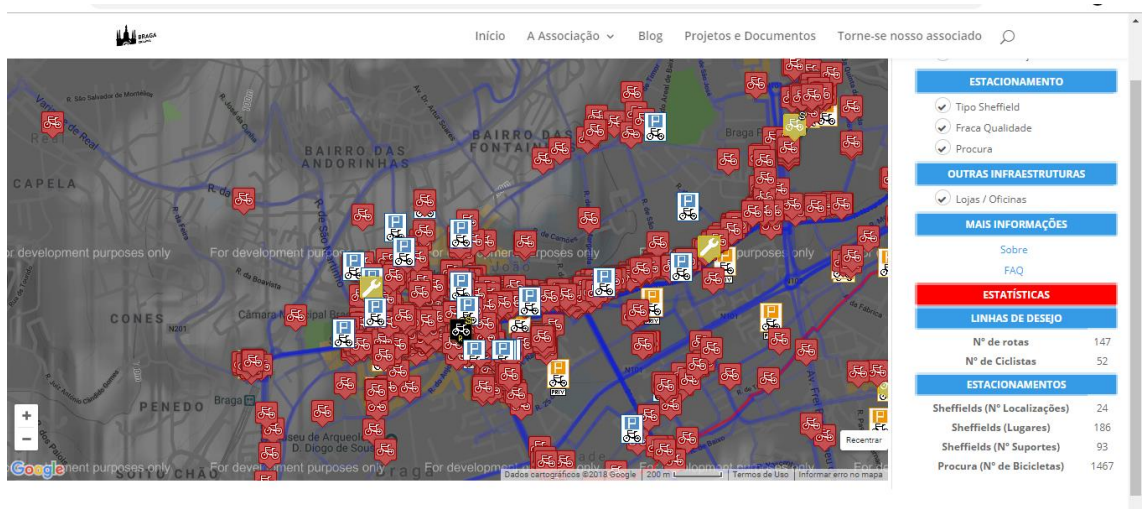


Figura 37 - Braga Ciclável (Legenda de mapeamento)

Significado dos ícones vermelhos, amarelos e azuis



Os ícones vermelhos representam locais onde um ou mais ciclistas precisaram de um estacionamento adequado para bicicletas e este era inexistente



Os ícones amarelos representam um local onde existe um parque de estacionamento para bicicletas, com localização e/ou tipologia inadequada. É recomendado aos ciclistas alguma cautela na utilização destas estruturas, que podem causar danos nas bicicletas e não oferecer a segurança desejada contra roubos e vandalismo.



Os ícones azuis representam um local onde existe um parque de estacionamento para bicicletas, com localização e/ou tipologia adequada.

Significado das linhas vermelhas e azuis

As linhas vermelhas a traço contínuo a vermelho representam ciclovias ou ecovias já existentes.

As linhas vermelhas a tracejado representam ciclovias ou ecovias que ainda se encontram em construção ou em fase de projeto.

As linhas azuis representam percursos utilizados habitualmente por ciclistas. Cada linha semitransparente representa a rota individual de um ciclista. Nas zonas de maior tráfego, essas linhas sobrepõem-se, adquirindo uma cor mais carregada e mais opaca. É possível deste modo perceber rapidamente quais as vias mais utilizadas pelos ciclistas em cada zona da cidade.

Em baixo podemos encontrar uma representação em forma de tabela dos serviços mencionados acima, e as características ou parâmetros que estes disponibilizam aos seus utilizadores. Esta mesma foi realizada no sentido de averiguar, tendo em conta um conjunto de amostras, neste caso serviços, quais possuem indicadores mais comuns, de maneira a fazer uma análise desse porquê e porventura indicar quais as suas vantagens, assim como aspetos que poderão ser melhorados com a finalidade de indicar os que são mais completos aos olhos dos

utilizadores. De notar que nem todos os serviços foram incluídos para análise, pelas razões mencionadas nos seus respetivos pontos presentes na listagem feita anteriormente.

Caraterísticas base

É um serviço ainda bastante primitivo, porém contém algumas caraterísticas interessantes. Este mesmo não permite descarregar rotas, apenas permite desenhar as mesmas, sendo visualizáveis num mapa *online*. Neste caso o serviço pode ser utilizado livremente sem quaisquer custos, sendo que, dado o seu desenvolvimento atual, não faria sentido ser pago.

Contém apenas 147 rotas atualmente disponíveis na cidade de Braga e abrange 52 ciclistas inscritos.

Finalmente quanto ao *crowdsourcing*, é ainda pouco abrangente, recorre apenas a donativos feitos pelos interessados.

Tipos de dados

Como é impossível descarregar rotas, sendo apenas visualizáveis no site, este não contém nenhum formato de dados, não podendo ser feita uma análise neste sentido.

Meta-dados

Apenas podemos dizer que possui uma interface de visualização em que é utilizado o Google Maps, não tendo mais nenhuma informação relevante neste sentido.

Informação complementar

Bastante pobre também, contém pontos de interesse que apenas são caracterizados por serem zonas de estacionamento de bicicletas, assim como lojas de reparações, porém é de notar que é permitido aos seus utilizadores adicionarem sugestões de zonas que necessitam de estacionamentos, ou que, contêm estas zonas, mas não são propriamente fidedignas para esse efeito.