



Erica Marques Suzana

O Contributo dos SIG na análise da rede viária com recurso a ferramentas de código aberto. O município da Mealhada

Relatório de Estágio do Mestrado em Tecnologias de Informação Geográfica – Ambiente e Ordenamento do Território, orientada pelo Professor Doutor Rui Ferreira Figueiredo e co-orientada pelo Dr. Hugo José D. V. Mendes Fonseca, apresentada ao Departamento de Geografia e Turismo da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra e à Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra

2016



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Faculdade de Letras

O contributo dos SIG na análise da rede viária com recurso a ferramentas de código aberto. O município da Mealhada

Ficha Técnica:

Tipo de trabalho	Relatório de estágio
Título	O CONTRIBUTO DOS SIG NA ANÁLISE DA REDE VIÁRIA COM RECURSO A FERRAMENTAS DE CÓDIGO ABERTO. O MUNICIPIO DA MEALHADA
Autora	Erica Marques Suzana
Orientador	Doutor Rui Ferreira de Figueiredo
Coorientador	Dr. Hugo José D. V. Mendes Fonseca
Júri	Presidente: Doutora Cidália Maria P. C. Fonte Vogais: 1. Doutor José Gomes dos Santos (Arguente) 2. Doutor Rui Ferreira de Figueiredo (Orientador)
Identificação do Curso	2º Ciclo em Tecnologias de Informação Geográfica
Área científica	Tecnologias de Informação Geográfica
Especialidade/Ramo	TIG - Ambiente e Ordenamento do Território
Data da defesa	19-10-2016
Classificação	17 valores



Índice Geral

Índice de Figuras	2
Índice de Tabelas.....	2
Agradecimentos.....	3
Palavras-Chave.....	4
Lista de acrónimos, abreviaturas e siglas	4
Resumo.....	5
Abstract	7
1. Os Sistemas de Informação Geográfica	9
2. Metodologia e Estrutura do Relatório	14
3. Enquadramento da área de Estudo	16
4. Os Sistemas de Informação Geográfica : Principais traços caracterizadores da evolução recente. .	25
4.1. O <i>software Open-Source</i> nos domínios da informação geográfica.....	26
4.2. <i>Software</i> Livre – <i>Software</i> Gratuito – <i>Software</i> proprietário – Algumas diferenças.....	28
4.3 Base de Dados Espacial e as potencialidades do PostgreSQL	32
4.4. O PgRouting.....	33
4.5 A linguagem SQL aplicada aos SIG	34
5. Ordenamento do Território, Autarquias Locais e SIG	35
5.1 As Autarquias Locais: competências e princípios de coordenação.....	35
5.2 Os SIG nas Autarquias Locais	37
6. Componente Prática	40
7. Publicação dos resultados/ Partilha da informação	51
8. Considerações finais.....	53
Referencias Bibliográficas	55

Índice de Figuras

Figura 1 - As componentes de um SIG	10
Figura 2- Divisão administrativa do concelho da Mealhada e os seus concelhos adjacentes.	18
Figura 3 – Representação da hipsometria do concelho da Mealhada.....	19
Figura 4 - Representação dos declives do concelho da Mealhada	20
Figura 5 - Bacias hidrográficas e rede hidrográfica do concelho da Mealhada	21
Figura 6 - Estrutura rodoviária do concelho da Mealhada	22
Figura 7 - Rede Ferroviária do concelho da Mealhada	23
Figura 8 - População residente no concelho da Mealhada (2011).....	24
Figura 9 - A partilha de informação entre a autarquia os SIG e os cidadãos	38
Figura 10 - Portal SIG@mealhada	39
Figura 11 - Ligação da Base de Dados criada no PostgreSQL ao <i>software</i> QGIS.....	41
Figura 12 - Instalação da extensão PgRouting no <i>software</i> QGIS; 13- Instalação da extensão topology ou verificador de topologia no <i>software</i> QGIS.....	41
Figura 13 - Instalação da extensão topology ou verificador de topologia no <i>software</i> QGIS.....	41
Figura 14 - Erro de topologia –Pseudo-nó	42
Figura 15 - Erro de topologia –Pseudo-nós	42
Figura 16 - Erro de topologia – Sobreposição (1).....	43
Figura 17 - Erro de topologia – Sobreposição (2).....	43
Figura 18 - “Query” desenvolvida para a criação da topologia da rede	44
Figura 19 – Representação geográfica resultante da criação da topologia da rede.....	44
Figura 20 - Comando para a criação da coluna "custo"	46
Figura 21 – Chave utilizada para a atribuição do "custo" aos diferentes tipos de via	46
Figura 22 – Chave utilizada para o cálculo do "cost" (custo)	47
Figura 23 - “Query” para a criação da tabela “ways_rodoviaras”.....	47
Figura 24 - “Query” para a criação da tabela “ways_pedonal”	48
Figura 25 - Preenchimento dos campos para a utilização da função “A-Star”.	48
Figura 26 - Erro no desenho do percurso.....	49
Figura 27 - Comando para inverter o sentido de digitalização.....	49
Figura 28 - Comando executado para o "reverse cost"	50
Figura 29 - Ligação dos eixos de via às rotundas.	50

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Custo atribuído a cada tipo de via	45
---	----

Agradecimentos

Ao concluir o presente trabalho, que resulta num culminar de um objectivo académico a que me propus, envolveu, para além do meu trabalho e dedicação, pessoas a quem pretendo neste pequeno espaço demonstrar a minha gratidão por todo seu apoio e ajuda.

Em primeiro lugar tenho de agradecer às pessoas mais importantes, aos meus pais. Por me apoiarem nas minhas decisões, sem qualquer entrave. Pela paciência nos momentos mais difíceis e de desânimo ao longo deste trabalho e que com todo o apoio e carinho me permitiram chegar até aqui. Além de todo o seu acompanhamento ao longo da minha vida e de todo o meu percurso académico, sempre estiveram presentes e disponibilizaram o melhor para o meu aproveitamento escolar, inculcaram-me valores e um grande sentido de independência e responsabilidade. Tenho muito orgulho neles e agradeço-lhes por aquilo que sou hoje.

Aos meus orientadores Professor Doutor Rui Ferreira e ao Dr. Hugo Fonseca, pela incansável ajuda, disponibilidade, conselhos, conhecimento e recomendações transmitidas e pela motivação que sempre procuraram transmitir que permitiu o desenvolvimento deste relatório de estágio.

À Camara municipal de Mealhada por me aceitar como estagiária e possibilitar a minha primeira experiencia profissional.

E “aos meus colegas” do Gabinete SIG pela forma como me acolheram, pela ajuda e por contribuírem para um ambiente agradável e de boa disposição bem como um espirito de equipa e camaradagem.

A todos aqueles que direta ou indiretamente me apoiaram ao longo deste trabalho.

A todos o meu simples mas sincero

Obrigada.

Palavras-Chave

Autarquias Locais

PgRouting

Rede Viária

Sistemas de Informação Geográfica

Software

Tecnologias de Informação Geográfica

Lista de acrónimos, abreviaturas e siglas

CM – Câmara Municipal

CMM – Câmara Municipal da Mealhada

DGAL – Direcção Geral das Autarquias Locais

FOSS – Free and Open Source Software

GPL – General Public Licence

GPS – Global Position System (Sistema de Posicionamento Global)

ISO – International Organization for Standardization

OGC – Open Geospatial Consortium

OSM – Open Street Map

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SQL – Structured Query Language

TIG – Tecnologias de Informação Geográfica

VGI – Volunteered Geographic Information

Resumo

Na última década tem-se assistido em Portugal a uma emergência dos SIG, isto porque esta tecnologia de informação começou a ser encarada como uma ferramenta que permite ajudar no apoio à tomada de decisão no âmbito municipal.

Esta proposta de trabalho insere-se no âmbito do estágio realizado na Câmara Municipal da Mealhada (entre Outubro e Março 2015-16) e é sustentada pela análise bibliográfica efectuada. A importância deste tipo de trabalhos têm-se imposto nos últimos anos como consequência da difusão exponencial da informação geográfica, nomeadamente, no contexto das autarquias locais, onde o acesso a tecnologias capazes de recolher e processar informação geográfica é cada vez mais importante.

Este relatório teve como objectivo principal a criação de uma plataforma que monitorizasse percursos, neste caso, que fosse apresentado o caminho mais curto entre dois pontos seleccionados. Ou seja, na página da camara municipal, estaria representado o mapa do concelho com a respectiva rede viária, onde o utilizador teria a possibilidade de seleccionar o ponto de partida e o ponto de chegada. O programa faria a consulta à Base de Dados e devolvia o respectivo percurso. No resultado final o utilizador iria visualizar no mapa do concelho (apresentado através de um ortofotomapa) qual o caminho mais curto a percorrer.

Assim, o tema, vai ao encontro da crescente preocupação dos Municípios em utilizar a informação geográfica como base de apoio à tomada de decisões, sustentada e reforçada pelas Tecnologias de Informação Geográfica, (TIG), no contexto das quais os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) assumem um papel de relevo, especialmente pelas capacidades cada vez mais avançadas de integração do contexto geográfico.

Desta forma, o presente trabalho é constituído por um conjunto de conceitos e orientações que demonstram como os SIG podem ser aplicados nesta temática. Ao mesmo tempo que usamos a informação como uma importante ponte, de forma a estabelecer uma relação entre a autarquia os SIG e o município.

Os SIG têm vindo a revelar-se uma peça fundamental nas autarquias locais, constituindo um elemento de mudança, colocando metas e desafios que envolvem uma alteração nos métodos e processos de trabalho habituais. A chegada das tecnologias SIG veio permitir que várias quantidades de informação fossem trabalhadas ao mesmo tempo, uma vez que permite tratar a

informação por camadas, de forma mais rápida e mais precisa. Além de que facilita o processo de edição e actualização da informação geográfica.

Um dos objectivos da implementação destes sistemas é a partilha de informação. Para as autarquias locais, os SIG têm-se afirmado, cada vez mais, como um poderoso instrumento de análise e de gestão de informação, permitindo para que a criação, edição de dados ou manuseamento de informação seja mais rápida e formulada com mais rigor e precisão.

Abstract

In the last decade there has been in Portugal to an emergency of GIS, this because this information technology began to be seen as a tool to help support decision making at the municipal level.

This work proposal is included in the stage held in the Municipality of Mealhada (between October and March 2015-16) and is supported by the literature analysis, the importance of such work have been imposed in recent years as a result of exponential dissemination of spatial information, in particular in the context of local communities, where access to technologies that collect and process geographic information is increasingly important.

The purpose of this stage report is the creation of a platform that would monitor routes, in this case, that sticks the way or short term between two selected points. That is, in the page of the city council, the resort is represented in the map of the county with a respective road network, where the price is the starting point or the point of arrival. The program would query the Database and return the course. In the final result the user would visualize on the county map on the way to go.

Thus, the theme goes against the growing concern of Municipalities to use geographic information as a support to decision-making, supported and reinforced by the Geographic Information Technologies (TIG), in the context of which the Geographical Information Systems (GIS) are assumed a prominent role, especially the capabilities increasingly advanced integration of geographic context.

Thus, this work consists of a set of concepts and guidelines that show how GIS can be applied in this subject. At the same time we use the information as an important bridge in order to establish a relationship between the local authority GIS and Citizen.

GIS have been proving to be a key player in local authorities, constituting an element of change, setting goals and challenges that involve a change in the methods and standard work processes. The arrival of GIS technology has enable various amounts of information to be worked while it allows to handle information by layering, faster and more accurately. In addition to facilitating the process of editing and updating of geographic information.

One of the objectives of implementing these systems is the sharing of information. For local authorities, the SIG has established itself increasingly as a powerful tool of analysis and

information management, allowing for the creation, editing data or information handling is faster and formulated more rigorously and precision.

1. Os Sistemas de Informação Geográfica

Numa sociedade cada vez mais, dominada pela era do conhecimento, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm uma importante função no plano da consulta e da disponibilização da informação.

Embora os SIG tenham surgido nos anos 60, a sua grande evolução revelou-se nas últimas décadas. Até então o seu desenvolvimento foi muito lento uma vez que eram suportados por tecnologia com limitadas capacidades de processamento e manuseamento da informação geográfica, o que constituía um grande impedimento ao seu desenvolvimento. Apenas no decorrer da década de 90 o desenvolvimento do *hardware* permitiu atingir um limiar capaz de dar resposta às necessidades exigidas. (Matos, 2001)

Com a evolução da tecnologia, a componente do *hardware* deixou de ser um problema. Actualmente, qualquer cidadão tem a possibilidade de adquirir um computador capaz de trabalhar com todo o tipo de dados geográficos. O mesmo se passa relativamente aos *softwares*, pois estes também já não são um entrave para o desenvolvimento de aplicações e análises SIG, dado que para além dos *softwares* comerciais (como o ArcGis, por exemplo), existe um vasto conjunto de *softwares* gratuitos (ou de baixo custo), destacando-se o QGIS, PostGIS, GvSIG, entre outros (Catalão, 2015).

O conceito de SIG evoluiu ao ritmo do desenvolvimento das capacidades computacionais, que fez com que os SIG se expandissem de forma exponencial, principalmente a partir da década de 80, sendo abrangido actualmente por vários campos de pesquisa (Matos, 2001), entre os quais se encontra o sector dos transportes. O conceito de um Sistema de Informação Geográfica evoluiu, ao longo de cerca de quatro décadas, passando de uma ferramenta a uma tecnologia, para se legitimar actualmente como um domínio científico.

Um Sistema de informação Geográfica (figura 1), pode definir-se como uma plataforma de *hardware* e *software* com grandes capacidades de armazenamento, que organiza a informação por camadas (Cunha, 2009). Assim, os SIG constituem “Um conjunto integrado de *software* e dados digitais, usados para visualizar e controlar informação sobre espaços geográficos, analisar relacionamentos espaciais, e modelar processos espaciais. Os SIG fornecem uma estrutura para recolha e organização de dados espaciais e informação relacionada de modo que possa ser exibida e analisada” (Meaden & Aguilar-Manjarrez, 2013).

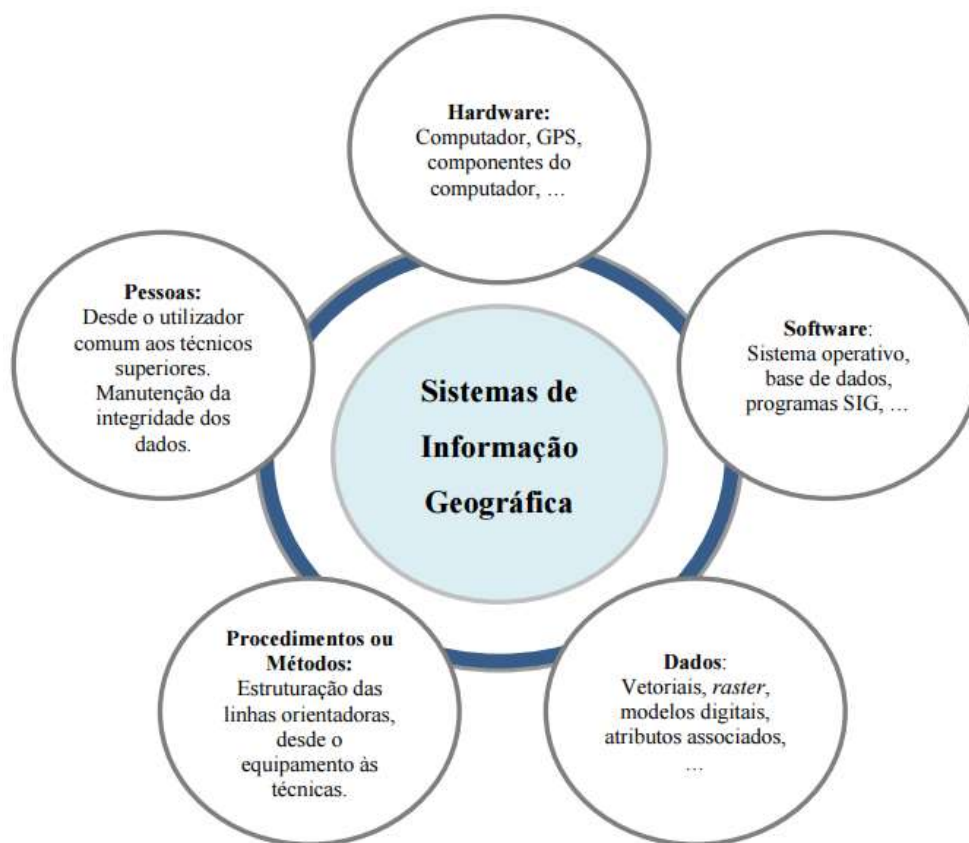


Figura 1 - As componentes de um SIG

Fonte: Catalão (2015), adaptado de Longley *et al.* (2005)

Entre os vários factores responsáveis pela relevância que os SIG têm adquirido actualmente, destacam-se a maior disponibilidade dos SIG através da Internet; a redução do preço de *hardware* e *software* SIG (principalmente com a utilização de *software open-source*); a melhoria da tecnologia que suporta as aplicações SIG, principalmente ao nível da visualização e gestão de dados; e a proliferação de dados digitais georreferenciados (Longley *et al.* 2005). Um exemplo disto é o *Open Street Map* (OSM), criado por Steve Coast em 2004, cujo objectivo foi desenvolver um mapa *online* em que toda a informação seria criada por voluntários e que poderia ser livremente usado por qualquer pessoa, e não teria restrições ao nível de licenças de utilização. O OSM é uma plataforma onde o utilizador tem permissão para editar ou criar nova informação de acordo com as suas necessidades. Desde que os colaboradores estejam registados no projecto OSM e os dados introduzidos estejam de acordo com a Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.0 Licence, qualquer pessoa pode editar, discutir o que já foi criado, criar tutoriais, aceder a informação já existente ou modificar essa informação. Uma vantagem do OSM é o facto de suportar actualizações constantes e validar a

informação de maneira quase instantânea. Toda a informação criada e editada no OSM está disponível *online* e, por isso, acessível em qualquer parte do planeta, permitindo à comunidade responder de forma rápida em situações de emergência em que é necessário o acesso a mapas actualizados (Marques, 2013).

O *Open Street Map*, na lógica de um conceito recente - *Volunteered Geographic Information* (VGI), só foi possível com o desenvolvimento da chamada Web 2.0. Antes da Web 2.0 a maioria das páginas eram constituídas apenas por texto, e pouca informação visual, ou seja, a troca de informação é apenas entre o servidor onde se encontra alojada a página e o utilizador final. O utilizador estava limitado apenas à leitura da informação que lhe era dada sem qualquer possibilidade de adicionar ou modificar conteúdos. Com a chegada da Web 2.0 foi possível criar troca de informações entre todos os utilizadores, onde é possível descarregar e carregar informação, o que levou à criação de comunidades de utilizadores, por exemplo, no que se refere à informação geográfica, a criação de *geo-wikis* como o *Open Street Map*, *Google Maps*, *Bing Maps*, *Map Wiki*, *Wiki Mapia* (Marques, 2013).

A arquitectura clássica dos SIG, está dividida em três partes que representam os três componentes principais destes sistemas, que são a interface do utilizador, as ferramentas e o sistema de gestão de dados. A interacção do utilizador com o sistema faz-se através de uma interface gráfica, que é responsável pela apresentação de todo o sistema ao utilizador. Esta interface gráfica possibilita acesso às ferramentas, que definem as capacidades ou funções que o sistema de *software* tem disponíveis para processar os dados geográficos. Posteriormente os dados são guardados em ficheiros ou bases de dados organizadas pelo *software* de gestão de dados (Longley *et al.* 2005).

As funções de um SIG passam por armazenar e organizar informação de forma a não ocupar muito espaço, facilitar o acesso, a gestão e a disponibilização dessa informação. Os SIG são, portanto, ferramentas de recolha (permitem a introdução de dados geográficos georreferenciados e tabulares - atributos), armazenamento (a informação geográfica pode ser armazenada em modelo vectorial ou em modelo raster/matricial), análise (capacidade de responder a questões relacionadas com a interacção das relações espaciais de vários dados), consulta (os atributos dos dados geográficos podem ser consultados na Base de Dados), visualização (permite a identificação visual de ligações espaciais de vizinhança, conexão e proximidade, bem como aumenta as possibilidades de observação dos dados, quer seja através de variações de escala, quer através da terceira dimensão (3D) ou da integração de múltiplas

fontes de dados) e disponibilização de dados geográficos essenciais no suporte à decisão (que podem ser apresentados como mapas, gráficos e relatórios).

Desta forma, os SIG revelam-se fundamentais no domínio da administração pública local, contribuindo assim para a evolução dos municípios e da sociedade local (Tenedório *et al.*, 2004) e (Cunha, 2009), uma vez que são uma forma de suporte na tomada de decisões das iniciativas do município.

As autarquias locais, enquanto entidades responsáveis pelo planeamento e ordenamento do território, necessitam de instrumentos de gestão e análise de informação geográfica para suportarem os múltiplos procedimentos de intervenção territorial, de modo a serem capazes de dar resposta às crescentes exigências da sociedade actual. (Almeida, 2006).

A utilização de um SIG a nível municipal proporciona aos decisores, uma ferramenta indispensável nos trabalhos de planeamento e ordenamento do território uma vez que grande parte da informação utilizada nestas tarefas tem carácter geográfico. Através dos Sistemas de Informação Geográfica, é possível efectuar diversos trabalhos em diversas áreas, nomeadamente a nível da gestão urbanística, cartografia, gestão da rede viária, cadastro de distribuição de água e gás, saneamento básico, gestão de património, etc. ao mesmo tempo permite a estruturação de métodos e procedimentos, desde a introdução dos dados, técnicas de execução, até ao resultado final, em consequência de uma Base de Dados estruturada com dados referentes a todos os domínios de intervenção da autarquia (AMNA, 2005 citado em Severino, 2006). Deste modo, cada município deve organizar-se no que concerne à sua metodologia de trabalho e na apresentação da informação para posteriormente ser acedida pelo cidadão.

A utilização dos SIG por parte dos municípios traz vantagens que encaixam perfeitamente no interesse das autarquias locais para a gestão dos dados, no processo de planeamento e ordenamento do território e na gestão racional e sustentável dos recursos, permitindo que a administração municipal seja, cada vez mais, exercida de forma inovadora e faça da administração pública um dos mercados mais prósperos do SIG. Desta forma, os SIG são uma ferramenta que permite um melhor conhecimento do território e portanto podem ser encarados como uma ferramenta de apoio à decisão (Almeida., 2006).

No município de Mealhada o SIG funciona como uma estrutura básica de trabalho, onde toda a informação está reunida e se pode consultar, visualizar e analisar dados geográficos fundamentais para a gestão, organização e análise no apoio à tomada de decisões por parte da

autarquia, adaptando-as da forma mais conveniente a cada um dos seus gabinetes e equipas de trabalho, contribuído para uma melhor organização interna, transparência e qualidade da informação e capacidade de comunicação com os próprios munícipes e restantes actores no território.

Contudo verifica-se que existem essencialmente três factores que em Portugal tem contribuído para o atraso e algum insucesso na implementação dos SIG ao nível municipal, entre outros, estes factores são os elevados custos de aquisição e manutenção; a rigidez das estruturas organizativas municipais, com difícil adaptabilidade a novos métodos e procedimentos bem como às exigências de gestão das novas tecnologias; e, por fim, a não continuidade de iniciativas de projectos SIG, o que origina uma minimização da importância das rotinas e procedimentos de actualização, ou seja não há muitos projectos que incentivem ou promovam a actualização ou a mudança (Silva, 1998 citado em Cunha,2009).

A influência do planeamento urbano na mobilidade e conforto da população, quer nos grandes centros urbanos ou nas áreas mais periféricas, tem vindo a merecer uma atenção mais atenta por parte de vários investigadores. Desta forma alguns trabalhos têm surgido neste contexto. Segundo Denatran (1987) citado em Costa (2012), os utilizadores ao escolherem um determinado percurso a percorrer, baseiam-se essencialmente nos pontos de origem e de destino desse percurso, assim na maior parte dos casos a preferência recai sobre o caminho mais curto que liga os dois pontos, sendo que o tempo de viagem é menor. No entanto, existem ainda outras características que influenciam na escolha do percurso, uma vez que as pessoas procuram que as suas deslocações sejam contínuas e que possuam as devidas condições, com passagem seguras e rápidas, sem que possam encontrar obstruções que impeçam a circulação ou prejudiquem a comodidade da viagem.

Desta forma este trabalho tem como objectivo dar a possibilidade aos munícipes de determinar um percurso, não só mais curto, mas também o mais rápido.

2. Metodologia e Estrutura do Relatório

O presente relatório de estágio, elaborado no âmbito do mestrado em tecnologias de informação geográfica aborda a importância e o papel que os SIG podem ter no planeamento e na gestão de redes, neste caso concreto na gestão da rede viária do concelho de Mealhada. Desta forma, este trabalho tem como objectivo a análise da estrutura da rede viária, constituída por vias públicas rodoviárias e pedonais, às quais foram associados valores, atendendo à velocidade permitida nos diferentes tipos de via e, a partir destes valores e da distância a ser percorrida entre os dois pontos (ponto de partida e ponto de chegada), é calculado o algoritmo de forma a encontrar o caminho mais curto para esse determinado percurso. Por via pública consideram-se os espaços de domínio e uso público destinados a possibilitar o movimento dos peões, dos veículos privados, dos meios de transporte colectivo, dos veículos de prestação de serviços e dos veículos de transporte de mercadorias permitidos nas áreas urbanas, assim como os espaços de permanência de peões e de estacionamento de veículos, (UBIERNA, 2005).

Para a sustentação da parte teórica, este trabalho tem como base a consulta de bibliografia sobre SIG's e sobre a sua importância para as autarquias locais, bem como o conhecimento prático de implementação e de gestão de um SIG.

Para o desenvolvimento da componente prática deste estudo foram utilizadas diversas aplicações e *softwares* SIG, de código-aberto (ou *open-source*). Para a análise e visualização dos dados foi utilizado o *software* desktop QGIS, e a extensão (ou módulo) “topology” e “PgRouting”. A extensão *topology* foi utilizada para a correcção da topologia da rede, ou seja, para a correcção de erros de sobreposição, nós duplos, pseudo-nós, etc., e o módulo “PgRouting” e o PostgreSQL, em articulação com programação em SQL, permite o cálculo do algoritmo que devolve o percurso mais curto. Para atingir este fim foi desenvolvida uma página web que permite aos munícipes visualizar esse(s) percurso(s). Ao marcarem o ponto de partida e o ponto de chegada, é feita uma consulta à Base de Dados, e a partir desta, o PgRouting calculará os respectivos percursos. Desta forma, pretende-se que este trabalho seja capaz de monitorizar rotas/percursos, recorrendo exclusivamente a Sistemas de Informação Geográfica de código aberto (*open-source*).

Posto isto, considerou-se que este trabalho deveria ser dividido em oito capítulos:

No primeiro capítulo é feita uma introdução bem como uma apresentação geral dos temas que serão apontados ao longo do relatório, destacando-se uma abordagem aos SIG relativamente à sua evolução histórica.

O segundo capítulo, corresponde ao presente (capítulo), onde é apresentada a metodologia e a estrutura deste relatório de estágio.

O terceiro capítulo consiste no enquadramento e apresentação geral da área de estudo.

O quarto capítulo apresenta a discussão teórica acerca dos Sistemas de Informação Geográfica e a sua aplicação. Neste capítulo é realizada uma abordagem aos SIG, à importância da informação geográfica. É abordado o tema dos *softwares open-source* e a posição que estes ocupam no universo dos SIG, faz-se uma abordagem às Bases de Dados e as potencialidades do PostgreSQL e, portanto uma análise quanto à aplicação de linguagens de programação SQL (na sua componente espacial) e à forma como estas podem ser aplicadas. Por fim, são ainda destacadas algumas diferenças entre o *software open-source* e o *software* proprietário.

O quinto capítulo aborda a importância dos SIG ao serviço das autarquias locais. Neste capítulo é realizada uma descrição das autarquias em termos funcionais e organizacionais, são referidas as principais orientações no domínio da sua acção no planeamento e gestão do território de forma a destacar a sua importância como sendo as principais entidades a adoptarem a tecnologias SIG. Procurou-se ainda mostrar a importância da informação disponibilizada pelos SIG e de que forma se pode criar uma ligação entre a autarquia, os SIG e os cidadãos. Uma vez que as autarquias têm a possibilidade de partilhar e disponibilizar informação geográfica, trabalhada em SIG, com os munícipes.

O sexto capítulo é dedicado à componente prática, onde são apresentados os passos seguidos ao longo deste trabalho, com imagens exemplificativas. Desde a ligação da Base de Dados ao *software* QGIS, a instalação dos módulos “topology” e “PgRouting”, passando pelas *queries* utilizadas e, os problemas encontrados, e todo o desenvolvimento do trabalho até ao resultado final.

No sétimo capítulo aborda-se a partilha da informação e publicação dos resultados, destacando a importância da Internet como impulsionadora da divulgação da informação geográfica e dos SIG.

Por fim, o oitavo capítulo conclui este relatório de estágio, apresentando as considerações finais do trabalho desenvolvido, bem como um conjunto de propostas de trabalho futuro que poderiam melhorar e dar continuidade ao trabalho iniciado.

3. Enquadramento da área de Estudo

O concelho da Mealhada localiza-se na Região Centro, na parte sul do distrito de Aveiro, e ao nível das NUT III está inserido na Unidade Territorial do Baixo Vouga. No que concerne aos limites administrativos, a Norte faz fronteira com o concelho de Anadia, a Sul com o concelho de Coimbra, a Este por Mortágua e Penacova e a Oeste com o Concelho de Cantanhede.

Possui uma área territorial com cerca de 111 Km², distribuída por seis freguesias: união das freguesias de Antes, Mealhada e Ventosa do Bairro; Vacariça, Luso, Casal Comba, Pampilhosa e Barcouço (figura 2).

O Concelho de Mealhada caracteriza-se por duas realidades opostas (figura 3) entre a faixa Oeste e a faixa Este, ou seja entre campo e serra respectivamente. Como é possível observar na figura 4, a faixa Oeste possui relevo ligeiramente ondulado, muito característico de toda a região da Bairrada. Por outro lado, a faixa Este, que corresponde às Freguesias de Vacariça e Luso, integra-se na área do conjunto montanhoso que constitui a Serra do Buçaco apresentando, por isso, um relevo bastante acidentado, rasgado por uma rede hidrográfica relativamente densa associada principalmente à bacia do rio Cértima.

Relativamente à hipsometria, presente na figura 3, a Mealhada apresenta valores de cotas compreendidos entre os 39 metros, no extremo Noroeste do Concelho (Freguesia de Ventosa do Bairro), e 563 metros em local próximo da Cruz Alta no extremo Nordeste (Freguesia do Luso).

Quanto à hidrografia (figura 5), o concelho da Mealhada é formado por um conjunto de ribeiros que, na sua maioria, drenam as águas para o rio Cértima, um dos afluentes do rio Vouga.

Em termos de infra-estruturas rodoviárias, representadas na figura 5, o município é atravessado pela A1 com acesso pelo nó da Mealhada, e pela rede nacional complementar, constituída pelos Itinerários Complementares (IC) e pelas Estradas Nacionais (EN), assegurando a ligação entre a rede nacional fundamental (IP's) e os centros urbanos concelhios ou supra-concelhios, assim, o concelho da Mealhada é constituído pelo IC 2 que atravessa o concelho no sentido Norte - Sul, pela EN 234 (Mira-Mangualde) e por uma rede viária municipal que se prolonga a todas as freguesias. É igualmente atravessado pelas linhas

de caminho de ferro do Norte e da Beira Alta (figura 7), constituindo a estação de Pampilhosa um nó ferroviário de significativa importância (PMDFCI,2011).

Relativamente aos dados populacionais, como se pode observar na figura 8, referente à população residente no concelho da Mealhada, a União das Freguesias de Mealhada, Antes e Ventosa do Bairro destaca-se, com uma população residente superior a 6.000 habitantes, segue-se a freguesia da Pampilhosa, com uma população residente entre 4.000 e 6.000 habitantes. As freguesias do Luso, Casal Comba e Barcouço apresentam um menor número de habitantes (entre 2.000 e 4.000 hab.) e, por fim, Vacariça, revelando-se a freguesia com menor número de população residente do concelho com uma população residente inferior a 2.000 habitantes (Fonte de dados: INE, 2011).

A cartografia presente no enquadramento da área de estudo, foi também desenvolvida durante o estágio, estes são alguns dos cartogramas que fazem parte de uma listagem de cartografia a integrar no Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PMDFCI) do município.

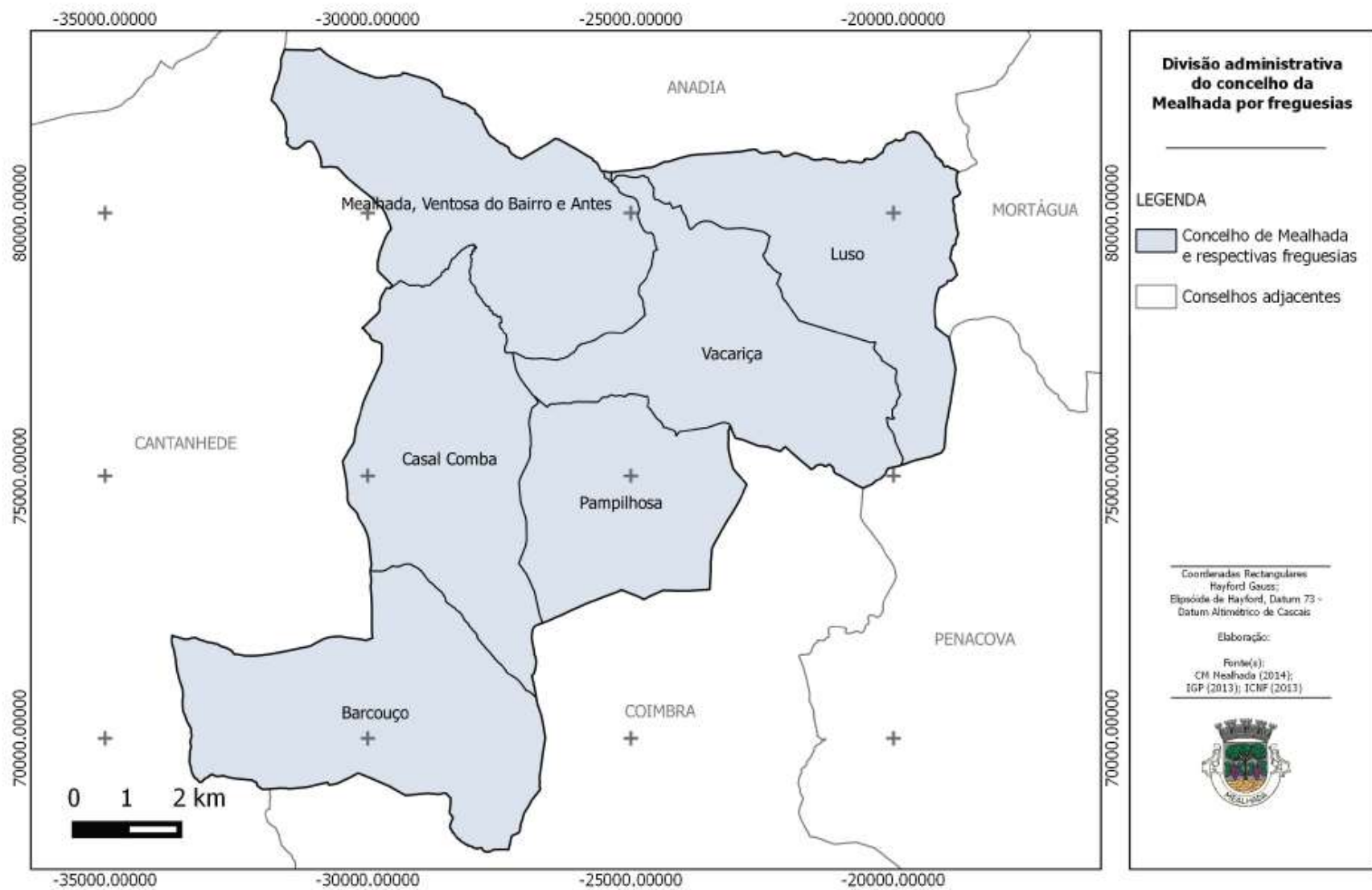


Figura 2- Divisão administrativa do concelho da Mealhada e os seus concelhos adjacentes.

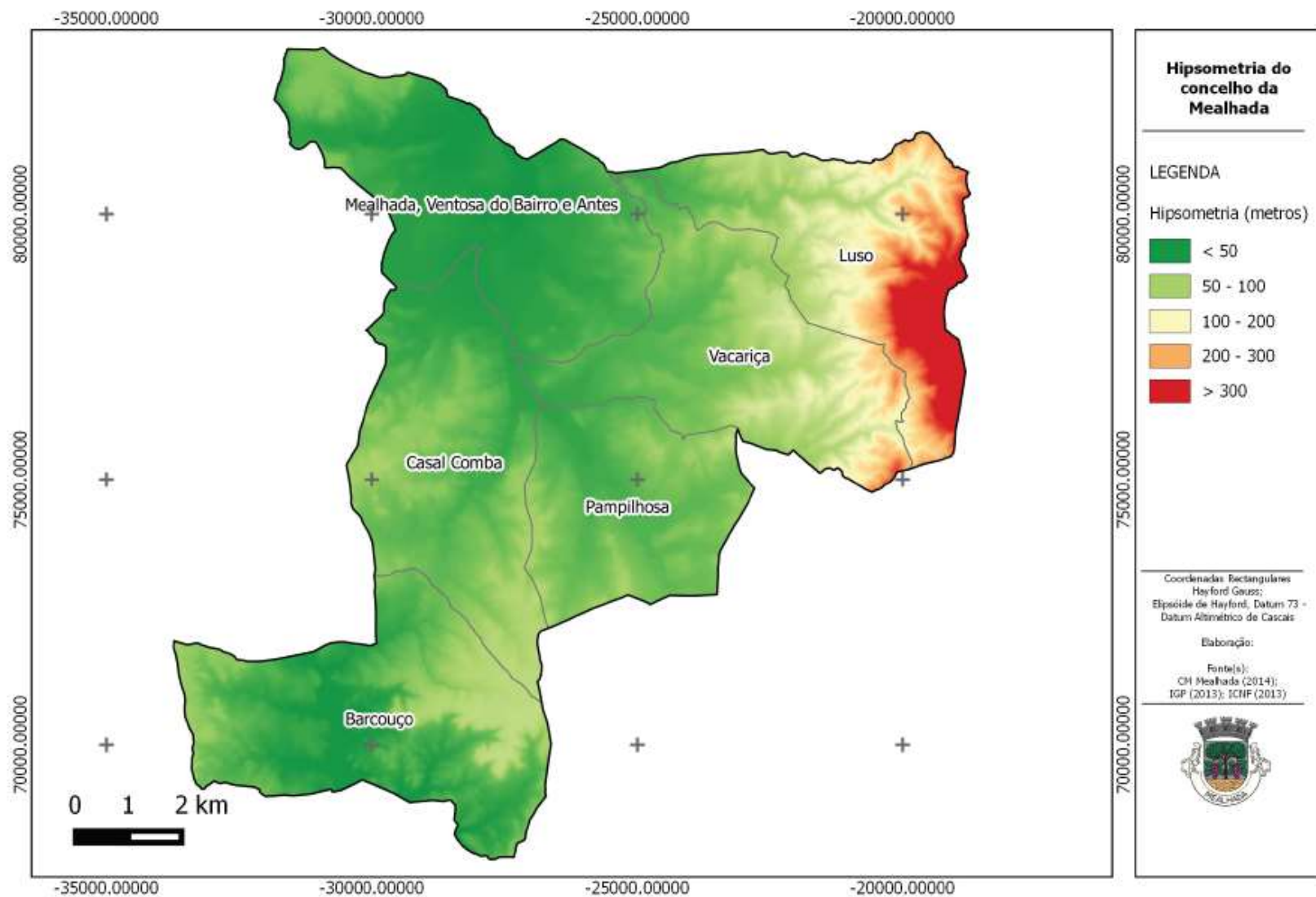


Figura 3 – Representação da hipsometria do concelho da Mealhada

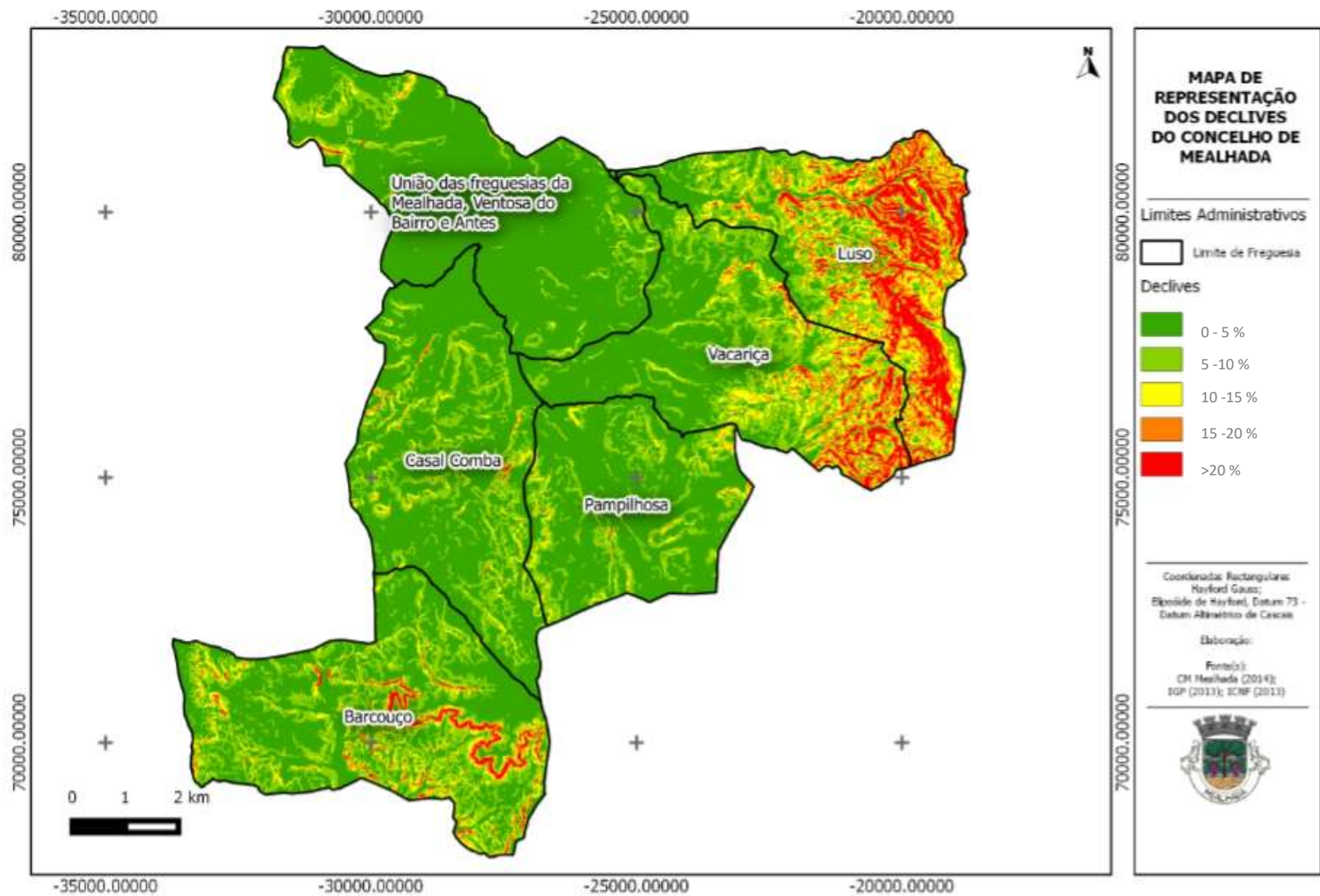


Figura 4 - Representação dos declives do concelho da Mealhada

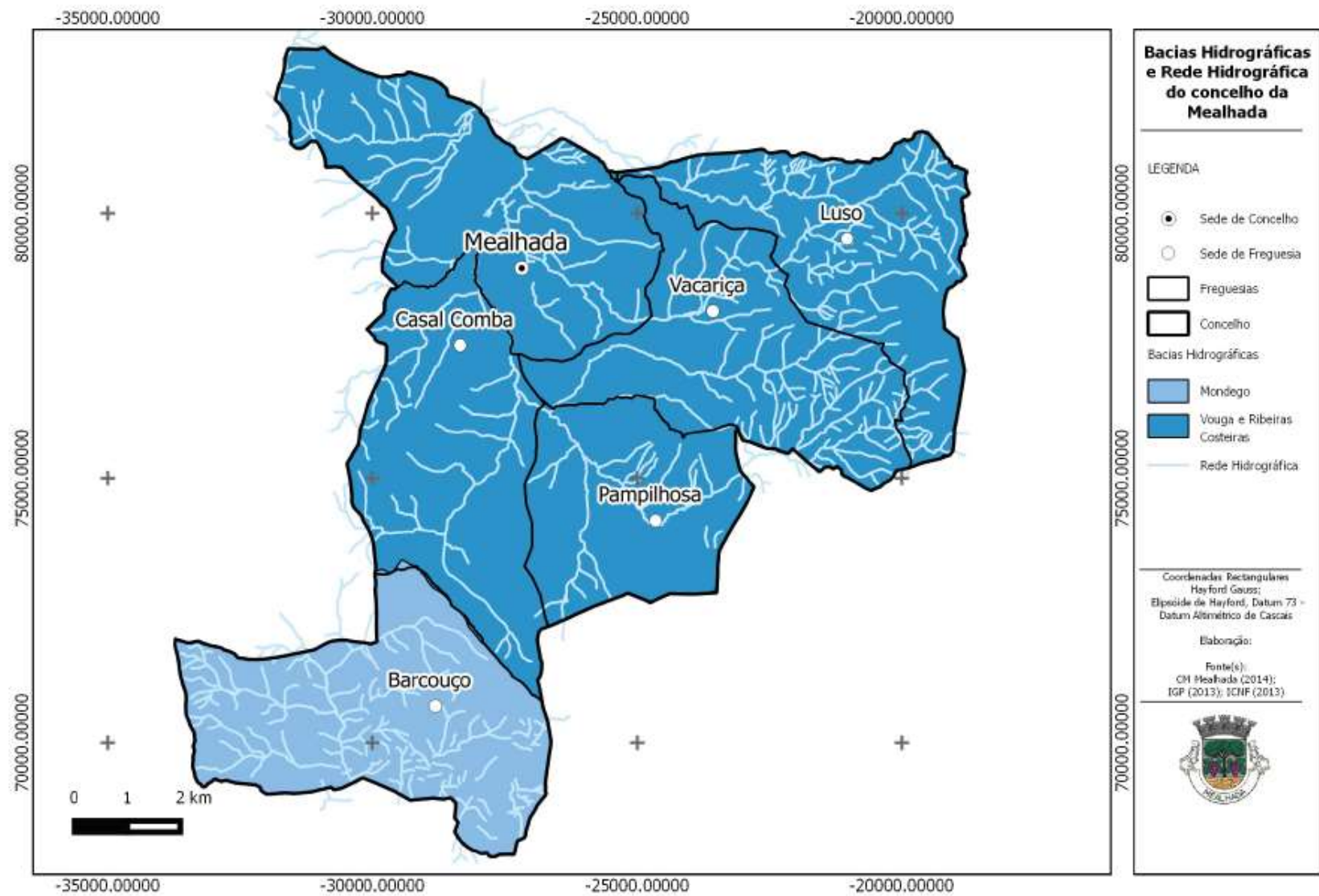


Figura 5 - Bacias hidrográficas e rede hidrográfica do concelho da Mealhada

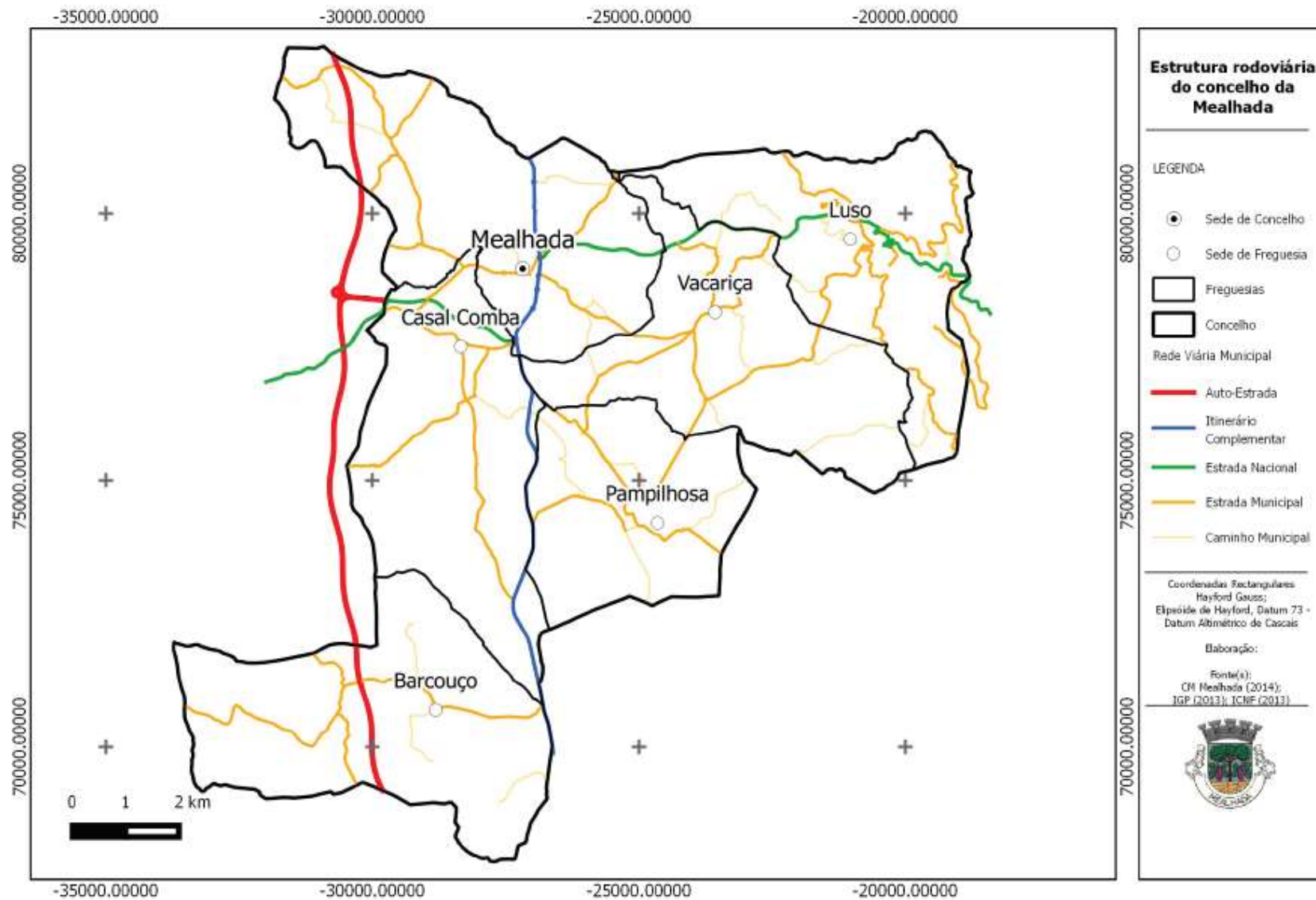


Figura 6 - Estrutura rodoviária do concelho da Mealhada

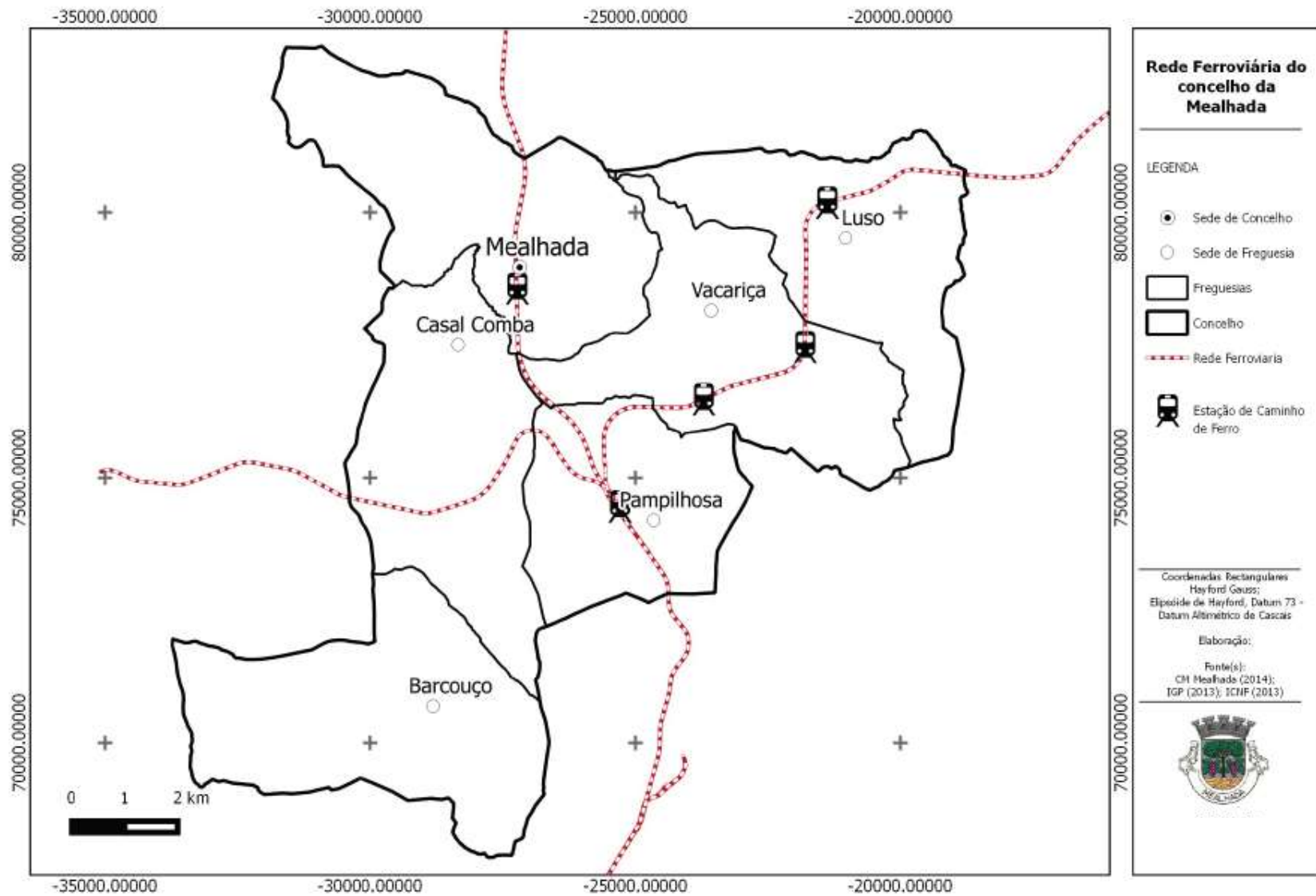


Figura 7 - Rede Ferroviária do concelho da Mealhada

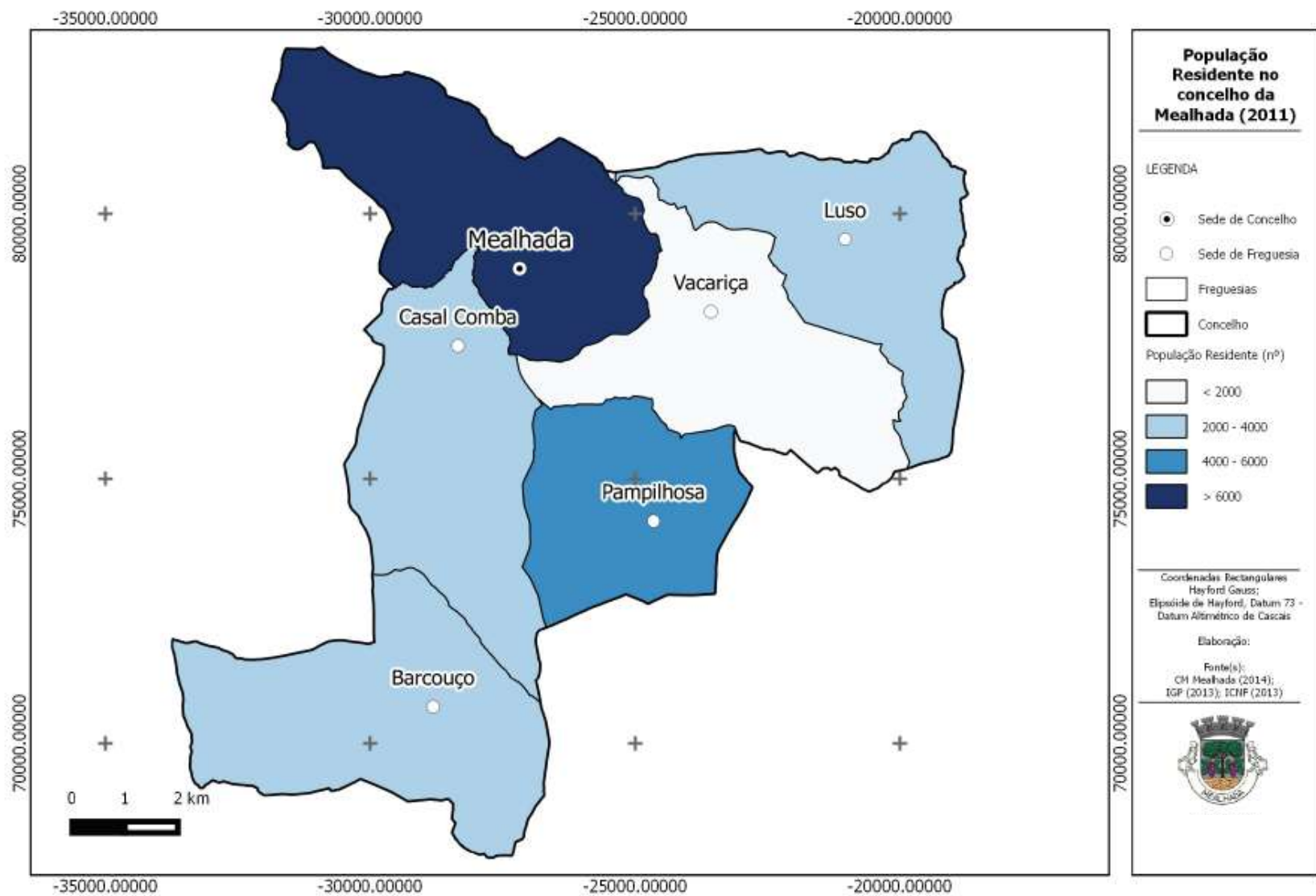


Figura 8 - População residente no concelho da Mealhada (2011)

4. Os Sistemas de Informação Geográfica : Principais traços caracterizadores da evolução recente.

Nas últimas décadas o crescimento e desenvolvimento sócio-económico tem-se revelado bastante acelerado, reflectindo-se numa acentuada expansão das cidades, que como consequência levou ao aumento de redes de infra-estruturas, equipamentos, e estruturas diversas, que transformam constantemente o território. Este nível de desenvolvimento obriga as entidades gestoras a desenvolverem planos, elaborar medidas e tomar decisões, tendo por base um elevado volume de dados que são recolhidos num curto período de tempo. Surge assim a necessidade de recorrer a ferramentas de apoio, que resolvam o problema do armazenamento e gestão deste elevado volume de informação, que permitam efectuar análises espaciais e simulações, ou seja, uma ferramenta de apoio à decisão e suporte ao desenvolvimento equilibrado da ocupação humana e da sua interacção com o território. Tais ferramentas são os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) que permitem a integração de informação geográfica de diversos conteúdos e temas da actividade humana (Almeida, 2006).

Segundo Longley (2005), os Sistemas de Informação Geográfica são uma classe especial de sistemas de informação que procura não só registar os eventos, actividades e acções, mas também onde esses fenómenos acontecem ou existem.

Presentemente qualquer SIG engloba um conjunto de componentes bem definidas, como o *hardware*, *software*, dados, procedimentos ou métodos e, utilizadores ou técnicos (figura 1), no entanto, já se discute a inserção de uma nova componente, ou seja, a extensão web das aplicações uma vez que a informação é cada vez mais apresentada sobre a forma de produto (Longley et al, 2005). Como é possível observar na figura 8, um SIG depende do *hardware*, do *software*, da qualidade dos dados, dos procedimentos e, das pessoas (ou técnicos) que as executam.

Uma das características singulares dos SIG é a capacidade de integrar dados espaciais e tabulares, permitindo reconhecer padrões territoriais. A representação dos dados ligados à gestão de redes de transporte não foge à regra, podendo ser representada em dois formatos: raster ou vectorial (Catalão, 2015).

Relativamente ao formato vectorial, as entidades podem ser identificadas como pontos (por ex., os nós que ligam os arcos de uma rede), as linhas (por ex., a rede viária, um trajecto) e os polígonos (por ex., uma área ocupada com determinadas infra-estruturas).

Quanto ao formato matricial (ou raster), o modo mais utilizado para representar as entidades do mundo real são as malhas quadrangulares constituídas por um conjunto de *pixels*, cada um deles, representando um único valor da variável, isto é, toda a área de estudo tem um valor associado mesmo que este seja zero ou nulo. Um dos problemas mais comuns neste formato é a procura da resolução ideal, podendo não ser compatível com alguns tipos de análises, por exemplo, o modelo de dados vectorial, é mais ajustado à análise de redes (Catalão,2015).

A escolha do formato para a representação dos resultados depende sempre do tipo de entidades que se pretende representar. Por exemplo, as análises de redes associadas à teoria dos grafos são um conjunto de linhas e nós que devem ser representados sobre o formato vectorial, linhas e pontos neste caso. Sendo possível dizer que a análise e gestão de redes, são uma das áreas com maior representação no âmbito de investigação dos SIG.

4.1. O *software Open-Source* nos domínios da informação geográfica

Este trabalho foi realizado com recurso a ferramentas *open-source*, opção esta que se relaciona com a escolha por parte do município na utilização deste tipo de *software* para a gestão da informação geográfica, bem como por ser uma ferramenta de trabalho acessível a todos, ou seja, a utilização de *software open-source* é uma ferramenta que está acessível a todos a custos reduzidos, e a partir de qualquer localização.

Alguns dos *softwares* disponíveis no mundo dos SIG são livres e de código aberto, partilhados graças à colaboração de múltiplas pessoas que procuram desenvolver programas de forma contínua. As primeiras ferramentas *open-source* relacionadas com a manipulação da informação geográfica e com os SIG, também podem ser designados como FOSS (*Free and Open Source Software*), surgiram ao longo das últimas décadas (Steiniger & Hunter, 2013, citado em Catalão, 2015).

O termo FOSS talvez seja o mais correto, uma vez que engloba ambos os conceitos, o conceito de “*Free Software*” e o de “*open-source*”. Os “*Free Software*” são, muitas vezes

confundidos com programas sem custos (os “freeware”) mas esta liberdade “free” refere-se às quatro liberdades (executar, adaptar o código-fonte, redistribuir cópias, melhorar o programa) criadas por Richard Stallman e não no sentido de ser livre de custos; por outro lado, a designação de “*open-source*” também se torna insuficiente, dado que o código-fonte do programa pode estar disponível mas não usufrui dos quatro níveis de liberdade enumerados anteriormente, como por exemplo, a incapacidade de modificação do código (Stallman, 2005).

Na actual situação económica do país, a aposta em sistemas de código aberto, sem custos ao nível de aquisição de licenças, pode ser uma forma de potenciar a competitividade das empresas bem como um incentivo á adesão aos SIG por parte de outros municípios. É portanto, neste sentido que o sistema implementado na Câmara Municipal de Mealhada, é maioritariamente composto por *softwares* livres. Ao nível dos SIG, o *software open-source* utilizado para a análise e gestão da informação geográfica é o QGIS, PostGIS, PostgreSQL, bem como diferentes módulos ou extensões destes *software* consoante o tipo de análise a ser realizado, por exemplo, ao longo deste trabalho foi PgRouting; e por fim, para a publicação e divulgação da informação, são utilizados o GeoServer e o OpenLayers.

No âmbito dos SIG, os utilizadores têm diversos *softwares* de código aberto disponíveis, por exemplo o o QGIS, o gvSIG, o GRASS, entre outros, no entanto, nos últimos anos, aquele que se tem afirmado como referência é o QGIS, atraindo cada vez mais utilizadores e interessados em desenvolver e potenciar o programa com uma oferta ampla de *plugins* (extensões) para as mais diversas funcionalidades. Uma das principais vantagens do QGIS é a sua capacidade para importar bibliotecas de outros programas, como o GRASSGIS ou SAGA GIS e poder utilizar as ferramentas sem qualquer limitação e num ambiente de interacção mais amigável para a generalidade dos utilizadores SIG. Outro *software* com uma adesão cada vez maior é o PostGIS, dado que permite criar Base de Dados com informação espacial e aceder a um conjunto de ferramentas avançadas de topologia e análise. O PostGIS é um dos módulos do PostgreSQL que permite realizar *queries* (inquirições) com recurso à linguagem SQL (“Structured Query Language”). Dentro do módulo do PostGIS é possível adicionar um conjunto de extensões que aumentam as funcionalidades da ferramenta, nomeadamente, uma especificamente vocacionada para o domínio da gestão de redes, designada por o PgRouting. Com recurso ao PgRouting é possível realizar um conjunto de análises a uma rede, apenas sendo necessário organizar corretamente a Base de Dados e conhecermos minimamente a estrutura que uma linha de comando deve ter de forma a executar as funções pretendidas (Catalão, 2015).

4.2. *Software* Livre – *Software* Gratuito – *Software* proprietário – Algumas diferenças

A Internet foi construída com regras e protocolos de funcionamento que garantem o livre fluxo dos conteúdos, baseada na colaboração e em padrões abertos, gerando a cultura de rede (PRASAD, 2008). Deste modo, é essencial a utilização de computadores, e para tal foi essencial a criação, desenvolvimento e utilização de *softwares*. A indústria de *software*, atingiu o seu marco na década de 80, após o desenvolvimento dos programas da Microsoft, e com eles o processo evolutivo dos processadores, que a cada nova versão, tornam-se mais poderosos possibilitando aos utilizadores a execução de programas mais exigentes em termos de volume de informações e complexidade de processamentos (Garcia *et al.*, 2010).

Por outro lado, para a ampliação e modernização desses programas estão associados elevados custos, que vieram a tornar-se elementos motivadores para um elevado preço para o consumidor final, aliados ao facto de (até à altura) não haver *softwares* concorrentes que forçassem a redução dos preços. Estes *softwares*, denominados de *softwares* proprietários, proporcionam aos utilizadores diversas aplicações, mas com um elevado custo.

A criação de *softwares* gratuitos a nível mundial surge, em meados dos anos 70 e 80, nas mais variadas áreas e para diversos fins, desde os mais generalistas, até aplicações para diversas áreas científicas (Steiniger & Bocher, 2009).

Silveira (2004) entende, que o *Software* livre (ou *free software*) é uma conquista, um movimento que procura a partilha do conhecimento tecnológico tendo como principal objectivo o benefício dos seus utilizadores. O *Software* livre passou também a ser designado por *Software Open Source* em Fevereiro de 1998.

Stallman (2005) entende *software* livre (*Open Source* ou Código Aberto) como uma referência “à liberdade dos utilizadores executarem, copiarem, distribuírem, estudarem, modificarem e aperfeiçoarem o *software*”. Para formalizar esta ideia, Richard M. Stallman refere-se a quatro tipos de Liberdade que os utilizadores devem ter:

- 1.) Liberdade de executar o *software* para qualquer uso;
- 2.) Liberdade de estudar o funcionamento (pelo código-fonte) e adaptá-lo às suas necessidades;

- 3.) Liberdade de redistribuir cópias, possivelmente já modificadas;
- 4.) Liberdade de melhorar o programa e de tornar as modificações públicas, de modo a que toda a comunidade beneficie dessas melhorias.

O software que obedeça a estes 4 princípios é designado por *software livre* ou de código aberto. Todavia, o conceito de *software livre* não é sinónimo de gratuidade, pois algumas versões de *software livre* podem ter custos associados, não implicando, contudo a perda de qualquer das liberdades referidas acima. Desta forma, não se deve utilizar o termo “*software gratuito*”, mas sim “*software livre*”. Pois é neste sentido de liberdade que se usa o termo “livre”, e não no sentido de gratuidade, como algumas vezes é entendido.

Por outro lado, segundo Perens (1999) citado em Garcia *et al.*,(2010), nem todos os programas disponíveis gratuitamente são *softwares* livres, uma vez que por vezes existem restrições de utilização e nem sempre o código fonte está disponível. Estes são os “freeware” (*software gratuito*), um *software* que pode ser obtido sem qualquer custo. Contudo, não significa que este seja um *software livre*, dado que, muitas vezes, o código-fonte destes *softwares* não se encontra disponível, não sendo possível editá-lo ou alterá-lo, sendo que o utilizador é forçado a utilizar o *software* da forma como foi disponibilizado.

Como é notório, existem diferenças bem vincadas entre um *software livre* e um *software gratuito*. O conceito do *software livre* tem grande importância no mundo da tecnologia e da computação, porém, *software livre* não é necessariamente gratuito, mas o código-fonte é disponibilizado sendo possível ser alterado por qualquer um, sem que haja a necessidade de pagamento para fazer qualquer alteração.

Quando os *softwares* livres começaram a surgir nos domínios da informação geográfica, o acesso era restrito a um grupo de profissionais com conhecimentos ao nível da programação, no entanto, actualmente esse grupo expandiu-se para um grande número de utilizadores fomentando a troca de ideias e conhecimentos. A filosofia do *software livre* defende que a liberdade e o conhecimento não são direitos individuais, mas sim colectivos e, por isso, devem ser partilhados e transmitidos de pessoa para pessoa. Actualmente, estas afirmações fazem cada vez mais sentido, uma vez que uma nação só se desenvolve se o conhecimento for partilhado com o maior número possível de cidadãos. A circulação do *software livre* na Internet ocorreu em 1983, por intermédio de Richard Stallman, para que se pudessem ter estas liberdades à disposição de todos (Garcia *et al.*, 2010).

Este *software* (livre) foi criado em oposição ao *software* proprietário, que possui o código-fonte fechado, ou seja, apenas a empresa que o desenvolveu pode controlar os códigos, quer seja sobre as funções, melhorias ou correcções.

A grande maioria dos *softwares* proprietários, é distribuída com licenças de utilização, pelo que o utilizador não compra propriamente o *software*, mas sim a licença para a sua utilização. Para a utilização do *software* proprietário, é necessária a aquisição de licença de utilização, o *copyright*, pois os seus direitos autorais e comerciais são preservados. Por outras palavras, não é livre nem gratuito. É, simplesmente, concedida ao utilizador a permissão de uso sob certas condições sendo vedada a sua reprodução, instalação múltipla, alteração, cedência, revenda ou redistribuição sem autorização e pagamento adicional (Lamas, 2005). Por outro lado, Richard Stallman, em 1988, criou a Licença Pública Geral (GPL, em inglês), o *copyleft*, garantindo que os trabalhos desenvolvidos colectivamente não se tornam propriedade de ninguém (Silveira, 2005).

Relativamente à vulnerabilidade dos *softwares*, é do conhecimento geral que qualquer programa pode ser vulnerável e conter falhas no código-fonte. Qualquer *software*, seja livre ou proprietário, está sujeito a conter erros. A diferença é que, no caso dos *softwares* livres, quando um erro é detetado, o mesmo pode ser exposto à comunidade e rapidamente é corrigido pela própria comunidade, que só conclui o trabalho quando comprova que a falha foi devidamente corrigida. Ao passo que, no caso do *software* proprietário, o utilizador enfrenta um nível de dependência dos fornecedores de *software* para a correcção desse erro e que tanto pode ser rapidamente resolvido como pode levar largas semanas (Garcia, *et al*, 2010).

Assim, Cardozo (2007), destaca que a menor dependência dos fornecedores é um dos factores que mais influencia a utilização de um *software* livre. O desejo de independência dos utilizadores deve-se ao fato de o fornecedor dos *softwares* proprietários ser o responsável pela manutenção e pelo suporte, além de constantes actualizações que nem sempre são bem-vindas e necessárias. Outro factor que influencia a aquisição de um *software* livre é a segurança. Segundo a investigação realizada em 2007 pelo Instituto Sem Fronteiras (ISF, 2008), as maiores empresas do mundo corporativo são as que mais utilizam o *software* livre isto porque são menos permeáveis à pirataria.

Hexsel (2005), citado em Garcia *et al.*, (2010), afirmou que uma das razões porque *software* livre é mais seguro que o *software* proprietário é que apenas um grupo restrito de pessoas (e

programadores) testa o software antes deste ser colocado no mercado. Isto porque, para a empresa que desenvolve o *software* proprietário possa obter maiores lucros, têm de lançar novas versões num curto espaço de tempo. Segundo o autor, alguns *softwares* são vendidos antes de atingirem maturidade, isto acontece porque o prazo estabelecido pela empresa muitas vezes esgota-se e o produto tem de ser disponibilizado no mercado sem ter passado por testes suficientes, contando assim com algumas falhas e possíveis erros de programação. E no caso de ser necessário adaptar ou alterar alguma aplicação, os utilizadores ficam limitados a solicitar a alteração ao fabricante. Em contrapartida, no caso do *software* livre, quando estes são lançados, toda a comunidade, bem como outros programadores, têm acesso ao mesmo, fazendo com que a quantidade de pessoas que testam o *software* seja muito maior e o processo de identificação e correcção de erros seja mais rápida, pois existe partilha e cooperação entre os utilizadores. Existe um suporte abundante e gratuito relativamente aos *softwares* livres uma vez que, mesmo não tendo contacto directo com o programador, o utilizador tem acesso a fóruns na Internet, onde outros utilizadores e programadores podem prestar suporte (Garcia *et al.*, 2010).

Quanto à transição do *software* proprietário para o *software* livre, a dificuldade é a diferença entre as interfaces e a ausência de um padrão entre elas, sendo considerada por muitos como uma desvantagem. E, neste sentido, Didio (2005), na sua lista de desvantagens do *software* livre, destacou a dificuldade de adaptação e a documentação de *softwares* livres pouco esclarecedora, dificultando a resolução de alguns problemas. Também Hexsel (2005), citado em Garcia *et al.*, (2010), refere como desvantagem do *software* livre, a existência de um vasto conjunto de bibliografia sobre o tema, mas que não resolve completamente o problema da falta de suporte, sobretudo para utilizadores menos experientes.

Desta forma, pode afirmar-se que o *software* proprietário orienta-se em benefício do fabricante que, como é evidente, critica o *software* livre para que possa continuar a dominar os conhecimentos, relativamente à programação, suporte e manutenção do programa. Em alternativa, o *software* livre possui alguns pontos que o tornam interessante e desejável, tais como o custo, a segurança e qualidade, as “quatro liberdades”, nomeadamente a liberdade de adaptar o programa às necessidades de cada um. Por outras palavras, o *software* livre ajusta-se em benefício da sociedade, tendo como consequência a partilha de conhecimentos e pensamentos.

4.3 Base de Dados Espacial e as potencialidades do PostgreSQL

Segundo Longley (2005), citado em Catalão (2015), as Bases de Dados Espaciais contêm informação geográfica de uma área em particular e com um determinado fim. Estas permitem que o utilizador guarde as características geométricas nas tabelas pertencentes à Base de Dados e fornecem funções espaciais únicas que permitem consultar e manipular os dados com recurso a SQL (Obe & Hsu, 2011).

Ao nível dos SIG, a maioria das Bases de Dados são usadas apenas para o armazenamento de dados, mas é possível realizar um conjunto de análises espaciais, com recurso a SQL. Esse tipo de consultas espaciais foi sendo padronizado pela comunidade SIG ao longo de décadas de modo a obedecer às normas definidas pelo ISO (International Standard Organization) e ao OGC (Open Geospatial Consortium).

O PostgreSQL é um do *Free and Open Source Software* (FOSS) disponível na Internet, que permite a criação de Base de Dados objecto-relacional, ou seja, permite guardar tipos de objectos geométricos mais complexos, dando a possibilidade ao utilizador de definir funções e operações que manipulem esse tipo de dados (Catalão, 2015).

O PostgreSQL existe há cerca de duas décadas, oferecendo segurança e garantia de integridade dos dados, sendo considerado inúmeras vezes como o *software* livre de referência para esta finalidade. O PostgreSQL por si só não permite a importação de dados geográficos, sendo necessário proceder à instalação da extensão PostGIS, própria para o tratamento de informação geográfica.

O PostGIS é uma extensão FOSS que se torna poderosa quando integrada com outros *softwares*, tanto livres como proprietários, uma vez que permite a interacção espacial entre a base de dados e o programa SIG do tipo *Desktop*. Durante alguns anos, o único *software* que permitia interoperabilidade com o PostGIS era o QGIS (Catalão, 2015).

Para o estudo da rede viária assim como para o setor dos transportes, uma das extensões existente no PostGIS é o PgRouting, que permite realizar um conjunto de análises à rede viária, incluindo vários algoritmos para o cálculo do caminho mais rápido, caminho mais curto ou isócronas. Convém ainda referir que as extensões são muitas vezes designadas por bibliotecas, ou seja, as ferramentas associadas à extensão PgRouting formam uma biblioteca (Catalão, 2015).

4.4. O PgRouting

Os *softwares open-source* são, de facto, um importante factor no desenvolvimento dos municípios dado que são ferramentas disponíveis e livres de encargos financeiros (ou de custos reduzidos). No entanto, existe ainda alguma resistência à sua utilização porque algumas ferramentas ainda se encontram em fase de desenvolvimento (Costa, 2012).

Contudo, existem algumas empresas bem como alguns e municípios, designadamente o da Mealhada que utilizam este tipo de programas, e neste caso, para este trabalho foi utilizado a extensão espacial PostGIS do PostgreSQL e a extensão PgRouting do QGIS para o cálculo dos percursos de menor “custo” tendo em conta o tipo de via e o tipo de percurso escolhido (rodoviário ou pedonal).

O PgRouting inicialmente chamava-se *PgDijkstra*, uma vez que se limitava à procura do caminho mais curto com o algoritmo “Dijkstra”. Mais tarde foram adicionadas outras funções e como tal, a extensão (ou biblioteca) foi renomeada para PgRouting.

O *pgr_dijkstra* (*Dijkstra algorithm*) foi o primeiro algoritmo a ser implantado no PgRouting, que consistia em seguir o caminho mais curto tendo por base apenas a distância a percorrer. Mais tarde surgiu outro algoritmo bastante conhecido, e que foi utilizado neste trabalho, é o algoritmo A* ou “A-Star” (*pgr_astar*). Este algoritmo requer outros atributos como o *id* (identificador único), *source* e *target* ID (identificador único para a origem e o destino de cada arco) e o custo (atribuído para cada arco). Este algoritmo é baseado no algoritmo de *dijkstra*, uma vez que segue o caminho mais curto, a diferença é que este algoritmo permite a consulta e integração de outros atributos, como é o caso do custo.

As funcionalidades do PgRouting não se limitam ao cálculo dos caminhos mais curtos ou mais rápidos, é possível ponderar índices através de múltiplos atributos, determinando o melhor percurso, tendo em conta as diversas variáveis que foram atribuídas a esse índice. A potencialidade de poder fazer ligação da Base de Dados criada no PostgreSQL com outras plataformas, como o QGIS, torna-se indispensável, pois é possível ver os resultados das *queries* de forma quase imediata (Catalão, 2015).

4.5 A linguagem SQL aplicada aos SIG

O termo SQL é da abreviação de Structured Query Language que é a linguagem usada em Base de Dados Relacionais. A linguagem SQL é a forma utilizada para comunicar à Base de Dados o que pretendemos fazer, ou seja, é um tipo de linguagem de programação padronizada que tem como objetivo consultar, criar, atualizar ou manipular a informação presente numa Base de Dados (Din, 1994 citado em Catalão, 2015).

Os modelos relacionais foram criados por Edgar Frank Codd em 1970, onde os dados se encontram na Base de Dados como uma colecção de tabelas. Cada tabela tem um nome, um conjunto de atributos e domínios. Onde, cada tabela, está relacionada com outra. Posto isto, é necessário caracterizar o tipo de relações entre tabelas. Existem três tipos de relações entre tabelas: de 1:1 (Um para Um), em que uma linha da tabela A corresponde apenas a uma linha na tabela B e vice-versa este tipo de relação é criado se ambas as colunas relacionadas forem chaves primárias ou tiverem restrições exclusivas; de 1:M (Um para Muitos), em que a uma linha da tabela A pode ter correspondência com várias linhas na tabela B, mas uma linha da tabela B só pode ter uma linha correspondente na tabela A, este tipo de relação representa o tipo de relação mais comum; e, por último, de N:M (Muitos para Muitos), neste caso, uma linha da tabela A pode ter várias linhas correspondentes na tabela B e vice-versa.

Nos meados do século XX, a enunciação de perguntas à Base de Dados era limitada a perguntas tabulares, não sendo possível fazer o cruzamento com interações espaciais. A única possibilidade era a exploração de campos binários longos (BLOB's) ou esquema de tabelas relacionais para armazenar a componente espacial do dado geográfico (Queiroz *et al*, 2013). Um pouco mais tarde, começaram a surgir programas que suportavam Base de Dados com componente espacial, como o Oracle Spatial (1984). Também no sector dos *softwares* livres começaram a surgir programas que suportavam Bases de Dados geográficas, como por exemplo a extensão PostGIS do PostgreSQL. Neste momento, a linguagem SQL possui certificado ISO (International Organization for Standardization), definindo mundialmente as normas técnicas a cumprir (Catalão, 2015).

5. Ordenamento do Território, Autarquias Locais e SIG

Os Sistemas de Informação Geográfica são encarados como uma ferramenta de apoio à decisão, contribuindo, desta forma, para a modernização dos processos de administração do território (Cunha, 2009).

A melhoria da eficácia dos processos administrativos leva a uma maior aproximação das autarquias relativamente ao cidadão. Deste modo, os SIG devem ser uma das componentes integrantes de um vasto sistema de gestão, análise e divulgação da informação, ao serviço de todos os utilizadores. O desenvolvimento rápido e revolucionário da tecnologia vieram alterar as técnicas de planeamento, pondo ao seu alcance meios fundamentais para o tratamento da informação, originando bases fundamentais para conseguir responder às exigências e manter o rigor no que concerne ao ordenamento do território (Almeida, 2006).

Desta forma, neste capítulo, segue-se uma abordagem sobre a importância dos SIG nas Autarquias Locais, de forma a perceber o seu funcionamento e quais os factores fundamentais que determinam a articulação entre os SIG e o Ordenamento do Território (OT) e a gestão de redes da autarquia. É ainda demonstrada a plataforma que o município da Mealhada dispõe para partilhar informação com os seus munícipes.

5.1 As Autarquias Locais: competências e princípios de coordenação.

As autarquias locais são as freguesias, os municípios e as regiões administrativas. Segundo a DGAL (Direcção Geral das Autarquias Locais), as autarquias locais têm, desde 1976 dignidade constitucional, segundo a lei fundamental, a organização democrática do Estado compreende a existência de autarquias locais, sendo estas pessoas coletivas de população e território dotadas de órgãos representativos que visam a prossecução dos interesses próprios, comuns e específicos das respectivas populações.

As atribuições das autarquias locais e a competência dos seus órgãos, estão associadas à satisfação das necessidades das comunidades locais, respeitam, nomeadamente, o desenvolvimento sócio-económico, o ordenamento do território, o abastecimento público, ao saneamento básico, a saúde, a educação, a cultura, o ambiente e o desporto. As Leis n.º 159/99 de 14 de Setembro e 169/99 de 18 de Setembro, alterada e republicada pela Lei n.º 5-

A/2002 de 11 de Janeiro, estabelecem, respectivamente, o quadro de atribuições e competências para as autarquias locais e as competências e regime jurídico de funcionamento dos órgãos dos municípios e das freguesias.

As autarquias locais têm pessoal, património e finanças próprios, competindo a sua gestão aos respectivos órgãos, razão pela qual a tutela do Estado sobre a gestão patrimonial e financeira dos municípios e das freguesias é meramente inspectiva e só pode ser exercida segundo as formas e nos casos previstos na lei, encontrando-se deste modo salvaguardada a democraticidade e a autonomia do poder local. (fonte: DGAL)

A legitimidade das decisões das Autarquias Locais decorre da eleição dos respectivos órgãos, sendo a câmara municipal e a junta de freguesia órgãos executivos e a assembleia municipal e a assembleia de freguesia órgãos deliberativos. Exceptuando a junta de freguesia, os demais órgãos referenciados são eleitos por sufrágio universal. Os municípios e as freguesias são, portanto, elementos constitutivos da democracia e da cidadania portuguesa (fonte: DGAL).

Então, é possível considerarem-se como autarquias locais os municípios, as freguesias e as regiões administrativas (ainda por instituir). Existem em Portugal 308 municípios dos quais 278 no continente e 30 nas Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira. O País tem ainda 4259 freguesias (4050 no território continental e 209 nas ilhas). Para além disso, podem-se estabelecer ainda outras formas de organização autárquica, sendo essas as comunidades intermunicipais de fins gerais, as associações de municípios de fins específicos, as associações de freguesias, as grandes áreas metropolitanas, as comunidades urbanas, os serviços municipalizados e as empresas municipais e intermunicipais (Barreiras & Carlos, 2009 citado em Sousa, 2011).

O Ordenamento do Território é determinante pelos seus princípios de coordenação e integração de políticas (ambientais, agrícolas, florestais, industriais, turísticas, culturais, entre outras), mantendo a base de respeito pelos interesses do cidadão. O território por sua vez funciona como um recurso único que agrupa sobre si uma multiplicidade de políticas a que estão subjacentes realidades territoriais diversas, que carecem de articulação e coordenação entre si. (Almeida, 2006)

O Ordenamento do Território tem um papel fundamental a desempenhar enquanto instrumento de gestão do ambiente, para que seja feita uma gestão equilibrada dos recursos. “Ordenar e planear são atos intrínsecos da atividade humana. A natureza racional e

organizativa do Homem determina a necessidade de ordenar e planejar a atividade quotidiana (...). De um modo geral, o indivíduo planeia intuitivamente as suas actividades (...). De igual modo o colectivo social planeia as actividades da sua comunidade. (...) Este processo de integração assenta no pressuposto de que o desenvolvimento das actividades humanas deve ser abordado (...) de uma forma que permita a compatibilização de critérios de eficiência económica, de equidade social e de manutenção da biodiversidade natural” (Partidário, 1999).

5.2 Os SIG nas Autarquias Locais

Claramente, as tecnologias de informação geográfica constituem uma mais-valia para todo o processo de análise do município. As autarquias locais são as entidades mais vocacionadas para a actividade de Planeamento e Ordenamento do Território, onde os SIG assumem um importante papel no processo de análise e gestão da informação.

O constante crescimento urbano e a dinâmica do território, promovem a evolução de diferentes abordagens à sua gestão, cuja correta ocupação dos solos é uma das prioridades de um vasto domínio que é o Ordenamento do Território. O Ordenamento do Território é uma disciplina científica, e uma técnica global, que visa desenvolver de modo equilibrado as regiões e organizar fisicamente o espaço, segundo uma concepção orientadora tendente à melhoria da qualidade de vida, à gestão responsável dos recursos naturais, à protecção do ambiente e à utilização racional do território (CEOT, 1983).

Todas as actividades humanas têm repercussão no planeamento físico do espaço geográfico. A necessidade de equilibrar o uso do solo para as actividades humanas, e estruturar as dinâmicas produzidas, vem reforçar o valor do papel do Planeamento Regional e Urbano. Os SIG, constituem assim um apoio qualitativo para o tratamento e disponibilização da informação necessária à análise da informação geográfica (Almeida, 2006).

O crescimento acelerado das cidades acarreta profundas mudanças no território num curto período de tempo. Desta forma, a procura pelos SIG deve-se à necessidade de ferramentas destinadas à gestão de dados espaciais que contenham mecanismos para tratar o espaço; e ferramentas para a obtenção e manipulação de dados espaciais, como a cartografia, geodesia, e a detecção remota. Todas essas disciplinas estão associadas, de alguma forma, ao tratamento da informação (Borges, 2002).

A expansão e desenvolvimento destas ferramentas possibilitam que cada vez mais a administração municipal seja exercida de forma inovadora e faça da administração pública um dos mercados mais prósperos para os SIG. Pois os sistemas informáticos são apenas meios de comunicação e conjuntos de ferramentas para gerir melhor a informação (Reis, 1993).

Actualmente, vivemos numa sociedade de informação onde, cada vez mais, é fundamental disponibilizar dados de uma forma acessível e igual para todos os cidadãos. As Tecnologias de Informação Geográfica vieram enriquecer a informação existente nas autarquias, constituindo não só uma mais-valia por se tornar mais intuitiva e visível, mas também por apoiar de uma forma mais eficaz a decisão ao nível da intervenção nas áreas do urbanismo e gestão do território, para além de outras áreas como o ambiente, gestão de recursos, entre outros.

As vantagens dos SIG vão ao encontro do interesse das autarquias no que diz respeito à gestão dos dados e recursos resultantes quer da acção humana quer do processo de planeamento e ordenamento do território quer na gestão racional e sustentável dos recursos. Só uma ferramenta como os SIG permite aos gestores municipais efectuarem tarefas de gestão do território, manuseamento, estruturação, análise e circulação de elevados volumes de informação. Esta ferramenta possibilita um melhor conhecimento do território, melhor comunicação entre técnicos, munícipes e agentes acerca das várias temáticas municipais. Ao ser encarada como uma ferramenta de apoio à decisão, a implementação dos SIG nas autarquias permite a modernização de processos na administração do território. Para além das vantagens que já foram apresentadas, a aproximação entre as autarquias e os munícipes através do aumento da eficácia e eficiência dos processos e a disponibilização de informação e serviços via Internet e Intranet, constitui uma das suas mais-valias (figura 9). Desta forma obtém-se uma participação dos cidadãos mais activa no desenvolvimento e transformação do território que partilham (Almeida, 2006).

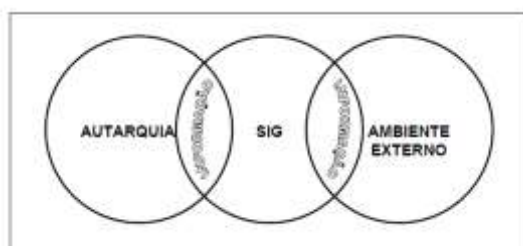


Figura 9 - A partilha de informação entre a autarquia os SIG e os cidadãos

Fonte: Almeida, 2006

Os SIG devem ser um elemento integrador a nível municipal. O desenvolvimento dos SIG nas autarquias implica uma reestruturação do funcionamento interno das mesmas, tendo como objectivo a integração e partilha da informação, entre os diferentes departamentos do município, para que seja possível cruzar informação importante para os processos de planeamento.

A informação geográfica é fundamental para a gestão autárquica uma vez que esta incide fundamentalmente sobre o território. A evolução das ferramentas SIG vem permitir uma eficaz partilha de informação quer ao nível interno quer ao nível externo. Esta partilha é também fomentada pelo crescente avanço da Internet que vem possibilitar aos municípios integrarem os SIG de forma a fazer o planeamento e gestão do território disponibilizando à cidadania esses serviços (Almeida, 2006).

No município da Mealhada, a Câmara Municipal da Mealhada dispõe de um portal (SIG@MEALHADA) onde disponibiliza informação geográfica nos domínios do Ordenamento do Território, Serviços e Equipamentos Públicos, Turismo e Censos da População. A informação geográfica disponibilizada foi objecto de formatação gráfica e georeferenciada, tendo em vista a sua visualização em formato vectorial ou raster (CMM).



Figura 10 - Portal SIG@mealhada

Fonte: Câmara Municipal da Mealhada.

Disponível em: <http://sigmealhada.cm-mealhada.pt/>

6. Componente Prática

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do estágio na Câmara Municipal da Mealhada, e teve como principal objectivo, criar uma plataforma que monitorizasse percursos, neste caso, que fosse apresentado o caminho mais curto entre dois pontos seleccionados.

O resultado final seria, na página da Câmara municipal, criar um separador que os munícipes tivessem acesso. Nesta página estaria representado o mapa do concelho com a respectiva rede viária, onde o utilizador teria a possibilidade de seleccionar os dois pontos pretendidos, ou seja, o ponto de partida e o ponto de chegada. O programa faria a consulta à Base de Dados e devolvia, ou seja o utilizador iria visualizar no mapa do concelho qual o caminho mais curto a percorrer.

Para isto ser possível de realizar, foi necessário ter acesso à Base de Dados do município onde já estavam inseridos os dados necessários para a realização deste trabalho, neste caso, aos dados relativos à rede viária.

Desta forma, este estudo passou por várias fases, começando pela ligação da Base de Dados ao *software* QGIS, passando pela instalação dos módulos “PgRouting” e “topology” até à criação da topologia de rede com recurso à extensão PgRouting do programa *open-source* PostgreSQL, a definição de um “custo” para as diferentes vias e por fim, calcular o algoritmo para se obter o caminho mais rápido. A extensão PgRouting é uma “biblioteca” que se pode utilizar com a extensão PostGIS do PostgreSQL, que é a única que permite a manipulação dos dados geográficos através da formulação de *queries* (comando em linguagem SQL). Entende-se por topologia de rede, os arcos que se encontram conectados entre si por “nós”.

A primeira fase consistiu na criação de uma nova “database” para este trabalho, recorrendo ao PostGIS/PostgreSQL, desta forma, o processo consistiu em importar para a Base de Dados a *shapefile* com a infraestrutura viária do concelho, que continha a rede viária e os caminhos pedonais. A *shapefile* é um formato de dados vectoriais, utilizado em sistemas de informação geográfica, que foi desenvolvido pela ESRI como um padrão aberto para interoperabilidade por dados entre os *softwares* da ESRI e de outros fornecedores. Este formato de dados vectoriais pode ser representado por pontos, linhas ou polígonos (ESRI, 1998).

De seguida, passou-se à ligação da Base de Dados com o *software* QGIS (figura 11). Esta conexão permite ter uma interface gráfica dos resultados obtidos. A partir do momento em

que é estabelecida a ligação à Base de Dados, todos os dados ficam disponíveis no QGIS, permitindo que estes sejam trabalhados pela extensão PgRouting, onde são definidos os algoritmos pretendidos, esta ligação, permite ter uma conexão gráfica dos resultados obtidos através dos conjuntos de *queries* realizadas à Base de Dados.



Figura 11 - Ligação da Base de Dados criada no PostgreSQL ao *software* QGIS

O passo seguinte consistiu na instalação dos módulos (ou bibliotecas) “PgRouting” e “topology”.

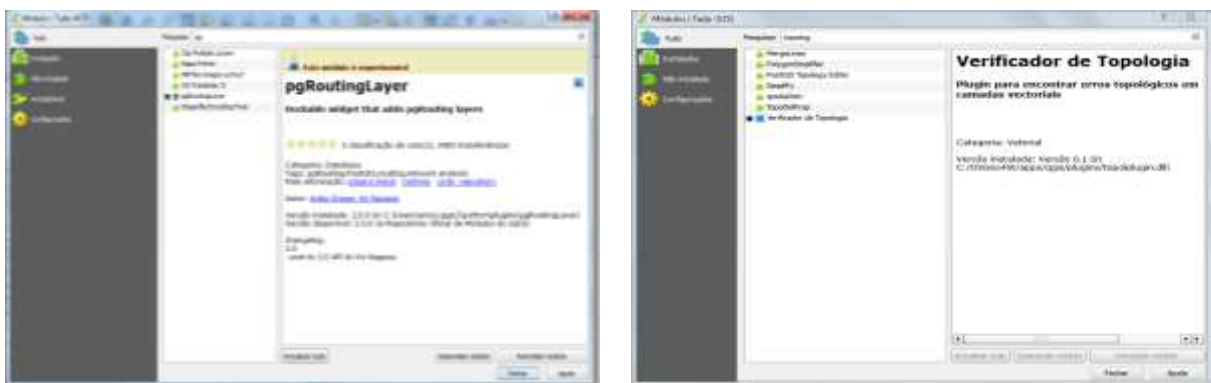


Figura 12 - Instalação da extensão PgRouting no *software* QGIS; 13- Instalação da extensão topology ou verificador de topologia no *software* QGIS

Antes de se proceder à elaboração das *queries* foi necessário verificar se a rede viária do concelho possuía erros de topologia, tais como sobreposição, nós duplos, geometrias inválidas, geometria multiparte, linhas que interceptem outras ou pseudo-nós. Verificar a topologia é um elemento essencial quando se trabalha com redes, por exemplo, se se verificarem segmentos sem conexão (arcos que não estejam ligados), o programa assume que esse arco não tem continuidade, aplicado a este caso, iria representar uma estrada sem saída ou sem ligação com outra via, fazendo com que o programa siga um percurso alternativo. Assim, através do módulo topology foram analisados e corrigidos alguns erros presentes na rede, como é possível observar alguns exemplos nas seguintes figuras:

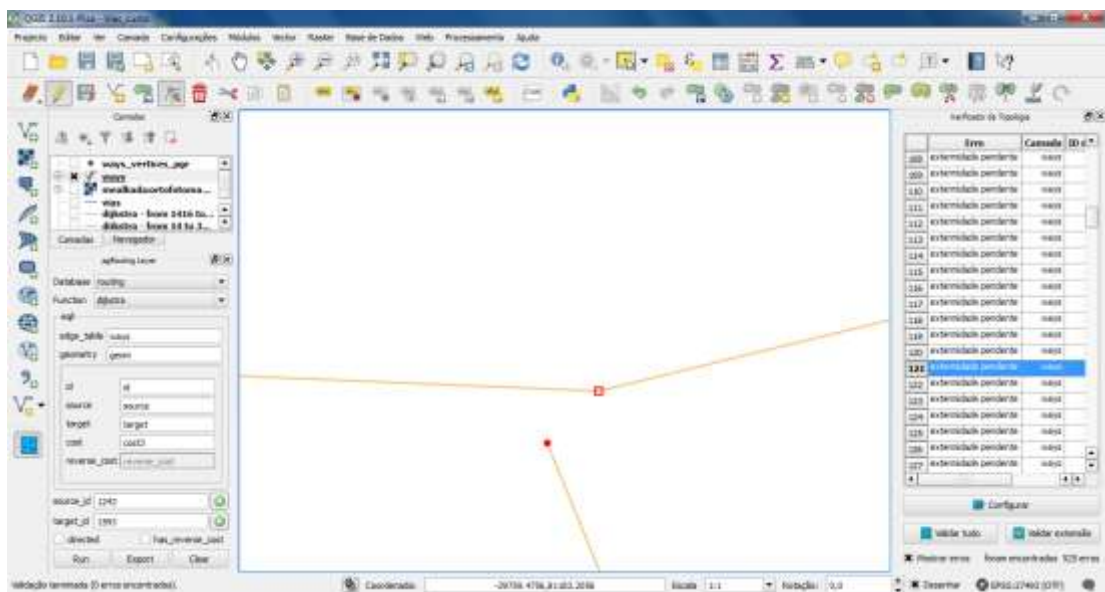


Figura 14 - Erro de topologia –Pseudo-nó

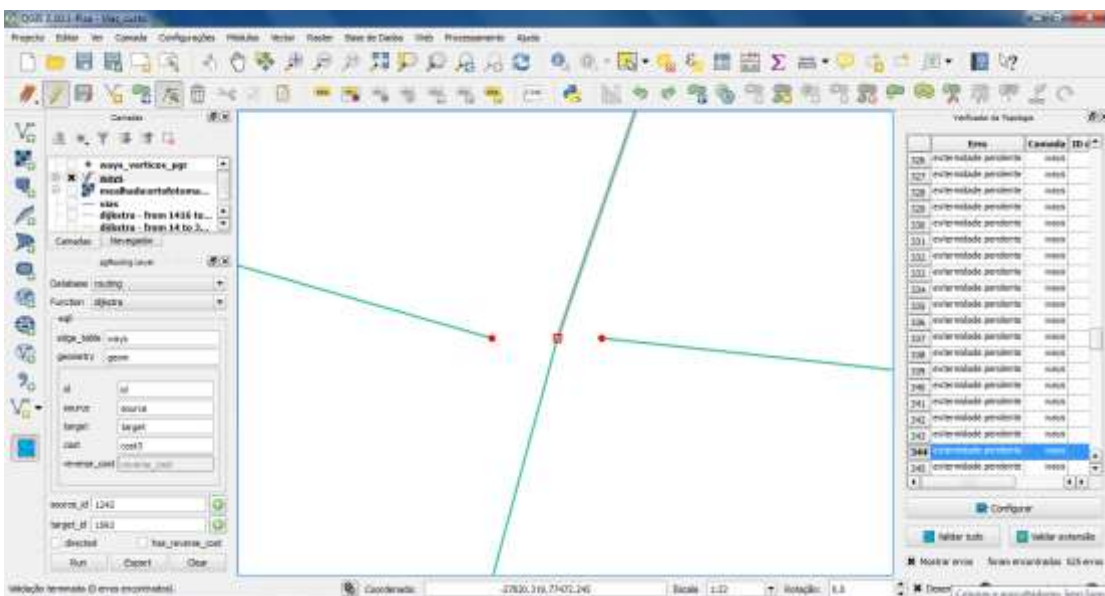


Figura 15 - Erro de topologia –Pseudo-nós

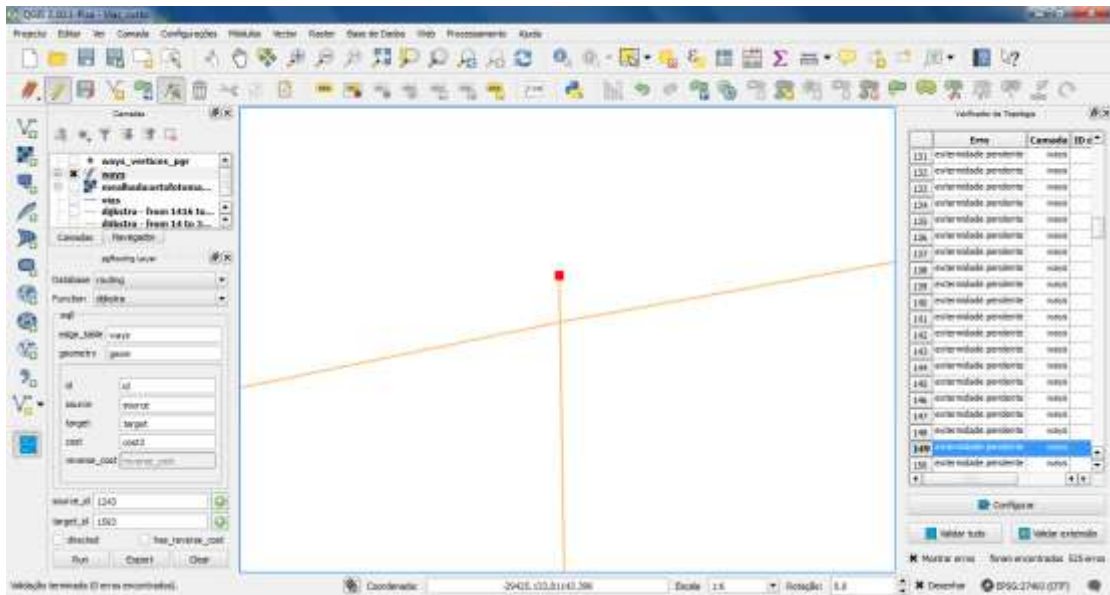


Figura 16 - Erro de topologia – Sobreposição (1)

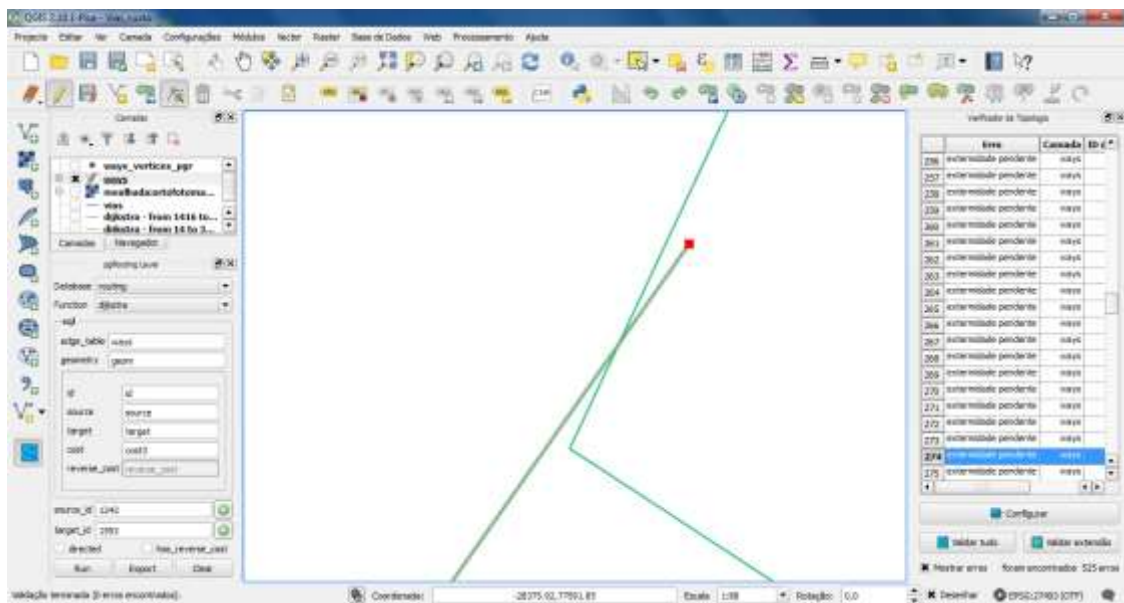


Figura 17 - Erro de topologia – Sobreposição (2)

Após a análise e correção de alguns erros de topologia presentes na rede, procedeu-se à elaboração das *queries*, ou seja, o passo seguinte, consiste na criação da topologia de rede no PostGIS, isto é, a identificação dos nós e arcos da rede, elementos essenciais para qualquer estudo sobre redes. A cada nó será atribuído um número identificativo único (id) para que, posteriormente, quando o programa correr, consiga identificar os locais (nós) que terá de percorrer. A figura seguinte (figura 18) mostra a forma como a *query* foi desenvolvida.

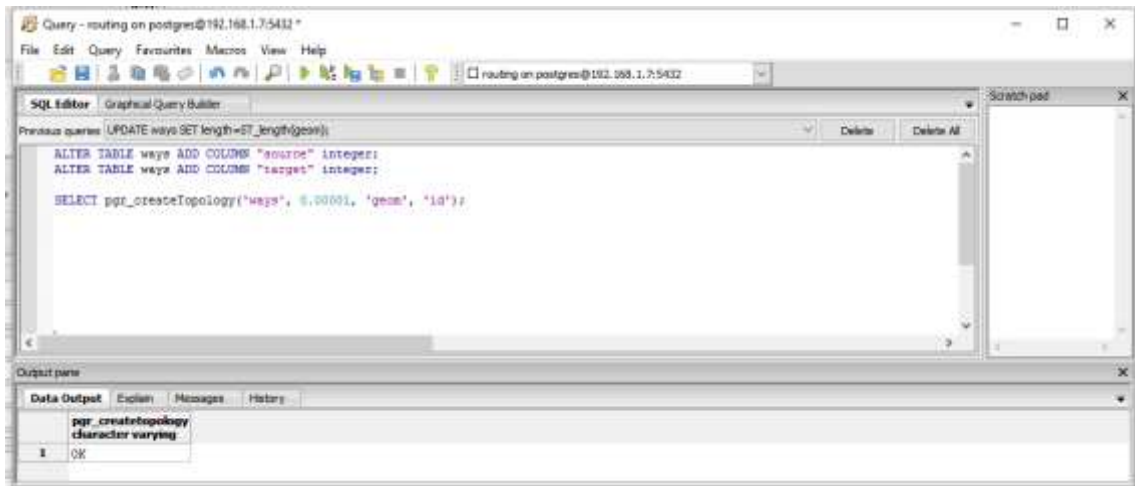


Figura 18 - “Query” desenvolvida para a criação da topologia da rede

As primeiras duas linhas adicionam os atributos “source” e “target”, que definem a origem e o destino de cada arco.

A terceira linha, corresponde ao comando “createTopology” que serve para a criação da topologia da rede. Neste comando tem de ser inserido o nome da tabela que contém a infraestrutura viária (neste caso, a tabela tinha o nome “ways”), foi definida a tolerância (neste caso, assumiu-se o valor pré-definido de 0.00001), o campo “geom” que é onde está anexada cada forma geométrica e o “id” que funciona como o campo-chave de cada elemento da tabela, tratando-se do código único de cada segmento de recta. O resultado deste código (figura 19) cria uma nova tabela de pontos, que representam os nós de rede.

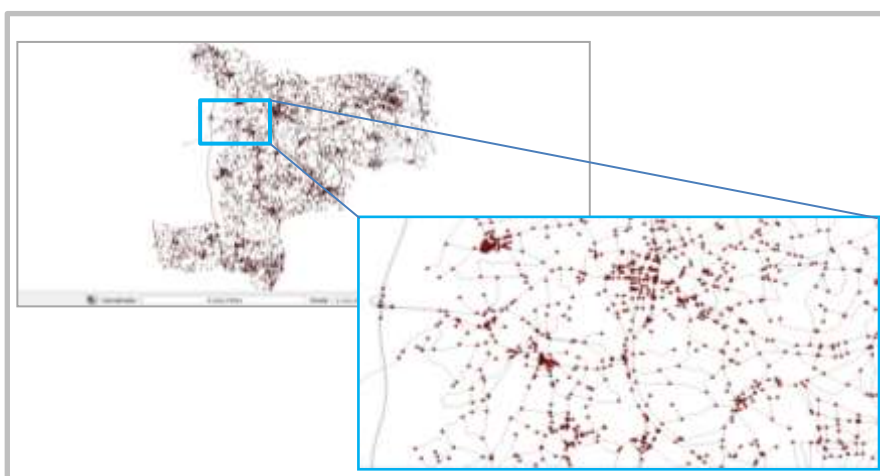


Figura 19 – Representação geográfica resultante da criação da topologia da rede

Após a realização do processo da criação da topologia, passou-se à definição de um parâmetro que permitisse diferenciar as vias consoante as suas características. Este passo é fundamental para que o resultado de um *query* a um percurso entre o ponto A e ponto B possa refletir de um modo correto o melhor percurso, tendo em conta, por exemplo, o tipo de via e o tempo de viagem. Ou seja, como é sabido, na Auto-Estrada é permitida uma velocidade superior à dos Itinerários Complementares e que nas Estradas Municipais a velocidade deve ainda ser inferior a estes (IC). Assim, o “custo” velocidade/tempo das auto-estradas, por exemplo, será inferior ao das restantes.

Desta forma, para atribuir o custo a cada tipo de via, foi criada uma escala entre 0 (zero) e 3 (três), dos percursos “mais rápidos” onde é permitida uma maior velocidade aos “mais lentos” onde a velocidade permitida é menor. Ou seja, quando se pretende calcular um itinerário pelo algoritmo “o caminho mais rápido” o *software* irá seguir o caminho que apresenta um custo menor.

O custo adaptado para a modelação da rede estão estipuladas na tabela seguinte.

Tipo de Via	Custo
Auto-Estrada	0.3
Itinerário Complementar	0.5
Caminho Municipal, Estrada Municipal, Estrada Nacional	0.8
Arruamento, Via de Coexistência, Outras Vias, Via Partilhada bicicleta/carro	1.5
Acesso Pedonal, Acesso/Estacionamento, Pista de Bicicleta, Via Pedonal	3

Tabela 1 - Custo atribuído a cada tipo de via

De seguida, foi necessário criar uma coluna para a atribuição do custo, pelo que foi utilizada a seguinte linha de código (figura 20):



Figura 20 - Comando para a criação da coluna "custo"

Para a atribuição dos valores do “custo”, foram utilizados os campos “classe prn” que já existiam na tabela de atributos. Deste modo foi introduzido o código presente na figura 21:

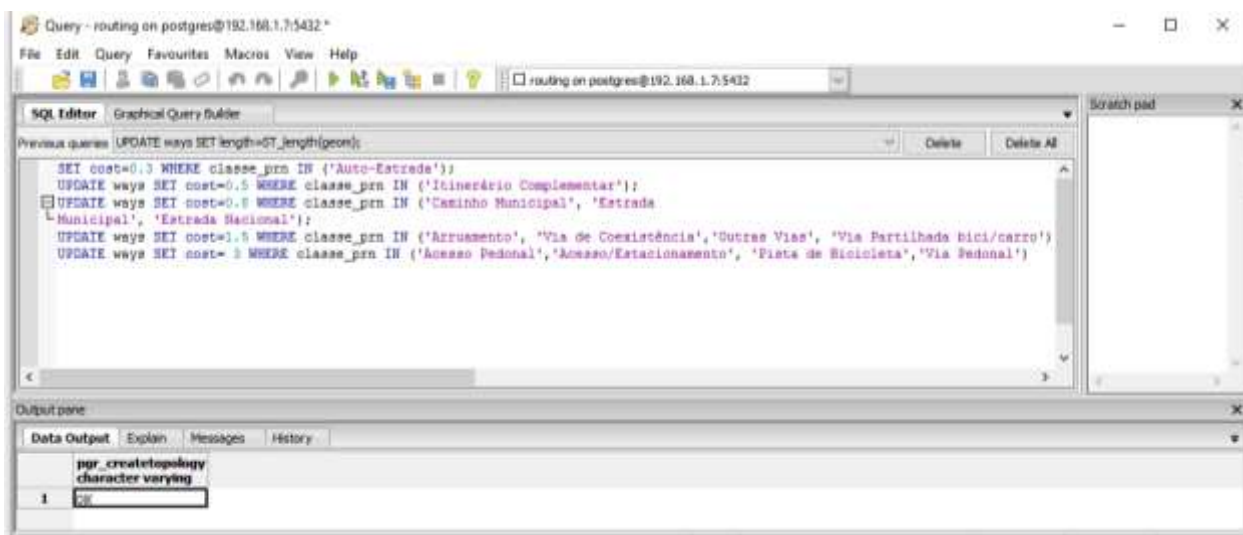


Figura 21 – Chave utilizada para a atribuição do "custo" aos diferentes tipos de via

O código apresentado na figura 21, seleciona a tabela ser utilizada (neste caso denomina-se de “ways”), coloca em edição a coluna referente ao custo e atribui os valores de custo consoante a classe_prn, ou seja, perante os diferentes tipos de via.

Posteriormente, para que este custo pudesse ser refletido no comprimento de cada tramo de via, realizou-se uma nova *query* (figura 22) que consiste na seguinte fórmula: Length (comprimento da via em km)* custo.

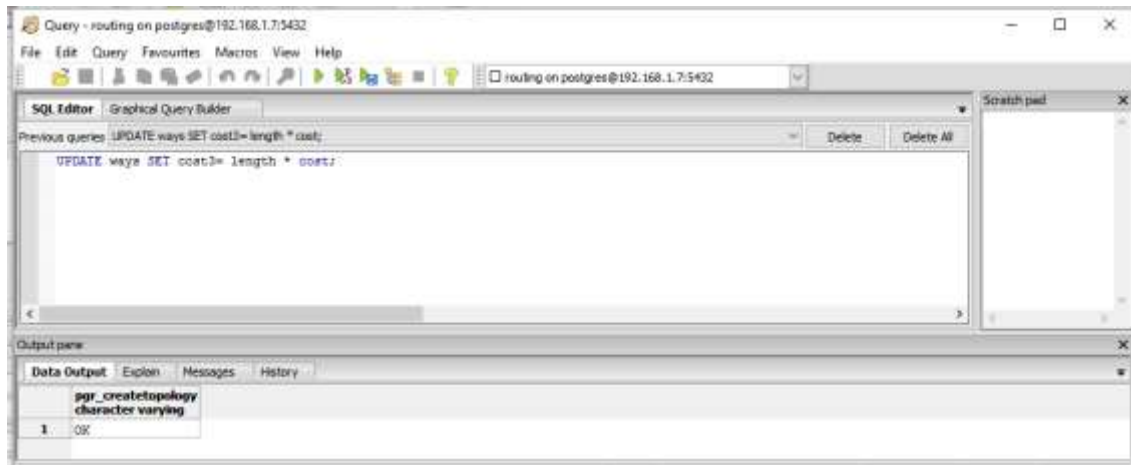


Figura 22 – Chave utilizada para o cálculo do "cost" (custo)

Por fim, para dar a possibilidade de o utilizador escolher um percurso pedonal ou rodoviário, foi extraído da tabela “ways” os percursos destinados à circulação rodoviária e percursos pedonais, levando à criação de duas novas tabelas. Ou seja, a partir da tabela ways foi criada a tabela “ways_rodoviaria” referente aos percursos rodoviários, ou seja foram excluídas vias onde não é permitida a circulação automóvel, e a tabela “ways_pedonal” que corresponde apenas aos percursos que podem ser transitados por peões, neste caso foram retiradas algumas vias, nomeadamente a auto-estrada. Para tal, foram desenvolvidas as seguintes *queries* (figura 23 e 24):

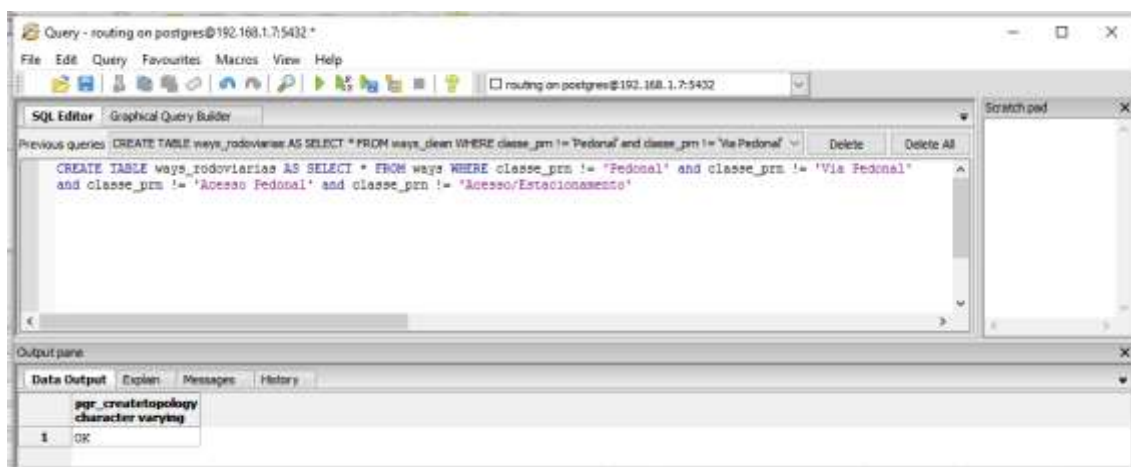


Figura 23 - “Query” para a criação da tabela “ways_rodoviarias”



Figura 24 - “Query” para a criação da tabela “ways_pedonal”

Relativamente ao algoritmo da extensão PgRouting utilizado, para a determinação do caminho mais curto foi utilizado a função “A-Star”.

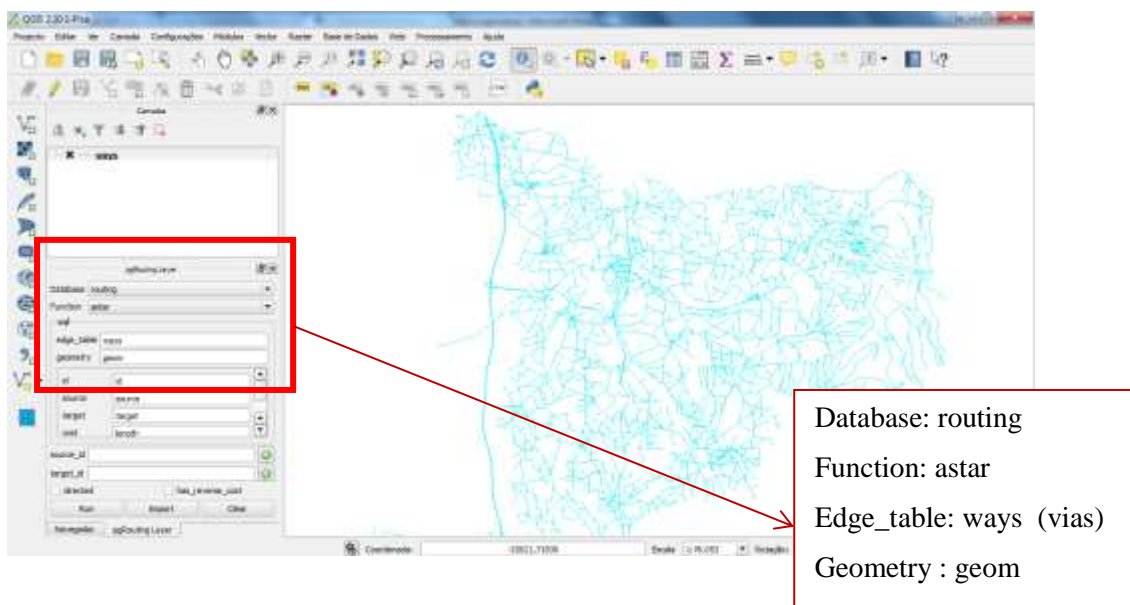


Figura 25 - Preenchimento dos campos para a utilização da função “A-Star”.

Ou seja, através dos dados do “custo” atribuídos, o PgRouting fornece o suporte para a função “A-Star”, de forma a definir o caminho mais curto e que foi recentemente adicionado à biblioteca.

Contudo, apesar de ter sido feita uma análise e correção da topologia da rede, existem alguns erros que continuam visíveis no desenho do percurso, nomeadamente nas rotundas, onde em

algumas situações o desenho é feito no sentido inverso, ou seja em contra-mão, como é possível observar na seguinte figura (figura 26):



Figura 26 - Erro no desenho do percurso

Após várias análises, colocou-se a hipótese de que a origem do erro poderia estar no sentido de digitalização da rede. Desta forma, na tentativa de resolver o problema, inverteu-se o sentido de digitalização para estes segmentos com o comando apresentada na figura 27:

```
qgis.utils.iface.mapCanvas().currentLayer()
for feature in layer.selectedFeatures():
    geom = feature.geometry()
    nodes = geom.asPolyline()
    nodes.reverse()
    newgeom = QgsGeometry.fromPolyline(nodes)
    layer.changeGeometry(feature.id(),newgeom)
```

Figura 27 - Comando para inverter o sentido de digitalização

Contudo, a solução encontrada não solucionou o problema. Desta forma foi criado o “reverse cost”, para que no cálculo do melhor percurso pudesse ter em conta os sentidos de trânsito. Assim, foi executado o comando representado na figura 28, apresentada de seguida, em que o

algoritmo deveria seguir pelo “length” (comprimento), ou seja neste caso iria seguir o segmento de linha mais curto, sem contabilizar o custo associado a esse segmento.

```
ALTER TABLE ways ADD COLUMN reverse_cost double precision;  
UPDATE ways SET reverse_cost = length;
```

Figura 28 - Comando executado para o "reverse cost"

Porém, apesar das várias tentativas, não foi possível solucionar o problema. Posto isto, comparou-se a estrutura e o desenho da rede do município com a rede utilizada pelo OpenStreetMaps numa tentativa de entender quais as características que as distinguem.

O levantamento realizado para a rede viária no concelho da mealhada provém de um levantamento aerofotogramétrico realizado à escala 1:10000, que não apresenta com tanto rigor os objectos espaciais, portanto, os segmentos foram desenhados pelo eixo de via ligado directamente às rotundas como é possível observar no exemplo seguinte (Figura 29 - A), ao passo que na rede utilizada pelo *Open Street Map* (Figura 29 - B) existem dois arcos (segmentos) com apenas um sentido, que ligam o eixo de via à rotunda, orientando, desta forma, o sentido que o algoritmo deve seguir.

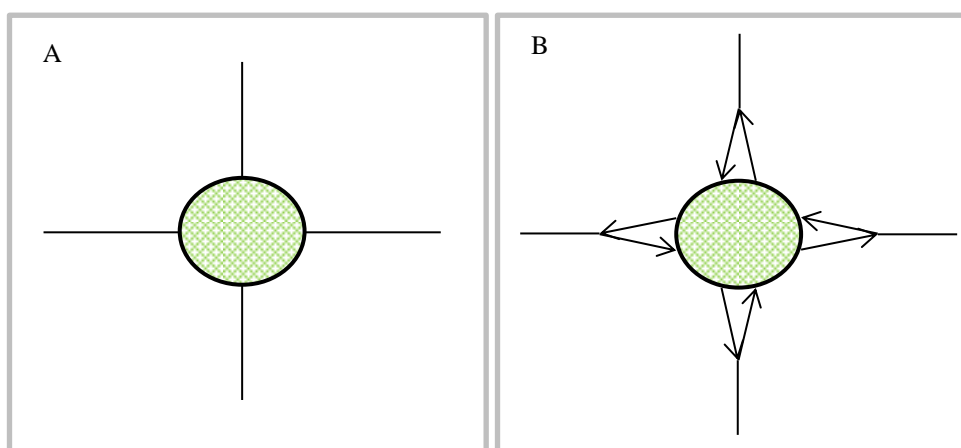


Figura 29 - Ligação dos eixos de via às rotundas.

A- Ligação directa do eixo de via à rotunda (modelo presente na rede da CMM); B- Ligação do eixo de via à rotunda por dois arcos, definindo o sentido na entrada e saída na rotunda (modelo do OpenStreetMaps).

7. Publicação dos resultados/ Partilha da informação

A quantidade dos dados geográficos disponíveis em formato digital é bastante elevada e aumenta consideravelmente em cada ano. A constante procura pela melhoria dos meios de comunicação e o modo de trocar informação leva à pesquisa de novos processos padrão para transmitir informação. Assim, a publicação de dados na internet é uma forma muito influente para informar a população (Almeida, 2006).

Esta fase do trabalho tem como objectivo dar a possibilidade aos munícipes e aos utilizadores de determinarem o percurso, não só mais curto, mas também acessível, uma vez que o *software* devolve percursos onde a velocidade pode ser superior, e onde as vias apresentam melhores condições de pavimento. Para que tal fosse possível, foi desenvolvida, recorrendo ao OpenLayers, uma página WEB que o utilizador visualizará, e um script, que será o responsável por executar as consultas SQL à Base de Dados. Esta, por sua vez, calculará com o PgRouting os respectivos percursos.

Em primeiro lugar, foi necessário desenvolver o mecanismo de selecção do Ponto de Partida e do Ponto de Destino, sendo dada a hipótese de o utilizador clicar no mapa sobre o local correspondente. Depois disto, a aplicação procura os vértices mais próximos do local seleccionado a partir dos quais calculará a rota.

Por outras palavras, a opção seleccionada pelos utilizadores, é também transmitida para o servidor que, por sua vez, passa para a consulta SQL responsável pelo cálculo do percurso, o campo de custo correspondente.

Alternativamente à selecção de um perfil optimizado, os utilizadores têm ainda a possibilidade de personalizarem o seu próprio percurso de acordo com as suas preferências, ou seja, se pretendem um percurso rodoviário ou pedonal.

Posteriormente, desenvolveram-se vários exercícios de teste com recurso a aplicações de utilização mais usada entre os utilizadores da Internet. Entre eles, destaca-se o cálculo de percursos mais curtos a partir do *Open Street Map* e do *Google Maps*. Esta comparação permitiu, não só validar os resultados obtidos a partir da aplicação desenvolvida neste trabalho.

Um dos objectivos deste trabalho era criar uma aplicação ao nível do concelho da Mealhada, que criasse uma alternativa às aplicações da Internet como o *Google Maps* ou o *Open Street Map*.

O trabalho desenvolvido disponibiliza rotas para o concelho da Mealhada, sendo, portanto um serviço de pesquisa e visualização do mapa de estradas e de imagens de satélite do concelho da Mealhada.

À partida, os municípios são as entidades que melhor conhecem o território do respectivo concelho, neste sentido, a câmara municipal será a entidade que contém informação mais actualizada nesta temática, sendo portanto uma alternativa viável às aplicações da internet mais utilizadas. Presentemente este trabalho está disponível apenas a nível interno do município, no entanto, dentro em breve poderá ser disponibilizado para os munícipes e para os restantes utilizadores.

8. Considerações finais

No sentido de dar a conhecer o município da Mealhada e o seu território, o enquadramento da área de estudo revela-se um elemento essencial, tendo sido reservadas algumas páginas para dar a conhecer a área onde foi realizado este estudo.

Os Sistemas de Informação Geográfica são essenciais para a análise, planeamento e gestão de redes, e como tal aplica-se também às redes de transportes. Ao longo do relatório foram expostos alguns dos métodos usados para a análise da rede viária do concelho, aproveitando as potencialidades de análise proporcionadas pelos SIG.

Os SIG são uma tecnologia que utilizam os recursos (tecnológicos) que atualmente se encontram disponíveis em qualquer computador.

Foi a partir da década de 80 do século XX que a tecnologia ligada às redes conheceu a sua maior evolução, continuando desde então a surgir novas metodologias e ferramentas a um ritmo cada vez mais forte. Foi também a partir da década de 80 que começaram a surgir os *softwares open-source*, que também contribuíram para este ritmo de evolução.

As leituras de diversos autores foram essenciais para a análise e avaliação da rede que opera em todo o concelho. Relativamente à componente prática foram utilizados diversos *softwares* como o QGIS, e a extensão topology e PgRouting, que permitiu o cálculo de um algoritmo para a monitorização do percurso mais curto e mais acessível, e o PostgreSQL, em articulação com comandos em SQL.

Com os exercícios aqui desenvolvidos foi possível confirmar o poder de tratamento de informação recorrendo a ferramentas avançadas dos Sistemas de Informação Geográfica, sempre apoiadas numa base *open-source*.

Contudo no decorrer do trabalho foi encontrado um erro no desenho de alguns percursos, mais concretamente, no caso de algumas rotundas, em que o programa indicava um caminho em contra-mão. A solução poderia passar por fazer um levantamento aerofotogramétrico mas pormenorizado (por exemplo, escala 1:2000), que representasse com mais detalhe os eixos da rede viária concelhia.

Concluindo, o presente trabalho demonstrou como os Sistemas de Informação Geográfica de Código Aberto e as linguagens de programação como SQL, podem contribuir para uma

análise mais profunda da realidade da mobilidade e acessibilidade urbana, procurando economizar nos custos de aquisição de *softwares* comerciais.

A este trabalho poderia, num desafio futuro, serem melhorados ou adicionados outros aspectos, nomeadamente ao nível da cultura e lazer bem como do turismo, ou seja, poderiam ser adicionados pontos de interesse; desta forma, quando o munícipe/utilizador delineasse o percurso pretendido, seria dada a opção de serem apresentados pontos de interesse ou sugestões de visita/paragem, permitindo ao utilizador fazer, por exemplo, planear um roteiro passando um dia pelo concelho da Mealhada.

Tendo em vista a aumentar a procura e número de visitantes, para além dos elementos já mencionados, poderia ser interessante cruzar a estrutura da rede viária com infraestruturas de comércio ou serviços, uma vez que o módulo PgRouting permite elaborar outras análises para além da que foi utilizada neste trabalho.

Afinal, qualquer avanço no sentido da mobilidade da população, constitui uma mais-valia para o enriquecimento e desenvolvimento ao nível do concelho.

Referencias Bibliográficas

- Almeida, S. M. da S. M. de. (2006). *Proposta de um Modelo para a Disseminação da Informação Geográfica nas Autarquias Locais*. Universidade do Minho.
- Borges, K. (2002). *A Gestão Urbana e as Tecnologias de Informação e Comunicação*.
- Cardozo, R. N. (2007). *An experimental study of consumer effort, expectation and satisfaction*. Journal of Marketing Research (Vol. 2). Chicago.
- Catalão, D. F. A. (2015). *O contributo dos SIG com recurso a ferramentas de código aberto e programação em Python para o planeamento do transporte coletivo: O caso da cidade do Porto*. Faculdade de Ciências, Universidade do Porto.
- CEOT. (1983). *Carta Europeia do Ordenamento do Território*, aprovada pelo Conselho da Europa em 1983.
- CMM (Câmara Municipal da Mealhada). Disponível em: <http://www.cm-mealhada.pt/>
- Codd, E. F. (1970). *A relational model of data for large shared data banks*. Commun. ACM, 13(6), 377-387. doi: 10.1145/362384.362685
- Costa, P. D. C. (2012). *Acessibilidade para Todos – Universal Design com SIG Open-Source*. Faculdade de Letras, Universidade do Porto.
- Cunha, S. M. M. da. (2009). *O SIG ao Serviço do Ordenamento do Território: Modelo de Implementação*. Faculdade de Letras, Universidade do Porto.
- DiDio, L. (2005). *North American Linux and Windows TCO comparison, Part 1*. The Yankee Group Report.
- DGAL (Direcção Geral das Autarquias Locais). Disponível em: www.portalautarquico.pt/
- Dubuc, S. (2007). *GIG-based accessibility anaalysis for network optimal location model. An application for bio-energy projects UK*. Cybergeog: European Journal of Geography.
- ESRI, (1998), *ArcView Network Analyst – An ESRI White Paper*, Environmental Systems Research Institute, Inc.

- Garcia, M. N., Santos, S. M. B. dos, Pereira, R. da S., & Rossi, G. B. (2010). Software livre em relação ao software proprietário: Aspectos favoráveis e desfavoráveis percebidos por especialistas. *Gestão & Regionalidade*, 26(78).
- Gaspar, J. A. (2008). *Dicionário de Ciências Cartográficas*. Lisboa: Lidel-Edições Técnicas, Lda.
- Hexsel, R. A. (2005). *Propostas de ações de Governo para incentivar o uso de software livre*. Relatório Técnico do Departamento de Informática da UFPR .Curitiba.
- ISF (2008). Instituto Sem Fronteiras. Site institucional. Disponível em: www.isf.org.br.
- Jensen, J. R., & Jensen, R. R. (2013). *Introductory Geographic Information Systems* (Chapter7- Network Analysis). Pearson, Toronto.
- Lamas, M. (2005). *Software livre ao seu alcance*. São Paulo: Letras e Letras.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2005). *Geographical Information Systems and Science* (2nd Edition.). England.
- Matos, J. L. (2001). *Fundamentos de Informação Geográfica* (4ª Edição.).
- Marques, J. P. G. (2013). *Constituição de Geocomunidades de Informação Geográfica em Meio Empresarial*. Lisboa.
- Meanden, G. J., & Aguilar-Manjarrez, J. (2013). Advances in geographic information systems and remote sensing for fishes and aquaculture. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, (552).
- Morais, A. I. F. de. (2008). *Informação Geográfica Para a Gestão e Planeamento do Território Municipal*. Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.
- Obe, R., & Hsu, L. (2011). *PostGIS in Action*: Manning (2ª Edição).
- Partidário, M., (1999), *Introdução ao Ordenamento do Território*. Universidade Aberta
- Perens, B. (1999). *The open source definition in open sources: voices from the open source revolution*. O'Reilly & Associates Inc.
- Peuquet, D. J., & Marble, D. F. (2003). *Introductory Readings In Geographic Information Systems*: CRC Press
- Prasad, A. (2008). *Information technology and business value developing economies: A study of intangible benefits of information technology investments in Fiji*. Electronic Journal of

Information Systems in developing Countries (Vol. 34). University of Queensland and University of the South Pacific

Queiroz, G. R. de, Monteiro, A. M., & Câmara, G. (2013). *Bancos de Dados Geográficos e Sistemas NoSQL: Onde Estamos e para Onde Vamos*. Revista Brasileira de Cartografia.

Reis, M. (1993). *Os Sistemas Municipais de Informação Geográfica*, Editora Fim de Século, Lisboa.

Severino, E. (2006). *Sistemas de Informação Geográfica nas Autarquias Locais – modelo de implementação*; dissertação de mestrado, Instituto Superior de Estatística e Gestão da informação da Universidade Nova de Lisboa.

Silveira, S. A. da. (2004). *Software livre: a luta pela liberdade do conhecimento*. São Paulo: Fundação Perseu Abramo.

Sousa, F. J. P. de. (2011). *Empresarialização em Contexto de Governação Local: a Leirisport, EM*. Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Aveiro. Universidade de Aveiro.

Steiniger, S., & Bocher, E. (2009). *An overview on current free and open source desktop GIS developments*. International Journal of Geographical Information Science.

Steiniger, S., & Hunter, A. J. S. (2013). *The 2012 free and open source GIS software map – A guide to facilitate research, development, and adoption*. Computers, Environment and Urban Systems,

Tavares, O. M. M. S. (2013). *Análise, estruturação e integração da informação geográfica da Direção Municipal de Gestão da Via Pública da Câmara Municipal do Porto*. Faculdade de Letras, Universidade do Porto.

Tenedório, J. A., Henriques, C. D., & Silva, J. C. (2004). *Municípios. Ordenamento do Território e Sistemas de Informação Geográfica*.

Thill, J.-C. (2000). “Geographic information systems for transportation in perspective”. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0968-090X\(00\)00029-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0968-090X(00)00029-2)

UBIERNA, J. (2005) *Il movilidad accesible in Manual para un entorno accesible*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.