



Atualização e estudo de cartografia com recurso a *drone* – Comparação entre este método e os clássicos

Daniel André de Sá Aguiar

Mestrado em Engenharia Geográfica

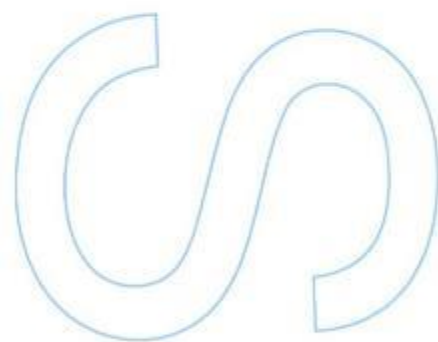
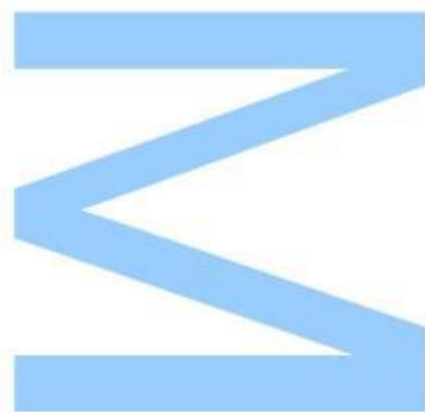
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
2018

Orientadores:

Professor Doutor José Alberto Álvares Pereira Gonçalves, Professor Auxiliar,
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Eng^a Alexandrina Meneses, Câmara Municipal de Santa Maria da Feira

Eng^a Sandra Resende, Câmara Municipal de Santa Maria da Feira

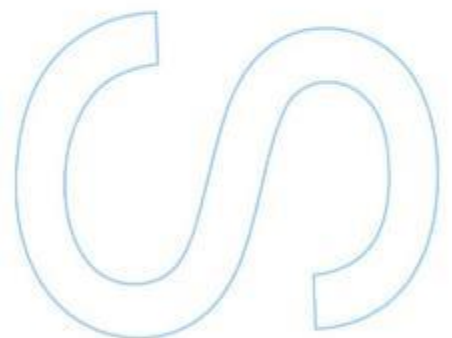
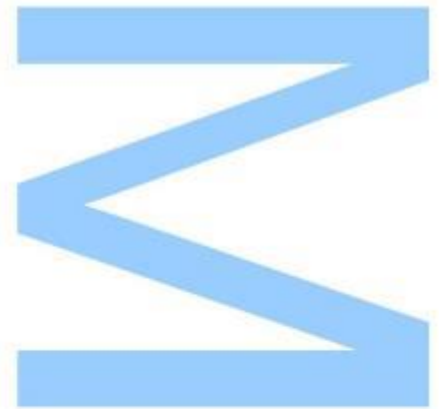




Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



AGRADECIMENTOS

O realizar deste trabalho deveu-se muito a contribuições que tive, direta ou indiretamente, de várias pessoas e de uma instituição. Desta forma, quero expressar de forma sincera os meus agradecimentos:

Ao meu orientador, Professor Doutor José Alberto Gonçalves, pela orientação que me deu e pela disponibilidade de se deslocar até ao município de Santa Maria da Feira para me acompanhar na recolha de dados com o VANT.

Às Engenheiras Alexandrina Meneses e Sandra Resende, da Câmara Municipal de Santa Maria da Feira, pela orientação, paciência e dedicação demonstradas ao longo deste trabalho e durante o período de formação.

A todos os funcionários da Câmara Municipal de Santa Maria da Feira que de alguma forma me prestaram orientação.

À Câmara Municipal de Santa Maria da Feira, por me ter proporcionado a possibilidade de lá ter realizado o meu estágio.

A todos mencionados, o meu sentido Obrigado.

RESUMO

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) têm vindo a ganhar espaço em diversas áreas profissionais, nomeadamente na aquisição de Informação Geográfica (IG). Como tal, foi escolhido para este estágio o tema da aplicação dos VANT na aquisição de IG numa Câmara Municipal. Como o título deste relatório indica: “*Atualização e estudo de cartografia com recurso a drone – Comparação entre este método e os clássicos*”, analisou-se, deste modo, a relação deste novo método com o clássico levantamento topográfico com estação total.

O presente relatório pretende determinar até que ponto é praticável substituir o método clássico de recolha de IG com estação total por um método que usa o VANT como ferramenta de recolha.

Metodicamente, fizeram-se vários levantamentos de pequenas áreas com necessidade de atualização. Avaliaram-se as precisões posicionais conseguidas, bem como a qualidade dos principais produtos de informação geográfica obtidos: o modelo digital de superfície e ortomosaico. Posteriormente, avaliou-se a possibilidade de recolha de informação geográfica vetorial sobre os ortomosaicos para comparação com a informação recolhida pelos processos tradicionais da topografia.

Como resultados obtidos, e após análises às digitalizações dos dois métodos, destaca-se o facto das diferenças entre elas ser, de uma forma geral, bastante reduzida. As diferenças maiores foram encontradas em locais onde o ortomosaico não apresentava uma vista completamente desobstruída sobre o objeto a ser digitalizado.

Por comparação dos valores obtidos nos dois métodos que aqui se expõem, comprovou-se que a utilização dos VANT como meio de recolha de informação para atualização de cartografia é uma ferramenta que pode ser implementada, trazendo vantagens. Exemplo disso, é o facto do tempo despendido na recolha e processamento dos dados ser bastante mais reduzido a quando da utilização dos VANT. No entanto, tendo em conta as análises feitas, pode-se afirmar que os VANT ainda não têm a total capacidade de substituir métodos tradicionais. Ainda assim, este poderá ser utilizado como principal método de recolha de IG, sendo os métodos tradicionais utilizados como ferramenta de apoio caso seja necessário.

Palavras-chave: VANT, Informação Geográfica, Tecnologias, Coordenadas, Localização, Posicionamento

ABSTRACT

The Unmanned Aerial Vehicles (UAV) have been gaining ground in several professional areas, among others the acquisition of Geographic Information (GI). Consequently, for this internship I chose to explore the application of UAV in the acquisition of cartographic data. For the object of study a local City Hall was taken as a provider of information. As the subject of this report suggests - "Update and study of cartography using a drone - Comparison between this method and the classics" – a comparative analysis of the new method and the classical topographic process with total station is explored.

This report intends to determinate the extent to which it is feasible to replace the classical collection method of GI with total station by a method that uses the UAV as a collection tool.

Several methodical surveys were made on small areas in need of update. An evaluation of the positional precision, as well as the quality of the main geographic information products obtained: digital surface model and orthomosaic was processed. In addition, an assessment of the possibility of collection on vectorial geographic information upon the orthomosaic was proceeded, in contrast with the information obtained by traditional topography processes.

With the resultant data, and after analysing the scans of the two methods, it is relevant to note that the differences between them are in general quite reduced. The main discrepancies were found in places where the orthomosaic did not present a completely unobstructed view of the object to be scanned.

Comparing the results obtained from the two methods presented, it was verified that the use of UAV as a method of collecting information in order to update cartography is a tool that can be implemented bringing advantages. Additionally, UAV presents itself as a less time consuming method in collecting and processing the data. However, UAV still does not have the full capacity to replace the traditional methods. It can nevertheless be used as the main method to acquire GI, with the traditional methods being used as a support tool if necessary.

Key words: UAV, Geographic Information, Technology, Coordinates, Location, Positioning

ÍNDICE

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
Capítulo I	1
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Motivação	1
1.3 Objetivo Principal.....	2
1.4 Estrutura do Relatório.....	2
Capítulo II	4
2 Fundamentação Teórica	4
2.1 VANT.....	4
2.2 A Informação Geográfica.....	5
2.3 Fotogrametria	5
2.3.1 Operações Fotogramétricas com VANT	5
2.4 Cartografia.....	7
2.4.1 Cartografia Digital.....	7
2.5 Sistema de Informação Geográfica.....	10
2.5.1 Representação dos Dados Espaciais	10
2.6 Topografia	11
2.6.1 Levantamento Topográfico	11
Capítulo III	14
3 O Município de Santa Maria da Feira e a sua Informação Geográfica.....	14
3.1 Geografia do Concelho.....	14

3.2	Posição Geográfica do Concelho.....	15
3.3	Enquadramento da Cartografia do Município.....	16
3.4	Sistemas de Informação Geográfica Usados no Município de Santa Maria da Feira.....	17
3.5	Formatos Para o Armazenamento da Informação Geográfica	21
Capítulo IV.....		25
4	Atualização e Análise de Cartografia com Recurso a VANT.....	25
4.1	Atualização de Cartografia.....	25
4.1.1	Santo António	25
4.1.2	Quinta do Areeiro	40
4.2	Comparação das Cartografias Obtidas	44
4.3	Discussão de Resultados	48
Capítulo V.....		50
5	Conclusão e Considerações Finais	50
Bibliografia.....		52
Anexos.....		54
Anexo I - Projetos SIG desenvolvidos.....		54
Rede de Transportes Públicos		54
Empresas		55
Linhas.....		55
Paragens		57
Execução de um Levantamento Topográfico.....		59
Anexo II		63
Anexo III		67

LISTA DE FIGURAS

Fig.1 - Representação da composição e modo de funcionamento dos VANT.....	4
Fig.2 - Representação de um modelo vetorial sobreposto a um matricial.	10
Fig.3 - (a) Estação total; (b) Distanciómetro; (c) Teodolito.	12
Fig.4 - (a) Avião; (b) VANT.....	12
Fig.5 - (a) Satélite de uma constelação; (b) Recetores de sinais GPS.	13
Fig.6 - Representação da localização ao nível do país do município de Santa Maria da Feira, à escala 1:2750000.....	14
Fig.7 - Representação do município de Sta. Maria da Feira na Área Metropolitana do Porto, à escala 1:530000.	15
Fig.8 - Representação do ambiente do <i>software</i> GeoMedia e de alguns componentes, à escala 1:100000.	17
Fig.9 - Reprodução de parte do sistema Nortear.	18
Fig.10 - Representação no Mirante web dos Pontos de Interesse de um local do concelho.	19
Fig.11 - Representação no Mirante web de um edifício pesquisado.	19
Fig.12 - Representação de uma parte do Mirante rpi, com os ortofotomapas de 2015 e alguma Cartografia Base.	20
Fig.13 - Arquitetura da operação dos sistemas.	20
Fig.14 - Elementos da Cartografia base presentes no SGBD Oracle.	22
Fig.15 - Elementos da Cartografia presentes no SGBD SQL Server.....	23
Fig.16 - Elementos presentes num SGBD Access criada.....	24
Fig.17 - Imagem do Google Earth da área levantada (vermelho) e digitalizada (amarelo) no lugar de Santo António.....	26
Fig.18 - Imagem do Google Earth com a distribuição dos pontos recolhidos no lugar de Santo António.	28
Fig.19 - Recolha de um ponto, em Santo António, numa sinalização rodoviária da estrada.....	28
Fig.20 - Representação no Agisoft da nuvem dispersa de pontos obtida no lugar de Santo António e dos 19 pontos de controlo levantados.....	31
Fig.21 - Representação de um exemplo em que não é possível visualizar o local preciso de um ponto.....	32
Fig.22 - Representação da tabela obtida no Agisoft com os valores do REMQ de cada ponto e o total somado.	33

Fig.23 - Parte do documento de exatidão e precisão posicionais para a cartografia em escalas grandes da DGT.	33
Fig.24 - Representação no Agisoft de parte da <i>dense cloud</i> obtida para o lugar de Santo António.	34
Fig.25 - Representação do MDS obtido no lugar de Santo António.	35
Fig.26 - Representação planimétrica no <i>software</i> Agisoft do ortomosaico gerado para o lugar de Santo António.	36
Fig.27 - Representação das curvas de nível (a preto) que foram obtidas para o lugar de Santo António que foi digitalizado.	37
Fig.28 - Representação dos elementos de Santo António digitalizados sobre o ortomosaico, à escala 1:897.	38
Fig.29 - Representação dos elementos de Santo António digitalizados, à escala 1:897.	38
Fig.30 - Representação da digitalização sobre o ortomosaico dos elementos de Santo António recolhidos com estação total, à escala 1:717.	39
Fig.31 - Representação da digitalização dos elementos de Santo António recolhidos com estação total, à escala 1:717.	39
Fig.32 - Imagem do Google Earth da área levantada e digitalizada (vermelho) no lugar da Quinta do Areeiro.	40
Fig.33 - Imagem do Google Earth com a distribuição dos pontos recolhidos no lugar da Quinta do Areeiro.	41
Fig.34 - Recolha de um ponto, na Quinta do Areeiro, numa tampa de saneamento.	41
Fig.35 - Representação planimétrica no <i>software</i> Agisoft do ortomosaico gerado para o lugar da Quinta do Areeiro.	42
Fig.36 - Representação dos elementos da Quinta do Areeiro digitalizados sobre o ortomosaico, à escala 1:2723.	43
Fig.37 - Representação dos elementos da Quinta do Areeiro digitalizados, à escala 1:2723.	43
Fig.38 - Representação de imagens com algumas análises feitas na digitalização de lancis presentes nas rodovias.	45
Fig.39 - Representação de imagens com algumas análises feitas na digitalização de muros e vedações.	46
Fig.40 - Representação de imagens com algumas análises feitas na digitalização de edifícios.	47
Fig.41 - Exemplo de um local onde existe falta de pontos recolhidos.	48
Fig.42 - Parte do documento de exatidão e precisão posicionais para a cartografia em escalas grandes da DGT.	49

Fig.43 - (a) Dados de uma empresa com sede no concelho; (b) Dados de uma empresa com sede fora do concelho.	55
Fig.44 - Linhas de todos as operadoras da rede de transportes do município, à escala 1:99034.....	57
Fig.45 - Paragens existentes no município (a verde), à escala 1:99905.....	59
Fig.46 - Valores dos DOPs obtidos.	60
Fig.47 - Representação dos elementos digitalizados, à escala 1:29415.	61
Fig.48 - Representação no <i>software</i> AutoCAD de algumas <i>layers</i> do catálogo de topografia.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vantagens e Desvantagens do Modelo Vetorial e Matricial.....	11
Tabela 2 - Alguns acrónimos e siglas presentes nos SGBD do município.	23
Tabela 3 - Valores da diferença entre as digitalizações expostas na Fig.38.	45
Tabela 4 - Valores da diferença entre as digitalizações expostas na Fig.39.	46
Tabela 5 - Valores da diferença entre as digitalizações expostas na Fig.40.	47
Tabela 6 - Tabela com as descrições da qualidade dos níveis DOP.....	61

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

AMP	Área Metropolitana do Porto
CAD	<i>Computer-Aided Design</i> - Desenho assistido por computador
DGT	Direção-Geral do Território
DOP	<i>Dilution of Precision</i> - Diluição/Degradação da Precisão
EPSG	<i>European Petroleum Survey Group</i>
ETRS89	<i>European Terrestrial Reference System 1989</i>
GDAL	<i>Geospatial Data Abstraction Library</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i> - Sistemas de Navegação Global por Satélite
GPS	<i>Global Positioning System</i> - Sistema de Posicionamento Global
IG	Informação Geográfica
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ITRF93	<i>International Terrestrial Reference Frame 1993</i>
MDS	Modelo Digital de Superfície
MDT	Modelo Digital de Terreno
PDM	Plano Diretor Municipal
REMQ	Raiz do Erro Médio Quadrático
ReNEP	Rede Nacional de Estações Permanentes GNSS
RTK	<i>Real Time Kinematic</i> - Tempo Real Cinemático
SGBD	Sistemas de Gestão de Bases de Dados
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SQL	<i>Structured Query Language</i> - Linguagem de Consulta Estruturada
TIG	Tecnologias de Informação Geográfica
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
WGS84	<i>World Geodetic System 1984</i>

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

Este relatório descreve o trabalho realizado ao longo do estágio curricular inserido no plano do Mestrado em Engenharia Geográfica. O estágio em questão foi desenvolvido na Câmara Municipal de Santa Maria da Feira e orientado pelo Professor Doutor José Alberto Gonçalves da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, e pelas Eng^{as} Alexandrina Meneses e Sandra Resende da Câmara Municipal de Santa Maria da Feira.

1.1 ENQUADRAMENTO

Este estágio introduz, na Câmara Municipal de Santa Maria da Feira, os VANT como meio de aquisição de dados cartográficos, permitindo a comparação deste método com o tradicional de levantamento topográfico com recurso a uma estação total.

Por várias razões, a informação presente num espaço geográfico encontra-se em constante mudança. Por norma, ao usar os métodos tradicionais de recolha e produção de cartografia, existe uma enorme dificuldade da atualização cartográfica em acompanhar essas mudanças. Isto justifica o surgimento de novos métodos como a utilização dos VANT.

1.2 MOTIVAÇÃO

O realizar do estágio constitui uma oportunidade para pôr em prática os conhecimentos teóricos e práticos adquiridos ao longo de toda a formação académica, com a vantagem adicional de ser uma fonte para aquisição de novos conhecimentos no uso dos VANT para executar recolhas de IG com o intuito de atualizar cartografia. Adicionalmente, a prática laboral deste estágio permite conhecer como é a real integração no mercado de trabalho e a socialização num mundo quotidiano de responsabilidade.

1.3 OBJETIVO PRINCIPAL

Apesar de terem sido concebidos trabalhos de diferentes índoles e objetivos neste estágio, o principal foi a atualização e análise de cartografia através de informação geográfica recolhida com recurso a um VANT. Esta ideia surgiu face ao desenvolvimento das tecnologias, como é o caso da utilização de um VANT para recolha de IG.

De uma forma geral, o objetivo principal deste trabalho consiste em realizar uma comparação entre a cartografia que foi atualizada com a IG recolhida através de um VANT e a cartografia que foi atualizada onde a IG foi obtida com recurso a um método clássico de recolha. Para além disso este projeto pretende determinar até que ponto é exequível substituir ou, no mínimo, complementar os métodos clássicos pelo VANT na atividade diária de um município.

Com efeito, no final pretende-se que o realizar deste trabalho seja mais um importante contributo para implementar esta ferramenta.

1.4 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

Serve o presente tópico para descrever os seis capítulos em que o relatório foi organizado, de modo a facilitar a sua leitura.

Capítulo I - Introdução

No capítulo I fez-se uma breve introdução. Elucidou-se o enquadramento e motivação de todo o estágio, foi descrita a estrutura do trabalho e, em adição, apresentou-se os objetivos e métodos do mesmo.

Capítulo II - Fundamentação Teórica

No capítulo II são esclarecidos fundamentos teóricos sobre os principais temas, ou seja, fez-se uma revisão bibliográfica sobre esses temas, em que foram abordados os conceitos teóricos e outras apreciações consideradas relevantes. Tudo isto com o principal objetivo de compreender melhor a parte teórica implícita aos temas aqui apontados.

Capítulo III - O Município de Santa Maria da Feira e a Sua Informação Geográfica

O terceiro capítulo é composto por breves exposições sobre a entidade onde decorreu o estágio, como a sua Geografia e a sua Cartografia. Foram também expostas importantes informações sobre os sistemas usados nos serviços municipais. De forma a obter uma perceção dos fluxos de trabalho do município e a compreender as várias ferramentas de *software* disponíveis, foram executadas tarefas de apoio à resolução de alguns projetos SIG que se encontravam em execução. Os pormenores sobre o desenvolvimento desses trabalhos encontram-se apresentados nos Anexos I, II e III.

Capítulo IV - Atualização e Análise de Cartografia com Recurso a VANT

O capítulo V é composto pela exposição da metodologia usada e os resultados práticos obtidos no trabalho principal, isto é, no que concerne à atualização e análise de cartografia com recurso a um VANT.

Capítulo V - Conclusão e Considerações Finais

Por fim, no sexto capítulo são apresentadas as conclusões e considerações finais, ou seja, as conclusões/análises globais que foram sendo tiradas ao longo da concretização dos trabalhos nomeadamente sobre os objetivos propostos, assim como, as expectativas e recomendações futuras passíveis a estes tipos de projetos. Também aqui, foram distinguidas todas as limitações encontradas ao longo da execução do(s) trabalho(s).

CAPÍTULO II

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 VANT

Os VANT, ou *drones*, são veículos aéreos que voam sem tripulação a bordo com uma carga útil embarcada não necessária para o voo e que pode ser programada para realizar missões de forma autónoma. Isto significa que a aeronave é comandada por operadores que se encontram no solo através de sinais de rádio ou de Sistemas de Posicionamento Global (GPS). Esta técnica apresenta-se como uma tecnologia de baixo custo para aquisição de dados fotogramétricos, uma vez que possibilita a obtenção de fotografias aéreas verticais, bem como de componentes planimétricos e altimétricos para a elaboração de cartografia. Permite ainda que os resultados obtidos sejam integrados em SIG (Eisenbeiss, 2009; Tahar, 2012; Neto, 2014).

Os VANT têm na sua composição, entre outros constituintes, um recetor de Sistemas de Navegação Global por Satélite (GNSS), sensores que podem incluir câmaras de vídeo, térmicas ou de infravermelhos, Laser/LiDAR, ou uma combinação deles, elementos de estabilização e navegação que permitem voos precisos, entre outros (Eisenbeiss, 2009).

A composição e o modo de funcionamento dos VANT encontram-se representados na Fig.1. O funcionamento dos VANT começam pelos sinais enviados pelo operador com o sistema de controlo, através do sistema de comunicação, para o VANT equipado com um sensor que, por sua vez, executa esses comandos.



Fig.1 - Representação da composição e modo de funcionamento dos VANT.

2.2 A INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

A IG é fundamental na administração do território, sendo por isso a base da informação utilizada numa Câmara Municipal. Ela pode ser entendida como um ou vários conjuntos de dados processados e organizados, referentes a objetos ou fenómenos, que estão associados a uma localização relativa ao planeta e a forma de elementos geográficos, podendo ainda incluir outros atributos que os caracterizem. A IG pode estar representada através de um ponto, um endereço, um território, ou outras formas distintas (Câmara *et al.*, 1996; Rosa, 2006).

A IG georreferenciada é toda aquela informação que se encontra localizada na superfície terrestre e representada numa projeção cartográfica. Georreferenciar um objeto consiste na tarefa de atribuir coordenadas a um ponto num mapa, posicionando-o sobre a superfície terrestre e vinculando-o a um sistema de coordenadas real.

Por Tecnologias de Informação Geográfica (TIG) podemos considerar todo o conjunto de tecnologias que permitem usar informação para analisar o espaço geográfico, ou seja, são todas as tecnologias que permitem a recolha, processamento, análise e disponibilização de informação georreferenciada ou não georreferenciada (Correa *et al.*, 2010; Julião, 2001; Rosa, 2006). Nestas tecnologias estão incluídos, por exemplo, os SIG, os Sistemas de Detecção Remota, os Sistemas Globais de Posicionamento e Navegação por Satélite, entre outros. A Cartografia, a Fotogrametria, os SIG e a Topografia são algumas das ferramentas e técnicas de investigação e análise científica que integram as TIG (Rosa, 2006).

O processamento da IG, de uma forma simplificada, consiste num conjunto de técnicas relacionadas com o tratamento de informação espacial e processamento de dados geográficos (Câmara *et al.*, 1996).

2.3 FOTOGRAMETRIA

2.3.1 OPERAÇÕES FOTOGRAMÉTRICAS COM VANT

A Fotogrametria encontra o seu maior campo de aplicação na elaboração de mapas, cartas e plantas em colaboração com a Cartografia, os SIG, a Topografia e a Geodesia. A característica capital de uma imagem fotográfica aérea é que cada ponto na imagem

corresponde exatamente a um ponto na superfície ou objeto fotografado (Wolf *et al.*, 2000).

Para que uma operação fotogramétrica com VANT, ou com veículos pilotados, tenha sucesso, é necessário que exista um plano elaborado para esse projeto, assim como um conjunto de etapas a serem desenvolvidas. As primeiras e mais importantes decisões a serem tomadas numa operação deste tipo podem ser sintetizados nas seguintes fases (adaptado de Wolf *et al.*, 2000):

1. Planeamento do voo fotogramétrico e determinação do tempo total de voo;
2. Planeamento do levantamento dos pontos de controlo de campo;
3. Voo e recolha dos dados;
4. Processamento dos dados;
5. Possível completagem de campo.

Quando se executa uma operação fotogramétrica com VANT, existem certas vantagens na recolha de fotografias aéreas em relação a outros métodos fotogramétricos:

- a) Baixo tempo exigido para a realização do trabalho de levantamento (Wolf *et al.*, 2000);
- b) Baixo custo do aparelho e da operação (Watts *et al.*, 2010);
- c) Possibilidade da imediata consulta dos produtos obtidos (Jordan, 2015);
- d) Em condições de tempo nublado e chuvoso, se a distância ao objeto permitir voar abaixo das nuvens, continua a ser possível adquirir dados (Westoby *et al.*, 2012);
- e) Facilidade de acesso a qualquer local a ser levantado, sem comprometer vidas humanas (Wolf *et al.*, 2000);

- f) Devido à altura de voo as imagens apresentam excelente resolução, grande sobreposição, que possibilita a construção de nuvens de pontos 3D de resolução similar, elevado grau de pormenor a uma escala maior e um tempo reduzido de execução (Humphrey, 2014);
- g) Não estão limitados pelas condições físicas e psicológicas que afetam os pilotos (Eisenbeiss, 2009).

Contudo, também apresentam algumas desvantagens e limitações:

- a) Por razões de segurança os VANT devem apenas voar na linha de observação (*line-of-sight*) e serem operados com um piloto de apoio (Eisenbeiss, 2009);
- b) Para obter a mesma cobertura do terreno os VANT necessitam de recolher um número superior de imagens (Eisenbeiss, 2009);
- c) Maior suscetibilidade às condições climáticas e à topografia do local (Westoby *et al.*, 2012).

2.4 CARTOGRAFIA

2.4.1 CARTOGRAFIA DIGITAL

Atualmente os SIG são os sistemas computacionais responsáveis pela produção de cartas ou mapas em formato digital. Contudo, anteriormente a eles, os responsáveis pela sua conceção eram os CAD. Ambos os sistemas estão constituídos por um conjunto de ferramentas para entrada de dados gráficos, edição e produção de desenhos através de dispositivos de saída. No entanto, procedimentos como mudanças de projeções cartográficas ou interações com a base de dados associada, só é possível nos SIG (Goodchild, 1993).

De acordo com Goodchild (1993), a grande diferença entre os SIG e os CAD prende-se, essencialmente, com a capacidade dos SIG estabelecerem relações topológicas entre os elementos gráficos. Isto significa que o SIG está orientado para o armazenamento de dados alfanuméricos numa base de dados associada à componente geométrica. Já no CAD poderão existir ligações com uma base de dados externa, mas

destina-se principalmente a elaborar desenhos técnicos, admitindo uma grande diversidade de tipos de elementos.

Nos produtos digitais, é através da topologia que se descreve os relacionamentos espaciais das formas geográficas. Formas e coordenadas dos objetos são menos importantes do que os três elementos constituintes do modelo topológico arco-nó. A estrutura arco-nó é uma representação computacional para o armazenamento de arcos de polígonos, que visa manter os relacionamentos entre formas lineares e pontuais, isto é, todas as linhas deverão ser cortadas nas intersecções. Nesta estrutura, os arcos compartilhados por polígonos vizinhos são armazenados uma única vez, evitando redundância e incrementando eficiência (Peuquet, 1990; Harmon, 2003).

A topologia facilita o processamento de funções analíticas, como a modelação do fluxo através da conectividade de linhas de uma rede, a combinação de polígonos adjacentes com características similares, o fecho de polígonos, a identificação de formas adjacentes, a supressão de vértices excedentes e a sobreposição de formas geográficas (Peuquet, 1990; Harmon, 2003).

Numa operação de digitalização de um produto cartográfico podem ocorrer certos erros, isto é, desvios ou afastamentos do resultado de uma observação em relação ao valor mais provável da mesma grandeza. São vários os erros que podem surgir:

- a) Erros grosseiros - São enganos ou falhas de observação. Podem resultar devido a falha instrumental ou imperícia e/ou descuido do operador. Dependendo da sua magnitude podem ou não ser fáceis de detetar (Gemael, 1994).
- b) Erros sistemáticos - São resultantes de causas conhecidas. Na maioria das vezes podem ser evitados através das técnicas específicas de observação, ou eliminados *à posteriori* mediante a aplicação de determinadas fórmulas. Podem resultar por deficiências dos instrumentos, deficiência do método de observação e da falta da aplicação de correções devido às variações ambientais durante o processo de medição (Gemael, 1994).
- c) Erros acidentais - São resultantes de causas desconhecidas ou incontroláveis de ocorrência probabilística. Ocorrem ao acaso e de forma aleatória.

Caracterizam-se por apresentar uma distribuição normal com uma frequência maior de erros menores (Gemael, 1994).

A qualidade de um produto cartográfico limita a forma como se pode/deve ser usada e analisada a informação geográfica que veicula. Os critérios de qualidade afetam, de sobremaneira, a conceção de produtos cartográficos (Aronoff, 1995; Östman, 1997).

O controlo de qualidade da cartografia é efetuado através da análise de alguns elementos, onde é verificada a relação entre a cartografia produzida e a realidade, sendo executada com recurso a amostras de pontos de controlo. A comparação traduz-se em parâmetros quantitativos que deverão satisfazer regras pré-estabelecidas (Aronoff, 1995; Östman, 1997).

De acordo com as com as normas ISO 19113 e 19114 estão sujeitos ao controlo:

- a) **Completude** - Relaciona-se com a quantidade de informações que não são encontradas ou que não deveriam estar presentes num produto cartográfico. Podem ocorrer erros de omissão, quando um objeto no terreno está mal classificado na base de dados, e erros de comissão, quando um objeto existe na base de dados e não existe no terreno.
- b) **Consistência Lógica** - Define a adequação de um conjunto de dados à sua estrutura interna, ou seja, define qual a melhor lógica de representação entre elementos em que exista algum tipo de relacionamento.
- c) **Exatidão Posicional** - Caracterizada pelo rigor da georreferenciação dos objetos.
- d) **Exatidão Temporal** - Influenciada pelo efeito que a data de recolha de informações pode surtir na ótica da qualidade dos dados.
- e) **Exatidão Temática** - Respeitante à exatidão do valor de um atributo qualitativo das formas geográficas resultantes de acidentes naturais e culturais.

2.5 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

2.5.1 REPRESENTAÇÃO DOS DADOS ESPACIAIS

Surgem frequentemente múltiplas abordagens no que toca ao conceito dos SIG, algumas acentuando o facto de se tratar de uma base de dados com informação espacial, outras destacando a importância da análise espacial como elemento definidor de um SIG. Num SIG, os objetos georreferenciados com informação espacial podem ser representados através de dois tipos de modelos:

- a) Modelo vetorial - São utilizados pontos, linhas ou polígonos como representação de objetos presentes à superfície da terra, sendo que a cada ponto está associado um par de coordenadas (x,y) num sistema de coordenadas geográficas ou cartográficas. A estes elementos é concebida a possibilidade de terem diferentes cores, espessuras, tipos de linhas, entre outros, e os seus respetivos atributos/valores são armazenados em tabelas de base de dados.
- b) Modelo matricial ou *raster* - Centra-se nas propriedades do espaço, em que associa o conceito de grelha (*grid*) e de célula (*pixel*). Este modelo divide o espaço retangular do mapa em quadrículas, sendo para cada uma delas armazenado o valor da variável que se pretende representar numa estrutura de matriz, ou seja, cada quadrícula tem o valor do pixel que está associado a uma parte da superfície da terra.

Na Fig.2 encontra-se uma representação de um modelo vetorial sobreposto a um modelo matricial, em que ambos correspondem ao mesmo local da superfície terrestre.

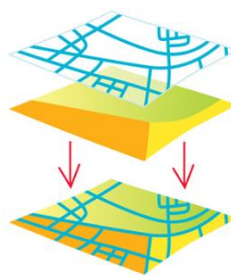


Fig.2 - Representação de um modelo vetorial sobreposto a um matricial.

Fonte: <https://support.esri.com/other-resources/gis-dictionary/term>

Na Tabela 1 encontra-se uma exposição sobre as vantagens e desvantagens do modelo vetorial e matricial.

Tabela 1 - Vantagens e Desvantagens do Modelo Vetorial e Matricial.

Fonte: Bravo *et al.* (1995)

Formato	Vantagens	Desvantagens
Vetorial	<ul style="list-style-type: none"> • Maior rigor na representação e medição dos elementos do espaço; • Maior facilidade de operação em tarefas de medição; • Menor volume de dados e uma associação de grande número de atributos em bases de dados; • Eficiência na representação e análise das relações topológicas; • É mais apropriado a suportar gráficos que se aproximam de mapas desenhados à mão. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura de dados complexa; • Difícil análise de sobreposição de áreas; • A representação de alta variabilidade espacial é ineficiente.
Matricial	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura de dados mais simples; • Operações de análise espacial são mais facilmente e eficientemente implementadas; • Fenómenos e grandezas com alta variabilidade espacial são representados mais eficientemente; • Apropriado para utilização de imagens digitais obtidas através de Deteção Remota (imagens de satélite), Fotogrametria (fotografias aéreas) e processos de digitalização de mapas por scanner. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura pouco compacta; • Difícil representação das relações topológicas; • Saídas gráficas com má delineação.

2.6 TOPOGRAFIA

2.6.1 LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

A recolha de dados necessários à elaboração de um produto cartográfico de uma dada parcela da superfície terrestre é designada por levantamento topográfico. A aquisição da informação topográfica para conceber os produtos pode ser feita com recurso a três métodos (Casaca, 2000):

- a) Métodos clássicos da Topografia ou métodos topográficos - Baseiam-se fundamentalmente na medição de ângulos e distâncias, recorrendo a instrumentos como teodolitos, níveis, distanciómetros, entre outros. Na Fig.3 estão representados alguns exemplos de instrumentos usados nos levantamentos clássicos de Topografia.



Fig.3 - (a) Estação total; (b) Distanciómetro; (c) Teodolito.

- b) Métodos fotogramétricos - A informação é obtida a partir de fotografias aéreas métricas, ou imagens numéricas multiespectrais recolhidas por sensores instalados em satélites artificiais da Terra. Na Fig.4 estão representados dois métodos para recolher fotografias aéreas;



Fig.4 - (a) Avião; (b) VANT.

- c) Sistema de Posicionamento e Navegação por Satélite - Utiliza recetores de sinais emitidos pelos satélites de cada constelação dos sistemas de posicionamento e navegação, permitindo a determinação precisa das coordenadas dos locais onde as antenas dos recetores são colocadas. Na Fig.5 encontra-se representado um satélite de uma constelação e dois recetores de sinais GPS.



Fig.5 - (a) Satélite de uma constelação; (b) Recetores de sinais GPS.

Para a escolha do método mais adequado é considerada a área e a escala do levantamento. A estes fatores junta-se também a limitação do tempo necessário para efetuar todas as operações dos levantamentos, que irá influenciar os custos inerentes aos mesmos. Estas limitações têm sido minimizadas pelos últimos avanços nos equipamentos e *software*.

A informação adquirida nos levantamentos topográficos, isto é, os pontos notáveis recolhidos assim como os acidentes geográficos e outros pormenores de relevo do local em causa é, posteriormente, representada cartograficamente de forma planimétrica ou altimétrica.

A planimetria visa a representação e determinação da posição dos objetos, tanto naturais como artificiais, existentes na superfície da Terra. É definida pelos pontos projetados no plano cartográfico dos elementos topográficos – objetos, infraestruturas e delimitações de áreas –, definidos pelo par de coordenadas planimétricas (M, P). Na representação dos pormenores planimétricos usam-se sinais convencionais, por vezes acompanhados de cores.

A altimetria tem como finalidade representar e definir o relevo, assim como todos os dados topográficos considerados relevantes a três dimensões, de um terreno. Os pontos de pormenor altimétrico permitem determinar o Modelo Digital do Terreno (MDT)¹. Na representação dos pormenores altimétricos utilizam-se vários tipos de representação, como curvas de nível, pontos cotados, mapas em relevo a três dimensões, entre outros. A representação mais comum consiste na utilização conjunta de curvas de nível e pontos cotados.

¹ Os MDT representam a superfície ao nível do terreno e constituem um modelo topográfico altimétrico, resultante de diversos tipos de informação geográfica tridimensional, com especial destaque para dados altimétricos e hidrográficos. Não sendo considerados valores altimétricos inerentes a edificações, à vegetação e a outros acidentes artificiais

CAPÍTULO III

3 O MUNICÍPIO DE SANTA MARIA DA FEIRA E A SUA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

3.1 GEOGRAFIA DO CONCELHO

O território do município de Santa Maria da Feira tem 216 km² (0.24% do país), uma população de 139.312 habitantes e, até reorganização administrativa de 2012/2013, repartia-se por 31 freguesias. Atualmente, está subdividido em 21 freguesias (Censos 2011; Atlas SMF).

Na Fig.6 encontra-se a representação da localização do concelho de Santa Maria da Feira (amarelo) a nível nacional.

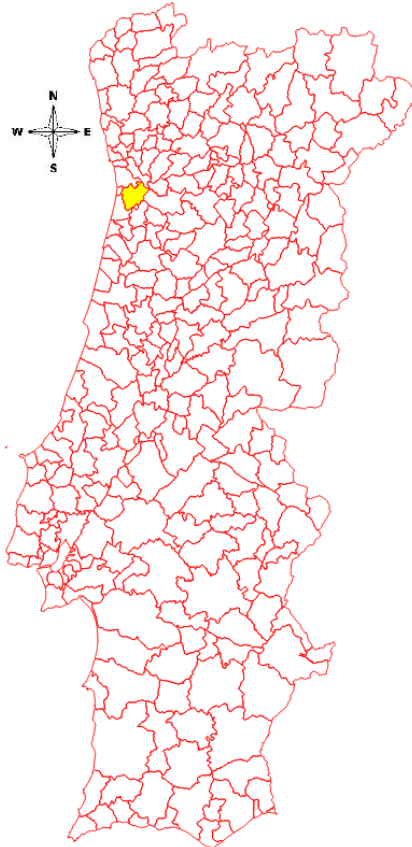


Fig.6 - Representação da localização ao nível do país do município de Santa Maria da Feira, à escala 1:2750000.

3.2 POSIÇÃO GEOGRÁFICA DO CONCELHO

O município de Santa Maria da Feira insere-se hoje na Grande Área Metropolitana do Porto (AMP), juntamente com os municípios de Arouca, Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Oliveira de Azeméis, Paredes, Porto, Póvoa do Varzim, Santo Tirso, S. João da Madeira, Trofa, Vale de Cambra, Valongo, Vila do Conde e Vila Nova de Gaia. A Área Metropolitana do Porto tem uma área de 2040 km², ocupando 9.58% de área da região Norte e 2.21% de área do território nacional (Atlas SMF; Sítio web da AMP).

Na Fig.7 encontra-se a representação do concelho de Santa Maria da Feira na Área Metropolitana do Porto.

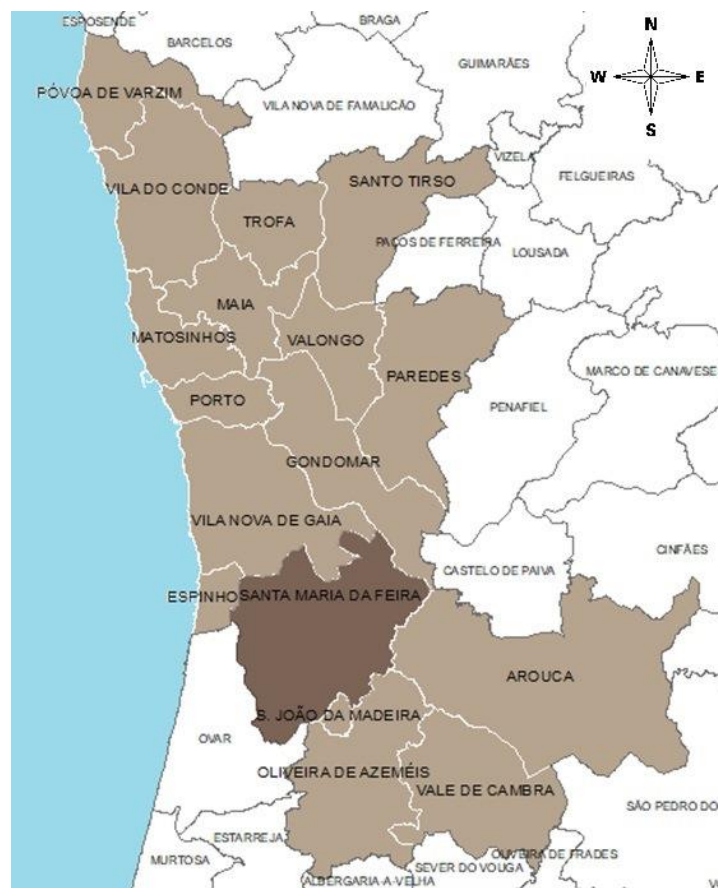


Fig.7 - Representação do município de Sta. Maria da Feira na Área Metropolitana do Porto, à escala 1:530000.

3.3 ENQUADRAMENTO DA CARTOGRAFIA DO MUNICÍPIO

No município de Santa Maria da Feira, até 2007, toda a base cartográfica encontrava-se no sistema de coordenadas Hayford-Gauss Datum 73. Este sistema de coordenadas utiliza o *datum* 73, que é um *datum* geodésico local, estabelecido em 1973 e utilizado em cartografia topográfica. Este *datum* tem como origem um ponto localizado no centro do território nacional, no vértice geodésico Melriça, e usa o elipsoide de referência Hayford e a projeção cartográfica Gauss-Krüger, que é uma projeção cilíndrica conforme.

Este sistema de coordenadas tornou-se obsoleto e, conforme as normas recomendadas pela Direção-Geral do Território (DGT), foi substituído pelo sistema de coordenadas PT-TM06/ETRS89. Este sistema de coordenadas utiliza o *datum* ETRS89 (equivalente a WGS84), que é um *datum* geodésico global. Este *datum* usa o elipsoide de referência GRS80 e a projeção cartográfica PT-TM06 ou Transversa de Mercator, que é uma projeção cilíndrica conforme.

O ETRS89 é um sistema global de referência, sendo usado na Europa como o sistema de referência *standard* para o posicionamento GPS. O estabelecimento do ETRS89 em Portugal Continental foi efetuado com base em campanhas internacionais, realizadas em 1989, 1995 e 1997, para ligar convenientemente a rede portuguesa à rede europeia. Nos anos subsequentes, toda a Rede Geodésica de 1ª e 2ª ordens do Continente foi observada com GPS, tendo o seu ajustamento sido realizado fixando as coordenadas dos pontos estacionados nas anteriores campanhas internacionais (Sítio web da DGT).

Atualmente, a diferença entre ETRS89 e WGS84 está entre os 50 e os 60 cm na direção nordeste. Esta dissemelhança tem algum impacto no posicionamento topográfico preciso. Não obstante, para um grande número de aplicações, os dois sistemas podem ser considerados indistintos. Ao fazerem-se observações GPS com recetores de navegação obtêm-se coordenadas WGS84, e uma vez que a precisão das coordenadas que se obtêm com este tipo de equipamentos é inferior à diferença entre estes dois sistemas, pode considerar-se, nestes casos, que não existem diferenças entre o ETRS89 e o WGS84 (Sítio web da DGT).

3.4 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA USADOS NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA DA FEIRA

Um Sistema Municipal de Informação Geográfica consiste num instrumento baseado em ferramentas SIG que tem como objetivo dar apoio às tomadas de decisão relacionadas com a gestão e planeamento do território de um município.

No concelho de Santa Maria da Feira, nos seus serviços municipais, são utilizados três sistemas para atualização, tratamento, gestão e armazenamento da informação geográfica municipal, sendo eles:

- a) Intergraph GeoMedia Professional - Sistema/plataforma de tratamento e atualização de informação geográfica e alfanumérica. É o SIG usado no município de Santa Maria da Feira.

Surgiu 2000, com os principais objetivos de tratamento da informação cartográfica de base e a transformação do Plano Diretor Municipal (PDM) em ambiente SIG. Na Fig.8 pode-se visualizar o ambiente do *software* GeoMedia Professional. Nele está inserido o ortofotomapa do município de Santa Maria da Feira e as freguesias existentes anteriormente à reorganização administrativa.

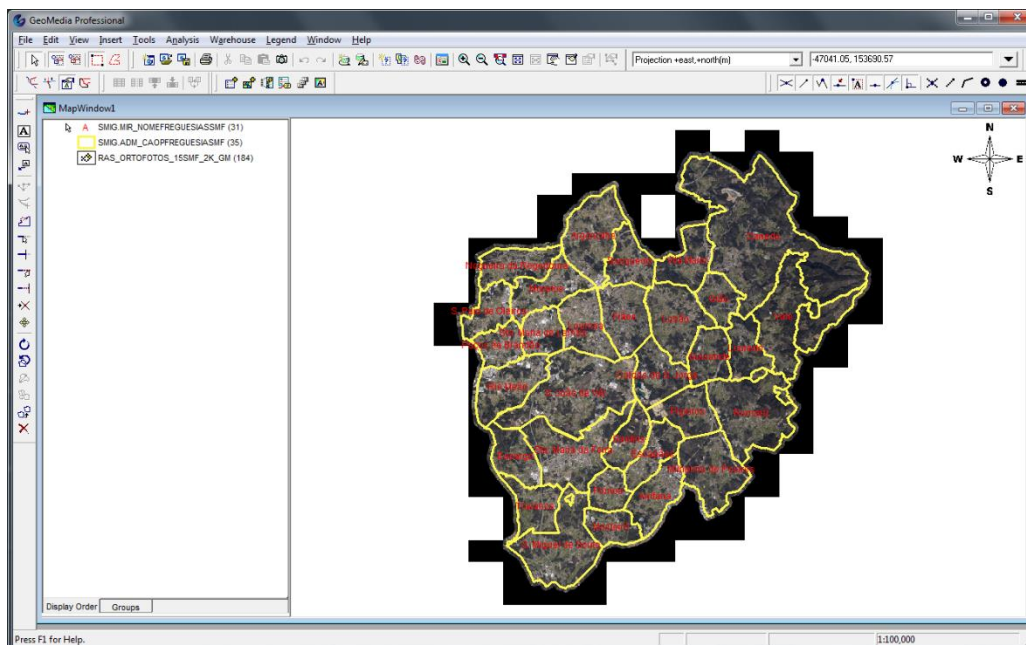


Fig.8 - Representação do ambiente do *software* GeoMedia e de alguns componentes, à escala 1:100000.

b) Nortear - Sistema/plataforma de gestão urbanística, documental e de fluxos de trabalho administrativo do município de Santa Maria da Feira.

Surgiu em 2005, com a necessidade de ter em suporte digital todo o processo urbanístico e respetivos fluxos de trabalho, em que todos os técnicos possam consultar a qualquer hora, onde se inserem informações e pareceres técnicos, transformando o procedimento transparente e mais célere para o cidadão.

Na Fig.9 está representado parte do sistema Nortear, mais concretamente o local onde se encontram as tarefas existentes que estão por executar.

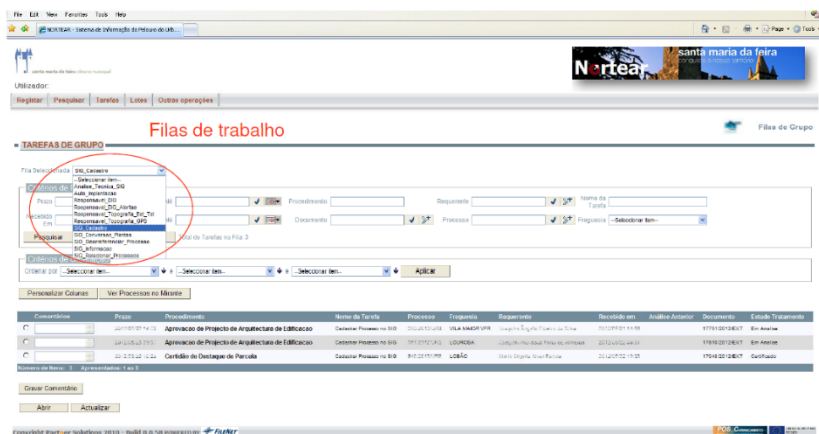


Fig.9 - Reprodução de parte do sistema Nortear.

c) Mirante - Sistema/plataforma de acesso/disponibilização de informação e gestão de fluxos de trabalho geográfico do município de Santa Maria da Feira, ou seja, é o geoportal de Informação Geográfica do município de Santa Maria da Feira.

Surgiu em 2008, devido à necessidade de disponibilização de serviços *online*, como por exemplo, plantas, cartografia, pesquisas, alvarás, etc., devido à necessidade de existência de uma plataforma geográfica transversal aos serviços municipais, com ferramentas de edição geográfica para assegurar a qualidade da informação inserida, de fácil utilização e com mecanismos de atualização permanente da informação. A implementação deste geoportal surgiu com as necessidades de partilha e troca de informação entre os próprios serviços municipais e entre esses serviços e os munícipes.

O Mirante é um WebSIG municipal. Neste caso em concreto, do município de Santa Maria da Feira.

Entre 2008 e 2010 foi lançado o Mirante web (ResPublica web), disponibilizado via *internet*. Uma das várias funcionalidades do Mirante web é a possibilidade de consultar as últimas atualizações cartográficas realizadas num dado local, bem

como os respetivos ficheiros CAD georreferenciados. Como se comprova pela Fig.10 e pela Fig.11, são vários os elementos que podem ser acedidos, consultados e recolhidos no Mirante web por um utilizador, sendo que para alguns é necessário estar autenticado.

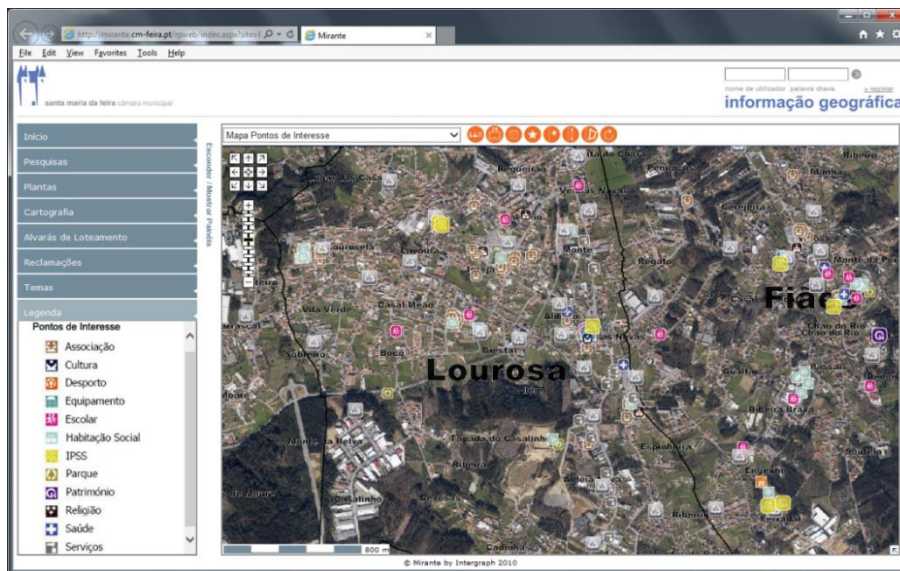


Fig.10 - Representação no Mirante web dos Pontos de Interesse de um local do concelho.

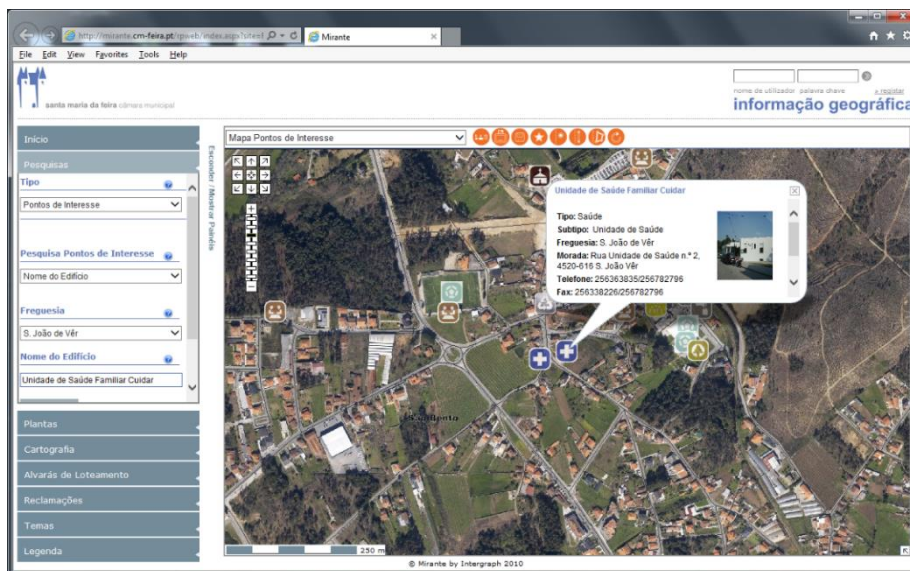


Fig.11 - Representação no Mirante web de um edifício pesquisado.

Entre 2010 e 2011 foi lançado o Mirante rpi (ResPublica rpi), disponibilizado via *intranet*. O Mirante rpi tem como tarefa geográfica mais significativa, a atualização cartográfica através da inserção de levantamentos topográficos e cadastrais solicitados no âmbito dos processos urbanísticos. Na Fig.12 está representada uma das várias possibilidades de ambiente do Mirante rpi. Aqui visualizam-se os elementos que podem ser consultados, como por exemplo, ortofotomapas e Cartografia Base, assim como as tarefas que se podem executar.

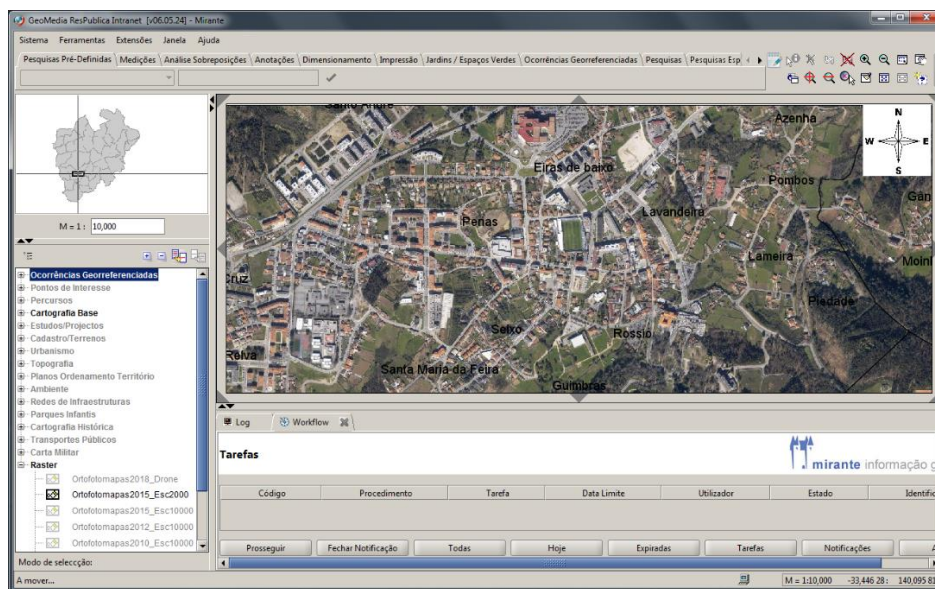


Fig.12 - Representação de uma parte do Mirante rpi, com os ortofotomapas de 2015 e alguma Cartografia Base.

Estes três sistemas operam em sintonia, conforme representado na Fig.13.

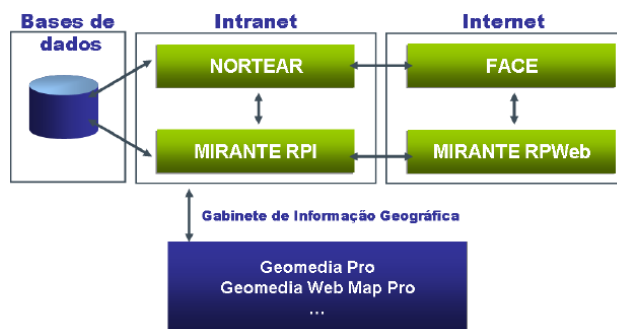


Fig.13 - Arquitetura da operação dos sistemas.

3.5 FORMATOS PARA O ARMAZENAMENTO DA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Existem várias formas distintas de armazenar informação suscetível de referenciação espacial ou de carácter não georreferenciado, como folhas de cálculo, bases de dados, entre outros.

Por bases de dados, entende-se como sendo um simples repositório de informação relacionado com um determinado assunto ou finalidade, armazenada em computador em forma de ficheiros. A sua principal função consiste em gerir vastos conjuntos de informação de modo a facilitar a organização, manutenção e pesquisa de dados. Para criar e gerir bases de dados são necessários programas específicos, normalmente designados por Sistemas de Gestão de Bases de Dados (SGBD), que consiste num pacote de *software* cujo objetivo é ajudar a manipular grandes volumes de dados.

Existem vários exemplos de SGBD. Contudo, no município de Santa Maria da Feira, nos seus sistemas municipais e nos seus variados trabalhos, são utilizados dois tipos de SGBD, sendo eles:

- a) Oracle Database: Também conhecido apenas por Oracle, é um SGBD da Oracle Corporation. Foi implementado nos sistemas municipais 2005.

Toda a informação armazenada nas tabelas deste SGBD é dinâmica, ou seja, os objetos aqui inseridos podem ser visualizados e/ou editados. É sobre estas tabelas que é inserida toda a informação cartográfica que é atualizada, como por exemplo, o catálogo de objetos, os levantamentos topográficos, entre outros.

O Oracle encontra-se diretamente ligado ao Mirante. Na Fig.14 encontra-se representado os elementos da Cartografia de base presentes no SGBD Oracle. A sigla ACR é respeitante à Cartografia base que está presente no Oracle, e que é passível de consulta e atualização. Diferentes elementos presentes neste SGBD são possuidores de outra sigla ou acrónimo.

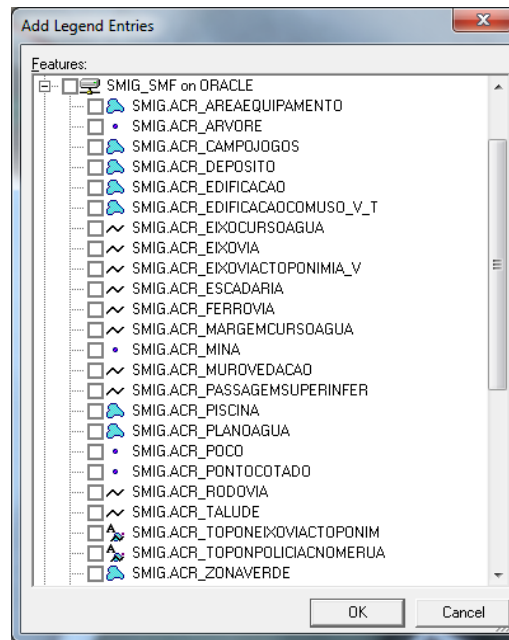


Fig.14 - Elementos da Cartografia base presentes no SGBD Oracle.

b) Microsoft SQL Server: Também conhecido por SQL Server, ou apenas por SQL, é um SGBD da Microsoft. À semelhança do Oracle, o SQL Server também foi implementado nos sistemas municipais 2005. Toda a informação armazenada nas tabelas deste SGBD é estática, ou seja, os objetos aqui inseridos apenas podem ser consultados. Alguma da informação cartográfica visível no Oracle é proveniente das tabelas deste SGBD. Existe a possibilidade de ligar ou importar dados de uma base de dados Access para uma SQL.

Na Fig.15 encontra-se representado os elementos da Cartografia de base presentes no SGBD SQL Server. A sigla CRT é referente à Cartografia que está presente no SQL Server, e que é passível de atualização. Tal como no Oracle, os diversos elementos presentes neste SGBD são possuidores de outra sigla ou acrónimo.

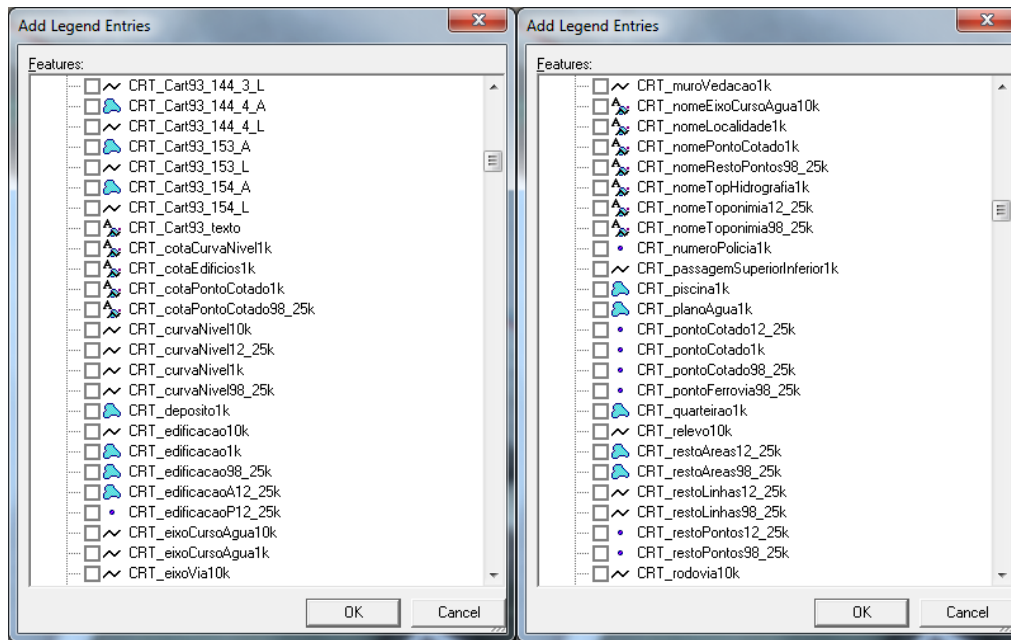


Fig.15 - Elementos da Cartografia presentes no SGBD SQL Server.

Nas tabelas de dados dos SGBD em causa, existem vários elementos com informação armazenada, sendo que, para cada um deles, há um acrónimo ou sigla respeitante ao tema. Na Tabela 2 estão expostos alguns acrónimos e siglas, com a respetiva descrição, e a indicação se está presente no Oracle, no SQL ou em ambos.

Tabela 2 - Alguns acrónimos e siglas presentes nos SGBD do município.

Acrónimo/Sigla	Oracle	SQL	Descrição
ACR/CRT	X	X	Cartografia
ADM	X	X	Limites administrativos
CAD	X		Cadastro
CEN		X	Censos de 2011
GRE		X	Grelhas
MIR	X	X	Elementos que se encontram no Mirante
PDM12	X	X	Plano Diretor Municipal de 2012
PDMFCI12	X		Carta de risco e perigosidade de incêndio de 2012
RAS		X	Produtos <i>raster</i> , como por exemplo, ortofotomapas, etc.
RED	X		Redes de Infraestruturas, como linhas, rede elétrica, etc.
TOP	X		Elementos recolhidos pela Topografia
URB	X		Processos de urbanismo

Há ainda outro SGBD que é utilizado nos sistemas municipais de Santa Maria da Feira. Contudo, é apenas usado como suporte quando não são trabalhos finais. O SGBD em causa é o Microsoft Office Access. É um SGBD da Microsoft e foi implementado nos sistemas municipais em 2000, juntamente com o SIG Intergraph GeoMedia Professional. É um SGBD mais apropriado e utilizado em projetos individuais dos operadores, neste caso, do município. Uma grande vantagem do Access é a possibilidade de conectá-lo, através de uma determinada ferramenta, entre várias bases de dados, como por exemplo, o Oracle e o Microsoft SQL Server, que também são usadas nos sistemas do município. Na Fig.16 encontram-se representados alguns elementos presentes num SGBD Access, concebido para a concretização de uma atualização cartográfica de elementos recolhidos com recurso a um VANT.

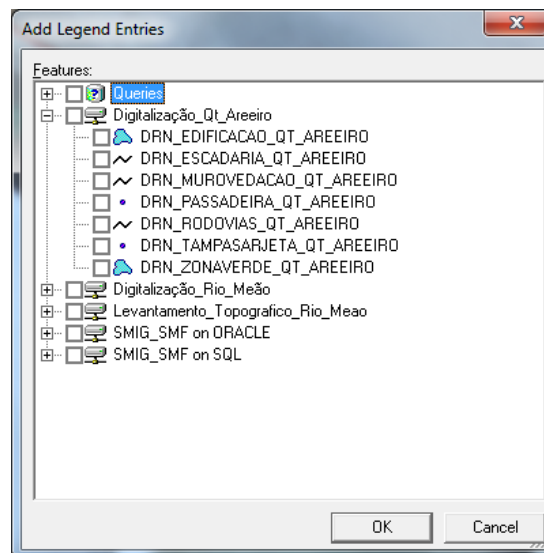


Fig.16 - Elementos presentes num SGBD Access criada.

Foram desenvolvidos vários trabalhos conducentes à familiarização com os programas e métodos usados no SIG da Câmara, através da colaboração em diversos projetos (levantamentos topográficos, edição e manipulação de dados SIG, etc.) que estavam em execução durante o decorrer do estágio. Estes trabalhos foram de elevada importância do ponto de vista de formação e aprendizagem, mas por se afastarem do tema central deste estágio (o estudo dos *drones* na atualização cartográfica) encontram-se apresentados em anexo (Anexos I, II e III).

CAPÍTULO IV

4 ATUALIZAÇÃO E ANÁLISE DE CARTOGRAFIA COM RECURSO A VANT

O objetivo deste projeto, sendo igualmente o objetivo principal deste estágio na Câmara Municipal de Santa Maria da Feira, consistia, para além da natural atualização cartográfica, em efetuar uma análise comparativo entre a cartografia obtida com recurso a um *drone* DJI Phantom 4 e a cartografia obtida pelos métodos tradicionais, mais concretamente usando uma estação total Leica TPS1200+. Esta análise pode ser dividida, por ordem de execução, em três principais etapas, sendo elas:

- 1) Aquisição de IG através de fotografias aéreas;
- 2) Atualização da cartografia;
- 3) Comparação das cartografias obtidas com os dois métodos.

4.1 ATUALIZAÇÃO DE CARTOGRAFIA

Neste projeto foi atualizada a cartografia de dois locais do município, Santo António e Quinta do Areeiro. Contudo, a análise comparativa entre os dois métodos de recolha de IG apenas fez-se em Santo António, uma vez que a Quinta do Areeiro apenas teve como principal propósito consolidar os processos de recolha de IG com o *drone* e de digitalização da informação lá presente. Estes dois locais apresentam algumas características distintas entre si.

4.1.1 SANTO ANTÓNIO

4.1.1.1 LOCAL DE LEVANTAMENTO

A área de estudo a ser alvo de atualização cartográfica e objeto de estudo, na qual se recolheu a IG com um *drone* e com a estação total, situa-se na freguesia de Rio Meão, no lugar de Santo António. Na Fig.17, a vermelho, está circunscrita toda a área que foi levantada (aproximadamente 15 hectares), e a amarelo a área que foi digitalizada e alvo do estudo (cerca de 3 hectares). A área a ser digitalizada foi reduzida

à delimitada pelo retângulo amarelo por uma questão de tempo, uma vez que para além de ser necessário recolher e digitalizar a IG obtida com o *drone*, teve de se fazer o mesmo para a IG obtida com a estação total.

Como é possível visualizar pela figura, o local de digitalização e estudo é composto maioritariamente por alguns prédios, moradias e vegetação densa. Em consequência desta densa vegetação lá presente, o local está bastante suscetível a limitações e/ou erros na sua digitalização, uma vez que essa vegetação pode encobrir algum elemento do terreno que tem de ser digitalizado.



Fig.17 - Imagem do Google Earth da área levantada (vermelho) e digitalizada (amarelo) no lugar de Santo António.

4.1.1.2 AQUISIÇÃO DE DADOS EM CAMPO

Conforme descrito no capítulo 2.1.2, para obter IG através de um voo fotogramétrico – neste caso com o *drone* – de um determinado local, é necessário obedecer a determinados parâmetros/etapas.

Relativamente ao planeamento do voo, foi utilizado o *software Pix4D Capture* para definir os vários critérios necessários para fazer o levantamento. Neste *software*, que corre num *tablet* ou *smartphone* conectado ao comando que opera o *drone*, é definida a área onde se pretende efetuar o levantamento, a sobreposição longitudinal e lateral das fotografias que serão obtidas, bem como a altura e a velocidade do voo. Estes diferentes critérios são estabelecidos consoante o valor da dimensão do pixel no terreno – diretamente relacionado com a altura de voo – que se pretende obter e a qualidade das imagens.

Para a recolha da IG no lugar de Santo António, foram efetuados dois voos a 27 de março de 2018, a uma altura de 72 metros e uma sobreposição de 70%. Foi necessário efetuar dois voos devido ao tempo de vida da bateria. No somatório destes dois voos, foram obtidas 347 fotografias.

Estes valores da altura de voo (H) estão diretamente relacionados com o tamanho do pixel no terreno pretendido. Como o objetivo, por uma questão de se obter um elevado detalhe, era alcançar um pixel no terreno (GSD) de 2 cm, e sabendo que distância focal (*f*) era 8.8 mm e o tamanho de pixel (CCD) aproximadamente 2.4 μm, para saber a altura máxima do voo foi preciso realizar o seguinte cálculo:

$$H = \frac{f \times GSD}{CCD} = \frac{0.0088 \times 0.02}{0.0000024} \approx 73 \text{ m}$$

Nas propriedades de cada uma das fotografias é possível consultar várias informações, desde a resolução, a distância focal da câmara, as coordenadas das fotografias no sistema de posicionamento GPS, isto é, no sistema de coordenadas geográficas WGS84 (Longitude, Latitude), a altitude a que fotografia foi obtida, entre outras.

Posteriormente aos voos foram levantados pontos de controlo, também designados por pontos fotogramétricos. Estes são pontos que servem de apoio ou verificação às fotografias recolhidas, podendo ser naturais, artificiais ou sinalizados. Todos os pontos recolhidos foram de ordem natural, como por exemplo, tampas de saneamento, sarjetas, linhas de estacionamento, etc., não tendo sido necessário introduzir pontos artificiais ou sinalizados. Para efetuar o levantamento dos pontos utilizou-se um recetor GPS/GNSS STONEX S9 III PLUS - RTK, no sistema de coordenadas retangulares PT-TM06/ETRS89, com ligação em tempo real à estação de Entre Douro e Vouga, da ReNEP². Com o bastão a uma altura de 2.45 metros foram levantados 19 pontos.

Na Fig.18 encontra-se a representação da distribuição desses pontos sobre a área de estudo.

² A ReNEP é um serviço público de posicionamento prestado pela DGT. As estações de Entre Douro e Vouga (São João da Madeira) e Gaia (Vila Nova de Gaia) são as mais próximas do município de Santa Maria da Feira.



Fig.18 - Imagem do Google Earth com a distribuição dos pontos recolhidos no lugar de Santo António.

Na Fig.19 encontra-se a representação do levantamento de um ponto, numa sinalização rodoviária da estrada em Santo António.



Fig.19 - Recolha de um ponto, em Santo António, numa sinalização rodoviária da estrada.

4.1.1.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS RECOLHIDOS EM CAMPO

Após o voo realizado e os pontos recolhidos, avançou-se para o processamento dos dados.

O processamento dos dados recolhidos em campo iniciou-se pela conversão das coordenadas dos pontos de controlo, os quais foram necessários na fase do

processamento das fotografias aéreas. Apesar de se encontrarem no sistema de coordenadas que se pretende que esteja o produto final – PT-TM06/ETRS89 (EPSG:³ 3763) –, por uma questão de simplificar todo o processo foram convertidas para o sistema em que as fotografias aéreas foram recolhidas, ou seja, para o sistema de coordenadas geográficas WGS84 (EPSG: 4326) que é equivalente ao sistema ETRS89 (EPSG: 4258).

Para converter as coordenadas que se encontravam num ficheiro em formato .txt, foi utilizada a linha de comando *OSGeo4W Shell* do GDAL⁴ e foi usado o seguinte comando:

```
cs2cs +init=epsg:3763 +to +init=epsg:4258 RIO_MEA0_3763.txt RIO_MEA0_4258.txt
```

Fonte: <https://www.gdal.org/index.html>, acedido pela última vez a 22/06/2018.

Para as conversões dos pontos recolhidos nos dois locais foi utilizado o mesmo comando, sendo que apenas foram diferentes os nomes dos ficheiros.

Seguidamente, foram processadas as fotografias aéreas, com o intuito principal de se obter um ortomosaico sobre o qual iria ser atualizada a cartografia.

Neste processamento utilizou-se o *software* Agisoft PhotoScan Professional. Este *software* tem como funcionalidade principal construir modelos a três dimensões a partir de imagens estereoscópicas.

Antes de se inserir as imagens no *software*, consultou-se nas fotografias a informação sobre os valores da altitude do ponto de referência das mesmas. Este valor deve corresponder ao somatório da altitude do local com a altura de voo. Caso assim não seja, a altitude deverá ser alterada antes de se processar as fotografias. Este erro tem lugar quando é obtida uma altitude errada no ponto de referência. Como o valor da altitude que é gerado em todas as fotografias tem como base o do ponto de referência, levará a que todas as fotografias tenham os seus valores de altitude errados.

Para o lugar de Santo António, nas informações apenas constava a altura de voo, ou seja, a altitude presente nas informações não estava correta. Como tal, e sendo um

³ Todos os Sistemas de Referência Espacial estão sistematizados em códigos, designados por códigos EPSG. Através deles é possível identificar uma determinada projeção.

⁴ O GDAL é um software para ler e editar informação geoespacial de formatos vetoriais e *raster*.

local de baixa oscilação de altitude, para cada uma das fotos à altura de voo somou-se um valor aproximado da altitude do local.

Para alterar o valor da altitude usou-se o interpretador de linha de comando do sistema operativo *Windows*, onde foi inserido o seguinte comando:

```
exiftool -GPSAltitude=190.00 *.JPG
```

Na linha de comando foi usado o programa ExifTool⁵ e foi atribuído o valor de 190 metros para a altitude.

Os passos seguintes que irão ser descritos dizem respeito aos procedimentos que foram praticados no processamento das fotografias do lugar de Santo António. No entanto, estes procedimentos foram praticados rigorosamente da mesma forma para a Quinta do Areeiro.

Posto isto, insere-se as fotografias no *workspace* do Agisoft. Nesse momento, são definidos alguns parâmetros, como por exemplo o sistema de coordenadas – WGS84 – algumas definições de exatidão da câmara que tirou as fotografias, do recetor GNSS (GPS e GLONASS), da altura de voo, entre outros.

Seguidamente, executou-se o alinhamento das fotografias (*Align Photos*), onde se definiu a precisão do alinhamento como sendo alta – isto é, toma em consideração as fotos na sua resolução completa – e a pré-seleção de pares através da sua referência espacial, uma vez que temos referências sobre as posições das fotos, que são as suas coordenadas. Ainda nesta ferramenta, definiu-se o limite de pontos-chave (*Key point limit*) com o valor de 40.000 e o limite de pontos de ligação (*Tie point limit*) com o valor de 4.000. Estes são os valores de referência normalmente utilizados.

Neste passo de alinhamento das fotografias é criado um modelo de uma nuvem dispersa de pontos (*sparse point cloud*) em que, numa primeira fase, são detetados os pontos, depois são selecionados os pares e, de seguida, são atribuídos os pontos correspondentes. Ainda neste passo é estimada a posição e orientação da câmara para cada fotografia. Os pontos gerados na *sparse point cloud* são considerados pontos de ligação (*tie points*), ou seja, são pontos conhecidos em duas ou mais imagens. Este passo corresponde à orientação relativa na fotogrametria tradicional. Para Santo António foi obtida uma nuvem dispersa com 308 189 pontos. Após a obtenção da nuvem

⁵ O ExifTool é um programa de software livre e de código aberto, que permite a manipulação, leitura e gravação de metadados em imagem, áudio, vídeo e PDF.

deve-se fazer uma análise cuidada, uma vez que podem ter sido gerados pontos de forma errada e, como tal, devem ser eliminados. Esta situação verificou-se, tendo sido eliminados 3 pontos ficando a nuvem com 308 186 pontos.

Posteriormente, adicionou-se no Agisoft os 19 pontos de controlo levantados. Este é um passo essencial, pois o *drone* possui apenas um recetor GNSS de navegação com precisão de alguns metros, sendo necessário ajustar as imagens através destes pontos. Na Fig.20 encontra-se a representação no Agisoft da nuvem dispersa de pontos obtida no lugar de Santo António, bem como os 19 pontos de controlo.

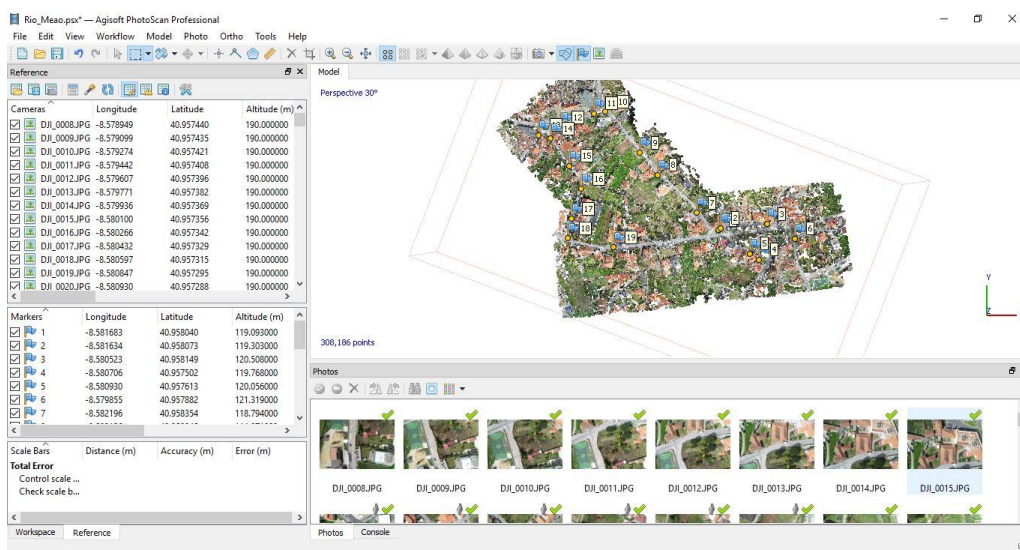


Fig.20 - Representação no Agisoft da nuvem dispersa de pontos obtida no lugar de Santo António e dos 19 pontos de controlo levantados.

Os pontos de controlo, como era expectável, não se encontram exatamente no seu local, tendo de ser posicionados para o mesmo e aí fixados. Para alterar a sua localização e para facilitar este processo, sobre cada ponto utiliza-se a ferramenta *Filter photos by markers*. Desta forma, apenas aparecerem as fotografias que o contêm e, assim, é então possível modificar a posição para o local mais apropriado. Por vezes, não se consegue ver o local preciso do ponto devido a elementos que compõem o local, como árvores, postes de iluminação habitações altas, etc. Nestas situações deixa-se o local do ponto de controlo por defeito. Na Fig.21 encontra-se a representação de um exemplo em que não é possível visualizar o local preciso de um ponto.

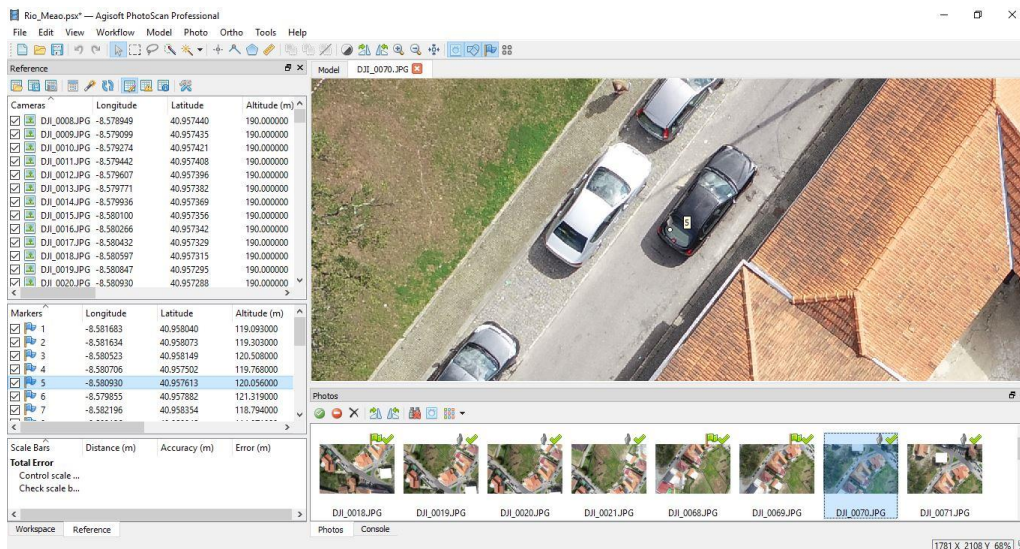


Fig.21 - Representação de um exemplo em que não é possível visualizar o local preciso de um ponto.

Depois de se corrigir a posição de todos os pontos, procedeu-se à calibração ou otimização das câmaras, ou seja, à triangulação aérea das fotografias em que são realizadas operações de orientação interna, orientação relativa e orientação absoluta das fotografias. Na calibração das câmaras são selecionados e, por conseguinte, corrigidos os seguintes parâmetros: as coordenadas do ponto principal (cx , cy); os coeficientes do polinómio da distorção radial ($k1$, $k2$, $k3$); os coeficientes de afinidade e *skew* ($b1$, $b2$) e os coeficientes da distorção tangencial ($p1$, $p2$). O *rolling shutter* não foi corrigido, uma vez que o movimento entre a câmara e o terreno no momento da captação da imagem era considerado desprezável.

Na Fig.22 está representada a tabela obtida no Agisoft com os valores da REMQ⁶ (Raiz do Erro Médio Quadrático) de cada ponto e o total somado. Ter uma REMQ com o valor zero é o ideal, mas na maioria das situações nunca é possível. A REMQ com o valor zero significa que o estimador prevê observações com precisão perfeita.

⁶ A REMQ consiste numa forma de avaliar a diferença entre um valor estimado e o verdadeiro valor da quantidade estimada, sendo o erro obtido o montante que difere entre esses dois valores, ou seja, é a raiz da média dos quadrados dos erros e determina com que precisão estão os dados ajustados ao modelo.

Markers	Long. err (m)	Lat. err (m)	Alt. err (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
1	0.009336	-0.019114	-0.006390	0.005000	0.022211	15	0.559
2	0.041862	0.006106	-0.001693	0.005000	0.042339	15	0.867
3	-0.014505	0.001029	-0.006915	0.005000	0.016102	9	0.439
4	-0.003604	-0.013912	0.006287	0.005000	0.015686	14	1.732
5	0.007050	0.002585	0.008170	0.005000	0.011096	11	1.234
6	-0.006837	-0.001865	-0.067584	0.005000	0.067955	11	0.500
7	-0.061054	0.042757	-0.007785	0.005000	0.074942	19	1.034
8	0.010472	-0.021823	0.016405	0.005000	0.029241	16	1.039
9	0.006862	0.026567	-0.002986	0.005000	0.027601	15	1.319
10	-0.000339	0.011594	0.029984	0.005000	0.032149	17	0.807
11	-0.000646	-0.018289	-0.025419	0.005000	0.031322	16	0.559
12	0.010147	0.018883	0.009397	0.005000	0.021795	17	0.447
13	-0.004490	0.009966	-0.021061	0.005000	0.023729	11	0.531
14	-0.002592	0.001234	-0.015254	0.005000	0.015521	14	0.390
15	0.028857	-0.009767	0.016211	0.005000	0.034510	16	1.205
16	-0.002605	-0.035998	-0.000738	0.005000	0.036099	11	0.341
17	0.001348	-0.023794	0.022808	0.005000	0.032988	4	0.323
18	-0.011863	0.018106	-0.015528	0.005000	0.026640	8	0.446
19	-0.006130	-0.013608	0.006127	0.005000	0.016134	23	0.275
Total Error							
Control points	0.019458	0.019214	0.021030		0.034497		0.865
Check points							

Fig.22 - Representação da tabela obtida no Agisoft com os valores do REMQ de cada ponto e o total somado.

Para avaliar se os valores do REMQ dos pontos de controlo estavam dentro do recomendado, recorreu-se ao documento de exatidão e precisão posicionais para a cartografia em escalas grandes da DGT, e através da escala da cartografia é possível saber qual o valor máximo aceitável do REMQ.

Como se pretende uma cartografia à escala 1:1 000, vai-se agrupar nas escalas entre 1:1 000 a 1:4 500 do documento da DGT que se encontra representado na Fig.23. Importa realçar que este documento é para as fotografias aéreas de avião, logo poderá haver mudanças para o caso do *drone*.

		Escala da Carta / Escala do Voo	1:1 000 / 1:4 500
		Equidistância das curvas de nível	1,00
Apoio Fotogramétrico	Planimetria	EMQ _M ≤	0,05
		99% dos pontos da amostra têm de apresentar um desvio em M < 2.576 * EMQ _M	0,13
		EMQ _P ≤	0,05
		99% dos pontos da amostra têm de apresentar um desvio em P < 2.576 * EMQ _P	0,13
	Se $r = \sqrt{EMQ_M^2 + EMQ_P^2}$, então EMQ _r ≤		0,07
	99% dos pontos da amostra têm de apresentar um desvio em $r < (3.035/\sqrt{2}) * EMQ_r$		0,15
	Altimetria	EMQ _Z ≤	0,10
		99% dos pontos da amostra têm de apresentar um desvio em Z < 2.576 * EMQ _Z	0,26

Fig.23 - Parte do documento de exatidão e precisão posicionais para a cartografia em escalas grandes da DGT.

Analisando os valores do REMQ obtidos em X (0.020 m), Y (0.019 m) e Z (0.021 m) para o lugar de Santo António, e tendo como base parte do documento presente na

Fig.23, pode-se concluir que são bastante satisfatórios e inferiores ao valor máximo permitido.

De seguida, gerou-se a nuvem densa de pontos (*dense cloud*). A conceção da *dense cloud* é um passo essencial para a produção do Modelo Digital de Superfície (MDS)⁷ e do Ortomosaico, que é o produto sobre o qual irá ser feita a atualização cartográfica. Aqui definiu-se a qualidade como sendo alta e a filtragem de profundidade (*Depth Filtering*) como agressiva. Neste passo é reconstruída a profundidade das fotografias e dos pontos anteriormente obtidos.

Para Santo António foi obtida uma nuvem densa com 185 062 077 pontos. Também aqui, após a obtenção da nuvem, deve-se fazer uma análise aos pontos obtidos, uma vez que podem ter sido gerados alguns de forma errada, os quais devem ser eliminados. Ao executar esta análise foram eliminados 6 452 pontos, ficando assim uma nuvem com 185 055 625 pontos.

Tanto a *sparse point cloud* como a *dense cloud*, através dos pontos, representam a altimetria do terreno e das suas estruturas.

Na Fig.24 está a representação no Agisoft de parte da *dense cloud* obtida para o lugar de Santo António.

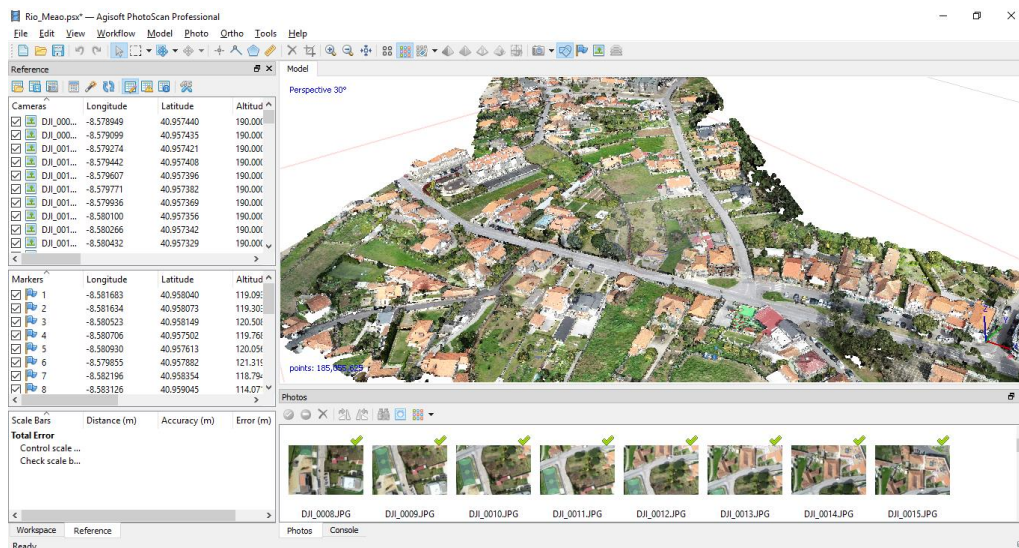


Fig.24 - Representação no Agisoft de parte da *dense cloud* obtida para o lugar de Santo António.

⁷ O MDS é uma representação matemática/computacional que descreve a altimetria do terreno, incluindo todas as estruturas lá presentes.

Depois de produzida a *dense cloud* gerou-se o MDS. Neste passo manteve-se o sistema de coordenadas WGS84 (EPSG: 4326), definiu-se a *Dense Cloud* como sendo os dados de origem e foi ativada a interpolação. A resolução e o tamanho total do pixel deixaram-se por defeito.

A representação do MDS obtido no lugar de Santo António encontra-se na Fig.25.

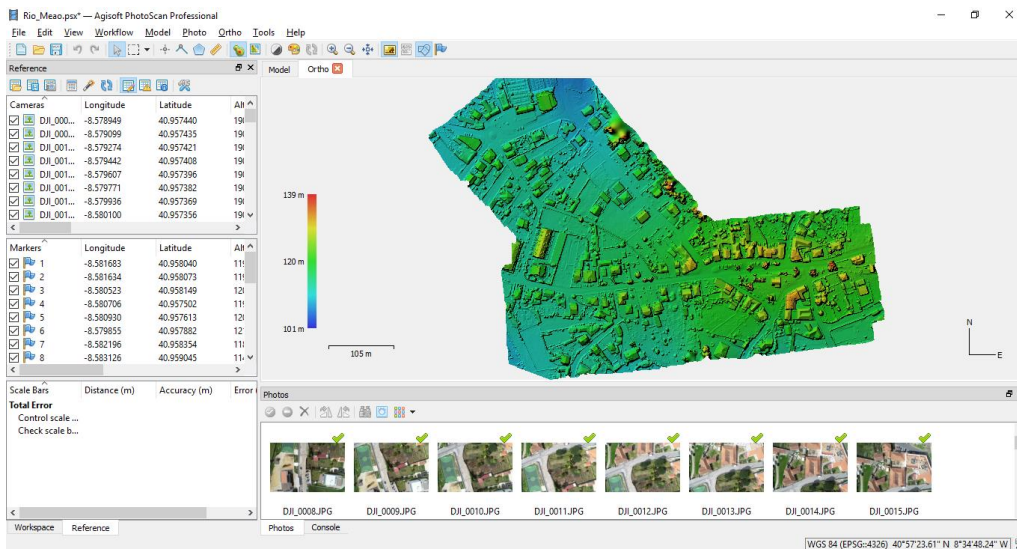


Fig.25 - Representação do MDS obtido no lugar de Santo António.

Por fim, criou-se o ortomosaico⁸. Aqui o sistema de coordenadas WGS84 (EPSG: 4326) foi mantido, definiu-se o MDS como sendo a superfície de apoio e ao tamanho total do pixel foi atribuído o valor pretendido, ou seja, 2 cm. Uma vez que a ortorretificação está a ser feita com o MDS e não com um MDT, o resultado será o que se designa como um orto-verdadeiro, em que os edifícios ficarão também ortorretificados.

Na Fig.26 está exposto, de forma planimétrica no *software* Agisoft, o ortomosaico gerado para o lugar de Santo António. Noutros *software*, possuidores dessa capacidade, é possível visualizar os ortomosaicos de forma altimétrica.

⁸ Um ortomosaico é um mosaico construído a partir de ortofotos sequenciais. Já uma ortofoto pode ser caracterizada como a junção de diversas fotos aéreas retiradas de uma determinada área numa só imagem.

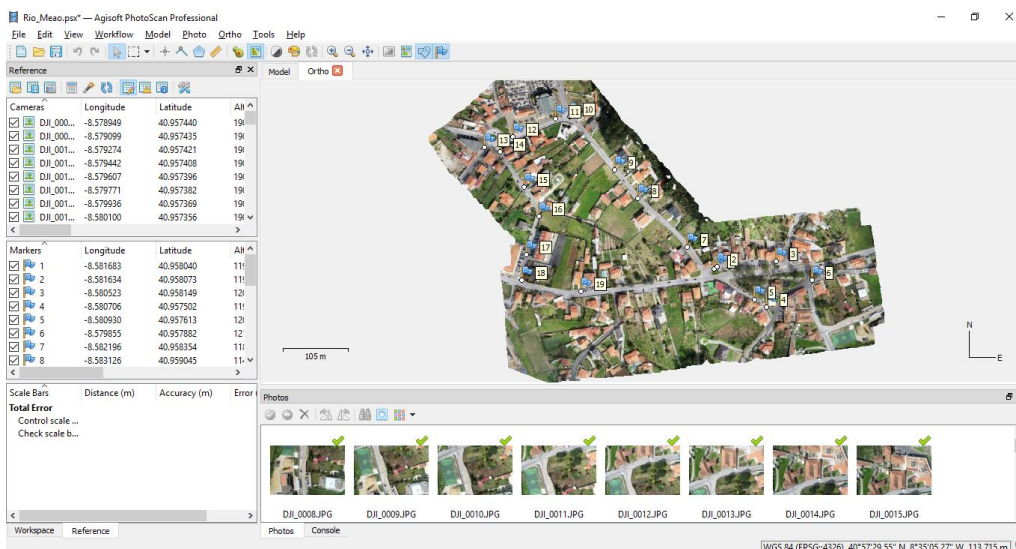


Fig.26 - Representação planimétrica no *software* Agisoft do ortomosaico gerado para o lugar de Santo António.

Para efetuar a digitalização no *software* GeoMedia, ambos os ortomosaicos foram exportados no sistema de coordenadas retangulares PT-TM06/ETRS89 (EPSG: 3763).

Sobre a área do lugar de Santo António que foi digitalizada, gerou-se ainda as curvas de nível⁹. Para tal, utilizou-se como superfície de referência o MDT do local que foi produzido à posteriori do ortomosaico. A equidistância entre cada curva de nível definiu-se com o valor de 0.5 metros.

Este método no Agisoft é bastante mais célere do que o método tradicional de gerar curvas de nível, pois neste último as curvas são produzidas com recurso a pontos cotados que foram recolhidos no próprio local. Na Fig.27 sobre o ortomosaico estão representadas as curvas de nível que foram obtidas.

⁹ As curvas de nível podem-se considerar como sendo linhas em que todos os pontos que a constituem têm a mesma altitude, acima ou abaixo de uma determinada superfície da referência, que geralmente é o nível médio do mar. Forma mais utilizada para representação do relevo.

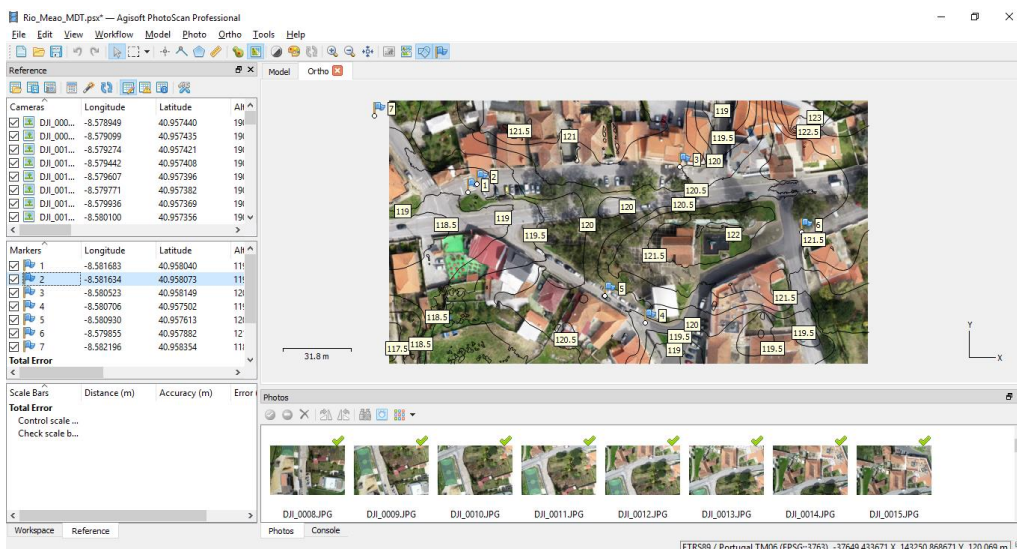


Fig.27 - Representação das curvas de nível (a preto) que foram obtidas para o lugar de Santo António que foi digitalizado.

4.1.1.4 DIGITALIZAÇÃO

Para executar corretamente um processo de digitalização de elementos presentes num determinado local, idealmente, embora muito difícil, não deve ser cometido qualquer tipo de erro. Existem vários tipos de erros possíveis de surgir, sendo alguns dos mais comuns os seguintes:

- Undershoot - Ocorre quando as linhas digitalizadas não atingem o ponto de interseção;
- Overshoot - Ocorre quando as linhas digitalizadas ultrapassam o ponto de interseção;
- Sobreposição de linhas digitalizadas - Este erro ocorre quando existe sobreposição de linhas digitalizadas na formação de um polígono.

Para representar os diferentes elementos presentes na superfície, como por exemplo, tampas, sarjetas, passadeiras, habitações, rodovias, escadarias, muros, entre outros, foram desenhados polígonos, linhas e pontos. Os elementos que foram digitalizados encaixam-se no modelo de dados existentes na Câmara Municipal de Santa Maria da Feira.

Sobre o ortomosaico que foi obtido – representado na Fig.26 – executou-se a digitalização. Sempre que um elemento era digitalizado era necessário preencher uma

determinada informação alfanumérica, como por exemplo, quem digitalizou, como foi recolhido o elemento, que tipo de elemento é, freguesia pertencente, a fase de construção, entre outros. Na Fig.28, sobre o ortomosaico, estão representados todos os elementos digitalizados para Santo António.

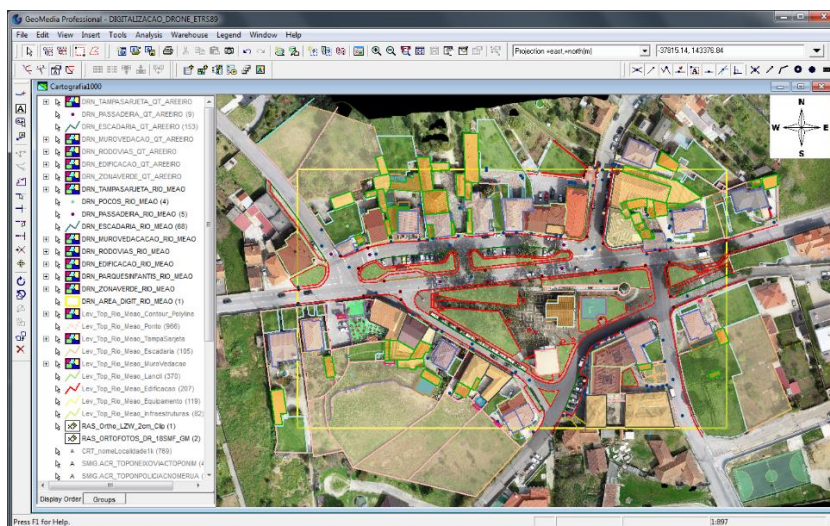


Fig.28 - Representação dos elementos de Santo António digitalizados sobre o ortomosaico, à escala 1:897.

Na Fig.29 estão apenas representados os elementos digitalizados para Santo António. No total foram digitalizados 633 elementos.

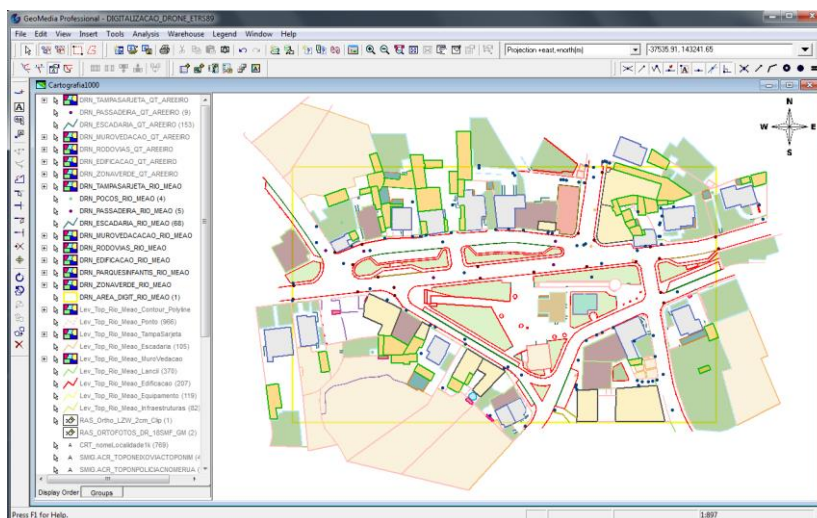


Fig.29 - Representação dos elementos de Santo António digitalizados, à escala 1:897.

Na digitalização sobre os ortomosaicos, a principal dificuldade que surgiu foi na representação dos elementos que estavam presentes nas zonas com vegetação densa, uma vez que esta por vezes tapava esses mesmos elementos.

Na Fig.30 sobre o ortomosaico, está representada a digitalização dos elementos do local de estudo de Santo António que foram recolhidos com estação total.

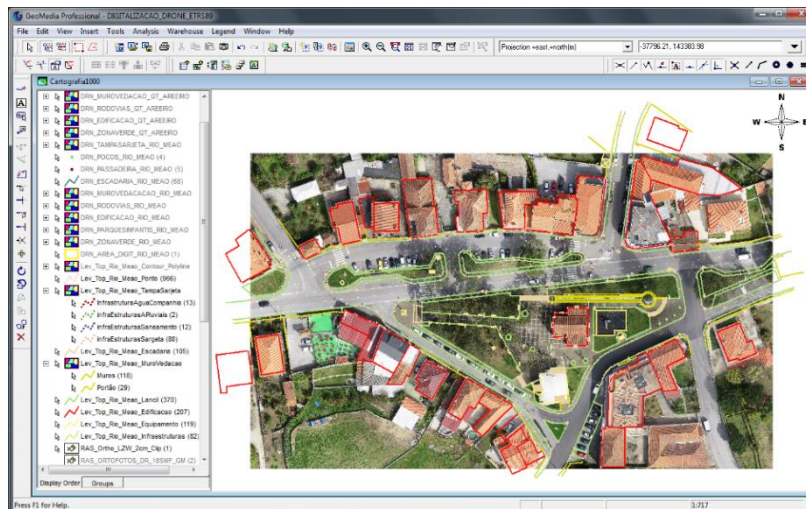


Fig.30 - Representação da digitalização sobre o ortomosaico dos elementos de Santo António recolhidos com estação total, à escala 1:717.

Na Fig.31 estão representados todos os elementos digitalizados para o local de estudo do Santo António que foram obtidos com a estação total.

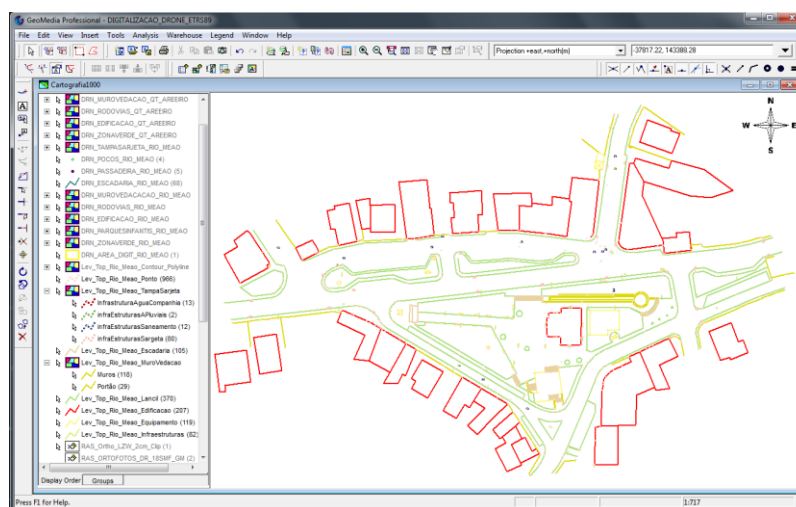


Fig.31 - Representação da digitalização dos elementos de Santo António recolhidos com estação total, à escala 1:717.

Deve-se destacar que para todo e qualquer processo de digitalização pode ser necessário um processo posterior de edição, de forma a corrigir alguns possíveis erros e ainda completar o que seja necessário.

4.1.2 QUINTA DO AREEIRO

4.1.2.1 LOCAL DE LEVANTAMENTO

A área de estudo a ser alvo de atualização cartográfica em que apenas se recolheu a IG com um *drone*, situa-se na freguesia de São João de Ver, no lugar da Quinta do Areeiro. Na Fig.32, a vermelho, está circunscrita toda a área que foi levantada e digitalizada (cerca de 18 hectares).

Conforme se pode visualizar pela figura, este local é composto maioritariamente por terreno aberto, moradias e alguns prédios. Esta sua composição tornava-o à partida, num local sem grandes limitações na sua digitalização.



Fig.32 - Imagem do Google Earth da área levantada e digitalizada (vermelho) no lugar da Quinta do Areeiro.

4.1.2.2 AQUISIÇÃO DE DADOS EM CAMPO

No lugar da Quinta do Areeiro, para recolher IG de toda a área, foi efetuado um voo a 19 de fevereiro de 2018, a uma altitude de 73 metros e uma sobreposição de 70%. Foi necessário efetuar dois voos devido ao tempo de vida da bateria. Neste voo foram recolhidas 209 fotografias do local. Neste primeiro voo todos os pontos recolhidos foram

de ordem natural. Utilizou-se novamente um recetor GPS/GNSS STONEX S9 III PLUS - RTK, no sistema de coordenadas retangulares PT-TM06/ETRS89. Com o bastão a uma altura de 2.00 metros foram levantados 14 pontos.

Na Fig.33 encontra-se a representação da distribuição desses pontos sobre a área de estudo.



Fig.33 - Imagem do Google Earth com a distribuição dos pontos recolhidos no lugar da Quinta do Areeiro.

Na Fig.34 encontra-se a representação do levantamento de um ponto, na Quinta do Areeiro, numa tampa de saneamento.



Fig.34 - Recolha de um ponto, na Quinta do Areeiro, numa tampa de saneamento.

4.1.2.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS RECOLHIDOS EM CAMPO

Para a Quinta do Areeiro o processamento dos dados foi rigorosamente o mesmo. No entanto, após a consulta dos valores da altitude do ponto de referência das fotografias recolhidas, verificou-se que a altitude presente nas informações estava correta.

Para a Quinta do Areeiro foi obtida uma nuvem dispersa com 122 043 pontos. Após a obtenção da nuvem, após análise foram eliminados 13 pontos ficando a nuvem com 122 030 pontos.

Também para a Quinta do Areeiro os valores do REMQ obtidos em X (0.039 m), Y (0.024 m) e Z (0.058 m) são bastante satisfatórios e inferiores ao valor máximo permitido.

Para a Quinta do Areeiro foi obtida uma nuvem densa com 106 213 675 pontos. Também aqui fez-se a análise à nuvem e foram eliminados 4 845 pontos, ficando a nuvem com 106 208 830 pontos

Na Fig.35 está representado no *software* Agisoft de forma planimétrica o ortomosaico gerado para o lugar da Quinta do Areeiro.

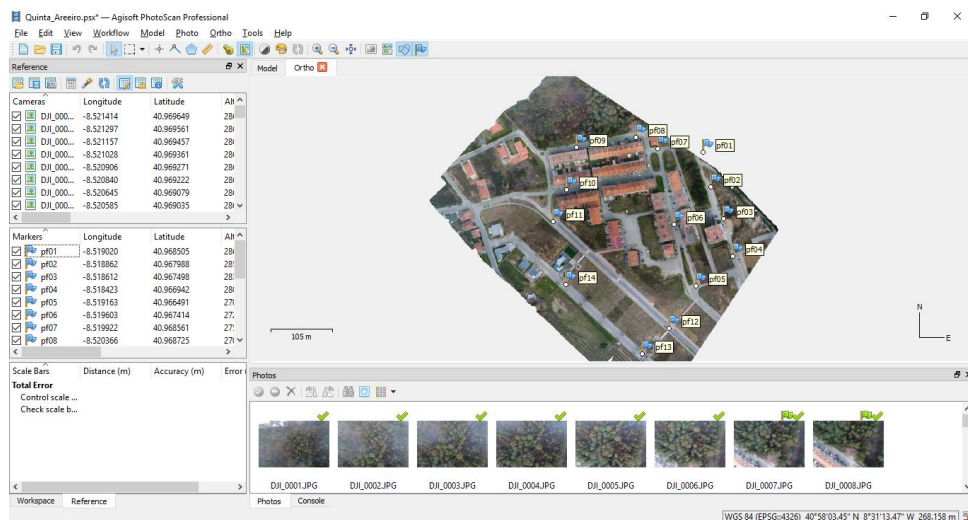


Fig.35 - Representação planimétrica no *software* Agisoft do ortomosaico gerado para o lugar da Quinta do Areeiro.

4.1.2.4 DIGITALIZAÇÃO

Sobre o ortomosaico obtido para a Quinta do Areeiro – representado na Fig.35 – executou-se a digitalização. À semelhança do efetuado em Santo António, os elementos alfanuméricos preenchidos foram os mesmos. Na Fig.36, sobre o ortomosaico, estão representados todos os elementos digitalizados para a Quinta do Areeiro.

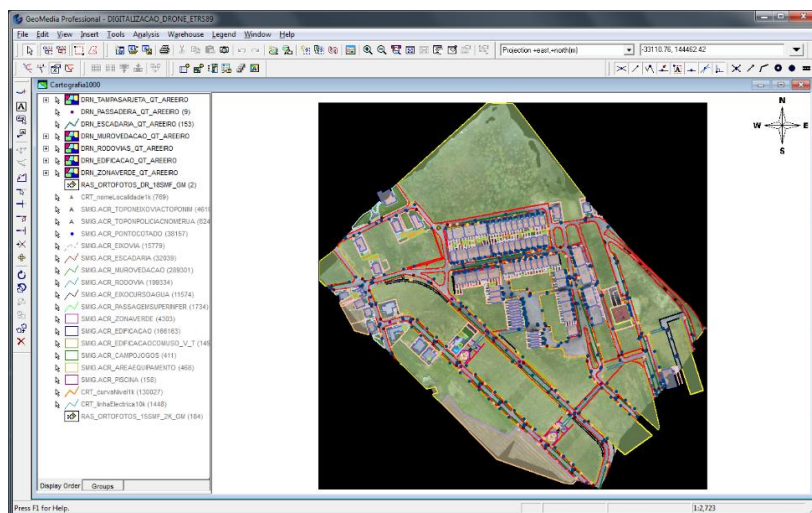


Fig.36 - Representação dos elementos da Quinta do Areeiro digitalizados sobre o ortomosaico, à escala 1:2723.

Na Fig.37 estão apenas representados os elementos digitalizados do local em causa. No total foram digitalizados 2077 elementos.

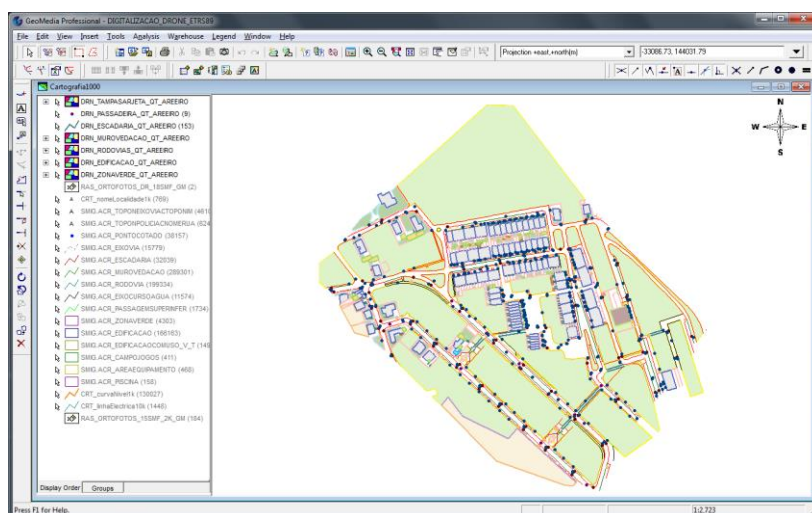


Fig.37 - Representação dos elementos da Quinta do Areeiro digitalizados, à escala 1:2723.

Também na Quinta do Areeiro a principal dificuldade surgiu na representação dos poucos elementos que estavam presentes nas zonas com vegetação densa. Tanto na digitalização de Santo António como na da Quinta do Areeiro pretendeu-se evitar a omissão e a comissão de elementos. Com isto, procurou-se colocar em prática a máxima da completude, onde idealmente todos os objetos existentes no terreno deveriam estar presentes na cartografia digital.

4.2 COMPARAÇÃO DAS CARTOGRAFIAS OBTIDAS

A forma utilizada para efetuar a avaliação da cartografia obtida com recurso ao *drone*, passou por se medir as diferenças entre a digitalização feita sobre os ortomosaicos e a digitalização feita sobre os elementos recolhidos com a estação total.

De seguida, estão expostas algumas imagens em que se fez esta análise, assim como tabelas constituídas pelos valores da diferença entre as duas digitalizações. Apesar de só se apresentarem algumas imagens a retratar essas análises, as mesmas foram executadas em vários elementos presentes na digitalização.

Em cada imagem exposta estão representadas as duas diferentes digitalizações, ou seja, a que foi concebida a partir dos ortomosaicos e também a que foi concebida partindo do levantamento topográfico.

Na Fig.38 estão representadas imagens de algumas comparações feitas na digitalização de lancis presentes nas rodovias.



Fig.38 - Representação de imagens com algumas análises feitas na digitalização de lancis presentes nas rodovias.

Na Tabela 3 estão expostos os valores das diferenças da Fig.38, e respetivo REMQ planimétrico.

Tabela 3 - Valores da diferença entre as digitalizações expostas na Fig.38.

Ponto de Teste	Diferença entre as digitalizações
1	0.09 cm
2	12.60 cm
3	2.34 cm
4	12.99 cm
5	2.96 cm
6	0.25 cm
REMQ	7.55 cm

Na Fig.39 estão representadas imagens de algumas comparações feitas na digitalização de muros e vedações.



Fig.39 - Representação de imagens com algumas análises feitas na digitalização de muros e vedações.

Na Tabela 4 estão expostos os valores das diferenças da Fig.39, e o correspondente REMQ planimétrico.

Tabela 4 - Valores da diferença entre as digitalizações expostas na Fig.39.

Ponto de Teste	Diferença entre as digitalizações
1	1.56 cm
2	0.12 cm
3	4.30 cm
4	1.58 cm
5	2.40 cm
6	7.47 cm
7	8.07 cm
8	0.88 cm
9	3.32 cm
REMQ	4.24 cm

Na Fig.40 estão representadas imagens de algumas comparações feitas na digitalização de edifícios.



Fig.40 - Representação de imagens com algumas análises feitas na digitalização de edifícios.

Na Tabela 5 estão expostos os valores das diferenças da Fig.40, juntamente com o REMQ planimétrico.

Tabela 5 - Valores da diferença entre as digitalizações expostas na Fig.40.

Ponto de Teste	Diferença entre as digitalizações
1	1.19 cm
2	1.21 cm
3	4.89 cm
4	0.76 cm
5	3.70 cm
6	4.29 cm
7	0.36 cm
8	3.95 cm
9	2.83 cm
10	3.33 cm
11	3.90 cm
REMQ	3.16 cm

4.3 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Primeiramente, importa clarificar que em todas as análises efetuadas as diferenças entre as duas digitalizações variaram, em números arredondados, entre os 0 e os 15 centímetros, mas em geral foram bastante inferiores a este último valor.

Os valores mais altos da diferença de posicionamento entre o levantamento topográfico e o *drone* foram encontrados, principalmente, em dois tipos de locais. Um dos tipos foram aqueles onde, por motivos como vegetação densa, beirais, telheiros, etc., os ortomosaicos não tinham uma vista completamente limpa sobre o objeto a ser digitalizado. Os outros locais foram aqueles onde a digitalização de elementos do levantamento topográfico não estava totalmente correta. Isto pode ocorrer por vários motivos. O mais comum é quando o operador, ao efetuar um levantamento de pontos no campo, não tem a correta perceção da forma geométrica do elemento. Isto pode levar a que um ou mais pontos não sejam levantados ou levantados de forma errada. Com esta situação, e como nesta digitalização não há acesso facilitado à fotografia aérea onde se consegue verificar o que se está a desenhar (apenas ao croqui e a fotografias horizontais que possam ter sido tiradas) haverá diferenças nas digitalizações.

Na Fig.41 encontra-se o exemplo de um local onde o levantamento topográfico e, como consequência, as digitalizações apresentam erros. A amarelo a representação do levantamento topográfico e a vermelho a representação da recolha com o *drone*. Neste caso, com a digitalização sobre o ortomosaico pode-se verificar que o lancil tem uma ligeira curva. Como tal, no levantamento topográfico seria necessário recolher mais pontos do que os que foram recolhidos, para representar a ligeira curva do lancil.



Fig.41 - Exemplo de um local onde existe falta de pontos recolhidos.

É também de referir que a qualidade dos ortomosaicos obtidos através das fotografias aéreas do *drone* para executar a cartografia detalhada – 1:1 000 e 1:500 – nestes locais foi excelente. Isto deve-se à precisa e pormenorizada caracterização das particularidades dos locais que estavam presentes nos ortomosaicos.

Por fim importa avaliar se os REMQ obtidos na comparação das cartografias são compatíveis com a escala 1:1000. Ao executar esta análise, também é possível perceber em que estado se encontra a exatidão posicional da cartografia obtida.

Para conceber esta análise recorreu-se ao documento de exatidão e precisão posicionais para a cartografia em escalas grandes da DGT. Através deste documento, em que parte do mesmo se encontra exposto na Fig.42, é possível saber qual o valor máximo aceitável do REMQ para a escala 1:1 000. Analisando os valores do REMQ das Tabelas 3, 4 e 5 pode-se concluir que os REMQ encontrados foram todos compatíveis com a escala 1:1000. Recorde-se que este documento é para as fotografias aéreas de avião, logo poderá haver mudanças para o caso do *drone*.

		Escala da Carta / Escala do Voo	1:1 000 / 1:4 500
		Equidistância das curvas de nível	1,00
ORTOS	Planimetria Digital	EMQ ≤	0,18
		90% dos desvios da amostra têm de apresentar um desvio $r < 1.517 * EMQ_r$	0,27
	Planimetria - Saídas Gráficas	EMQ ≤	0,20
		90% dos desvios da amostra têm de apresentar um desvio ≤	0,35

Fig.42 - Parte do documento de exatidão e precisão posicionais para a cartografia em escalas grandes da DGT.

Ainda relativamente aos valores obtidos nas diferenças entre as digitalizações, existe um fator que pode ser um influenciador delas e que não se pode considerar nem como erro acidental nem grosseiro. Dado que se prende com a forma como cada operador digitaliza, este é um erro aceitável e de influência residual. Sobre um ortomosaico é bastante provável que diferentes operadores digitalizem o mesmo objeto em locais diferentes. Isto não significa que esteja erradamente digitalizado, mas uma diferença de 1mm na zona de digitalização já diferenciará os valores, ainda que não seja por este motivo que o processo esteja errado.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente, importa clarificar que este tipo de investigações são essenciais para determinar se é possível, e até que ponto, introduzir este método para aquisição de IG com o intuito de atualização cartográfica.

No decorrer do trabalho foram encontrados alguns obstáculos, concebíveis de serem ultrapassados e que só vieram enriquecer e dinamizar o trabalho realizado. O contacto com novas ferramentas de *software* usadas nos serviços municipais, e que vieram enriquecer a preparação obtida no decorrer do mestrado, é um desses exemplos.

Relativamente às vantagens, pode-se logo começar pela questão temporal. O tempo despendido para obter e atualizar cartografia – desde o passo inicial de recolha da IG até ao produto cartográfico final – recorrendo ao *drone* é bastante inferior comparando com o método tradicional analisado, uma vez que, por exemplo, os voos para recolher toda a IG dos locais de estudo demoraram em média 12 minutos.

Outra das vantagens de utilizar o *drone* é que este fornece a oportunidade de se obter cartografia em locais onde não é possível efetuar levantamentos com os métodos tradicionais. Um levantamento topográfico tradicional é executado ao longo da via pública, a não ser que seja num local privado e se tenha autorização para o aceder. Contudo, ao usar o *drone* para a execução de um levantamento, aos elementos que da via pública obtidos com os métodos tradicionais, podem-se adicionar todos aqueles que se encontram em locais privados em que o seu acesso carece de autorização.

Uma facilidade de se utilizar o *drone* é que, durante a digitalização dos elementos, existe uma capacidade superior de inserir a mais variada e completa informação alfanumérica dos objetos, como o estado de conservação, os constituintes, entre outros.

Em respeito às limitações, e que podem levar a uma digitalização não estar totalmente correta, estas foram encontradas principalmente em locais como beirais, telheiros, vegetação densa, entre outros. Para que possa ser feita uma boa digitalização planimétrica dos edifícios é fundamental que haja uma boa qualidade do ortoverdadeiro, representando bem a verticalidade dos edifícios. Aquando da digitalização, no que concerne aos beirais, telheiros e outros objetos dessa espécie, o problema reside, na possibilidade de se assumir um valor de área superior ao real que irá levar à

digitalização ser executada num local que não o correto. Isto pode acontecer devido ao facto do ortomosaico ter uma vista completamente aérea e, como tal, não é perceptível o real tamanho desse elemento ou até mesmo se é um objeto desse tipo. É sabido que na fotogrametria tradicional há sempre dificuldades com os beirais, sendo até muitas vezes fazer completagem de campo, pelo que a situação será semelhante no caso dos *drones*. Já a dificuldade resultante da vegetação densa passa por, no momento da digitalização, impossibilitar a visibilidade total ou parcial de um elemento. Com isto, pode não ser exequível digitalizar esse elemento devido a não estar visível, ou efetua-lo erroneamente por estar parcialmente tapado pela vegetação.

Outra desvantagem, e que é vista com uma limitação, prende-se com o tempo de vida da bateria dos *drones* ser ainda bastante curto. Não obstante, a possibilidade de trocar a bateria a meio de um voo torna-os numa ferramenta acessível e muito eficaz.

Embora não seja exequível considerar que o *drone* tenha a capacidade de substituir por completo os métodos tradicionais, pode-se afirmar que o mesmo pode ser o principal método para executar um trabalho desta índole e os métodos tradicionais podem ser utilizados apenas como complemento, caso necessário. Como tal, o resultado final do trabalho que se aqui se apresenta, assume-se como um potencial influenciador na utilização de um novo método para adquirir e atualizar a cartografia do município de Santa Maria da Feira, uma vez que a sua IG está em constante mudança e este é um método acessível e rápido de obtenção e atualização cartográfica.

A utilização do *drone*, no caso da Câmara Municipal de Santa Maria da Feira, traduzir-se-á na cartografia municipal ser atualizada quase de forma automática e a informação fica logo disponível para todos os operadores municipais devido ao modelo que está implementado dentro dos serviços.

Em suma, tendo em conta todos os fatores já descritos, pode-se afirmar e concluir que o *drone* é uma opção bastante válida se para obter e/ou atualizar cartografia, na medida em que os custos e o tempo despendido na obtenção e processamento dos dados são relativamente mais baixos.

Para projetos futuros sugere-se a elaboração de mais análises semelhantes com a utilização de outro método tradicional de recolha de informação. Recomenda-se também locais com geografia diferente aos aqui estudados. Por fim, propõe-se efetuar estudos com uma altura de voo superior ao deste estudo, onde o pixel será maior e serão recolhidas menos imagens do local, facilitando assim o processamento. Nestes casos, pretende-se determinar se os resultados obtidos são na mesma satisfatórios.

BIBLIOGRAFIA

Aronoff, S. (1995) - GIS: A Management Perspective, WDL Publication, Ottawa, Canadá.

Bravo F. F.; Cerda T. J. (1995) - Tecnologia SIG Aplicada a Sistemas de Transportes. Actas VII Congreso Chileno de Ingenieria de Transporte, Santiago, Chile.

Câmara, G.; Casanova, M.A.; Hemerly, A.S.; Magalhães, G.C.; Medeiros, C.M.B. (1996) - Anatomia de sistemas de informação geográfica. Campinas: Unicamp.

Casaca, J.; Matos, J.; Baio, M. (2000) - Topografia Geral. Lidel - Edições Técnicas, Lisboa.

Correa, M. G. G.; Fernandes, R. R.; Paini, L. D. (2010) - Os avanços tecnológicos na educação: o uso das geotecnologias no ensino de geografia, os desafios e a realidade escolar. Acta Scientiarum. Human and Social Sciences, vol. 32, n.º 1.

Eisenbeiss, H. (2009) - UAV photogrammetry. ETH Zurich, Switzerland.

Gemael, C. (1994) - Introdução ao ajustamento de observações, aplicações geodésicas, Editora UFPR, Curitiba, PR.

Goodchild, M. F.; Parks, B. O.; Steyaert, L.T. (1993) - Environmental Modeling with GIS, Oxford University Press, New York.

Harmon, J. E.; Anderson, S. J. (2003) - Design and implementation of geographic information systems. Hoboken, John Wiley.

Humphrey, D. (2014) - UAV and GIS An Emerging Dynamic Duo.

ISO 19113 (2002) - Geographic Information: Quality Principles

ISO 19114 (2003) - Geographic Information: Quality Evaluation Procedures

Jordan, B. R. (2015) - A bird's-eye view of geology: The use of micro drones/UAVs in geologic fieldwork and education. GSA Today. Vol. 25. n.º 7

Julião, R. P. (2001) - Tecnologias de Informação Geográfica e Ciência Regional - Contributos metodológicos para a definição de modelos de apoio à decisão em desenvolvimento regional. Dissertação de Doutoramento, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

Neto, M. S. (2014) - Drones e Agricultura: Como garantir a qualidade do mapeamento aéreo com Drones?

Östman, A. (1997) - The Specification and Evaluation of Spatial Data Quality, In: Proceedings of 18th International Cartographic Conference, Stokolm, Sweden.

Peuquet, A.; Marble, D. (1990) - Introductory Readings in Geographical Information Systems.

Rhind, D. (1998) - The incubation of GIS in Europe. In The History of Geographic Information Systems: Perspectives from the Pioneers.

Rosa, R. (2006) - Tratamento da informação geográfica e as novas tecnologias. In: Silva, José Borzacchiello da; Lima, Luiz Cruz e Correia, Eustógio Wanderley (Ed.) - Panorama da Geografia Brasileira. São Paulo.

Tahar, K., N. (2012) - A New Approach On Slope Data Acquisition Using Unmanned Aerial Vehicle. International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences Vol:13.

Watts, A. C.; Perry, J. H.; Smith, S. E.; Burgess, M. A.; Wilkinson, B. E; Szantoi, Z.; Ifju, P. G.; Percival H. F. (2010) - Small Unmanned Aircraft Systems for Low-Altitude Aerial Surveys. Journal of Wildlife Management vol. 74(7).

Westoby, M. J.; Brasington, J.; Glasser, N. F.; Hambrey, M. J.; Reynolds, J. M. (2012) - 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications.

Wolf, P. R.; Dewitt, B.A. (2000) - Elements of Photogrammetry: With Applications in GIS. 3 ed. U.S.A.: McGraw- Hill Book Company.

Atlas de Santa Maria da Feira

Censos 2011

Sítio web da AMP - <http://portal.amp.pt/pt/4/municipios>, acedido pela última vez a 15/09/2018.

Sítio web da DGT - <http://www.dgterritorio.pt>, acedido pela última vez a 15/09/2018.

Sítio web da ESRI - <https://www.esri.com/en-us/home>, acedido pela última vez a 24/04/2018.

ANEXOS

ANEXO I - PROJETOS SIG DESENVOLVIDOS

REDE DE TRANSPORTES PÚBLICOS

O objetivo simplificado para este projeto em particular, passa por analisar todas as paragens da rede de transportes de todo o município, ou seja, pretende-se inserir, eliminar e modificar paragens. A área de intervenção objeto deste trabalho é todo o Município de Santa Maria da Feira.

Este projeto de gestão da rede transportes, surge após ter entrado em vigor – em agosto de 2015 – uma Lei do Parlamento que determinou que a rede de transportes públicos passava a ser gerida pelos municípios e áreas metropolitanas. Posto isto, na AMP foi imediatamente criada uma única autoridade de transportes responsável por toda a rede, quando inicialmente existiam 19.

De uma forma geral, todo o processo de gestão da rede de transportes que opera no município de Santa Maria da Feira é constituído por cinco partes, concebidas pela ordem descrita:

- a) Validação da atual rede de transportes e inserção da mesma no SIG;
- b) Reunião com as operadoras para solicitação de melhorias e adaptação da atual rede, bem como a solicitação de possíveis novos circuitos;
- c) Inserção no SIG das paragens de autocarro indicadas pelas operadoras;
- d) Uniformização das paragens com possível alteração de nome e localização;
- e) Criação de uma ficha informativa por cada linha, com o intuito de estimar os custos da possível aquisição de abrigos e postaletes.

De toda a execução deste trabalho foram discriminados três pontos. Os que não estão referidos ou já chegaram concluídos aos serviços de gestão da rede de transportes do município ou ainda não se encontravam concluídos aquando da realização do relatório em causa.

EMPRESAS

No primeiro ponto foram introduzidas no Mirante as oito empresas de transporte que operam no concelho. Este passo é necessário e deve ser efetuado anteriormente à inserção das linhas, também no Mirante, porque, aquando da inserção das mesmas no sistema, é necessário associar a essa linha a uma empresa que a executa.

Ao inserir cada uma das oito concessões, são ainda registados alguns dados sobre elas, como o respetivo número de identificação, nome, número de contribuinte, contactos e ainda a localização, em que é inserida a freguesia e a morada da sede. Estes dados apenas são inseridos no caso de existir essa informação.

Na Fig.43 está representado, à esquerda – (a) – os dados de uma empresa com sede no concelho, e à direita – (b) – os dados de uma empresa com sede fora do concelho.

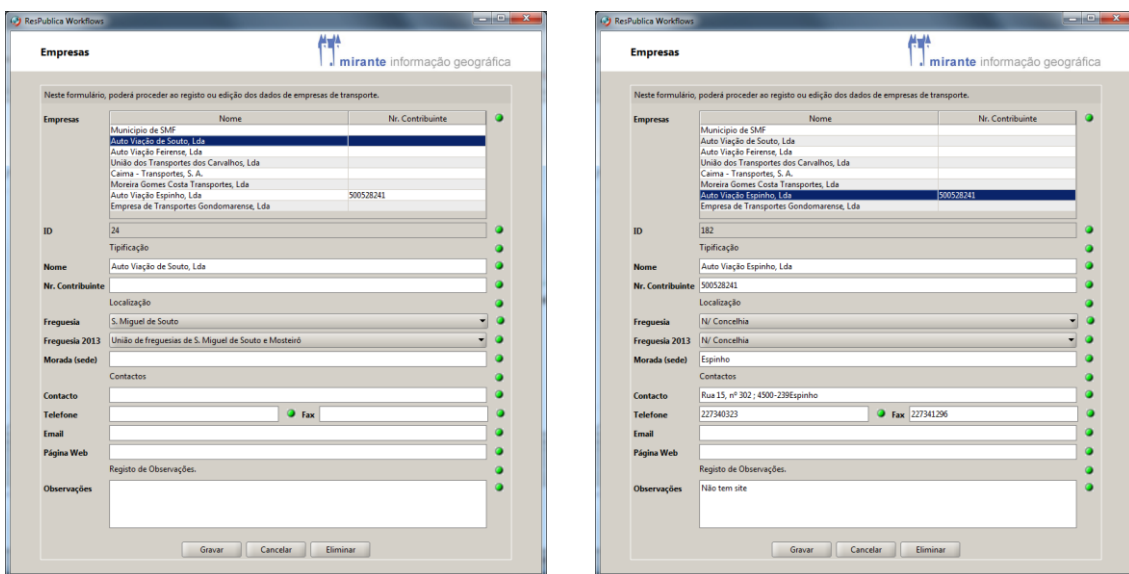


Fig.43 - (a) Dados de uma empresa com sede no concelho; (b) Dados de uma empresa com sede fora do concelho.

LINHAS

Posteriormente a terem sido adicionadas todas as empresas advieram as linhas, ou seja, inseriu-se no Mirante a informação sobre as linhas constituintes da rede de transportes do município.

Numa fase inicial, e à semelhança das empresas, foram inseridas no Mirante as informações sobre todas as linhas municipais e intermunicipais da rede de transportes. Estas informações – empresas operadoras, nomes e constituintes dos números – estavam guardadas num ficheiro Excel (Anexo II).

Após a inserção das linhas, e respetivas informações, no Mirante, procedeu-se à introdução de todas elas no SGBD Oracle, recorrendo ao *software* GeoMedia. Todas as linhas – Municipais e Intermunicipais – com funcionalidade no município, foram fornecidas pela AMP num SGBD Access. Neste ficheiro, as linhas já se encontravam georreferenciadas e vinham separadas por troços. De uma forma geral, entre cada troço das linhas existe ou deveria existir uma paragem.

Para inserir as linhas no Oracle, criou-se uma *feature class*¹⁰ com o seguinte nome: SMIG.RED_REDETRANSP_LINHAS. As linhas foram importadas diretamente do ficheiro da AMP para esta *feature*. Contudo, além do objetivo de inserir as linhas – que eram compostas, como já referido, por conjuntos de troços – neste SGBD, também era pretensa introduzir os troços no Mirante. Este processo (introdução dos troços no Mirante) é concebido no Oracle, que por sua vez se encontra conexo ao Mirante. Para tal, é gerada uma tabela, também ela no Oracle. Esta tabela está interligada ao Mirante, sendo que nesse sistema será possível visualizar os troços que vão sendo adicionados, após uma pesquisa sobre a linha em causa. Os elementos adicionados a esta tabela serão provenientes da *feature* das linhas. O processo de transferência da *feature* linhas para a tabela gerada é feita troço a troço, ou seja, linha a linha da tabela. Após todos os troços estarem na *feature* das linhas, foram atualizados alguns atributos dos mesmos. No total, foram inseridos 11475 troços de linhas que compõem as 137 linhas existentes.

Na Fig.44 encontram-se expostas todas as linhas da *feature* SMIG.RED_REDETRANSP_LINHAS.

¹⁰ Uma *feature class* consiste numa representação de um objeto real num mapa, através de pontos, linhas e polígonos.

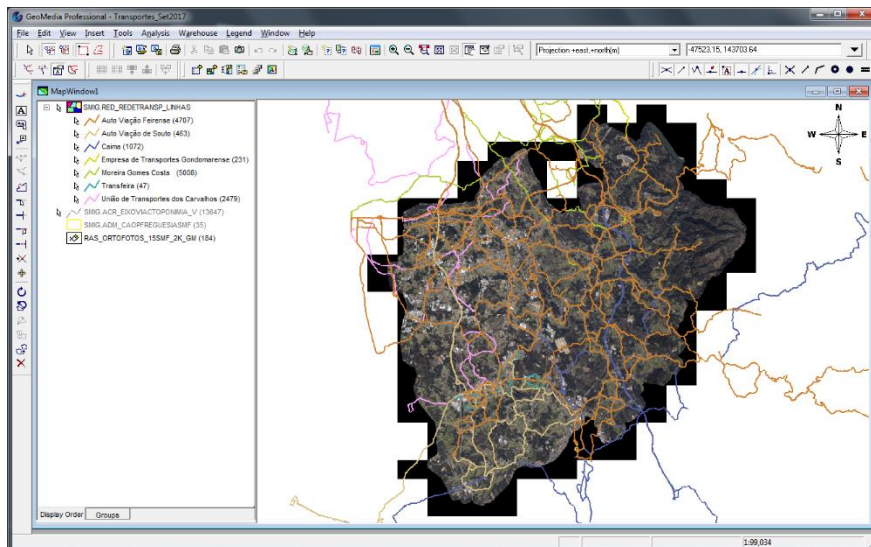


Fig.44 - Linhas de todas as operadoras da rede de transportes do município, à escala 1:99034.

PARAGENS

Após a introdução de todas as linhas no sistema, procedeu-se à edição das paragens no sistema, isto é, procedeu-se à uniformização das mesmas. Neste processo são efetuadas várias possíveis intervenções, como por exemplo, alteração do nome, alteração da localização e eliminação da paragem, entre outros. Estes fatores são bastante influenciados pela densidade populacional e o tipo de região geográfica. Para zonas urbanas as paragens devem ser colocadas de 600 em 600 metros enquanto que em zonas rurais de 1000 em 1000 metros, mas sempre dentro do possível e aceitável, podendo haver exceções justificáveis.

Para tal, as operadoras forneceram um ficheiro em formato *shapefile* com as paragens levantadas e georreferenciadas onde tinham linhas em atividade, bem como os nomes atribuídos a cada uma delas. No total, foram fornecidas 1503 paragens.

No Mirante sobre cada paragem, ou possível paragem, pode ser feita uma de quatro operações diferentes:

- a) Manter - Nestes casos apenas foi inserida no Mirante toda a informação sobre a paragem que está a ser tratada e que era necessária ser preenchida.
- b) Deslocar - Normalmente a deslocação de uma paragem ocorre devido a esta não se encontrar num local adequado. São essencialmente respeitados e

analisados dois fatores para considerar que uma paragem se encontra num local inoportuno e assim ser passível de deslocação, sendo eles:

1 - Possibilidade de ocorrer um elevado condicionamento da circulação automóvel e/ou circulação pedonal. Este fator pode implicar elevado perigo e caso esta situação se verifique, preferencialmente, e se possível, a paragem deve ser deslocada.

2 - Densidade populacional. Por vezes uma paragem encontra-se num local com uma baixa densidade populacional. Nestes casos, se for descolada para um local com uma densidade superior, servirá um maior número de pessoas e com um nível qualidade superior.

c) Eliminar - A decisão de eliminar uma paragem pode ser tomada com base também em dois fatores:

1 - Redundância de paragens. É o fator mais comum que leva a eliminar uma paragem. Para serem redundantes é necessário que tenham as mesmas linhas a operar sobre elas e ainda a distância entre elas seja inferior ao recomendado.

2 - Densidade populacional. Por vezes, uma densidade populacional baixa – que é traduzida num número inferior de utentes – faz-se com que, teoricamente, uma paragem seja prescindível.

d) Inserir - A tomada da decisão de inserir uma nova paragem deve-se à carência de uma paragem num determinado local.

Em cada paragem foram inseridos ou alterados dados sobre:

- as suas características, como por exemplo, o seu nome, a rua onde se encontra, uma fotografia, etc.;
- os seus equipamentos, como por exemplo, se tem abrigo, se tem postalete, se tem bancos, o proprietário da instalação, etc.;
- as linhas que lá operam, anexando-se ficheiros com os horários e tarifários;
- observações e informações adicionais, como por exemplo, informou-se se que esta paragem era para manter tudo exatamente como se encontrava preliminarmente.

Com a adição de novas paragens, e ainda sem se excluir as que estavam propostas para isso, passaram a existir 1518 paragens, o que se traduz em 15 novas paragens.

Na Fig.45 estão representadas a verde as paragens existentes no município.

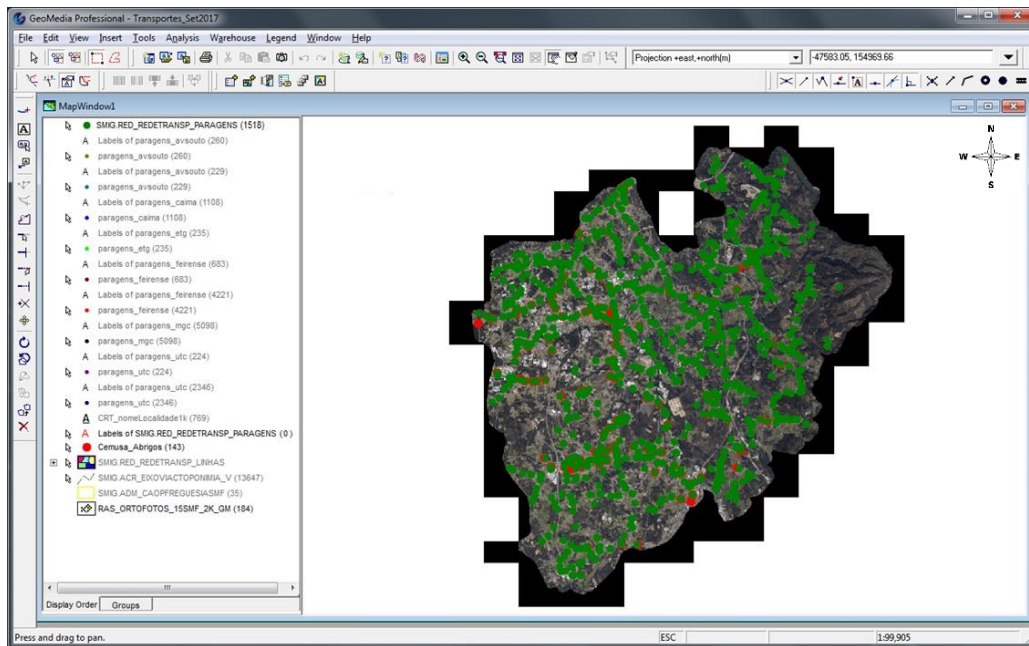


Fig.45 - Paragens existentes no município (a verde), à escala 1:99905.

EXECUÇÃO DE UM LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

Neste trabalho foi executado um levantamento topográfico, a 20 de março de 2018, de pontos das rodovias de algumas vias dos Caminhos de peregrinação de Fátima e de Santiago, em alguns locais da Estrada Nacional 1 no Concelho de Santa Maria da Feira e em alguns locais da cidade de Lourosa. Este levantamento teve como propósito uma possível futura requalificação e criação de passeios nesses mesmos locais.

Para efetuar o levantamento topográfico utilizou-se um recetor GPS/GNSS STONEX S9 III PLUS - RTK, usando a técnica de posicionamento em tempo real de alta precisão RTK. No total foram recolhidos 274 pontos no sistema de coordenadas retangulares PT-TM06/ETRS89 (Meridiano, Paralelo, Altitude Elipsoidal).

A técnica RTK é um método de posicionamento que ajuda o sistema GPS a ter mais precisão, que oferece precisões melhores que 10 cm. Este método baseia-se na transmissão instantânea de sinais de satélites, proporcionando desta forma conhecimento em tempo real de coordenadas precisas dos pontos levantados. Este posicionamento fez-se pelo método em rede, isto é, através da Rede Nacional de

Estações (de referência) Permanentes – ReNEP – GPS/GNSS de observação contínua, espalhadas por Portugal Continental e Regiões Autónomas, que difundem observações nos sistemas de referência ETRS89 – continente – e *International Terrestrial Reference Frame* 1993 (ITRF93) – regiões autónomas –, para posicionamento em tempo-real, ou para pós-processamento com ficheiros RINEX. (Sítio web da DGT).

Ao levantar os pontos com o RTK é necessário atentar se os valores do DOP, isto é, dos seus constituintes, se encontram dentro do aceitável. Os valores do DOP devem aproximar-se o mais possível de 0, pois quanto menor o DOP, maior será a precisão e a qualidade dos dados recolhidos. Os constituintes do DOP são:

- a) GDOP - Diluição da Precisão Geométrica;
- b) TDOP - Diluição da Precisão Temporal;
- c) PDOP - Diluição da Precisão da Posição Tridimensional;
- d) VDOP - Diluição da Precisão Vertical;
- e) HDOP - Diluição da Precisão Horizontal.

Os valores dos constituintes do DOP no dia e hora do levantamento estão representados na Fig.46.

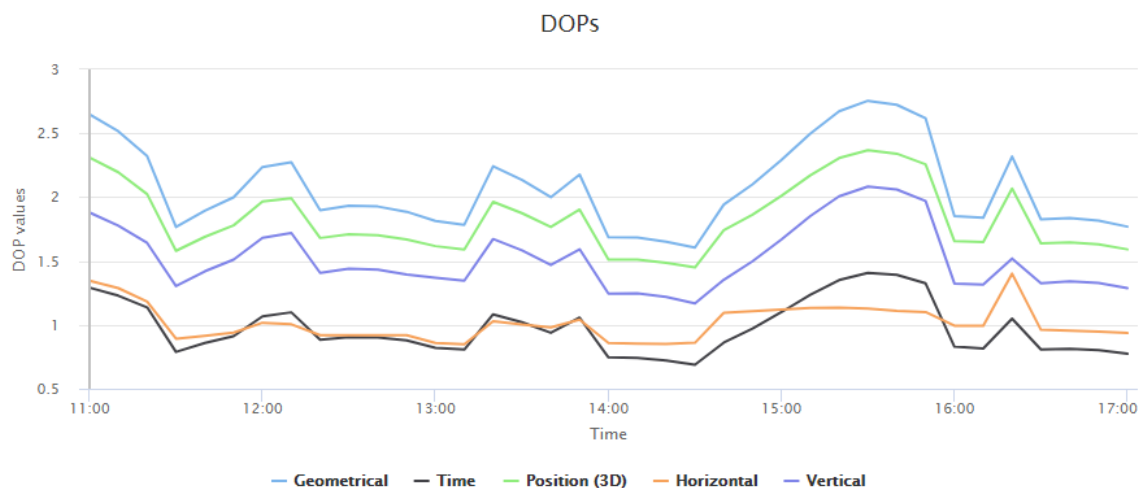


Fig.46 - Valores dos DOPs obtidos.

Por análise da Fig.46 pode-se verificar que, de uma forma geral, os valores do DOP permitiram obter um levantamento com medições precisas. Na Tabela 6, estão descritas as qualidades dos três níveis DOP mais precisos.

Tabela 6 - Tabela com as descrições da qualidade dos níveis DOP.

Nível DOP	Qualidade	Descrição
< 1	Ideal	Medições com máxima precisão possível
1-2	Excelente	Medições precisas
2-5	Bom	Medições com precisão adequadas

Após a recolha dos pontos, representou-se planimetricamente os elementos dos pontos que foram recolhidos. Para tal, usou-se o *software* AutoCAD – *software* de desenho – para digitalizar os elementos presentes na superfície terrestre, como baias de estacionamento, lancis, marcas rodoviárias (linhas contínuas laterais da estrada), muros, passadeiras, passeios, portões e sarjetas.

Na Fig.47 estão representados todos os elementos digitalizados, assim como os pontos que foram recolhidos. Contudo, no Anexo III deste relatório encontram-se representadas as impressões dos elementos digitalizados que foram obtidos no levantamento topográfico.

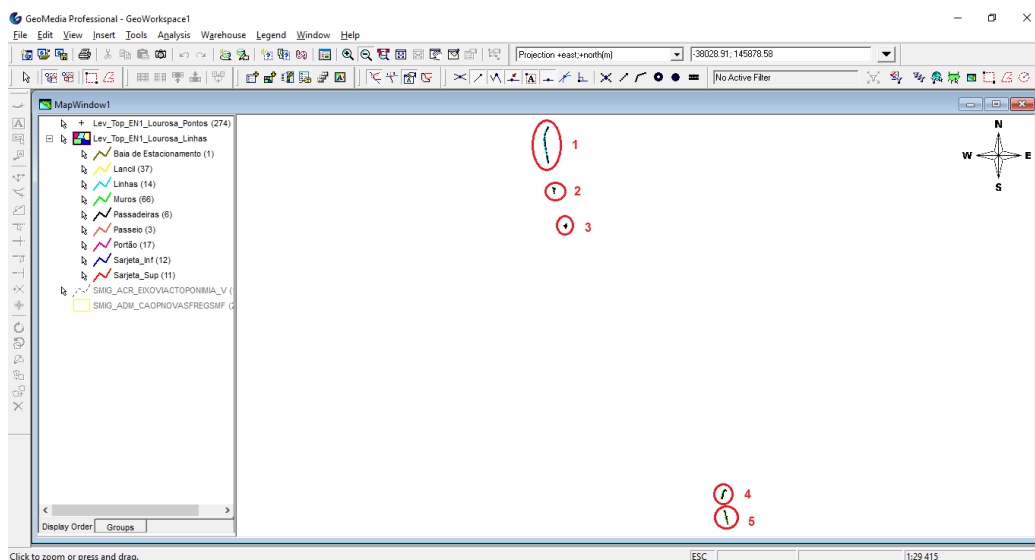


Fig.47 - Representação dos elementos digitalizados, à escala 1:29415.

A partir de um ficheiro CAD com as *layers* pré-definidas, isto é, do catálogo de topografia, é efetuada a atualização cartográfica dos levantamentos topográficos. Algumas dessas *layers* do catálogo de topografia estão visíveis na Fig.48.

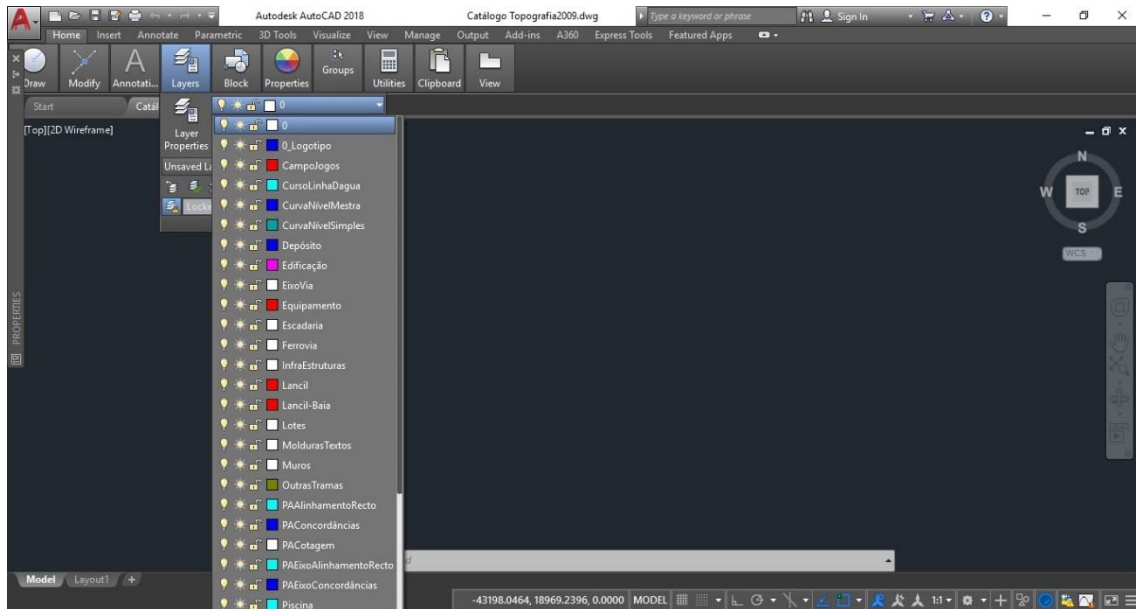


Fig.48 - Representação no *software* AutoCAD de algumas *layers* do catálogo de topografia.

ANEXO II

Linhas Municipais

Município		Linhas						
Santa Maria da Feira		Municipais						
Listagem das linhas :								
Auto Viação de Souto, Ldª						VALIDAR		Autorização Nº
COD	DESIGNAÇÃO	TIPO	ORIGEM	DESTINO	SIM	NÃO		
01A	ARCAS - C+S ARRIFANA	Base	ARCAS	ARRIFANA	sim		119	
01B	FORNOS - ESC C.S CAVACO	Base	FORNOS	ESC CAVACO	sim			
2	SOUTO - FEIRA (MOSTEIRO E FORNOS)	Base	SOUTO	FEIRA	sim		121	
02A	SOUTO - FEIRA (MOSTEIRO E FORNOS)	Base	TAREI	FEIRA	sim		122	
10	SOUTO - STA M. FEIRA (ESC. SECUNDÁRIA)	Base	S.MIGUEL DE SOUTO	STª Mª DA FEIRA	sim		126	
11	TAREI - SOUTO - FEIRA	Base	TAREI	FEIRA	sim		127	
12	SOUTO - FEIRA (MAF)	Base	SOUTO	FEIRA	sim		128	
Auto Viação Feirense, Ldª						VALIDAR		
COD	DESIGNAÇÃO	TIPO	ORIGEM	DESTINO	SIM	NÃO		
5	DUAS IGREJAS - LOUROSA (VENDAS NOVAS)	Base	DUAS IGREJAS	LOUROSA (VENDAS NOVAS)	SIM		141	
6	LOUROSA (V.N.) - S. M. FEIRA	Base	LOUROSA (V.N.)	S. M. FEIRA	SIM		142	
8	LOUROSA (V. NOVAS) - S. JORGE	Base	LOUROSA (V. NOVAS)	S. JORGE	SIM		144	
12	QUINTA AREEIRO - S. J. VÉR	Base	QUINTA AREEIRO	S. J. VÉR	SIM		148	
14	AREAL-PESSEQUEIRO	Base	AREAL	PESSEQUEIRO	SIM		150	
15	MOSTEIRO (CANEDO) - S.M.FEIRA	Base	MOSTEIRO (CANEDO)	S.M.FEIRA	SIM		151	
17	MOZELOS - LOUROSA (ESCOLA)	Base	MOZELOS	LOUROSA (ESCOLA)	SIM		153	
21	ESCOLA LOUROSA - S. JOÃO DE VÉR	Base	ESCOLA LOUROSA	S. JOÃO DE VÉR	SIM		156	
22	PESSEQUEIRO - ESCOLA CORGA	Base	PESSEQUEIRO	ESCOLA CORGA	SIM		157	
24	LOUROSA (V.N.) - VERGADA (ESCOLA GLOBAL)	Base	LOUROSA (V.N.)	VERGADA (ESCOLA GLOBAL)	SIM		159	
25	TOZEIRO - LOUROSA (V.N)	Base	TOZEIRO	LOUROSA (V. NOVAS)	SIM		160	
26	ESCOLA MILHEIRÓS - ESCOLA DE ARRIFANA	Base	ESCOLA MILHEIRÓS	ESCOLA DE ARRIFANA	SIM		161	
33	FAFIÃO(ROMARIZ)-LOUROSA(VENDAS NOVAS)	Base	FAFIÃO(ROMARIZ)	LOUROSA(VENDAS NOVAS)	SIM		168	
34	MOTA(CANEDO)-S.MARIA DA FEIRA	Base	MOTA(CANEDO)	S.MARIA DA FEIRA	SIM		169	
36	ARGONCILHE(IGREJA)-S.MARIA DA FEIRA	Base	ARGONCILHE(IGREJA)	S.MARIA DA FEIRA	SIM		171	
39	LOUROSA (V. NOVAS) - ESCOLA PAÇOS DE BRANDÃO	Base	LOUROSA (V. NOVAS)	ESCOLA DE PAÇOS BRANDÃO	SIM		174	
43	TAREI - S.M.FEIRA	Base	TAREI	S.M.FEIRA	SIM		178	
44	ESCOLA DE MILHEIRÓS - ESTOZE	Base	ESCOLA DE MILHEIRÓS	ESTOZE	SIM		179	
45	PIGEIRO - ESCOLA MILHEIROS	Base	PIGEIRO	ESCOLA MILHEIROS	SIM		180	
46	ESCOLA DE MILHEIRÓS - SEIXAL	Base	ESCOLA DE MILHEIRÓS	SEIXAL	SIM		181	
47	ESCOLA ARGONCILHE - VERGADA	Base	ESCOLA ARGONCILHE	VERGADA	SIM		182	
48	ESCOLA CORGA - RIBEIRO	Base	ESCOLA CORGA	RIBEIRO	SIM		183	
49	ESCOLA CORGA - AREIAS	Base	ESCOLA CORGA	AREIAS	SIM		184	
51	ESCOLA ARGONCILHE - TABUAÇA	Base	ESCOLA ARGONCILHE	TABUAÇA	SIM		186	

53	REBORDELO - CORGA DE LOBÃO	Base	REBORDELO	CORGA de LOBÃO	SIM		188
54	ESCOLA FIÃES - CORGA de LOBÃO	Base	ESCOLA FIÃES	CORGA de LOBÃO	SIM		189
55	PEREIRO - ESCOLA FIÃES	Base	PEREIRO	ESCOLA DE FIÃES	SIM		190
56	CORGA LOBÃO - LOUROSA	Base	CORGA LOBÃO	LOUROSA (V. NOVAS)	SIM		191
57	ESCOLA LOUROSA - VERGADA	Base	ESCOLA LOUROSA	VERGADA	SIM		192
58	SOUTO REDONDO - ESCOLA DE FIÃES	Base	SOUTO REDONDO	ESCOLA DE FIÃES	SIM		194
61	LOUROSA (VENDAS NOVAS) - LOUROSA (V. NOVAS)	Base	LOUROSA (VENDAS NOVAS)	LOUROSA (V. NOVAS)	SIM		196
62	S.M.FEIRA - TAREI	Base	S.M.FEIRA	TAREI	SIM		197
63	TRAVANCA - S. M. FEIRA (ESCOLA)	Base	TRAVANCA	S. M. FEIRA (ESCOLA)	SIM		198
64	Vila Maior - Escola de Canedo	Base	Vila Maior	ESCOLA DE CANEDO	SIM		199
65	MOTA - ESCOLA DE CANEDO	Base	MOTA	ESCOLA DE CANEDO	SIM		200
68	MOTA (CANEDO) - CANEDO ESCOLAS	Base	MOTA (CANEDO)	CANEDO ESCOLAS	SIM		203
69	SERRALVA (VALE) - S. VICENTE	Base	SERRALVA (VALE)	S. VICENTE	SIM		204
72	ESCOLA CORGA - TOZEIRO	Base	ESCOLA CORGA	TOZEIRO	SIM		205
76	LOUROSA - ESCOLA DE FIÃES	Base	LOUROSA (V. NOVAS)	ESCOLA DE FIÃES	SIM		208
77	LOUROSA (A.N.) - S.M.FEIRA	Base	LOUROSA (A.N.)	S.M.FEIRA	SIM		209

Linhas Intermunicipais

Município		Linhas				
Santa Maria da Feira		Intermunicipais / Inter Regionais				
Auto Viação de Souto, Ldª.						VALIDAR
COD	DESIGNAÇÃO	TIPO	ORIGEM	DESTINO	SIM	NÃO
1	FURADOURO (OVAR) - S. JOAO DA MADEIRA (VIA STA M. FEIRA)	Base	FURADOURO	SÃO JOÃO DA MADEIRA	sim	
6	FORNOS - SÃO JOÃO DA MADEIRA	Base	FORNOS	SÃO JOÃO DA MADEIRA	sim	124
7	SJ MADEIRA - PORTO (VIA A1)	Base	S. J. DA MADEIRA	PORTO	sim	125
CAIMA - Transportes, S. A.						VALIDAR
COD	DESIGNAÇÃO	TIPO	ORIGEM	DESTINO	SIM	NÃO
2	Porto - S. João da Madeira (p/ EN1)	Base	Porto	S. João da Madeira	SIM	263
8	Fajões - S. João da Madeira (Est.)	Base	Fajões	S. João da Madeira	por validar	
15	Furadouro - S. João da Madeira	Base	Furadouro	S. João da Madeira	por validar	
29	S. João Madeira - S. João Madeira (Circ p/ Milheiros)	Base	S. João da Madeira	S. João da Madeira	por validar	
61	Aveiro - Castelo de Paiva	Base	Aveiro	Castelo de Paiva	por validar	
72	Pessegueiro do Vale - S. João da Madeira	Base	Pessegueiro do Vale	S. João da Madeira		292
82	PORTO - S. JOAO MADEIRA	Base	Porto	S. JOAO MADEIRA		293
89	São João da Madeira - Pigeiros	Base	São João da Madeira	Pigeiros		296
122	S. João da Madeira - S. João da Madeira (p/ Arrifans)	Base	S. João da Madeira	S. João da Madeira		299
Empresa de Transportes Gondomarense, Ldª.						VALIDAR
COD	DESIGNAÇÃO	TIPO	ORIGEM	DESTINO	SIM	NÃO
12	LOMBA (Gondomar) - PORTO (Hosp. S. João)	Base	LOMBA	PORTO (Hosp. S. João)	sim	326

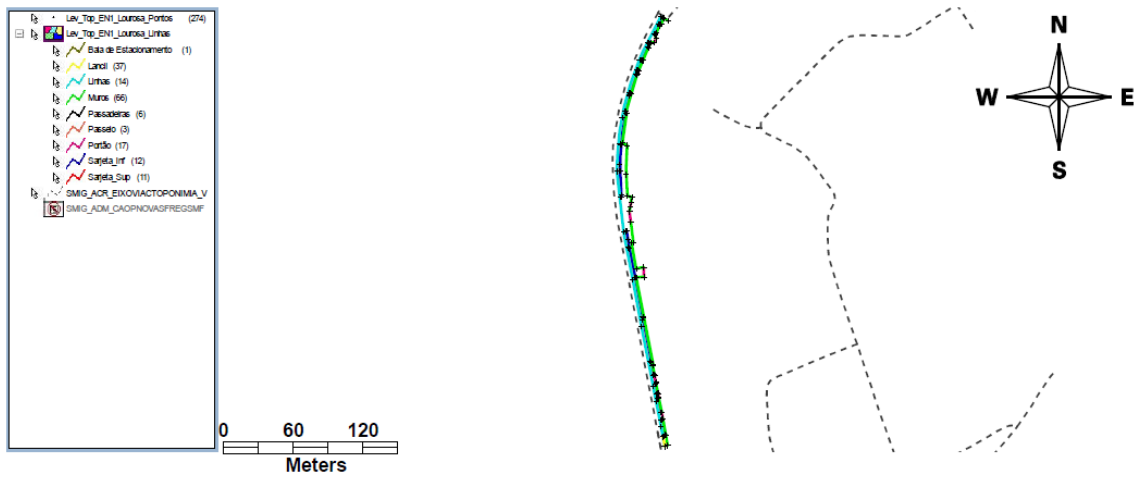
Auto Viação Feirense, Ldª.					VALIDAR		
COD	DESIGNAÇÃO	TIPO	ORIGEM	DESTINO	SIM	NÃO	
1	LOUROSA (V. NOVAS) - PORTO	Base	LOUROSA (V. NOVAS)	PORTO	sim		137
2	AROUCA - LOUROSA (V. NOVAS)	Base	AROUCA	LOUROSA (V. NOVAS)	sim		138
3	LOUROSA (VENDAS NOVAS)-S. PEDRO DE AROUCA	Base	LOUROSA (VENDAS NOVAS)	S.PEDRO DE AROUCA	SIM		139
4	PORTO - SOBRADO DA PAIVA (VIA A32)	Base	PORTO	SOBRADO DA PAIVA	FALTA VALIDAR		
7	ESPINHO - FIÃES	Base	ESPINHO	FIÃES	sim		143
9	LOUROSA (V.N.) - PORTO (A1)	Base	LOUROSA (V. NOVAS)	PORTO (A1)	sim		145
10	BELECE-LOUROSA(VENDAS NOVAS)	Base	BELECE	LOUROSA (VENDAS NOVAS)	sim		146
11	LAMAS (PARQUE)-SÁ (SANDIM)	Base	LAMAS (PARQUE)	SÁ (SANDIM)	sim		147
16	CALDAS DE S.JORGE-ESCARIZ	Base	CALDAS DE S.JORGE	ESCARIZ	sim		152
19	CORGA DO LOBÃO-SÃO JOÃO DE MADEIRA	Base	CORGA DO LOBÃO	S.JOÃO DA MADEIRA	sim		154
15	SEIXEZELO - CANEDO	Base	SEIXEZELO	CANEDO	sim		155
23	LOUROSA (VENDAS NOVAS)-PÓVOA DE LEVER	Base	LOUROSA (VENDAS NOVAS)	PÓVOA DE LEVER	sim		158
26	ESPINHO-POUSADELA	Base	ESPINHO	POUSADELA	sim		163
29	ESPINHO-SOBRADO DA PAIVA	Base	ESPINHO	SOBRADO DE PAIVA			
30	ALTOS CÉUS - ESCOLA DE ARGONCILHE	Base	ALTOS CÉUS	ESCOLA DE ARGONCILHE	sim		165
31	ESPINHO-FERRADAL	Base	ESPINHO	FERRADAL	sim		166
32	ESPINHO-QUEBRADA(OLEIROS)	Base	ESPINHO	QUEBRADA	sim		167
35	LOMBA - ESCOLA DE CANEDO	Base	LOMBA	ESCOLA DE CANEDO	sim		170
37	MOSTEIRO-S.JOÃO DE MADEIRA	Base	MOSTEIRO	S.JOÃO DE MADEIRA	sim		172
38	AROUCA-S.JOÃO DA MADEIRA	Base	AROUCA	S.JOÃO DA MADEIRA	sim		173
40	LOUROSA (A.N.) - ESPINHO	Base	LOUROSA (A.N.)	ESPINHO	sim		175
41	AROUCA (Praça do Município) - PORTO (Via A32)	Base	AROUCA	PORTO	sim		176
42	LOUROSA (A.N.) - CORTEGAÇA	Base	LOUROSA (A.N.)	CORTEGAÇA			
50	S.M.FEIRA - CORTEGAÇA	Base	S.M.FEIRA	CORTEGAÇA	sim		185
52	S.M.FEIRA - S. VICENTE	Base	S.M.FEIRA	S. VICENTE	sim		187
58	Escola de Canedo - Carvoeiro	Base	Escola de Canedo	Carvoeiro	sim		193
60	ESCOLA CANEDO - AREIJA	Base	ESCOLA CANEDO	AREIJA	sim		195
61	SOBREDA - CANEDO	Base	SOBREDA	CANEDO	sim		202
73	CANEDO - ESPINHO (A32)	Base	CANEDO	ESPINHO (A32)	sim		206
74	ESPINHO PORTO (A1)	Base	ESPINHO	PORTO (A1)	sim		207
70	ovar-furadouro		não está na listagem da AMP				
71	ortegação-Esmoriz		não está na listagem da AMP				

Moreira Gomes & Costas, Ldª.					VALIDAR		
COD	DESIGNAÇÃO	TIPO	ORIGEM	DESTINO	SIM	NÃO	
111	Canedo - Porto (via C+S)	Base	Canedo	Porto	SIM		422
113	Canedo - Porto (via Variante)	Base	Canedo	Porto	SIM		423
115	Canedo - Porto (Via Vessada)	Base	Canedo	Porto	SIM		424
117	Canedo - Porto (via Fiozo)	Base	Canedo	Porto	SIM		425
119	Mota - Porto (via Sandim)	Base	Mota	Porto	SIM		426
120	Lomba - Porto (via Vessada)	Base	Lomba	Porto	SIM		427
121	Lomba - Porto (via Variante)	Base	Lomba	Porto	SIM		428
122	Louredo - Porto (Via auto-estrada)	Base	Louredo	Porto	SIM		429
122A	Louredo - Porto (Via EN1)	Base	Louredo	Porto	SIM		430
124	Várzea - Carvalhos	Base	Várzea	Carvalhos	SIM		432
132	Lomba - Porto (via C+S)	Base	Lomba	Porto	SIM		132

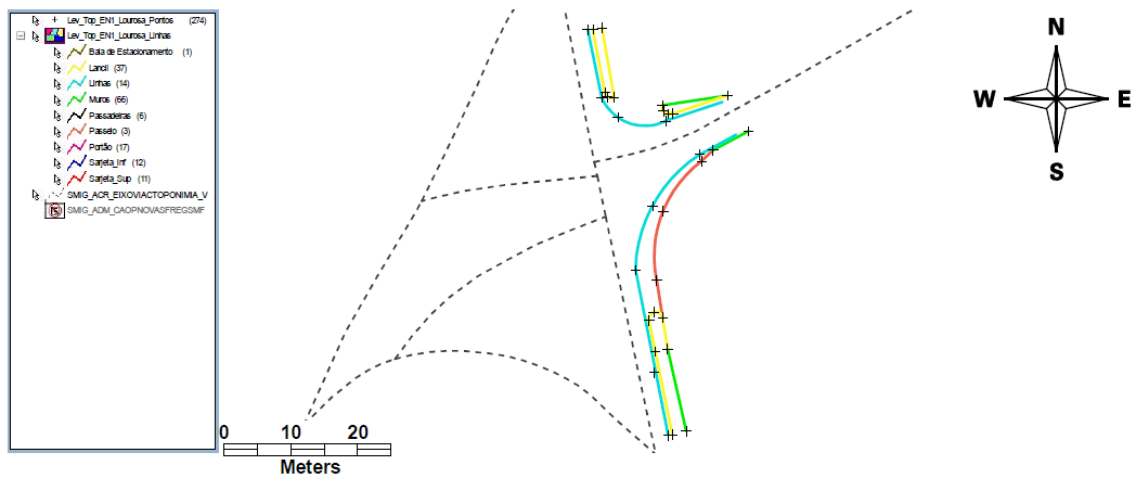
143	Canedo - Escola C+S (via S4)	Base	Canedo	Escola C+S	SIM		438
150	Lever - Tourão	Base	Lever	Tourão	SIM		440
155	Crasto - Escola C+S	Base	Crasto	Escola C+S	SIM		444
159	São Miguel - Escola C+S (via Afonsim- circular)	Base	São Miguel	Escola C+S	SIM		446
160	Lever Portelinha - Espinho	Base	Lever Portelinha	Espinho	SIM		447
177	Lomba - Barragem	Base	Lomba	Barragem	SIM		450
179	Tourão - Boavista	Base	Tourão	Boavista	SIM		451
181	Póvos - Porto	Base	Póvos	Porto	SIM		453
191	Mosteirô - Porto (via Fioso e Avintes)	Base	Mosteirô	Porto	SIM		456
205	Lever Portelinha - Porto (Via Várzea)	Base	Lever Portelinha	Porto	SIM		458
União dos Transportes dos Carvalhos, Ldª					VALIDAR		
COD	DESIGNAÇÃO	TIPO	ORIGEM	DESTINO	SIM	NÃO	
2	Arada Igreja - Espinho	Base	Arada Igreja	Espinho	SIM		545
5	Porto - Vila da Feira	Base	Porto	Vila da Feira	SIM		546
6	Espinho - Vila da Feira	Base	Espinho	Vila da Feira	SIM		547
33	Espinho-Lagoinha	Base	Espinho	Lagoinha	SIM		566
55	Porto - Escolas de Vila da Feira	Base	Porto	Vila da Feira (escolas)	SIM		570
104	Porto (via Feiteira) - Aldria (Via A. E.)	Base	Porto	Aldria	SIM		571
1002	Vendas de Grijó - Sr. Da Pedra	Base	Vendas de Grijó	Sr. Da Pedra	SIM		574
1004	Porto (via Feiteira) - Aldria	Base	Porto (via Feiteira)	Aldria	SIM		575
1006	Vendas de Grijó - Porto (via Asprela)	Base	Vendas de Grijó	Porto	SIM		577
1011	Espinho - Serzedelo - V. Grijó - Sanguedo	Base	Espinho	Sanguedo	SIM		580
1012	Camalhães - Espinho (via Guetim)	Base	Camalhães	Espinho (via Guetim)	SIM		581
1013	Espinho (rua 19)-Sanguedo	Base	Espinho (rua 19)	Sanguedo	SIM		582
1016	Escolas de Argoncilhe	Base	Escolas de Argoncilhe	Vendas de Grijó	SIM		584
1066	Vendas de Grijó - Porto (via Asprela e A.E)	Base	Vendas de Grijó	Porto	SIM		585
2002	Espinho - Lamas	Base	Espinho	Lamas	SIM		588

ANEXO III

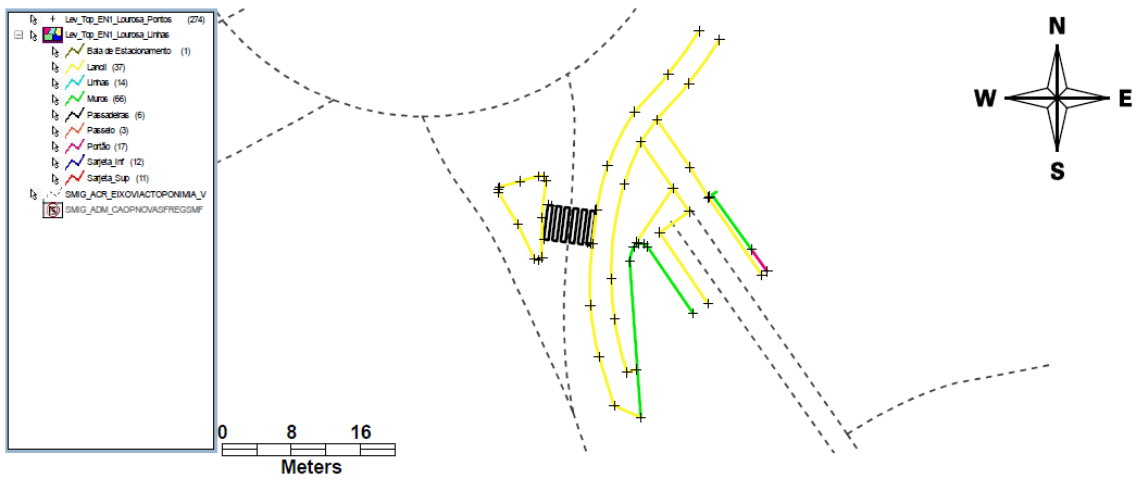
Impressão do elemento digitalizado assinalado com o número 1 na Fig.47



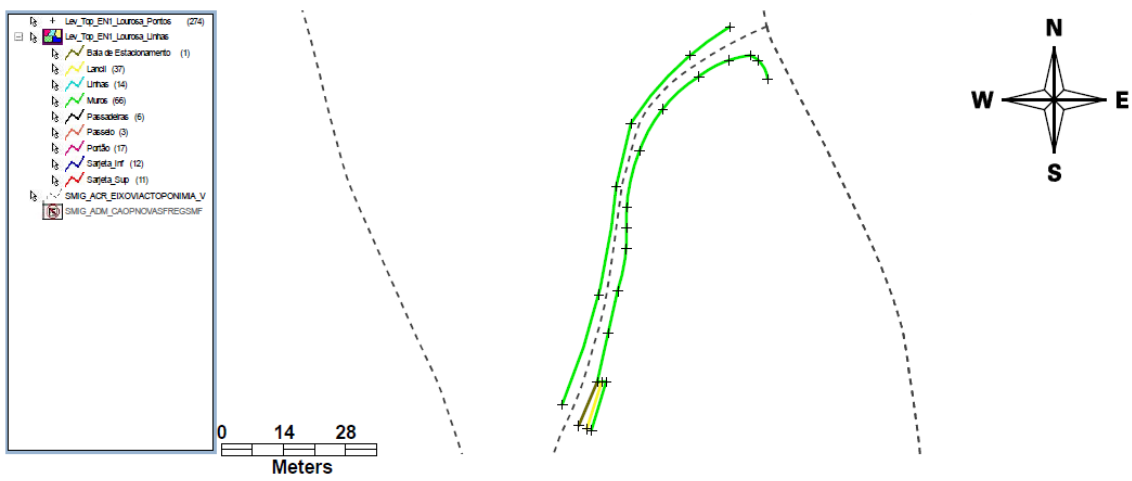
Impressão do elemento digitalizado assinalado com o número 2 na Fig.47



Impressão do elemento digitalizado assinalado com o número 3 na Fig.47



Impressão do elemento digitalizado assinalado com o número 4 na Fig.47



Impressão do elemento digitalizado assinalado com o número 5 na Fig.47

