



Qualidade e Gestão da Informação Geográfica na actividade de um Município

Paula Vidal Pereira

Lic. em Eng. Geográfica

Orientador: Prof. Doutor João Catalão

Dissertação submetida para a obtenção do grau de
Mestre em Ciências e Engenharia da Terra

Julho 2005

Qualidade e Gestão da Informação Geográfica na actividade de um Município

Paula Vidal Pereira

Lic. em Eng. Geográfica

Dissertação submetida para a obtenção do grau de
Mestre em Ciências e Engenharia da Terra

Julho 2005

Resumo

A informação geográfica constitui uma ferramenta de base para a eficácia das competências de um Município. Não só possibilitando o conhecimento sobre a ocupação da sua área de jurisdição, como permitindo a integração e o funcionamento de Sistemas de Informação Geográfica em temáticas tão variadas como por exemplo, os censos e a ocupação do solo. É sobre a cartografia que se apoiam as tomadas de decisão sendo portanto, fundamental a qualidade dessa informação. Intimamente associada ao rigor posicional, a qualidade da cartografia depende das precisões conseguidas em cada fase da sua elaboração. Por outro lado, após a sua aquisição, é importante manter uma base cartográfica fiável para a correcta gestão e planeamento do território.

Neste trabalho pretendeu-se avaliar a qualidade da cartografia a grande e média escala, verificando no processo fotogramétrico, qual a influência de três factores determinantes para a aquisição de cartografia: a altitude de voo, a precisão na determinação das coordenadas imagem dos pontos no terreno e o erro na determinação dos ângulos de Euler. Sendo essencial a manutenção dos dados geográficos adquiridos, foi proposta uma metodologia para a troca e actualização de uma base cartográfica, tendo como referência o Município de Loures.

Verificou-se que para garantir a qualidade da cartografia, de acordo com os requisitos dos cadernos de encargos apresentados pelas Autarquias, é necessário elevado rigor técnico no processo fotogramétrico, com operadores muito experientes e instrumentos e material de fotografia rigorosos. Foi demonstrado que, para a realização de uma cartografia à escala 1:1000, pretendendo-se uma precisão de 20cm, deverá exigir-se precisões melhores que 0°,02 na determinação dos ângulos de orientação, com um erro de medição dos elementos na foto inferior a 20µm. Para a escala 1:2000, para uma precisão de 40cm, esse erro deverá ser inferior a 30µm.

Palavras-chave: **cartografia, processo fotogramétrico, qualidade posicional, gestão da cartografia**

Abstract

The geographic information consists in a tool of base for the effectiveness of the abilities of a Public Administration. Not only making possible the knowledge on the occupation of its area of jurisdiction, as allowing to the integration and the functioning of Systems of Geographic Information in thematic so varied as for example, the censuses and the occupation of the ground. It is on the cartography that if supports the decision taking being therefore, basic the quality of this information. Intimacy associated with the positional accuracy, the quality of the cartography depends on the precisions obtained in each phase of its elaboration. On the other hand, after its acquisition, is important the management of these data, form to keep a reliable cartographic base for correct management and planning of the territory.

In this work was intended to evaluate the quality of the cartography scale, verifying in the photogrammetric process, what was the influence of three determinative factors for the acquisition of cartography: the altitude of flyght, the precision in the determination of the image coordinates of the points in the land and the error in the determination of the angles of Euler. Being essential the maintenance of the acquired geographic data, was proposal a methodology for the exchange and update of a cartographic base, having as reference the City of Loures.

It was verified that to guarantee the quality of the cartography, in accordance with the requirements to make cartography for the town halls, is necessary to raise severity technician in the photogrammetric process, with very experienced operators and instruments and rigorous material of photograph. It was demonstrated that, to make a cartography to scale 1:1000, intending a precision of 20cm, will have to demand better precisions that $0^{\circ},02$ in the determination of the orientation angles, with an error of measurement of the elements in the photo less than $20\mu\text{m}$. For scale 1:2000, for a precision of 40cm, this error will have to be inferior $30\mu\text{m}$.

Keywords: **cartography, photogrammetric process, positional quality, cartographic management**

Índice

1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objectivos	3
1.3 Estrutura da Tese	3
2 Produção Cartográfica	5
2.1 Introdução	5
2.2 Qualidade da cartografia	5
2.3 Produção de cartografia por meios fotogramétricos	6
2.3.1 Câmaras Aéreas	7
2.3.2 Geometria da Fotografia Aérea	10
2.3.3 Escala da Fotografia	11
2.3.4 Orientações na Fotogrametria Aérea	12
2.3.4.1 Orientação Interna	13
2.3.4.2 Orientação Externa	13
2.3.4.3 Orientação Relativa	14
2.3.4.4 Orientação Absoluta	15
2.3.5 Restituição fotogramétrica	15
2.3.6 Triangulação Aérea	16
2.3.6.1 Triangulação aérea em bloco	16
2.3.6.2 Triangulação Aérea com apoio a GPS	18
2.3.6.3 Triangulação Automática	18
2.3.6.4 Pontos Fotogramétricos	19
2.4 Transformação de coordenadas	20
2.4.1 Sistemas de coordenadas usados em fotogrametria	21
2.4.2 Relação entre dois sistemas de coordenadas	22
2.4.2.1 Relação entre as coordenadas foto (x,y,z) e as coordenadas objecto (X,Y,Z) - Equações de colinearidade	22
2.5 Precisão de Coordenadas	28
2.5.1 Modelo de Propagação de incerteza	28
2.5.2 Precisão das coordenadas objecto	29
2.5.3 Modelo Simplificado	32

2.6 Erros no processo fotogramétrico	34
3 Qualidade Posicional	36
3.1 Exactidão planimétrica	36
3.2 Teste à precisão planimétrica	38
3.2.1 Metodologia	38
3.2.2 Factores em estudo	40
3.2.2.1 Altitude de voo	40
3.2.2.2 Coordenadas Foto	43
3.2.2.3 Ângulos de Voo	48
3.2.2.4 Situações em destaque	51
3.2.2.4.1 Escalas 1:1000 e 1:10000 - a melhor e a pior precisão	52
3.2.2.4.2 Precisão para a cartografia a diferentes escalas	54
3.3 Considerações sobre os valores apresentados	55
4 Proposta de Gestão da Informação Geográfica no Município de Loures	57
4.1 Introdução	57
4.2 A Cartografia no Município de Loures	58
4.2.1 Estrutura Orgânica	59
4.2.2 Fontes de Informação	61
4.2.2.1 Produtos geográficos de origem e especificação externa	62
4.2.2.2 Produtos de produção externa com base em especificação da CMLoures	63
4.2.2.3 Produtos realizados interna ou externamente com base em informação facultada pela CMLoures	64
4.2.2.4 Dados gerados internamente nos processos da CMLoures	64
4.2.3 Produção de Informação	64
4.2.3.1 Que elementos registar	65
4.2.3.2 Fontes de Informação	66
4.2.3.3 Elementos a cartografar	68
4.2.4 Procedimentos para actualização	70
4.2.4.1 Departamento de Administração Urbanística (DAU)	70
4.2.4.2 Departamento de Obras Municipais (DOM)	72
4.2.4.3 Outros Serviços / Outra Informação	73
4.2.4.4 Divisão de Informação Georreferenciada	74

4.2.5 Divulgação	75
4.2.6 Algumas considerações a ter em conta	75
4.2.7 Integração dos Dados em SIG	77
4.2.7.1 Eixos de Via	78
4.2.7.2 Edificado	79
4.3 Nota breve	80
5 Conclusão	81
6 Referências Bibliográficas	86
Anexo - Manual de instruções para aquisição e representação de informação vectorial	88

Lista de Tabelas

Capítulo 2

Quadro 2.1 – Processos que afectam a precisão dos dados geográficos	6
Quadro 2.2 – Tipos de câmaras métricas	9
Quadro 2.3 – Dimensões do terreno captado numa fotografia	12
Quadro 2.4 – Precisão exigida para os pontos fotogramétricos	20

Capítulo 3

Quadro 3.1 – Precisões planimétricas usuais – fonte internacional	37
Quadro 3.2 – Precisões planimétricas usuais – fonte nacional	37
Quadro 3.3 – Dados iniciais para o estudo pretendido	39
Quadro 3.4 – Relação escalas / altura de voo	40
Quadro 3.5 – Variação da altitude de voo – valores fixados	41
Quadro 3.6 – Variação da altitude de voo – resultados finais	41
Quadro 3.7 - Variação da precisão das coordenadas foto – valores fixados	43
Quadro 3.8 - Variação da precisão das coordenadas foto – resultados finais (escala 1:1000)	44
Quadro 3.9 - Variação da precisão das coordenadas foto – resultados finais (escala 1:10000)	46
Quadro 3.10 - Variação da precisão dos ângulos de voo – valores fixados	48
Quadro 3.11 - Variação da precisão dos ângulos de voo – resultados finais (escala 1:1000)	48
Quadro 3.12 - Variação da precisão dos ângulos de voo – resultados finais (escala 1:10000)	50
Quadro 3.13 - Precisão da cartografia à escala 1:1000 – a melhor e a pior precisão	52
Quadro 3.14 - Precisão da cartografia à escala 1:10000 – a melhor e a pior precisão	53
Quadro 3.15 - Precisão da cartografia – Estudo efectuado	54
Quadro 3.16 - Precisão da cartografia – tabela comparativa de erros	55
Quadro 3.17 - Precisão da cartografia á escala 1:1000 – estudo de valores a adoptar	56
Quadro 3.18 - Precisão da cartografia á escala 1:2000 – estudo de valores a adoptar	56

Capítulo 4

Quadro 4.1 - Bases cartográficas mais actualizadas, existentes na CMLoures	61
Quadro 4.2 – Relação Processo/Departamento	61

Quadro 4.3 – Estrutura básica dos elementos a digitalizar	68
Quadro 4.4 – Relação entre as peças cartográficas constantes no DAU e os dados que delas se pretendem extrair	71
Quadro 4.5 - Relação entre as peças cartográficas constantes no DOM e os dados que delas se pretendem extrair	72
Quadro 4.6 – Representação gráfica da rede viária	78
Quadro 4.7 – Função dos serviços	79
Quadro 4.8 – Tabela gráfica de ligação	79

Lista de Figuras

Capítulo 2

Figura 2.1 – Esquema geral das operações fotogramétricas	8
Figura 2.2 – Modelo geométrico da fotografia aérea	10
Figura 2.3 – Vista a duas dimensões de uma fotografia vertical de um terreno plano	11
Figura 2.4 – Elementos de orientação externa	14
Figura 2.5 – Esquema de operações de restituição fotogramétrica	15
Figura 2.6 – Sistema de coordenadas no plano da fotografia (duas dimensões)	21
Figura 2.7 – Sistema de coordenadas foto definido no espaço imagem (três dimensões)	21
Figura 2.8 – Condição de colinearidade	23
Figura 2.9 – Paralelismo entre o sistema de coordenadas imagem e o sistema de coordenadas objecto	23
Figura 2.10 – Relação métrica entre os sistemas de eixos imagem xyz e os eixos rodados $x'y'z'$	25
Figura 2.11 – Geometria do caso normal	32

Capítulo 3

Figura 3.1 - Influência da variação da altitude de voo ao longo da fotografia, para cartografia a grande e média escala	41
Figura 3.2 - Influência da variação da altitude de voo ao longo da fotografia para a cartografia à escala 1:1 000	42
Figura 3.3 - Influência da variação da altitude de voo ao longo da fotografia para a cartografia à escala 1:10000	42
Figura 3.4 - Influência da variação da precisão de leitura das coordenadas foto - cartografia à escala 1:1 000	44
Figura 3.5 - Influência da variação da precisão de leitura das coordenadas foto ao longo da fotografia, recorrendo a uma câmara métrica com uma focal de 153mm - cartografia à escala 1:1 000	45
Figura 3.6 - Influência da variação da precisão de leitura das coordenadas foto ao longo da fotografia, recorrendo a uma câmara métrica com uma focal de 305mm - cartografia à escala 1:1 000	45

Figura 3.7 - Influência da variação da precisão de leitura das coordenadas foto - cartografia à escala 1:10000	46
Figura 3.8 - Influência da variação da precisão de leitura das coordenadas foto ao longo da fotografia, recorrendo a uma câmara métrica com uma focal de 153mm - cartografia à escala 1:10000	47
Figura 3.9 - Influência da variação da precisão de leitura das coordenadas foto ao longo da fotografia, recorrendo a uma câmara métrica com uma focal de 305mm - cartografia à escala 1:10000	47
Figura 3.10 - Influência da variação da precisão dos ângulos de voo - cartografia à escala 1:1 000	49
Figura 3.11 - Influência da variação do erro na determinação dos ângulos de Euler ao longo da fotografia ($f=153\text{mm}$) - cartografia à escala 1:1 000	49
Figura 3.12 - Influência da variação da precisão de leitura das coordenadas foto ao longo da fotografia ($f=305\text{mm}$) - cartografia à escala 1:1 000	50
Figura 3.13 - Influência da variação da precisão dos ângulos de voo - cartografia à escala 1:10000	51
Figura 3.14 - Qualidade posicional (cm) para a cartografia à escala 1:1000 – a melhor e a pior precisão	52
Figura 3.15 - Qualidade posicional (cm) para a cartografia à escala 1:10000 – a melhor e a pior precisão	53
Figura 3.16 - Qualidade posicional para a cartografia a diferentes escalas	54
 Capítulo 4	
Figura 4.1 – Organograma da Câmara Municipal de Loures	60
Figura 4.2 – Fluxo de dados georreferenciados na CMLoures	75

Agradecimentos

Esta dissertação não poderia ter sido realizada sem a prestimosa ajuda e orientação do Sr. Professor Doutor João Catalão, a quem, em primeiro lugar, expresso o meu reconhecimento.

À Câmara Municipal de Loures agradece-se a permissão para a realização deste mestrado.

Aos meus colegas da Divisão de Informação Georreferenciada, da Câmara Municipal de Loures, em particular à Desenhadora Sandra Pires pela ajuda, e à Dr.^a Ana Oliveira pelo apoio e incentivo durante todo o tempo de frequência deste mestrado.

À minha família pela força e pela compreensão que sempre me deram.

Em geral, agradeço a todas as pessoas que directa ou indirectamente contribuíram para que este trabalho fosse uma realidade.

1 Introdução

1.1 Enquadramento

A cartografia topográfica representa, de acordo com determinada escala e data, a configuração e a ocupação física do território, constituindo a base de referenciação geométrica de praticamente toda a informação geográfica. Como tal, dispor de cartografia topográfica do território actualizada é fundamental para o desempenho do conjunto das actividades municipais de planeamento e gestão, nomeadamente para o licenciamento e fiscalização das edificações, infra-estruturas e actividades económicas, para a execução dos estudos e dos planos de ordenamento e planeamento do território, para a promoção e divulgação dos concelhos, entre muitas outras actividades desenvolvidas pelos serviços municipais. Constitui ainda, em muitos casos, informação base nos processos de relacionamento das Câmaras com o exterior, nomeadamente com entidades públicas e privadas e com os cidadãos em geral, conferindo direitos e obrigações que recaem sobre a propriedade.

A produção cartográfica do território nacional é definida pelo DL 193/95 de 28 de Julho, contudo, o diploma apenas estabelece e define incumbências no que respeita à produção de cartografia topográfica de escalas 1/10000 e inferiores. Neste enquadramento, a produção de cartografia a escalas maiores, aquelas que usualmente são utilizadas nas Autarquias, regendo-se pelos princípios e normas do referido diploma legal, fica remetida para a iniciativa

dos utilizadores, podendo qualquer entidade, pública ou privada, promover a sua elaboração e, caso queira, submetê-la a homologação. No entanto, a revisão dos Planos Directores Municipais (PDM) levou à necessidade urgente de cartografia oficial ou homologada para base de todo o trabalho de revisão e apresentação final, o que, dada a sua inexistência ou grande desactualização, veio acelerar o processo de aquisição em cada Câmara, de uma cobertura com informação geográfica actual e precisa.

Actualmente a elaboração da cartografia topográfica passa pela utilização de tecnologias e processos automáticos, que permitem obter produtos digitais estruturados que vêm facilitar a sua utilização em função dos objectivos e das ferramentas disponíveis, nomeadamente a selecção de temas de informação (ex: edificado, rede viária...), o cruzamento com outros temas de informação geográfica (ex: cartografia topográfica com ortofotocartografia ou com planos municipais, como os planos de pormenor, de urbanização, planos de ordenamento ou o Plano Director Municipal), ou a constituição de cadastros municipais integrados em sistemas de informação que facilitem as actividades de planeamento e gestão municipal. Para além disso, este desenvolvimento tecnológico veio permitir obter precisões e rigor, até ao momento difíceis de alcançar. O conhecimento do processo de criação dos dados e da qualidade conseguida em cada etapa mostra-se crucial para estabelecer os níveis de precisão exigidos.

Mas a sua componente temporal não é menos importante. Esta representa a fiabilidade de funcionamento (utilização) dos dados durante um tempo determinado [Ariza, 2002]. Irá depender da dinâmica do território e os seus custos serão mais ou menos suportáveis em função da área em causa, da caracterização desse mesmo território e do pormenor pretendido. A decisão baseada num modelo pouco fiel à realidade poderá ter custos sociais e económicos difíceis de suportar. A solução parece ser garantir essa correspondência, o mais fiel e durante o maior tempo possível.

No entanto, as transformações a que está sujeito o território, inviabiliza economicamente a aquisição com periodicidade reduzida, de cartografia a grande e média escala, por parte das câmaras municipais. É assim importante, existir um processo de manutenção dos dados geográficos, que para além da actualização da cartografia, permitirá avaliar as necessidades de uma nova aquisição de raiz.

1.2 Objectivos

Falando-se em Municípios e em cartografia a média e grande escala, fala-se necessariamente em processos fotogramétricos para a sua obtenção. Neste trabalho pretende-se efectuar um estudo detalhado sobre os factores que influenciam a precisão da cartografia, estabelecendo limites máximos e mínimos de precisão espectável, relacionando a escala com cada um dos parâmetros do processo fotogramétrico.

Pretende-se ainda analisar o funcionamento de uma câmara municipal face às suas necessidades de cartografia para a eficácia do seu desempenho, apresentando a estrutura da Câmara Municipal de Loures (CMLoures) como exemplo. Conhecendo a sua organização e necessidades, propõe-se uma metodologia para a gestão da cartografia de base nesta instituição, propondo fluxos de troca de informação que visem a manutenção da sua base cartográfica, garantindo uma qualidade posicional dos dados adequada às exigências.

1.3 Estrutura da Tese

Esta Dissertação apresenta-se estruturada em cinco partes. O primeiro capítulo enquadra o tema, apresentando os objectivos definidos para esta Tese, e a sequência desenvolvida para chegar aos resultados finais.

No capítulo dois aborda-se a qualidade da cartografia, mais precisamente a sua precisão. Nele se resume o processo de produção cartográfica por meios fotogramétricos, apresentando com mais detalhe, os conceitos utilizados na transformação de coordenadas – relação entre as coordenadas de um ponto no terreno e as respectivas coordenadas na fotografia. Fala-se da precisão com que essas coordenadas são obtidas e dos erros que ocorrem em todo o processo recorrendo-se ao Método de Taylor como modelo de propagação da incerteza.

No terceiro capítulo apresenta um caso prático. Sendo a qualidade posicional uma característica fundamental da cartografia, pretende-se saber que valores se obtêm para a precisão posicional dos dados geográficos, recorrendo-se ao estudo da influência da altitude de voo, da precisão de leitura das coordenadas foto e da precisão obtida para os ângulos de voo sobre as coordenadas terreno resultantes após a conclusão do processo de elaboração da cartografia. Resumem-se os resultados obtidos para as principais escalas de cartografia utilizadas na administração local: escala 1:1000, 1:2000, 1:5000 e 1:10000, comparando as precisões resultantes do estudo, com os valores instituídos nas bibliografias adoptadas.

Na quarta parte do trabalho propõe-se uma metodologia para a gestão da informação geográfica do Município de Loures sendo feito o enquadramento da estrutura orgânica da Câmara e da realidade de meios e trabalho existente. Propõe-se algumas normas a adoptar para a construção de informação geográfica em formato vectorial, assim como os procedimentos a implementar para a actualização dos dados cartográficos. Finaliza-se este capítulo, com a integração de dois temas (eixos de via e edificado) em ambiente de sistemas de informação geográfica (SIG).

Por fim, no capítulo quinto reúnem-se as conclusões retiradas após a execução deste trabalho, assim como algumas considerações sobre o exposto.

Em anexo, apresenta-se informação essencial para complemento desta dissertação.