

Fotogrametria: A Base para o Mapeamento

Doutorando Paulo Roberto Ramos ¹
Mestranda Cristina Florentin ²
Prof. Dr. Carlos Loch ³

¹ UFSC - Depto. de Engenharia de Produção
88040-900 Florianópolis SC
pramos@mbox1.ufsc.br

² UFSC - Depto. de Arquitetura & Urbanismo
88037-000 Florianópolis SC
cris_florentin@hotmail.com

³ UFSC - Depto. de Engenharia Civil
88040-900 Florianópolis SC
loch@ecv.ufsc.br

Resumo: A elaboração de mapas, antes do advento das técnicas desenvolvidas na fotogrametria, exigia um trabalho árduo e lento. Através da fotografia tornou-se possível registrar instantaneamente, em perspectiva, um conjunto de feições do terreno, facilitando a construção de mapas. Na fotogrametria os mapas são gerados principalmente a partir de fotografias aéreas, através de restituições. O processo para obtenção de mapas, quando realizado analogicamente, baseia-se principalmente em semiografia, o que conduz a usos de modelos cartográficos analógicos. O sistema digital utiliza informações gráficas e alfanuméricas, armazenadas e analisadas por programas específicos. O planejamento do mapeamento deve prever a sua precisão, a definição do método, e sua abrangência. Os mapeamentos baseados em produtos fotogramétricos de qualidade são essenciais na elaboração de um cadastro técnico multifinalitário, que represente as reais condições da área mapeada. As atualizações dos cadastros são facilitadas pela melhor qualidade dos produtos fotogramétricos, devido à confiabilidade e precisão das informações levantadas.

Palavras chaves: Fotogrametria, base cartográfica, mapas.

Abstract: It was a hard and slow work the preparation of the maps before photogrammetry techniques. Using photogrammetry, it is possible to register a whole land features in a snapshot, in perspective, making easy map working out. Working with photogrametry, the maps can be produced by aerial fotografies mainly by restitutions. The analogic maps working out procedure, is mainly based on semiography, that lead to the use of analogic cartografic models. The digital sistem use graphic and alphanumeric information, stored and analyzed by specific programs. The mapping planning must contemplate its precision, method definition, and range. The mapping based on good quality photogrametrics products are essentials in working out multipurpose technical cadastre, it represents the actual maped area feactures. The cadastre updates are facilitated by good quality photogrametric products, as theybring reliable and precision information to the cadastre.

Keywords: Photogrammetry, cartographic basis, maps.

1 Introdução

O mapeamento, acompanhando o progresso da ciência, vem evoluindo com o passar dos anos. Assim, o processo de obtenção de informações de objetos físicos e do meio ambiente também vem se beneficiando dos progressos tecnológicos.

A fotogrametria atualmente constitui uma ferramenta de extrema importância para a confecção de mapas e cartas, com a necessária confiabilidade e precisão das informações levantadas.

Na fotogrametria os mapas e cartas são gerados principalmente a partir de fotografias aéreas, através de um processo denominado restituição, que é realizado através de instrumentos conhecidos como restituidores. Esses instrumentos, por sua vez, nos últimos anos vêm sofrendo constantes evoluções em função do rápido crescimento da informática, o que possibilita à fotogrametria a utilização de novas técnicas, sempre ligadas à eletrônica e à informática.

A restituição fotogramétrica, que anteriormente era realizada apenas com o traçado direto dos elementos gráficos em uma base de papel, hoje também é realizada como técnicas de computação gráfica, melhorando a precisão, qualidade e rapidez na elaboração de uma carta ou mapa. Assim, a fotogrametria passou de uma fase analógica, onde eram usados pesados equipamentos ótico-mecânicos, para uma fase analítica, onde essas partes mecânicas são substituídas por componentes eletrônicos e modelos matemáticos.

2 Histórico da Cartografia

A elaboração de mapas, antes do advento das técnicas desenvolvidas na área da fotogrametria, exigia um trabalho árduo e lento. Para representar um terreno em planta tornava-se necessária a realização de uma série excessiva de mensurações de campo a fim de determinar a posição dos acidentes geográficos que se desejava representar. Era também fundamental preparar uma enorme quantidade de desenhos, feitos a partir da observação direta do terreno, a fim de completar as informações necessárias para a confecção do mapa.

Com o advento da fotografia tornou-se possível registrar instantaneamente, em perspectiva, um conjunto de feições do terreno. Quem aplicou as fotografias em levantamentos cartográficos pela primeira vez foi um oficial francês chamado Laussedat (Andrade, 1998)

A Cartografia, no Brasil, teve seu desenvolvimento a partir da Segunda Guerra Mundial em função dos interesses militares. Instituições como os atuais Instituto Cartográfico da Aeronáutica (ICA), Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG) e Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), foram as principais responsáveis pela execução da Cartografia Sistemática do País, objetivando mapear todo o território nacional, em escalas de 1:50.000 a 1:250.000.

Em 1962, O IBGE passou a realizar os mapeamentos nas escalas maiores de 1:250.000, ou seja, em paralelo aos trabalhos nas escalas ao milionésimo; 1:500.000 e 1:250.000. Passou a conduzir as atividades necessárias à produção dos documentos nas escalas de 1:50.000 e 1:100.000, antes restritos a atuação do Serviço Geográfico do Exército.

Em 1994 foi criada pelo governo federal a Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR). O IBGE foi mantido como estrutura de representação ministerial como provedor de apoio administrativo.

3 Cartografia

Segundo Souza (1999), a Associação de Cartografia Internacional adotou em 1964 a definição de cartografia como sendo o “conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, baseado nos resultados de observações diretas ou de análise de documentação, com vistas à elaboração e preparação de cartas, planos e outras formas de expressão, bem como sua utilização”.

A cartografia, para André (1980) in Silva e Loch (1994), é uma forma gráfica de representação, um meio de expressão, ou uma técnica a serviço da ciência das mais variadas áreas, sendo o cartógrafo o profissional que produz um tema físico, ou econômico em uma linguagem gráfica de símbolos.

4 Fotogrametria

Segundo Fagundes e Tavares (1991), fotogrametria é a ciência aplicada que se propõe a registrar, por meio de fotografias métricas, imagens e objetos que poderão ser medidos e interpretados.

A American Society of Photogrammetry (Wolf, 1983) define fotogrametria como a arte, ciência e tecnologia de obter informações de confiança sobre objetos físicos e o meio ambiente, através de processos de registros, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões de registros de energia eletromagnética irradiada e outros fenômenos.

5 Cartas

Duarte (1994) apud Souza (1999), considera carta como uma espécie de mapa que envolve aspectos técnicos resultantes, de modo geral, de um plano nacional ou internacional, que estabelece normas para a apresentação do documento cartográfico. A carta deveria ser confeccionada em escalas médias ou grandes, permitindo a obtenção de medidas com maior segurança, além de ser também parte de um conjunto de folhas sistematicamente organizadas. Exemplos de cartas são as cartas do Brasil ao milionésimo; os documentos cartográficos militares; as cartas náuticas e aeronáuticas.

Carta é definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como a “representação dos aspectos naturais e artificiais da Terra, destinada a fins práticos da atividade humana, permitindo a avaliação precisa de distâncias, direções e a localização plana, geralmente em média ou grande escala de uma superfície da Terra, subdividida em folhas, de forma sistemática, obedecendo um plano nacional ou internacional” (Souza, 1999).

6 Mapas

Segundo Oliveira (1993), mapa é uma representação gráfica das características terrestres, construída em escala sobre um plano.

Um mapa é definido pela ABNT como sendo a “representação gráfica, em geral em uma superfície plana e numa determinada escala, com a representação de acidentes físicos e culturais da superfície da Terra, ou de um planeta ou satélite”.

Para Duarte (1994) apud Souza (1999), um mapa pode ser definido como sendo qualquer representação, geralmente plana (embora também exista a confecção em alto relevo), parcial ou total da superfície de um astro ou do céu, em escala reduzida, mostrando seus componentes através de símbolos ou cores, os quais podem ser concebidos arbitrariamente ou seguindo definições de planos técnicos.

O nível de representação cartográfica para os mapas pode variar em função do objetivo do mapeamento e da escala mais apropriada para cada aplicação.

7 Mapeamento

Mapeamento é o conjunto de operações de levantamento, construção e reprodução das cartas de um determinado projeto (Bakker, 1965).

O processo para obtenção de um mapa pode ser realizado pelo sistema analógico ou digital. Sendo que o primeiro emprega meios, principalmente baseados em semiografia, que conduzem a usos de modelos cartográficos analógicos. Por sua vez, o sistema digital baseia-se no uso de informações gráficas e alfanuméricas armazenadas e analisadas posteriormente através de programas específicos, os quais possuem capacidade de armazenamento e processamento de grandes volumes de dados; a rápida recuperação dos dados armazenados; a possibilidade de geração de modelos derivados e de realização de simulações.

8 Características dos Processos Cartográficos

Segundo Philips et al.(2001), o processo cartográfico, seja ele analógico ou digital, envolve quatro etapas: planejamento, produção, armazenamento e utilização da informação cartográfica. O planejamento cartográfico refere-se ao levantamento das necessidades do usuário e à definição das especificações do produto cartográfico desejado. A etapa de produção cartográfica consiste nas atividades de aquisição e processamento de dados. A etapa de armazenamento refere-se à forma e aos meios usados para reter e atualizar a informação cartográfica. O uso da informação cartográfica refere-se às possibilidades de recuperação de informações e realização de análises espaciais.

Philips et al. 2001, fazem uma relação entre as etapas da produção cartográfica comparando os métodos analógico e digital, que é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 : Características dos Processos Cartográficos Analógico e Digital

ETAPA	ATIVIDADE	PROCESSO ANALÓGICO	PROCESSO DIGITAL
Planejamento	Levantamento de necessidades	Depende da finalidade do trabalho	
	Definição de especificações	Depende da escala	Depende da exatidão posicional
Produção da informação	Aquisição de dados	Aplicam-se métodos diretos e indiretos	
	Processamento de dados	Manual	Automatizado
Armazenamento	Registro da informação	Gráfico	Numérico
Uso da informação	Comunicação/apresentação	Limitada pela escala	Depende da densidade da informação e da exatidão posicional
	Análises espaciais	Manual	Função matemática

Fonte: Philips et al. (2001)

Para Lima et al. (2002), na fotogrametria digital atual, há a cada dia uma maior oferta de modelos de retificação de imagens analógicas rasterizadas cada vez mais surgem modelos que permitem a retificação de imagens analógicas, que pela transformação em imagens rasterizadas e através do georreferenciamento possibilitam a geração de ortofotocartas. Segundo Lima et al. (2002), há uma preferência por parte do mercado pelos filmes coloridos pancromáticos em relação aos adicionais filmes de emulsão em preto e branco. Essa preferência seria devida tanto ao baixo preço relativo, quanto à excelente qualidade na fotointerpretação e na produção de ortofotocartas pelos filmes coloridos pancromáticos.

9 Base Cartográfica

“É a representação gráfica georeferenciada da superfície da terra, definindo as feições e atributos nela contidos, podendo ser apresentada em meio analógico ou digital” (Loch, 1994).

Para Oliveira (1993), a base cartográfica é a espinha dorsal de um mapa, e nela devem estar definidos, de acordo com a finalidade do mapeamento, a escala e o sistema de projeções a serem usados.

Para se definir uma escala para um determinado mapeamento, faz-se necessário considerar alguns fatores que estão interrelacionados, tais como: a extensão do terreno a ser representado; a extensão da área levantada em função das dimensões do papel do desenho; a natureza e a quantidade de detalhes que devem constar no desenho e a mínima precisão gráfica do desenho (Loch e Cordini, 1995).

A base cartográfica pode ser obtida através de diferentes técnicas, como: levantamentos terrestres (Topográfico, Geodésico, GPS); levantamentos aéreos (aerofotogrametria, videografia, sensores aerotransportáveis); compilações cartográficas e imagens orbitais.

De acordo com Loch (1994), dois elementos indispensáveis constituem a base cartográfica: a rede de pontos de referência, que é o alicerce do sistema cartográfico, e a carta base, que varia em escala e tipo, de acordo com os objetivos a que se destina. A base cartográfica deve ser amarrada a uma rede de referência geodésica, a um sistema de projeção, e ter escala compatível com os objetivos a que deve atender.

9.1 Critérios para o Estabelecimento da Base Cartográfica

Para o estabelecimento da base cartográfica para o mapeamento, é necessário um planejamento do trabalho. Assim, faz-se necessário selecionar o método (fotografia aérea ou terrestre); definir a abrangência e a precisão do mapeamento; definir os procedimentos de instrumentação de campo; estabelecer a logística; realizar a aquisição dos materiais de referência disponíveis.

No planejamento de uma carta é necessário considerar o equilíbrio entre a técnica a ser utilizada e o seu custo, para obter uma cobertura fotogramétrica com um custo econômico sem deixar de satisfazer as exigências técnicas. Levando-se isso em consideração pode-se optar por uma escala pequena que tem as vantagens de redução do tempo de voo; redução do número de fotografias aéreas; redução do apoio terrestre, o que resultará em uma redução de custo, pois a quantidade de pontos está vinculada ao número de modelos estereoscópicos que se deseja restituir. Por outro lado, escalas grandes têm maior precisão e aumentam os detalhes que podem ser apresentados na carta.

No processo de comunicação cartográfica são de suma importância, entre outras características, o código de comunicação do mapa, isto é, os sinais utilizados e seus significados, e o veículo de comunicação, representado por um modelo cartográfico passível de ser interpretado pelo usuário (Duarte, 1991).

A partir da confecção da base cartográfica podem ser elaborados vários mapas temáticos para atender a diferentes necessidades de mapeamento.

9.2 Qualidade da Base Cartográfica

As medidas de qualidade mais utilizadas são a exatidão e a precisão de posicionamento. A precisão representa o quanto próximos da média estão os resultados obtidos de uma observação, cálculo ou estimativa do valor real. A exatidão representa o quanto próximos da realidade estão os resultados obtidos de uma observação, cálculo ou estimativa do valor real. A exatidão cartográfica é a medida da posição de uma feição cartográfica em relação a sua posição real no terreno. A precisão cartográfica diz respeito a posição relativa entre as feições de um mapa (Brandalize, 1997).

A escala do mapa é importante para a medida da exatidão cartográfica, já que esta é definida através de uma tolerância aceitável para as feições medidas em um mapa e comparadas com a realidade no terreno.

O decreto-lei 89.817 de 20/06/84 classifica os mapas de acordo com o PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica), um indicador estatístico de dispersão relativa a 90% da probabilidade, e o EP (Erro Padrão), levando em consideração a escala do mapa. A classificação é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 : Classificação dos mapas de acordo com o padrão de exatidão cartográfica

Classe do Mapa	PEC = 1.6449 EP		EP < 60.8% do PEC (desvio padrão)	
	90% dos pontos observados com erro inferior ao PEC			
	Altimetria	Planimetria	Altimetria	Planimetria
A	1/2 eqüidistância	0,5 mm	1/3 eqüidistância	0,3 mm
B	3/5 eqüidistância	0,8 mm	2/5 eqüidistância	0,5 mm
C	3/4 eqüidistância	1,0 mm	1/2 eqüidistância	0,6 mm

Fonte: Brandalize (1997)

9.3 Outras características de Qualidade

Segundo Brandalize (1997), os mapas devem atender também aos seguintes critérios:

Derivação: Identifica a fonte de onde os dados foram obtidos e método de obtenção. Se os dados resultam de fontes distintas, a derivação deve identificá-las. As referências do controle geodésico e de transformação de coordenadas fazem parte da derivação.

Qualidade de atributos: É verificado de maneira similar à exatidão. Vários testes são realizados para avaliar a qualidade dos atributos incluindo estimativas, comparação com modelos independentes, superposição de polígonos e validade temporal.

Consistência lógica: É a verificação da validade ou limites dos dados ou condições. Para os dados gráficos, a consistência é verificada através de testes de linha duplicada, intersecções de linhas (undershots e overshots), polígonos muito pequenos, fechamento de polígonos, conectividade e outros.

Integridade: É a avaliação da existência de todos os dados gráficos e não gráficos na base de dados necessários para a sua utilização.

10 Mapeamento Sistemático

A Legislação Cartográfica Brasileira, por meio do Decreto Lei nº 243, de 28 de Fevereiro de 1967, fixa critérios e bases para a Cartografia Brasileira.

No capítulo V deste decreto se estabelecem diretrizes para a Cartografia Sistemática, conforme segue:

Art. 7º - A Cartografia Sistemática tem por fim a representação do espaço territorial brasileiro por meio de cartas, elaboradas seletiva e progressivamente, consoante prioridade conjunturais, segundo os padrões cartográficos terrestres, náutico e aeronáutico.

Art. 8º - A Cartografia Sistemática Terrestre Básica tem por fim a representação da área terrestre

nacional, através de séries de cartas gerais contínuas, homogêneas e articuladas, nas escalas-padrão abaixo discriminadas:

Série de 1:1.000.000

Série de 1:500.000

Série de 1:250.000

Série de 1: 1.000.000

Série de 1: 50.000

Série de 1: 25.000

Parágrafo único: As séries de cartas das escalas-padrão obedecem às normas estabelecidas de acordo com o presente Decreto-Lei.

Art. 9º - A Cartografia Sistemática Náutica tem por fim a representação hidrográfica da faixa oceânica adjacente ao litoral brasileiro, assim como dos rios, canais e outras vias navegáveis do seu território, mediante séries padronizadas de cartas náuticas, que conterão as informações necessárias à segurança da navegação.

Art. 10º - A Cartografia Sistemática Aeronáutica tem por fim a representação da área nacional, por meio de séries de cartas aeronáuticas padronizadas destinadas ao uso da navegação aérea.

Art. 11º - A Cartografia Sistemática Especial não referida neste capítulo, bem como a temática, obedecem aos padrões estabelecidos no presente decreto lei para as cartas gerais com as simplificações que se fizerem necessárias à consecução de seus objetivos o precípuos, ressalvados os casos de inexistência de cartas gerais.

11 Mapeamentos Específicos

São os mapeamentos realizados com a finalidade de atender a temas específicos, que não apenas a representação do terreno. Dessa forma, os mapeamentos específicos podem ser realizados para atender a interesses de diferentes usuários. Como exemplos de mapeamento temático pode-se ter o mapeamento do sistema de drenagem de um município; da cobertura vegetal de determinada área de interesse; da concentração urbana; do sistema viário de determinado município; dos tipos de solo disponíveis no meio rural ou urbano municipal.

12 Fotogrametria na Cartografia Temática

A cartografia temática pode ser definida, segundo Kuerten (1998), como sendo a representação de fenômenos geográficos, geológicos, agrícolas ou urbanos, sobre uma base cartográfica. Diversos documentos cartográficos que contém informações específicas a respeito de determinado tema, mostrando sua localização e respectiva distribuição no espaço geográfico fazem parte da cartografia temática.

Dessa maneira, a fotogrametria possui papel fundamental na captação da realidade do ambiente que se quer representar na cartografia temática.

A fotogrametria, entendida com ciência e tecnologia de obter informações confiáveis através de processo de registro, interpretação e mensuração de imagens, encontra o seu maior campo de aplicação na elaboração de mapas em colaboração com outras ciências como a Geodésia e a Cartografia. Neste campo, as imagens fotográficas são utilizadas para o posicionamento de pontos da superfície terrestre, ou mesmo de outros astros, e para mapear temas do objeto fotografado, tais como: rede de drenagem, florestas, culturas, rede viária, feições geológicas, tipos de solo, entre outros (Bittencourt, 1998).

Para o posicionamento de pontos são utilizados os métodos da triangulação fotogramétrica, também conhecidos por denominações menos genéricas como aerotriangulação, triangulação aérea ou triangulação espacial.

Os mapas temáticos usam uma determinada variedade de estilos gráficos (cores e hachuras) para apresentar graficamente dados relacionados ao mapa. São utilizados para representar diferentes aspectos da vida econômica, social, ambiental e histórica de uma determinada área.

A transferência de informações temáticas para o mapa, de acordo como os objetivos do mapeamento e com as informações disponíveis, é feita segundo os métodos de restituição, também conhecidos como métodos de compilação fotogramétrica.

13 Considerações Finais

Os mapeamentos baseados em produtos fotogramétricos de qualidade são essenciais na elaboração de um cadastro técnico multifinalitário, que possa ser representativo das reais condições da área mapeada. Adicionalmente, as atualizações dos cadastros são facilitadas pela melhor qualidade dos produtos fotogramétricos, em função da confiabilidade e precisão das informações levantadas, tais como a delimitação de parcelas; identificação e representação gráfica da situação geométrica das unidades imobiliárias, entre outras.

Normalmente no Brasil, cada órgão prestador de serviço que atua nos municípios possui a sua base cartográfica, produzida para atender a interesses específicos do órgão e não utilizável pelos demais. No entanto, a produção de uma base cartográfica única construída em uma escala adequada que sirva para todas as entidades poderia reduzir os custos do mapeamento e facilitar a atualização do sistema cadastral do município, contribuindo para a otimização do planejamento e gerenciamento municipal.

14 Bibliografia

Andrade, J.B. *Fotogrametria*. Curitiba, SBEE, 1998.

Bakker, M.P.R. *Cartografia Temática*. 1965.

Brandalize, A. F. *Cartografia Digital Além Do Mapa...* Fórum De Secretários Municipais De Obras Públicas Da Região Metropolitana, Curitiba, 1997

Duarte, P. *Cartografia temática*. Florianópolis: Editora da UFSC, 1991. 145 p.

Fagundes, M.P.; Tavares, P.E. de M. *Fotogrametria*. XV CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. São Paulo/SP. 1991.

Joly, F. *A cartografia*. Trad.: Tânia Pelegrini, São Paulo: Papyrus, 1990. 136 p.

Kraus, K. *Photogrametry. Advanced methods and applications*. Vol. II, 4ª edition. Dümmlers Verlag/Bonn, 1997. 466 p.

Kuerten, R.M. *Produção de cartas de uso e cobertura da aterra a partir de dados obtidos por sensores remotos*. Área teste: Parque Municipal da Lagoa do Peri. Florianópolis, 1998. 95 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

Lima, O.P. de; Lima, R.F.P. de, Brião, J. de C. *Denominação dos produtos da Cartografia assistida por computadores*. IN: 5º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, 6 a 10 de Outubro 2002. Anais. Florianópolis – SC, 2002.

Loch, R.E.N. *Algumas considerações sobre a base cartográfica*. In: I Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, SC, 1994.

Loch, C. & Cordini, J. *Topografia contemporânea*. Florianópolis, Editora da UFSC, 1995.

Oliveira, C. de. *Curso de cartografia moderna* – IBGE. Rio de Janeiro/RJ. 1993.

Saito, C.H. *Geoprocessamento e modelagem de dados: uma visão crítica da concepção de orientação a objeto*. In: Sociedade & Natureza, UFUB, jul./dez. 1997, Uberlândia, p. 44-52.

Silva, S. e Loch, C. *Potencialidades da interpretação visual e digital de imagens orbitais na atualização de cadastro técnico rural multifinalitário*. In: 1º CONGRESSO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, Anais. Florianópolis – SC, 1994. P. 46-50.

Souza, J.N. de. *Gestão da rede de águas com o apoio do sig no município de São José/SC.* 1999. 152 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

Sperry, J.W.V. *Metodologia para avaliação da qualidade de elementos de rodovias utilizando sistema de informação geográfica.* Florianópolis – Dissertação de mestrado em Engenharia Civil – UFSC/CTC, 1999.

Thompson, M.M. *Manual of Photogrammetry.* 3ª ed. Vol. II. American Society of Photogrammetry, 1966. 1199 p.

Wolf, P. *Elements of Photogrammetry.* Editora McGraw-Hill, Inc. 1983.