

O Problema das Especificações em Serviços Aerofotogramétricos e Derivados

Daniel Carneiro da Silva, *UFPR Curitiba*

Quintino Dalmolin, *UFPR Curitiba*

1. Introdução
2. Objetivos das Especificações
3. Conteúdo das Especificações
 - 3.1 Seções de uma especificação
 - 3.2 Conteúdo de uma especificação
4. Formação básica do Especialista em Especificações
5. Análise de alguns Tópicos de Especificações
 - 5.1 Qualidade do material fotográfico
 - 5.2 Calibração das Câmaras
 - 5.3 Resolução mínima
 - 5.4 Condições de tempo
 - 5.5 Apoio de campo para a fototriangulação e uso do GPS
 - 5.6 Detalhes topográficos e precisão/exatidão
 - 5.7 Exatidão e precisão planimétrica e altimétrica
 - 5.8 Fotogrametria e Cartografia Digital
 - 5.9 Opções alternativas mais econômicas
6. Fiscalização dos Trabalhos
7. Conclusões
8. Referências Bibliográficas

► **Resumo**

1. Introdução

Quando o contratante ou usuário, de serviços de aerofotogrametria e mapeamento se encontra na fase de discutir com as empresas executoras os detalhes dos serviços, ou prestes a lançar um edital de licitação pública, defronta-se com as dificuldades, nem sempre esperadas, da definição das especificações técnicas. O mais comum nestes casos é que sejam copiadas as especificações de serviços anteriores, efetuados por outras entidades ou que até mesmo sejam fornecidas pelo executante. Porém como via de regra, não existem dois locais com características de terreno absolutamente iguais, as dificuldades logo começam a surgir. Quando os serviços são similares, a tarefa é mais fácil, porém de qualquer forma sempre serão necessárias algumas adaptações, revisões e atualizações de normas e procedimentos. Além destes aspectos ainda pode ficar caracterizado um problema de comunicação entre o que usuário deseja e o que o contratante pode fazer. Enquanto o usuário deseja um serviço de alta qualidade a um custo mínimo, a empresa executora espera atender apenas com o que acha suficiente a um custo menor ainda.

A solução para que as especificações sejam definidas com clareza necessita de pessoal técnico qualificado, engenheiros cartógrafos e agrimensores, dotados de certa experiência. Caso contrário é necessário recorrer a consultores externos.

A separação das etapas de serviços aerofotogramétricos das etapas de mapeamento propriamente dito, isto é, da produção cartográfica, muitas vezes é impossível. Assim para efeitos deste trabalho elas serão: planejamento e execução do voo, processamento fotográfico, fototriangulação, medição de pontos de apoio de campo, reambulação, restituição, edição gráfica para impressão ou formatação digital.

Este trabalho pretende colaborar com os técnicos que se deparam pela primeira vez com os problemas que envolvem um conjunto de especificações, apresentando algumas sugestões de como resolvê-lo a contento. O problema é enfocado de duas formas: primeiro fazendo sugestões de como e onde o técnico deve se preparar para a tarefa, desde a descrição dos itens até a fiscalização; e em segundo discutindo alguns tipos de problemas comuns encontrados nas especificações correntes.

Este assunto, de modo geral, é discutido mais no sentido da aplicação prática diária, recebendo pouco importância no âmbito acadêmico, inclusive na formação básica dos profissionais da área, muito embora não seja novo e venha a tona sempre que surgem novas técnicas e metodologias de trabalho. Uma discussão geral sobre especificações em aerofotogrametria é encontrada em Gwaspari (1996) e Flemming(1983) e para o mapeamento em Kure(1988). Itens específicos importantes são abordados em Welch(1973), Busky(1960). No Brasil, são poucos os artigos e trabalhos sobre o assunto: Zamora(1995) demonstra sua preocupação com a falta de entendimento entre o que deseja o cliente e o que as empresas de aerolevantamentos estão acostumadas a fazer; Ileschek(1997) enfoca os problemas de qualidade de produtos em formato digital; Pereira(1995) critica muitas das especificações correntes, sugerindo algumas simplificações que podem tornar os serviços aerofotogramétricos mais baratos para uso em SIG (Sistemas de Informações Geográficas).

2. Objetivos das Especificações

O objetivo de um conjunto de especificações, segundo Gwaspari (1996), é que uma pessoa expresse as suas idéias, necessidades e exigências, à outra, numa forma clara e sem ambiguidades, assegurando-se que elas são completas. Sob este ponto de vista uma especificação além de esmiuçar os detalhes pode também dizer como isto deve ser feito. O objetivo é evitar uma falha de comunicação que inutilize uma especificação por maior que seja. O usuário pode entender o significado errado, dar informações insuficientes, ou mesmo ter pouco conhecimento de como atingir o que deseja. Gwaspari sugere nestes casos usar especificações padrões. Mas mesmo assim, elas requerem conhecimentos básicos a fim de serem tomadas as decisões corretas.

Além de definir etapas, métodos e produtos finais, as especificações são importantes como instrumentos legais, que fazem parte integrantes dos contratos. Com base nelas, os problemas que surgirem não solucionados entre as partes, poderão resultar em ações judiciais e indenizações de eventuais prejuízos.

O trabalho de preparar especificações é contínuo, visto que as exigências dos usuários evoluem de acordo com as mudanças da metodologia e tecnologia.

3. Conteúdo das Especificações

As especificações podem ser preparadas com dois enfoques diferentes: a) uma considerando todos os métodos, materiais e formas de execução; outra, b) concentrando-se no produto final.

A primeira forma é conveniente quando se dispõe de meios com pessoal e equipamentos para monitorar todas as fases, ou quando partes dos serviços forem executados por empresas diferentes. Por exemplo, um contrato destina-se as tomadas das fotografias e outro posterior para a restituição. A segunda, concentra-se nos resultados e deixa por conta da empresa a escolha dos métodos capazes de atender às especificações de qualidade e precisões finais (mapa de linha ou ortofoto, por exemplo).

O conteúdo das especificações deve satisfazer obviamente às particularidades dos produtos, tendo em vista que existem diferenças fundamentais entre os diversos serviços como: vôos para grande, média ou pequena escala; mapas traçados ou fotográficos; mapas genéricos, ou de uso específico como cadastro ou projetos de engenharia. Portanto é difícil um padrão de especificação geral para todas as possíveis opções.

3.1 Seções de uma especificação

De um modo geral, as diversas seções que devem conter um caderno de especificações para as fotografias aéreas são as seguintes:

- Local, área e escala;
- Características e qualidade do material fotográfico (base, tipo da emulsão, exposição, processamento, qualidade do negativo, armazenamento);
- Câmaras e equipamentos acessórios (calibração, suporte, filtro, janela, navegação);
- Vôo e cobertura fotográfica (tolerâncias de superposições, inclinações e ângulos, altura, re-vôos, condições do tempo).

Pode-se ainda incluir:

- Fototriangulação;
- Apoio de campo para medição de pontos de apoio e reambulação.

Quando estão previstas as etapas finais do mapeamento são acrescentadas:

- Escala e conteúdo do mapa (convenções, sistema de projeção cartográfico, dados de rodapé);
- Precisão e exatidão planimétrica e altimétrica (de detalhes e pontos, das linhas da grade, das junções das folhas) e;
- Layout das folhas;

Os produtos finais em formato digital, de mapas digitais ou bases para SIG, a serem entregues pelo executante, com impressão ou não em papel, devem ter ainda as definições do seguinte:

- Precisão dos atributos;
- Correspondência entre os níveis de dados;
- Precisão do plotter;
- Resolução das imagens digitalizadas;
- Formatos dos arquivos em meio magnético;

3.2 Conteúdo de uma especificação

A forma e conteúdo de uma especificação ideal, segundo Gwaspari(1996), deve responder às questões básicas do tipo: Porque? Qual? Onde? Embora sem a pretensão de ser conclusivo este trabalho procura dar algumas respostas para estas questões:

1. Porque? Porque a especificação é necessária? Exceto nos casos de longa relação usuário-executante de serviços aerofotogramétricos é sempre conveniente a existência de uma especificação formal. Tanto pelo alto valor monetário normalmente envolvido, como pelas garantias de qualidade integral que o serviço deve ter, mesmo se por algum motivo não foram detectados erros durante a execução ou imediatamente após entrega dos produtos.

2. **Qual? Qual tipo de especificação é necessária ? Existe um padrão que é aplicável ou pode ser adaptável? Existem várias especificações em uso no Brasil por órgãos públicos que podem ser adaptadas com algum esforço. As entidades como Fundação IBGE, Diretoria do Serviço Geográfico do Exército- DSG, INCRA, órgãos estaduais de reforma agrária ou planejamento urbano e empresas de distribuição de eletricidade, contratam serviços regularmente, sendo possível conseguir cópia das especificações que usam. As especificações internacionais para fotografias aéreas mais conhecidas são: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing- ASPRS dos Estados Unidos (ASPRS, 1995), traduzidas por Dalmolin e Silva (1999); International Society of Photogrammetry and Remote Sensing-ISPRS (Ziemann, 1984); Interdepartmental Committee on Air Surveys-ICAS do Canadá (Fleming,1983); International institute for Aerial Survey and Earth Sciences- ITC da Holanda (Corten,198?); Royal Institution of Chatered Surveyors- RICS do Reino Unido (RISC, 1989). Algumas das especificações internacionais para mapeamento são da: ASPRS(1990); ISPRS(Kure, 1988); United States Geological Survey-USGS (USGS, 1999); RISC (Leatherdanle,1980) e Instituto Panamericano de Geografia e História-IPGH (IPGH, 1978).**
3. **Quando aplicá-las? São elas realistas? A cópia pura e simples pode gerar uma especificação não realista, seja sob o ponto de vista do custo esperado, disponibilidade de equipamentos, precisão necessária e até características meteorológicas da área a ser mapeada. Algumas das questões que envolvem adaptações e alterações serão discutidas na seção 5.**
4. **Como? Como as especificações serão fiscalizadas? É comum que os itens sejam especificados e detalhados mas não se esclareça como serão fiscalizados ou avaliados. Muitas vezes, também, o usuário não tem pessoal suficiente nem equipamentos para monitorar os serviços. É muito importante que sejam definidos critérios de rejeição e tolerância e que exista fiscalização, independente do profissionalismo da maioria das empresas, para evitar que deficiências de qualidade só sejam detectadas tardiamente.**
5. **Onde? Onde encontrar métodos, empresas com recursos e capacidade? Onde existem informações disponíveis? As informações necessárias são de dois tipos: mercado e técnico. A capacidade e nível técnico das empresas existentes aptas aos serviços, deve ser pesquisada com antecedência. Devem ser analisadas propostas prévias de empresas de grande e pequeno porte, e de diferentes metodologias. Uma pesquisa de custos entre as entidades que executaram serviços similares recentemente ajuda na estimativa do valor definitivo. De modo geral os custos de serviços aerofotogramétricos no Brasil são mais altos que nos EUA e Europa. Além disto as empresas sempre colocam maior parcela de custo relativo na etapa de voo (que é a primeira fase), muito além do real, simplesmente como forma de faturamento mais rápido do serviço. Quanto às informações técnicas para apoio às decisões, é necessário ter disponível livros básicos como o Manual of Photogrammetry (Slama, 1980) e outros artigos técnicos como os relacionados nas referências bibliográficas. Algumas especificações padrões internacionais trazem comentários explicativos sobre cada item que ajudam bastante.**
6. **Quem? Quem será o responsável pela preparação das especificações? Ele tem conhecimento suficiente sobre as exigências de todos as partes interessadas? Será necessário consultor externo? No Brasil são poucos os usuários e contratantes de serviços aerofotogramétricos e mapeamento que têm técnicos capacitados para elaborarem especificações. Quando não os tem a solução é recorrer a consultores independentes tanto para elaborar a especificação, como acompanhar e analisar o material produzido**

7. O Que? O usuário está certo do que deseja ? O executor entendeu o que foi firmado? As exigências das especificações devem ser claras e suficientes para atender os desejos do usuário e compatíveis com o que está disposto a pagar. Exigências desnecessárias encarecem o serviço e podem não ser realistas para aquela finalidade, região ou época do ano. O executor pelo seu lado deve esclarecer ao usuário as implicações de cada item, em termos de relevância, custos e tempo.

4. Formação básica do Especialista em Especificações

Pelo exposto nos itens anteriores percebe-se que o técnico ou o grupo encarregado de uma especificação deve ter conhecimentos básicos razoáveis além de experiência. Portanto o assunto deveria ser incluído nos currículos dos cursos de graduação de Engenharia Cartográfica e Agrimensura. Estes cursos, embora tenham as disciplinas correlatas como fotogrametria, topografia, geodésia, cartografia, cadastro e ajustamento, não fornecem aos formandos uma visão sistêmica, fundamental quando se trata de uma especificação de serviços de levantamento aerofotogramétrico e mapeamento.

Embora, nestas disciplinas, fosse possível direcionar os estudantes a prepararem uma especificação com determinado objetivo, o ensaio ficaria sempre prejudicado pela falta de avaliação de um produto final real.

O Departamento de Geomática da UFPR usou da criatividade para solucionar o problema construindo uma maquete com dimensões adequadas(Figura 1). Desta forma os estudantes podem fazer simulações de vôos com câmaras de pequeno formato e executar o planejamento completo da cobertura, inclusive medindo pontos de apoio, realizando a fototriangulação e a restituição além de gerar ortofotos. O estudo das especificações de levantamentos fotogramétricos caberia muito bem dentro da disciplina de Fotogrametria ou Cartografia.



Figura 1: Maquete existente no Departamento de Geomática da UFPR usada pelos alunos para simulações de levantamentos aerofotogramétricos

5. Análise de alguns Tópicos de Especificações

A grande quantidade de itens e as diferentes possibilidades de especificações, de acordo com cada aplicação torna impossível uma análise completa, item a item, num simples artigo. Assim, serão discutidos e analisados apenas alguns tópicos. Mais detalhes podem ser encontrados, comparando-se as especificações padrões já citadas e demais artigos relacionados nas referências bibliográficas.

É importante lembrar que cada item existente numa especificação padrão tem sua importância e foi previsto para evitar ou minimizar erros ou falhas que podem prejudicar no futuro o uso daqueles produtos. Portanto sua adoção ou modificação deve ser precedida de uma análise consciente e realista, com base nas características principais do serviço e nas condições particulares da região do levantamento e ou mapeamento.

5.1 Qualidade do material fotográfico

A fotografia aérea é o dado básico do fotogrametrista e portanto seu objetivo é trabalhar sempre com o melhor. O "ótimo" esperado é um diapositivo copiado de um negativo perfeito, correntemente exposto, revelado com contraste correto, livre de qualquer mancha e tomada sob condições de tempo perfeito. Este ótimo não é sempre possível de ser obtido (Lamboit, 1958).

- Especificações de densidades
- Especificações muito detalhadas do material fotográfico e revelação, embora sejam sempre desejáveis só se justificam completamente quando destinam-se à produção de ortofotos ou constituem uma etapa própria de serviço e quando existirem condições para avaliação quantitativa posterior. Especificações do tipo: "*Os negativos deverão ser processados de tal forma que cada uma das entidades discerníveis no terreno, das sombras aos tons vivos, sejam claramente identificáveis. A densidade do negativo não deve ultrapassar os valores médios recomendados pelo fabricante*"; são um tanto vagas mas são correntemente usadas. As do tipo: "*Os negativos deverão apresentar gama média 0,9 ou menor...*" ou "*A densidade mínima deve estar entre 0,2 e 0,5 acima da base mais foga, na área do negativo situado até o ângulo de 35°, e deve ser maior que 0,1 acima da base mais foga entre 35° e 45°. A densidade máxima será 1,5 com média 1,0 ...*", exigem medições com microdensitômetro e cálculos elaborados nem sempre fáceis de serem executados.
- As medições que asseguram quantitativamente a qualidade fotográfica e comprovam se foram atendidas as especificações como descritas acima são: a) Medição da densidade de uma faixa de tons de cinza impressa no filme antes da revelação para obter a curva D-Log E; b) Medição da densidade do negativo revelado para conhecer as densidades médias da imagem; c) medições de densidades de linhas nas imagens para obter a FTM (Função de transferência de Modulação) (Welch e Halliday, 1975). As especificações da ASPRS (1995) dão indicações de como proceder as medições de densidade dos negativos.
- Especificações de qualidade
- A especificação do tipo: "*Todos os negativos revelados devem estar livres de manchas, impressões digitais, bolhas, listras, marcas estáticas, riscos, manchas de natureza química e ondulações*"; é a ideal , porém, um pouco rígida. Eventualmente alguns negativos podem apresentar pequenas manchas ou riscos que não prejudicam seu uso futuro. Para contornar esta rigidez poderia ser acrescentado: "*Poderá ser permitida alguma tolerância quando o processamento do negativo for realizado sob condições abaixo do ideal, desde que a finalidade do negativo não seja prejudicada*".

- É possível se corrigir no laboratório, dentro de certos limites, alguns dos problemas de super-exposição, sub-exposição e contrastes. Por outro lado existem falhas que não podem ser de forma alguma corrigidas posteriormente como as devido a problemas de foco, arrastamento ou ondulações decorrentes das deformações do filme. Estas últimas podem ser provocadas pela falta de vácuo durante a exposição ou durante o processo de revelação e secagem.
- Deve-se ressaltar que as fotografias destinadas à produção de ortofotos devem ter ótima uniformidade de densidades médias e alta qualidade desde a exposição. Brumm e Waters(1977) dão mais detalhes sobre o assunto.

5.2 Calibração das Câmaras

Particularmente no Brasil esta é uma questão complicada, porque não existem centros de calibração habilitados pelos fabricantes ou de reconhecida reputação internacional que realizem o serviço. Como a calibração deve ser feita periodicamente, a cada dois ou três anos, ou quando a câmara sofreu alguma avaria, enviá-la para ser calibrada no exterior, além do longo período de tempo que se prescinde da mesma, torna o certificado muito caro. Calibrar a câmara neste caso, se refere apenas a atestar o estado que ela se encontra. Assim a solução é aceitar as calibrações em campo executadas por especialistas através do levantamento do campo de testes de São Luiz do Purunã, implantado pelo Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná.

O certificado de calibração da câmara a ser usada no levantamento é necessário para: fornecer os dados de orientação interna e os coeficientes de distorção das lentes; garantir que a câmara seja de boa qualidade, isto é, que sua geometria, resolução e distorções estejam dentro de limites aceitáveis pelas normas.

Com relação à geometria da câmara poucas das especificações em uso fornecem as tolerâncias permitidas. Segundo (Ziemann e Tayman, 1984) o PP (Principal Point), o PBS (Point of Best Symetry) e o CF (Centro Fiducial) devem estar dentro de um círculo com raio de 20 μm . A distorção radial máxima permitida é 15 μm a uma distância de 100mm do PP.

As especificações internacionais exigem também os testes de resolução câmara-filme com alvos padrões (Figura 2) . Estes testes embora não sejam difíceis de serem realizados, não são reproduzidos no Brasil e os certificados de calibração nacionais simplesmente copiam os dados anteriores que acompanham a câmara. Aparentemente isto não tem trazido maiores consequências aos serviços executados por firmas idôneas.

5.3 Resolução mínima

Nas exigências de resolução nas especificações do Brasil é usado o antigo método de número de linhas ou pares de linhas por milímetro, que não é a forma mais confiável.

A resolução de uma imagem, entendida como a capacidade de se separar os menores elementos da mesma, é resultado do poder de resolução do filme, da FTM, da granulometria e contrastes do terreno (Slama, 1980).

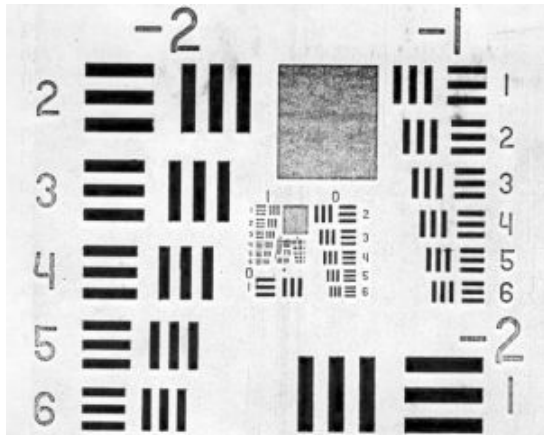


Figura 2 : Padrão de alvo usado para obtenção da resolução em linhas/milímetro em sistemas fotográficos

São comuns as especificações do tipo: "*Para o sistema objetiva- filme deverá ser observado um poder resolutivo mínimo de 100 linhas por milímetro...*". Esta especificação rigorosamente está incompleta. (Bousky, 1960) já nos anos 60 mostrou que alta resolução não garante que objetos de pequeno contraste sejam identificados. Por outro lado provavelmente não haverá como efetivamente o usuário medir aquela resolução. O método usa fotografias de alvos de alto contraste formados por linhas paralelas, dispostos em sequência que vão diminuindo de tamanho (Figura 2). Os negativos são observados num microscópio, e com base no menor alvo onde ainda foi possível separar as linhas visualmente é calculada (na escala da imagem) e definida a resolução. Assim uma resolução definida como tendo 100 linhas equivale a 50 linhas brancas e 50 linhas pretas. A resolução pode ser dada também em pares de linhas por milímetro (pl/mm). Sob condições operacionais a maioria dos filmes varia de 20 a 30 pl/mm para alvos de baixo contraste e 35 a 55 para alto contraste. Uma exceção é o filme 3414 da Kodak, vide Tabela 1. Nas câmaras mais modernas dotadas de dispositivos de compensação do movimento longitudinal e angular, a resolução pode melhorar para cerca de 54 pl/mm segundo Light(1996).

TIPO DO FILME	Contraste 1000:1	Contraste 1,6:1
Plus X Aerographic filme 2402 base Estar	160	50
tri-X Aerographic filme 2403 base Estar	100	40
Double-X Aerographic filme 2405 base Estar	125	50
Panatomic-X Aerocon II filme 3412 base fina Estar	400	125
High Definition Aerial filme 3414 base fina Estar	800	250
Infravermelho Aerographic filme 2424 base Estar	125	50

5.4 Condições de tempo

As condições ideais de tempo exigidas nas especificações são: "O céu deverá estar livre de nuvens, névoa e fumaça e o sol deverá ter elevação mínima de 30° acima do horizonte..." .

Ocorre no entanto que muitas regiões têm nebulosidade constante durante todo o ano e que nas áreas de alta latitude o sol fica pouca horas acima do ângulo de 30°. Nestas áreas, então, as especificações devem ser flexibilizadas.

A existência de nuvens altas e pouco densas, acima da altura do vôo, pode até ajudar no sentido de diminuir o brilho excessivo de superfícies claras e pode igualmente permitir vôos destinados a aplicações florestais (Myers e Watts, 1981). A existência de sombras de nuvens, desde que claras, permitem visualizar os detalhes do terreno e não chegam a prejudicar a restituição. Pequenas manchas de nuvens eventualmente podem não inutilizar a fotografia, se não estiverem na área a ser restituída, ou se a mesma área aparece numa faixa paralela de vôo e livre das nuvens. Nestas condições até 10% de nuvens pode ser aceitável.

A altura do sol tem influência no comprimento de sombras e no percentual de luminosidade sobre o solo (Lockwood, 1976). As sombras são em muitos casos desejáveis para a identificação de detalhes como cercas e postes e fotointerpretação geológica (Walker e Trexler, 1977). Porém nos casos extremos, de terrenos muito acidentados, as sombras de encostas podem prejudicar seriamente e encobrir feições importantes. Já a redução e luminosidade pode ser compensada com a abertura do diafragma, conforme a Tabela 2 elaborada por Lockwood (1976) e uso de filme de maior sensibilidade.

ALTURA DO SOL (GRAUS)	FATOR DE COMPENSAÇÃO
90-35	normal
35-25	+ 1/2 f stop
25-15	+ 1 f stop
15-10	+ 1 1/2 f stop
10-5	+ 2 f stop

5.5 Apoio de campo para a fototriangulação e uso do GPS

Uma possível especificação que pode encarecer a etapa de apoio à fototriangulação ocorre quando é exigido apoio de campo em cada modelo, em detrimento das técnicas da fototriangulação, e poligonação ou triangulação convencional topográfica ao invés do levantamento com o sistema GPS.

A precisão necessária para a maioria dos trabalhos de mapeamento é obtida com o uso de programas de ajustamento da fototriangulação e com a seguinte distribuição de pontos de apoio: planimétrico/altimétrico na periferia do bloco a cada 3 ou 4 modelos. Apoio altimétrico nos extremos de cada faixa e a cada 3-4 modelos no interior das mesmas.

A medição de pontos no campo para apoio à fototriangulação atualmente pode ser feita com vantagens com GPS. A produtividade é muito maior que os métodos convencionais. Mesmo os métodos de levantamentos rápidos já dão precisão de alguns centímetros, suficientes para a fotogrametria. O uso do GPS contribui para reduzir os custos desta etapa que era bastante alto até a bem pouco tempo atrás. Os pontos altimétricos medidos com GPS necessitam de correção da altura geoidal local para terem a precisão necessária. O uso das alturas do geóide fornecido pelo programa MAPGEO distribuído pelo IBGE não é indicado porque não têm

precisão suficiente para as escalas grandes e médias. Nestes casos, uma alternativa é procurar se existe um geóide de precisão da área ou, em última opção, calcular um geóide local aproximado medindo-se com GPS várias referências de níveis (RN) no entorno e interior da área. Os demais pontos podem ser obtidos por interpolação.

As maiores empresas de aerolevantamentos do Brasil já dispõem de câmaras acopladas com GPS, para registro da posição, no instante da exposição. Os vôos apoiados por GPS já podem reduzir as medições de campo a apenas quatro pontos distribuídos nos cantos do bloco (Ackermann e Schade, 1993).

O GPS também é usado largamente como um sistema auxiliar na navegação, facilitando a retomada de vôo de faixas interrompida, ou para revôo de trechos rejeitados por qualquer motivo, com grande precisão. Portanto não se justificam mais as exigências de que uma faixa interrompida por qualquer motivo terá de ser revoadada completamente.

5.6 Detalhes topográficos e precisão/exatidão

A definição da escala de vôo é o principal fator na capacidade de identificação e reconhecimento de detalhes. Porém é necessário um compromisso entre o que é possível identificar e o que é necessário para a finalidade do produto final. Esta questão, embora reconhecida como influenciando diretamente os custos, tanto pela quantidade de fotografias (que cresce geometricamente com o aumento da escala), como pela demora na restituição, não é devidamente considerada pelo usuário. Existem especificações do tipo "*... deverão ser representados todos os detalhes visíveis ou passíveis de restituição nas fotografias ...*"(Pereira, 1995). A consequência pode ser que um modelo estereoscópico que leva de 60 a 80 horas para ser restituído, numa área urbana típica, leve até 240 horas numa área muito densa.

Portanto a finalidade da carta e uso real da mesma deve ditar os detalhes que devem aparecer ou não. Mapas de uso geral, cadastro ou projetos de engenharia têm necessidades diferentes em detalhes e precisões planimétricas e altimétricas que devem ser observados.

As cartas de uso geral em escala pequena no Brasil seguem os padrões definidos pelas entidades oficiais IBGE e DSG. As cartas produzidas por estas agências, seguem um padrão que é conveniente para um programa de mapeamento sistemático de todo o país, e que por isto mesmo deve ter a maior padronização possível. No entanto (Ziemann e Tayman, 1984) questiona que estes padrões nem sempre levam em conta as necessidades de quem os usa. Por exemplo, algumas cartas na escala 1:100.000 do interior da região NE quando foram atualizadas para reimpressão tiveram muitos detalhes eliminados, como cercas, pequenas estradas e riachos. Como não existem cartas em escalas maiores naquelas áreas, simplesmente foram perdidas informações existentes por conta de uma norma adotada na atualização. As cartas antigas serviam para definir os limites de novos municípios criados e áreas censitárias pelo IBGE. Portanto, deve haver sempre um compromisso entre o que pode ser restituído (em função da resolução e escala da fotografia) e o que pode ser representado (pela escala do produto final e aplicação do mesmo).

As cartas em escala grande no Brasil passaram a ter também algumas normas de representação. O Conselho Estadual de Informática e Informações do estado do Paraná, através de sua Câmara Técnica de Cartografia e Geoprocessamento realizou um trabalho de normatização das convenções cartográficas para grande e média escalas. Como normas internacionais, uma boa referência são as especificações para mapeamento de 1:1000 a 1:10000 do RICS (Leatherdale,1980).

As técnicas de produção de cartas em meio digital criaram a possibilidade do usuário fazer uma impressão em papel, ou visualizar em tela, teoricamente em qualquer escala. Isto pode levar a problemas de representação devido às dimensões dos detalhes e suas convenções cartográficas, assunto objeto de pesquisas atualmente que é a generalização.

5.7 Exatidão e precisão planimétrica e altimétrica

As normas brasileiras sobre exatidão de mapas que referem-se apenas a cartas de escala pequena (menores que 1:25000), estão no Decreto 89817 de 20 de julho de 1984, que estabelece as exatidões planimétricas e altimétricas, segundo as classes A, B e C. Os níveis de exatidão/precisão lá definidos são iguais a maioria das normas internacionais e têm o mesmo equívoco, inclusive quando abusa de conceitos estatísticos, juntando limites de confiabilidade e tolerância absoluta (Kure, 1988). A norma é incompleta porque não define número mínimo de pontos a serem testados, sua distribuição na folha do mapa, nem qual a ordem de precisão da medição usada como referência. A respeito do assunto pode-se consultar Leal(1998), USGS(1998), ASPRS(1990), Daosheng(1995) e IPGH(1978).

As especificações de exatidão do USGS(1998) e ASPRS(1990) para escalas maiores que 1:20000 são menos rígidas que as adotadas pelo Decreto 89817. A exatidão planimétrica é 0,5mm na escala do mapa e a altimétrica é 1/2 do intervalo da curva de nível para 90% dos pontos testados. Devido aos problemas da possibilidade de ampliação ilimitada de uma carta digital, como já comentado, a ASPRS passou a recomendar que se informe o erro padrão limite em escala real do terreno e sua correspondente escala típica de representação (Tabela 3) (ASPRS,1990).

EXATIDÃO PLANIMÉTRICA Erro Padrão Limite em metros	ESCALA TÍPICA DO MAPA
0,125	1:500
0,25	1:1 000
0,50	1:2 000
1,00	1:4 000
1,25	1: 5 000
2,50	1: 10 000
5,00	1: 20 000

5.8 Fotogrametria e Cartografia Digital

Aparentemente existe ainda alguma confusão sobre o que se faz sob os títulos de Fotogrametria e Cartografia digital. Os métodos puramente digitais de fotogrametria envolvem as orientações internas, relativas e absolutas total ou parcialmente automatizadas. Em seguida realiza automaticamente também a geração do MDT (Modelo Digital do Terreno) com técnicas de correlação de imagens, e a extração de feições. Apesar da existência há alguns anos dos equipamentos fotogramétricos digitais, os mesmos ainda não estão com produtividade comercial em todas as fases. Por enquanto o único recurso bem utilizado destes sistemas é a geração de ortofotos digitais. Vale salientar que a modernização e implementação dos restituidores analógicos e analíticos para a saída da restituição em formato digital não é propriamente Fotogrametria Digital. Estas restituições editadas em computador e complementadas com informações de campo, depois da edição final, constituem uma carta em meio digital que poderá gerar um original para impressão gráfica em off set ou produzir cópias num plotter. Pode-se porém, incluir como Cartografia Digital, as

bases de dados geo-referenciadas constituídas do misto de mapas de traços e imagens (de satélites óticos, radar ou fotografias)

Estas técnicas introduziram novos itens relevantes no corpo de uma especificação, principalmente as referentes à digitalização das fotografias, que devem definir o seguinte:

- o tamanho do pixel - O tamanho ideal, para manter toda a resolução de uma fotografia analógica, gira em torno de 13 μ m (Silva e Dalmolin, 1998), mas resulta num arquivo muito grande (cerca de 250Mb por fotografia) e o processo de digitalização demora quatro vezes mais que com um pixel de 25 μ m, que é o correntemente usado. Assim a digitalização envolve um compromisso entre resolução, quantidade de dados e tempo de processamento.
- o formato dos arquivos e o meio magnético de armazenagem, devem ser compatíveis com os programas e equipamentos do usuário.
- qualidade e precisão do scanner - O scanner deve ser de qualidade reconhecida e alta precisão geométrica, pois é fonte de introdução de novas distorções na imagem (Baltsavia e Waegli, 1996; Kölbl e Bach, 1996). Segundo (Kölbl e Bach,1996) a precisão deve ser de 5 μ m e ter capacidade de digitalização com resolução de até 10 μ m.

Para serviços de Cartografia Digital e bases de dados digitais como os exigidos em SIG, pode ser muito útil para o usuário solicitar adicionalmente aos produtos do contrato, um modelo digital do terreno. Os MDT constituem um produto básico para toda esta nova tecnologia digital. São úteis para geração de vários produtos, como plantas de declividades, vistas em perspectiva e essenciais para retificação diferencial ou monoscópica de fotografias. Muitos programas de SIG já incorporam módulos para trabalhos com MDT. A precisão da representação do relevo depende da densidade de pontos e da marcação de linhas importantes do terreno (broken lines).

A produção de ortofotos digitais exige alguns cuidados particulares. Dos trabalhos de Manzer(1995), Höhle(1996), Brumm e Waters(1977) foram extraídos alguns deles:

- A digitalização de fotografias é dita "ótima" quando é realizada obedecendo ao produto: (Fator de Ampliação) X 240 dpi. Por exemplo: ampliação de 5 vezes : 5 x 240 dpi = 1200 dpi.
- É possível ampliar as fotografias até 9-10 vezes para obter ortofotos, embora o limite mais aceitável seja de 5 vezes.
- O processo de reamostragem dos tons de cinza dos pixels mais rápido é o do vizinho mais próximo. O ideal seria a interpolação bilinear, seguido da convolução cúbica, porém com tempos muito maiores de processamento;
- O tamanho do pixel no terreno para satisfazer aos padrões de exatidão americanos para escalas grandes são apresentados na tabela 4;
- recomenda-se que as folhas dos mapas sejam preparados de uma única fotografia. Porém existem métodos de mosaicagem de várias fotografias, que com a correção radiométrica e outras técnicas de processamento de imagens dão bons resultados (Hood et Al, 1989) (Muray et Al. 1980).

ESCALA FINAL DA ORTOFOTO	TAM DO PIXEL
1:1000	12 cm
1:2000	25 cm
1:2500	30 cm
1:4000	50 cm
1:5000	60 cm

1:10000	125 cm
1:20000	250 cm

5.9 Opções alternativas mais econômicas

Os serviços de aerofotogrametria de mapeamento são essencialmente caros porque usam equipamentos de alto custo, pessoal altamente qualificado, e sobretudo de execução demorada. O alto custo dos produtos da aerofotogrametria e mapeamento em geral tornam muitas aplicações inviáveis, principalmente quando a precisão não é tão importante. A fotointerpretação com finalidades geológicas, por exemplo, está interessada na identificação de formações ou jazidas, que depois serão estudadas detalhadamente por métodos de levantamentos de campo.

Face a grande variedade de aplicações o técnico deve estar capacitado a analisar outras opções mais econômicas, de precisão menor, que atendam às necessidades do usuário. Entre estas opções estão fotografias aéreas ampliadas, mosaicos de fotografias digitais (retificadas ou não), ortofotos, fotografias de pequeno formato, videogrametria, atualização de mapas com monorestituição, imagens de satélites de alta resolução, imagens da radar, entre outros.

6. Fiscalização dos Trabalhos

O fato de se ter um conjunto de especificações é praticamente inutilizado caso não seja previsto como monitorar e fiscalizar os serviços por parte do usuário. A fiscalização poderá acompanhar todas as etapas, deslocando-se para a área de levantamento e sede da empresa executora, ou receber as informações e materiais que necessita em seu escritório. Tudo vai depender das conveniências e recursos existentes. É importante que haja um clima de confiança entre o usuário e o contratante e que os problemas sejam resolvidos com profissionalismo, principalmente aqueles imprevistos não cobertos pelas especificações.

Eventuais conflitos podem ocorrer, levando a rejeição de parte ou de todo o serviço. Por isto é importante avaliar caso a caso, o que apenas dificulta e o que realmente impede a utilização do material. Para exemplificar, a Tabela 5 mostra percentuais de fotografias com vários tipos de problemas, separados entre críticos, não desejáveis e tolerados. A estatística foi feita por Fleming(1983) no Canadá, para vôo de grande altitude, num total de 37.108 fotografias. Destas, 50 % estavam abaixo das especificações, mas apenas 11% foram penalizadas e 2 % rejeitadas. A inspeção prévia do próprio executante já tinha rejeitado antes 7% do total.

TIPO DE PROBLEMA		%
CRÍTICO	Paralaxe em Y	0,0
	Baixa Super. Longitudinal	2,6
	Baixa super. Lateral	1,8
NÃO DESEJÁVEL	Nuvens	5,1

	Sub exposição	0,9
	Alta Super. Longitudinal	0,7
	Deriva e inclinação	1,3
	Névoa	6,2
	Registros das margens	5,4
TOLERADO	Super-exposiçã o	36,0
	Baixo Gradiente de densidade mínima	21,5
	Alto Gradiente de densidade alta	2,3

É importante ressaltar que o objetivo do fotogrametrista é trabalhar com a fotografia de melhor qualidade, mas eventualmente aquela que foge do especificado e não pode ser trabalhada num restituidor analógico, o poderá ser num analítico, que tem flexibilidade muito maior.

O trabalho do fiscal será facilitado se forem tomados alguns cuidados durante a fase das especificações e providenciado alguns dispositivos de escritório. Para serviços essencialmente aerofotogramétricos Seufert (1975) dá orientações sobre os procedimentos de detecção dos erros mais importantes, materiais necessários e estimativa de tempo para os trabalhos. Para o controle rigoroso de qualidade dos negativos recomenda-se consultar Welch e Halliday(1975).

Para a análise do conteúdo do mapa em edição final, uma lista de checagem com itens do tipo a seguir, é muito útil: classificação de todas as estradas e caminhos e verificação do início e fim; existência de pontes nos cruzamentos de estradas com rios; uso correto das convenções; identificação correta de escolas, igrejas, faróis, indústrias; identificação de estradas de ferro, verificação de limites de propriedades; identificação e localização de RN e marcos geodésicos. Os mapas digitais devem ser visualizados em tela de computador, com ampliação adequada, para verificar o fechamento de polígonos, interrupção correta de linhas que não devem se cruzar e formas das curvas de nível. Curvas de nível com espaçamento muito uniforme pode indicar uso de programas de interpolação e que apenas as curvas mestras foram restituídas. As informações de rodapé da folha, como convergência meridiana, deformação devido projeção cartográfica e declinação magnética devem ser conferidos. Este último deve ser obtido de mapas mais recentes do Observatório Nacional.

A exatidão dos mapas prontos deve ser testada com a medição de pontos bem identificados no terreno. A escolha destes pontos, localização na folha, distribuição e quantidade não é definida nas normas brasileiras. Porém o trabalho recente de Leal(1998) ajuda muito neste sentido. Outras referências úteis são USGS(1998), Andrade(1991), Brito(1987) e IPGH (1978).

As normas do USGS (1998) definem que a planimetria seja conferida com um método de medição que forneça precisão equivalente a 0,1mm na escala da carta. Para altimetria o método deve ter precisão de 1/20 do intervalo da curva de nível. Os levantamentos classificados como de terceira ordem são suficientes para os testes.

7. Conclusões

A tarefa de preparar especificações para contratos de serviços aerofotogramétricos e/ou mapeamento envolve um grande esforço de por parte do responsável pela mesma. Há necessidade de muita experiência, coleta de material bibliográfico, análise das características do serviço, das condições específicas da área a ser levantada e mapeada, além, principalmente, de satisfazer aos desejos do usuário.

Este trabalho, discutindo os vários aspectos que envolvem uma boa especificação, mesmo parcialmente, procurou dar uma contribuição àqueles que se deparam com o problema pela primeira vez, sejam eles profissionais da área ou usuários, que poderão discutir com consultores e executantes as particularidades do seu serviço.

8. Referências Bibliográficas

- Ackermann, F.; Schade, H.: *Application of GPS for Aerial triangulation*. PE&RS. V. 59, N. 11 p. 1625-1632. Nov 1993.
- Andrade, D.F.P.N.: *Avaliação de exatidão de documentos cartográficos*. Revista Brasileira de Cartografia. n. 44. p. 8-11. 1991.
- ASPRS: *Asprs accuracy standards for large-scale maps*. ASPRS Professional Practice Division. PE&RS. v. 56 n.7. p. 1068-1070. 1990.
- ASPRS: *Draft aerial photography standard*. ASPRS Professional Practice Division. PE&RS. v. 61 n. 9. p. 1097-1103. sep 1995.
- Attweel, B. J.: *Some factors affecting the physical quality of the image in air photography*. Photogrammetric Record. v. 6 n. 1. p. 13-37. oct 1955.
- Baltsavia, E.P.; Wagli, B.: *Quality analysis and calibration of DTP scanners*. In: XVII Congress of ISPRS. Viena. V. 31 Part B1 p. 13-15. 1996.
- Bousky, S.: *Do present standards assure photographic interpretability ?* In: IX Congress of International Society of Photogrammetry. Londres: 1960. Archives 6. 23p.
- Brito, J.L.N.S.: *Proposta de metodologia para classificação de documentos cartográficos*. Revista Brasileira de Cartografia. n. 41. p.27-42. 1987.
- Brumm, M. G.; Waters, J. G.: *Photodensity control system for orthophoto products*. PE&RS v. 43 n. 9. P. 1177-1182 sep 1977.
- Clarke, T. A.; Wang W., Fryer, J.G.: *The principal point and CCD cameras*. Photogrammetric Record. v. 92 n. 16. p. 293-312. oct 1998.
- Corten, IR. F.L.: *List of specifications for aerial photography*. ITC - International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences: Enschede, Holanda. 198?. 37 p.
- Dalmolin, Q.; Silva, D. C.: *Esboço de padrões para fotografias aéreas*. Tradução do inglês: Draft aerial photography standard. UFPR. Curitiba. 25 p. 1999.
- Daosheng, Du.: *Introduction to data quality standard for digital topographic map product*. In: Proceedings of 17th International Cartographic Conference. Barcelona. p. 2411-2415. sep 1995.
- Fleming, E.A.: *ICAS Specifications for aerial photography*. The Canadian Surveyor. v. 37 n.3. p. 145-155. 1983.
- Gwaspari, J.: *The problems of specifications*. Photogrammetric Record. v. 87 n. 15. p. 365-369. apr. 1996.

- Hall, R.: *The effect of haze and high solar altitude on the density of air survey negatives*. Photogrammetric Record. v. 4 n. 1. p. 20-37. oct 1954.
- Höhle, J.: *Experiences with the production of digital orthophotos*. PE&RS. v. 62 n. 10. p. 1189-1194. oct 1996.
- Ilescheck, A.L.: *Análise Quantitativa de mapas digitais*. In: XVIII Congresso Brasileiro de Cartografia da SBC. Rio de Janeiro. 1997.
- IPGH.: *Especificaciones para mapas topográficos*. Instituto Panamericano de Geografia e História. Instituto Geográfico Agustin Codazzi. 1978.
- Kodak.: *Aerial Imaging*. Disponível na Internet: URL: www.kodak.com/US/en/government/aerial/products/film/blackWhite.shtml. Arquivo capturado em 20.09.1999.
- Kodak.: *Characteristics of Kodak aerial films*. Catálogo M- 57. Sep 1983.
- Kölbl, O; Bach, U.: *Tone reproduction of photographic scanners*. PE&RS. V. 62 n. 6 p.687-694. Jun 1996.
- Kure, J.: *Guidelines in establishing mapping specifications*. The ITC Journal. v. 4. p. 345-348. 1988.
- Lamboit.: *Practical problems in aerial photographic procedure*. . Photogrammetric Record. n. 11. p. 341-355. apr 1958.
- Leal, E.M.: *Análise da qualidade posicional em bases cartográficas geradas em CAD*. Dissertação de mestrado do Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR. Curitiba. 127 p. 1998.
- Leatherdanle, J.D.: *Specification for mapping at scales between 1:1000 and 1:10000*. In: XIV Congress of International Society of Photogrammetry. Hamburgo: 1980. Commission IV. p. 415-441.
- Ligth, D.L.: *Film cameras or digital sensors ? The challenge ahead for aerial imaging* . PE&RS v. 62 n. 3 p. 285-291. Mar 1996.
- Lockwood, H.E.; Perry, L.: *Shutter/aperture settings for aerial photography*. PE&RS v. 42 n. 2. p. 239-249. feb 1976.
- Manzer, G.: *Practical considerations for avoiding problems in the production of digital orthophotos*. Geomática. v. 49 n. 4. p. 455-462. 1995.
- Mitchell, J.K.: *The pitfalls and temptations of aerial mapping*. PE&RS. v. 47 n. 1. p. 59-61. jan 1981.
- Myers, B.J.; Watts, S.J.: *Shadowless aerial photography*. Divisional Report No 7.CSIRO: Canberra, Australia. 41 p. 1981.
- Pereira, F.D.: *Alternativas de baixo custo de mapeamento digital para SIG*. In: Anais do XVII Congresso Brasileiro de Cartografia da SBC. Salvador. 1995.
- RICS.: *Specifications for vertical air photography*. 3 th ed. The Royal Institution of Chatered Surveyors. 15 p. 1989.
- Seufert, W.: *Fiscalização de trabalhos fotogramétricos*. In: 1o Senctru- Seminário Nacional de Cadastro Técnico Rural e Urbano. GTZ- SUDENE-UFPR. Curitiba, 1987.
- Silva, D.C.; Dalmolin, Q.: *Avaliação da resolução de imagens digitais para cadastro*. In: CDROM Anais 3o COBRAC- Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis. 1998.
- USGS.: *Map accuracy standards*. Disponível na Internet.URL: <http://mapping.usgs.gov/mac/isb/pub/factsheets/fs07896.html> Arquivo capturado em 10.08.1998.
- Visser,J.: *Photogrammetry for urban mapping*. The ITC Journal. v. 5. p. 638-649. 1974.
- Walker,P.M.; Trexler,D.T.: *Low Sun-angle photography*. PE&RS. v. 43 n. 4. p. 493-505. apr 1977.
- Weele,A.J., van der.: *Photogrammetry for cadastral surveys*. The ITC Journal. n. 5. p. 617-637. 1974.

- Welch,R.; Halliday,J.: *Image quality controls for aerial photography*. . Photogrammetric Record. v. 45 n. 8. p. 317-325. apr 1975.
- Zamora,L.F.N.: *Conflito entre produtores e usuários de cartografia digital*. . In: Anais do XVII Congresso Brasileiro de Cartografia da SBC. Salvador. 1995.
- Ziemann,H.; Tayman,W.P.: *ISPRS - Recommend procedures and specifications*. In: : XV Congress of International Society of Photogrammetry. Rio de Janeiro: 1984.

Autores	Daniel Carneiro da Silva, MSc., Doutorando Universidade Federal do Paraná Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas 97040-500 Curitiba PR - Brasil ✉ dcsilva@geoc.ufpr.br	Prof. Dr. Quintino Dalmolin Universidade Federal do Paraná Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas 97040-500 Curitiba PR - Brasil ✉ dalmolin@geoc.ufpr.br
---------	---	--