

Uso de scanners de mesa não cartográficos para digitalização de imagens de precisão.

Natalia Cristina Lino ¹
Daniela de Souza Neves ¹
Nilton Ricetti Xavier de Nazareno ¹

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – IFG.
Rua 75, nº 46 – 74055-110 – Centro – Goiânia – GO
natalia.c.lino@gmail.com
danidsn@gmail.com
nrxn@cefetgo.br

Abstract. Collecting information on the geographical distribution of mineral resources, properties, plants and animals has always been an important part of the activities of organized societies, but until recently this was done only on paper maps and documents, which prevented an analysis that combined various maps and data. With the development of computer technology, it became possible to store and represent such information in the computing environment, making room for the emergence of Geoprocessing. Despite the automation of cartographic production, there is still a huge range of cartographic documentation amid analog that need to be transferred to digital media. It can be noted between these documentations maps and charts in various scales as well as pictures metric or not, used in the mapping process. There are several processes to transfer these data to the digital world, but a rather unusual is the use of scanner accuracy. However the equipment is sophisticated and has cost prohibitive for most businesses and even in a poor manner is not uncommon to use low-quality scanner to do the migration. This paper aims to study the geometric deformation occurred in the scanning process when using common scanners and check on the application of a flat transformation can correct them and propose, if satisfactory, a methodology for data collection low cost.

Palavras-chave: Cartografia, digitalização, scanner, reseaut, transformações geométricas.

1. Introdução

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades, animais e plantas sempre foi uma parte importante das atividades das sociedades organizadas. Até recentemente, no entanto, isto era feito apenas em documentos e mapas em papel; isto impedia uma análise que combinasse diversos mapas e dados. Com o desenvolvimento simultâneo, na segunda metade do século XX, da tecnologia de Informática, tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento do Geoprocessamento.

Não obstante à automação da produção cartográfica, ainda existe uma gama enorme de documentações cartográficas em meio analógico que precisam ser transferidas para o meio digital. Pode-se destacar entre estas documentações mapas e cartas em diversas escalas como também fotografias métricas ou não, utilizadas no processo de mapeamento.

Existem diversos processos para transferência destes dados para o mundo digital, mas um bastante usual é a utilização de *scanner* de precisão. Entretanto esses equipamentos são sofisticados e tem seu custo proibitivo para a maioria das empresas e mesmo que de forma precária não é incomum a utilização de *scanner* de baixa qualidade para fazer a migração.

O presente trabalho se propõe a estudar as deformações geométricas ocorridas no processo de digitalização quando se utilizam *scanners* comuns e verificar se na aplicação de uma transformação plana é possível corrigi-las, propondo assim, em caso satisfatório, uma metodologia de coleta de dados de baixo custo.

2. Justificativa

A fotogrametria digital realizada por meio de conversão de imagens analógicas procedentes de câmaras métricas analógicas é uma atividade de relevada importância na cartografia nacional. Devido ao elevado custo das câmeras digitais, que produzem fotos ou imagens no formato digital (*softcopy*), a maioria dos aerolevamentos nacionais utiliza-se de imagens analógicas (*hardcopy*), sendo necessário o uso de dispositivos que façam a conversão.

Os dispositivos capazes de converter imagens analógicas em digitais são denominados *scanners* fotogramétricos que introduzem novas deformações na imagem, além daquelas provenientes do processo aerofotográfico. Estas últimas já possuem um conjunto de conhecidos métodos de correção, que utiliza parâmetros de calibração de câmeras, equações e transformações para correção de deformações do filme, distorções radiais simétricas, descentradas e refração atmosférica.

No caso desta digitalização ser realizada por *scanners* fotogramétricos, as novas deformações introduzidas na imagem são desprezíveis para a maioria das aplicações. Em geral tais deformações são menores que a própria resolução geométrica da imagem.

A diferença dos *scanners* fotogramétricos em relação aos *scanners* convencionais está na qualidade geométrica de posicionamento do *CCD* (*Charge Coupled Device*), o que depende do tipo de servo-motor utilizado e da confiabilidade dos componentes mecânicos. Em alguns modelos, há uma placa *reseau*, sobre a área de digitalização, que permite aferir a qualidade da digitalização.

Um dos elementos fundamentais de um *scanner* é a sua resolução ótica, isto é, o tamanho do *pixel* obtido por meios óticos. É importante distinguir entre a resolução do *scanner*, que equivale ao tamanho do *pixel* e à resolução da imagem, que pode ser reamostrada por interpolação chegando a um *pixel* menor do que o obtido por meios óticos.

Embora o processo na digitalização de filmes aéreos seja mais barato que a aquisição de uma câmara aérea digital, a obtenção de um *scanner* de precisão ainda tem um custo alto. Assim o desenvolvimento de uma metodologia alternativa com equipamentos de baixo custo, é uma opção interessante, principalmente porque ela pode ser utilizada na digitalização de qualquer documento cartográfico.

3. Objetivos

O objetivo do presente trabalho é estudar as deformações geométricas ocorridas no processo de digitalização de documentos cartográficos quando se utilizam *scanners* comuns.

De maneira mais específica este trabalho objetiva, a partir da constatação das distorções geométricas ocorridas no momento da digitalização, verificar se com a aplicação de uma transformação geométrica plana, é possível corrigi-las. Neste caso propor uma metodologia de coleta de dados de baixo custo.

4. Materiais e Métodos

- Impressora a Laser marca Okidata modelo B6500 para a impressão do *reseaut*;
- Material estável (acetato, plástico ou poliéster) para a confecção do *reseaut*. Neste caso foi utilizada uma transparência para Impressora a Laser;
- Scanners das seguintes marcas: Samsung SCX 4200 Séries (scanner 1), HP Photosmart C3100 séries (scanner 2), HP Scanjet série 3670 (scanner 3).

Para verificação das distorções geométricas ocorridas no processo de digitalização inicialmente foi confeccionado um *reseaut*. Este *reseaut* é constituído por uma malha de

pontos com intervalos de 1 em 1 cm, totalizando 425 pontos distribuidos em 17 colunas e 25 linhas. Estes pontos foram impressos em uma transparência laser que funciona como uma placa de calibração e é utilizado para se fazer as diversas digitalizações nos vários *scanners*.

A escolha pela transparência foi motivada pelo fato que este material tem baixo coeficiente de dilatação o que evita deformações pelo aquecimento no processo de digitalização. O processo de impressão a laser garante ainda uma boa definição dos pontos do *reseaut*. Outro detalhe que precisa ser mencionado é o fato de que os pontos foram materializados através de cruzetas com 1 mm por 1 mm e círculos com 0,5 mm de diâmetro de forma alternada. Esta providência se deve ao fato que dependendo do tipo de processo de digitalização que se tivesse adotando poderia ocorrer que um símbolo ou outro não ficasse definido na imagem.

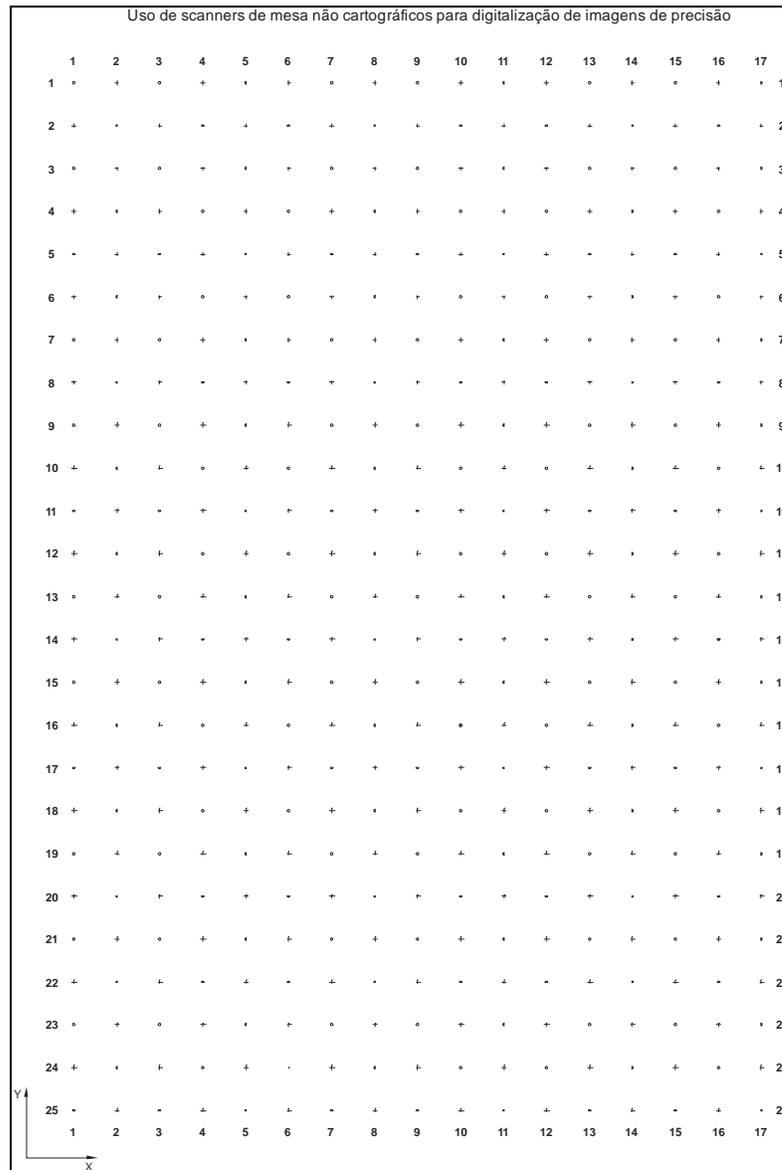


Figura 1 - Reseaut utilizado como placa de calibração.

Em seguida foram realizadas as digitalizações em três *scanners* comuns de diferentes marcas e modelos. As imagens foram digitalizadas com 300 dpi (resolução de *hardware*), nos

formatos de 1 bit (preto & branco), 8 bits (tons de cinza) e 24 bits (RGB - coloridas). Optou-se por salvar em formato bitmap porque neste, a imagem não sofre processo de compressão de dados, o que poderia deteriorar a imagem.

Observou-se que visualmente as imagens digitalizadas em tons de cinza e coloridas ofereceram uma sensação visual com mais qualidade que a preto e branco. Isto se deve ao fato de que na imagem de 1 bit, só se tem duas alternativas, ou o pixel é branco ou ele é preto, não existindo valores intermediários. Por essa razão as imagens obtidas neste processo tiveram a definição dos pontos um pouco prejudicada.

Para obtenção das coordenadas dos pontos do *reseaut* digitalizado, importou-se as imagens para o ambiente do AutoCad. Notou-se então, que dependendo do formato de digitalização, o tamanho físico da imagem ficava muito diferente e sem escala. Para obter valores compatíveis e em escala movimentou-se a posição correspondente ao ponto 1,25 (coluna e linha) para a coordenada 0,0 e em seguida aplicou-se uma escala por referência utilizando-se este ponto como origem e o ponto 17,1 (coluna e linha) com ponto de comparação. Ao final do processo de escala as coordenadas do segundo ponto ficaram 250 mm e 170 mm. Este procedimento foi aplicado em todas as nove imagens.

Em seguida, usando o comando Point do AutoCad, inseriu-se um ponto em cada uma das 425 posições do *reseaut*. Para extrair os valores das coordenadas destes pontos utilizou-se o programa EXTRAIPT.EXE, que lê as coordenadas dos pontos no arquivo público do AutoCad (formato dxf) e gera um arquivo formato txt, que foi transportadas para o EXCEL para que fossem feitas as análises.

Num primeiro momento foram calculadas as distâncias Euclidianas entre todos os pontos da mesma linha e posteriormente da mesma coluna. Em seguida calculou-se a diferença entre elas considerando novamente as linha e as colunas. O objetivo neste momento foi o de verificar se existiam deformações e como elas se comportavam.

Após esta verificação aplicou-se a transformação afim e a isogonal. Para isso era necessário que o *reseaut* fosse digitalizado em um scanner fotogramétrico. A empresa que faria essa gentileza teve problemas com o equipamento que foi enviado para o exterior para ser calibrado. Optou-se então em utilizar as coordenadas teóricas do *reseaut* como coordenadas de referência. Essa providência faz com que, ao se aplicar as transformações, corrijam-se também as deformações ocorridas no processo de impressão.

5. Resultados

Para análise dos dados foram feitos vários tipos de inferências como, espessura da linha dos alvos, distâncias euclidianas entre pontos de uma mesma coluna ou linha, diferença entre essas distâncias, média, erros médios quadráticos (RMS), discrepância máxima entre os valores máximos e mínimo, entre outras.

Com referência aos alvos, observou-se que, após o processo de digitalização, as marcas ficaram com dimensões nos seus traços de 0,2 mm. Esse valor corresponde ao erro gráfico e significa a espessura mais fina com a qual uma linha pode ser impressa. Isso ocorreu tanto na cruzeta como no círculo. Estima-se que o erro na determinação do centro dos alvos gire em torno de 0,1 mm, mesmo se trabalhando com a aproximação por meio de “zoom” lógico.

Optou-se em utilizar o ambiente gráfico do AutoCad para fazer as medidas. Como na medição das distâncias poderiam ocorrer erros, uma vez que o processo é repetitivo e por consequência maçante, preferiu-se colocar pontos na intersecção das cruzetas e no centro dos círculos. Assim as distâncias foram calculadas a partir das coordenadas, o que é mais seguro e preciso.

Pode-se observar que o valor das médias das distâncias entre os pontos de uma mesma linha ou coluna é praticamente constante para todos os experimentos e o valor numérico é idêntico até o décimo de milímetro.

A discrepância máxima ($\Delta_{M\acute{a}x.}$) obtida em cada linha ou coluna variou entre 0,15 mm a 0,30 mm, valores muito próximos do erro gráfico e que pode ser atribuído ao processo de inserção dos pontos considerando o erro de centragem forçada.

O erro médio quadrático (RMS) para cada uma das linhas ou colunas está na casa do centésimo de milímetro variando entre 0,020 mm a 0,097 mm.

Isto mostra claramente que os componentes eletro-mecânicos internos dos três scanner de mesa utilizados, apresenta uma estabilidade muito boa. Esperava-se observar variações significativas dos intervalos entre pontos no sentido das linhas, uma vez que é o motor de passo do equipamento que controla a velocidade da digitalização nessa direção. Isso efetivamente não ocorreu. Já no sentido das colunas, como a CCD ocupa toda a largura do equipamento, esperava-se que não ocorressem distorções e isso foi comprovado pelos dados.

Finalmente, ao observar-se a média das médias em todas as situações, com os respectivos RMS e $\Delta_{M\acute{a}x.}$, verifica-se que os valores são praticamente iguais, existindo apenas um problema de escala, uma vez que os intervalos originais entre os pontos do *reseaut* é da ordem de 10 mm. Todavia, não se pode esquecer que todos os dados sofreram uma modificação de escala no ambiente gráfico do AutoCad para que pudessem ser comparados, conforme explicitado na metodologia.

Após a análise do comportamento geométrico dos scanners passou-se a fase da aplicação das transformações planas com o intuito de verificar se haveria a melhora da qualidade dos dados.

Para aplicação das transformações geométricas optou-se por utilizar as coordenadas teóricas dos pontos como referência. Agindo dessa forma se está desconsiderando a distorção ocorrida no processo de impressão.

Foram utilizadas as transformações planas afim e isogonal. Na primeira são consideradas seis parâmetros que procuram corrigir, duas translações, uma rotação, duas escalas (uma na direção das linhas e outra das colunas) e um fator de não ortogonalidade entre os eixos. Na segunda transformação são considerados 4 parâmetros que corrigem duas translações, um fator de escala e uma rotação.

Para a transformação afim foram consideradas as coordenadas mais extremas no cálculo dos parâmetros de transformação, ou seja as coordenadas dos quatro cantos.

No caso da transformação isogonal, usualmente trabalha-se com áreas menores de correção. Assim, se dividiu o *reseaut* em quatro áreas aproximadamente iguais e adotou-se as coordenadas dos quatro cantos dessas áreas como referência aos cálculos.

Após o cálculo dos parâmetros de transformação aplicou-se estes nas coordenadas dos pontos do *reseaut* obtendo-se novos valores.

Observou-se que, após a aplicação das transformações, houve uma convergência dos valores para o valor teórico, ou seja, 10 mm de intervalo entre os pontos, tanto na direção das colunas como na direção das linhas.

Com respeito à discrepância máxima ($\Delta_{M\acute{a}x.}$) observa-se que o comportamento continua próximo ao de antes de se aplicarem as transformações, ou seja, em cada linha ou coluna variou entre 0,085 mm a 0,276 mm, valores muito próximos do erro gráfico. O erro médio quadrático (RMS) para cada uma das linhas ou colunas está na casa do centésimo de milímetro variando entre 0,025 mm a 0,076 mm.

Notou-se que a transformação afim teve o resultado mais homogêneo com respeito a valores esperados. Isso se deve ao maior número de parâmetros considerados na transformação.

Segundo as pesquisas conduzidas por Rampal (1976), com *reseaut* intervalados de 1cm garante-se resíduos menores que 1 μ m (micrometro) com a transformação afim geral. Brow (1969) demonstrou que com suficientes pontos do *reseaut* observados, um polinômio em x e y pode ser usado garantido resíduos de cerca de 5 μ m.

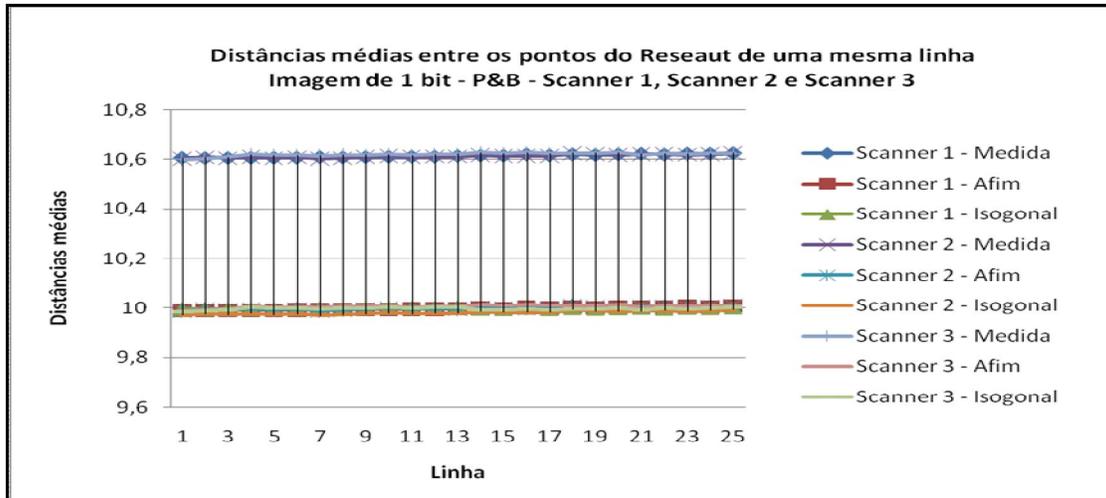


Figura 2 - Média das distâncias entre os pontos de uma mesma linha considerando antes e depois das transformações.

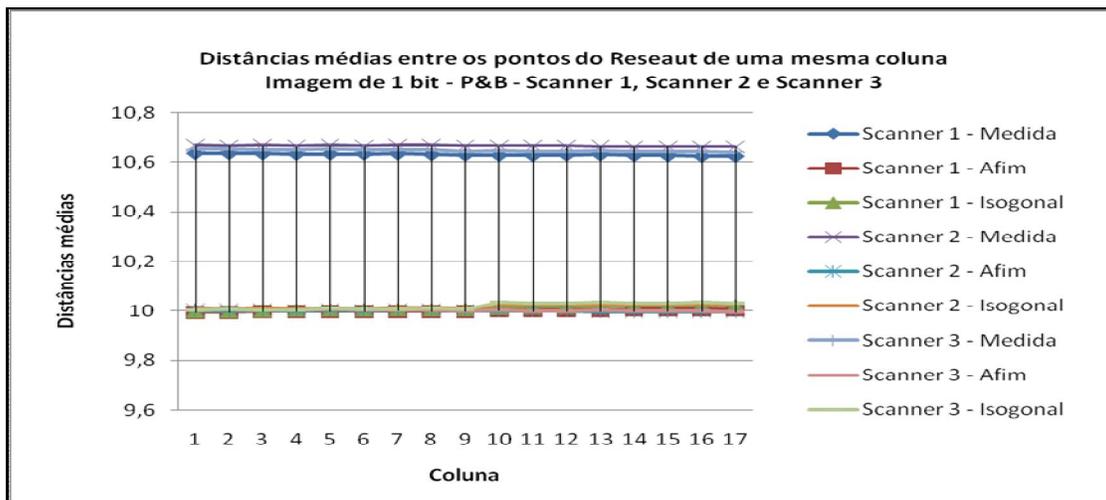


Figura 3 – Média das distâncias entre os pontos de uma mesma coluna considerando antes e depois das transformações.

Observa-se através dos gráficos que as linhas correspondentes aos valores das distâncias calculadas entre os pontos do *reseaut*, independentemente do equipamento utilizado, tiveram o mesmo comportamento e são paralelas ao eixo das abcissas. O fato de todas elas estarem num valor um pouco acima de 10,6 mm é causado simplesmente pela adequação de escala aplicada no ambiente do AutoCad como já relatado. Se isso não fosse feito se teria, da mesma forma, retas paralelas ao eixo das abcissas só que com valores de ordenada diversos.

Por outro lado, ao se aplicar as transformações, todas as retas continuam se comportando da mesma forma, contudo o valor da ordenada agora é muito próximo do valor

10 mm +/- 0,009 (valor inferido a partir das tabelas). Isto mostra que a aplicação da transformação foi válida no sentido que se estabeleceu a escala da digitalização.

6. Discussões / Conclusões

Inicialmente pensava-se que através do experimento constataria-se que os scanners não cartográficos possuíam uma geometria interna ruim, de modo que seria percebido facilmente este fato, principalmente no sentido do deslocamento da CCD.

Esta pesquisa, ao contrário mostrou que estes equipamentos de baixo custo possuem uma qualidade importante - a uniformidade das distorções no processo de digitalização. Foram utilizados equipamentos de marcas diferentes e com datas de fabricação diversa, e um deles, inclusive, é um multifuncional (impressora, fax, scanner).

Quanto às distorções, propriamente ditas, percebe-se que elas ficaram muito próximas do erro gráfico (0,2 mm). No processo de coleta de dados constatou-se que a espessura das marcas do reseau possuíam esse valor. No início do trabalho, por se utilizar uma impressora a Laser e uma transparência plástica, imaginava-se que esse valor seria menor. Pode-se especular então que, uma parte dessa variação tem contribuição da dificuldade do operador em definir o centro da cruzeta ou do círculo. Estima-se que esse erro seja da ordem de 0,1 mm.

Quanto às transformações, os dados indicam que a transformação afim foi ligeiramente superior a isogonal. Todavia, pela ordem de grandeza dos valores (centésimo do milímetro) e se for considerado o fator humano, pode-se concluir que no caso, as duas se equivalem. No entanto, a afim necessitou de apenas 4 pontos para se processar a transformação, enquanto que o isogonal necessitou de 16 pontos, 4 pontos por setor corrigido.

Lamenta-se ainda o fato de não se ter podido trabalhar com as coordenadas originadas da imagem obtida no scanner cartográfico, que seriam consideradas como “verdade”. Essas coordenadas mostrariam as deformações sofridas pelo reseau no processo de impressão.

Como conclusão final constata-se que o uso de marcas nos vidros dos scanners não cartográficos, de onde se conhecem as coordenadas calibradas, é extremamente útil porque permite parametrizar melhor os elementos da geometria da imagem. Uma segunda constatação, é que ambas as transformações planas são suficientes para essa parametrização, porém a afim é mais completa e exige o conhecimento de apenas quatro coordenadas.

7. Referências Bibliográficas

ANDRADE, J. B. **Fotogrametria**. Ed. SBEE. Curitiba, Brasil: 1998.

BRITO, J. N. B.; COELHO, L. **Fotogrametria Digital**. Instituto Militar de Engenharia. 1a Ed. Rio de Janeiro, Brasil: 2002.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. **Introdução à ciência da geoinformação** [online]. Junho de 2001. Disponível em :<<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>>. Acesso em: 01 mar.2008.

CARVER, A. J. **Manual de Fotografias Aéreas para Planejadores de uso da terra**. Secretaria de Recursos Naturais/ Ministério da Agricultura, Brasília, 1982.

FILHO, O. B.; SILVA, R. P.; BASTOS, D. L.; BRITO, J. L. N. S.; RIBEIRO, J. A. **Módulo de retificação de imagens em uma estação fotogramétrica digital**. Disponível em <http://martemarte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.20.18/doc/1167.pdf>. Acesso em: 13 jul.2008.

JUNIOR, E. A.; MITISHITA, E. A.; SLUTER, C. R. Modelagem matemática das deformações geométricas de um desktop scanner visando seu uso na fotogrametria. In: **Anais do III Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas**. Disponível em: <http://geodesia.ufsc.br>. Acesso em : 01 mar. 2008.

LEBERL, F. W., (1991) *The promise of softcopy photogrammetry*. In: Ebner, H., Fritsch, D. and Heipke, C. (eds.), Digital Photogrammetric Systems, Wichmann, Karlsruhe.

LEBERL, F. W., (1992) *Design alternatives for digital photogrammetric systems*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing.

LUGNANI, J. B. **Introdução à Aerotriangulação**, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 1987.

MARCHETTI, D.A.B.; GARCIA, G.L. **Princípios de Fotogrametria e fotointerpretação**. São Paulo, Nobel, 1986.

OLIVEIRA, F. H. ; **Modelagem de terreno utilizando sistemas fotogramétricos**. Disponível em <<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/2418.pdf>> Acesso em: 10 jun.2008.

PINHO, M. S. Homepage da Disciplina de Computação Gráfica. **Origens da Computação Gráfica**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Faculdade de Informática – FACIN. Disponível em: <<http://www.inf.pucrs.br/~pinho/CG/Aulas/Intro/intro.htm>>. Acesso em: 10 ago.2008.

QUINN, A.O., (1975) **Professor Earl Church**, Photogrammetric Engineering.

RADLINSKI, W. A., (1985) **Russell Kerr Bean - Memorial Address**, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.

RAMPAL, K. K. *Least Squares Collocation in Photogrammetry*. **Photogrammetric Engineering**, 1976. USA.

ROSENBERG P., (1955) *Information theory and electronic photogrammetry*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing.

SHORTIS, M.R.; BEYER, H.A. **Sensor Technology for digital photogrammetry and machine vision**. In: Close Range Photogrammetry and Machine Vision. Ed: Atkinson, K.B. Whittles Publishing, U.K., 1996.

TEMBA, Plínio. **Fundamentos da Fotogrametria**. Departamento de Cartografia. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2000. Disponível em: <http://www.efoto.eng.uerj.br/_media/doc:cap3.pdf?id=pt-br%3Aebook&cache=cache>. Acesso em 06 jul.2008.

TOMMASELLI, A. M. G.; HASEGAWA, J. K.; GALO, M. **Modernas tecnologias de aquisição de imagens em fotogrametria**. Disponível em: <http://www2.fct.unesp.br/dcartog/galo/pdf/2000_boletim.pdf> Acesso em: 29 fev. 2008.

VENETIANER, Tomas. **Desmistificando a computação gráfica**. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.