

O USO DO SISTEMA DE RESTITUIÇÃO DIGITAL DVP PARA A ATUALIZAÇÃO CADASTRAL DO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE

Temba¹, P. C. e Silva², I.

⁽¹⁾Universidade Federal de Minas Gerais

Centro de Sensoriamento Remoto

Caixa Postal 719, 31270-900 Belo Horizonte, MG, Brasil

Fone (031)4995428 Fax (031)4995410

E-Mail: temba@csr.ufmg.br

⁽²⁾Escola de Engenharia de São Carlos USP

Departamento de Transportes - STT

Caixa Postal 359, 13560-250 São Carlos

Fone (016)2749257 Fax(016)2749255

E-Mail: postrans@bruspse.bitnet

ABSTRACT

This paper has had the goal to explain that Digital Video Plotter resources, it is included processing and graphics treatments' digital images, has let map cadastral actualization by features planimetrics in Venda Nova district in Belo Horizonte city.

Keywords: Digital photogrammetry, Cadastral map

RESUMO

O presente trabalho pretende mostrar que os recursos disponibilizados pelo sistema de restituição digital DVP para o processamento de dados e para o tratamento gráfico das imagens digitais permite a atualização da carta cadastral para os atributos das feições planimétricas no distrito de Venda Nova no município de Belo Horizonte.

Palavras chave: fotogrametria digital, carta cadastral

1.0 - INTRODUÇÃO

A restituição é a atividade realizada com instrumentos e técnicas de operação próprias (por exemplo, a estereoscopia) que, pretende produzir cartas ou produtos assemelhados a partir de fotografias aéreas ou terrestres. Os instrumentos usados para o processo de restituição podem realizar as operações de correção geométrica (e/ou radiométrica) dos erros inerentes às imagens fotográficas. A técnica que contempla o processo de restituição digital manipula imagens digitalizadas, i.e., (RODRIGUES, 1987), um modelo matemático em que cada elemento de área na superfície do objeto fotografado, corresponde a um pixel (em inglês, **picture element**) na imagem com valor correspondente aos comprimentos de onda e valor de radiação medidos. Neste artigo, os autores discutem os resultados e consequências verificados com o uso do sistema de restituição digital DVP (em inglês, **Digital Video Plotter**) para a atualização da carta cadastral do distrito de Venda Nova no município de Belo Horizonte.

2.0 - O SISTEMA DE RESTITUIÇÃO DIGITAL DVP

2.1 - Generalidades

A lógica do DVP foi concebida e desenvolvida por uma equipe de pesquisadores do *Laboratoire de Photogrammetrie Numérique* da Universidade de Laval, em Quebec, Canadá. O aplicativo foi idealizado originalmente como recurso didático para o ensino

de fotogrametria e sensoriamento remoto, para os alunos do *Département des Sciences Géodésiques et de Télédétection* da Universidade de Laval.

Em 1989, a distribuição comercial do **software** foi atribuída a uma empresa de mensuração canadense, a *Géomatique EMC*, que em 1990 formou uma subsidiária, *Les Systèmes Photogrammétiques DVP Inc.*, para este propósito. Neste período foi firmado um acordo com a *Leica* suíça(Wild Brasil) que, obteve a permissão de distribuição comercial em todo o mundo com a exceção do mercado norte-americano.

O estereorestituidor digital DVP é um **software** que; permite a estruturação de arquivos gráficos e ,o processamento de imagens digitais obtidas:

- a)por meio de *rasterização*(imagens geradas pela varredura de **scanners**) de fotografias(aéreas ou terrestres) ou,
- b)quando extraídas de imagens digitais geradas pelo satélite SPOT.

A visualização das imagens digitais, figura 2, pode ser alcançada por intermédio de um sistema ótico similar aos estereoscópios de espelhos. O uso do **software** aliado ao

Figura 1- Operador com DVP



Fonte: Leica(1992)

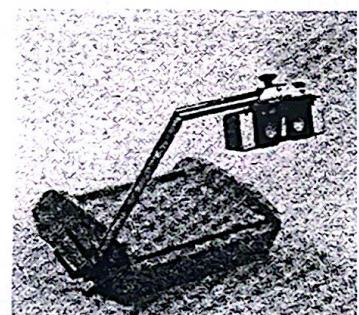
sistema estereoscópico, permite ao usuário proceder as extrações planimétricas e altimétricas da imagem, bem como na determinação, em *tempo real*(informa ao operador a qualquer instante as coordenadas do cursor), das medidas das coordenadas X,Y e Z das imagens planas à esquerda e à direita no vídeo. A imagem estereoscópica torna possível o uso combinado de técnicas de visualização e mensuração.

Segundo GAGNON e alii(1993), a versatilidade e a flexibilidade do aplicativo possibilita ao usuário desprovido de conhecimentos específicos de fotogrametria, atuar nas operações de edição e

atualização de cartas com o uso da superposição ótica de imagens ou mesmo , dos recursos das funções gráficas, próprias do aplicativo. Os autores sugerem ainda que, o Figura 2 - Dispositivo de visualização operador possa integrar ao DVP, os módulos do COGO(aplicativo para entrada de dados e projetos gerais de engenharia) permitindo a otimização e a rapidez nas diferentes atividades para cadastro ou para análises da superfície do terreno em 3D.

A integração de arquivos digitais gerados pelo DVP aos SIGs, podem traduzir informações espaciais sobre a qual atuam uma série de operadores espaciais(operações algébricas usadas pelos SIGs no cruzamento de dados) e permitem as operações de análise. Desta forma, as informações obtidas compõe uma base de dados espaciais de modo que permitem:

- a)o controle de redes como água e esgotos, telefonia, comunicação, energia, tráfego, gás;
- b)o gerenciamento de culturas de cereais e controle de pragas;
- c)o planejamento regional e
- d)as observações de catástrofes, inundações, terremotos etc.

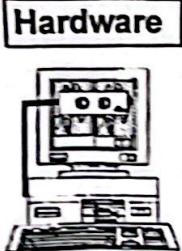


Fonte: Leica(1992)

2.2 - A evolução do sistema DVP

Até o momento, a versão 3.5 é a que reúne os recursos mais avançados do sistema, e contempla três configurações básicas:

a) A configuração 1:

Hardware	Software	Módulos
		
plataforma PC - Compaq ProLinea MT 5/90 Model 720/w	disco rígido de 720 megabytes(Mb), Pentium 90 MHz, Drive 3 1/2", 1.44 MB, CD- ROM 16 Mb memória RAM.	
monitor Multisync(17" ou 20")	SVGAX3 800 X 600 com 1MB RAM, 32000 cores placa gráfica ATI ULTRA PRO	DVP-MP
mesa digitalizadora	Summagraphics Summasketch III de 12"x12"(cursor de quatro botões)	DVR-3
ambiente	MS-DOS 6.2, Windows 3.1	DVR-2N
mouse estacionário(trackball)	PS/2E	
dispositivo de visualização Leica(para o monitor)	estereoscópio de espelhos	
dispositivo para digitalização das imagens fotográficas - scanners	Rank Xerox 7650; Sharp JX- 600; Helava HAI-100 ou Vexcel VX3000	

Fonte:Leica(1995)

b) a configuração 2

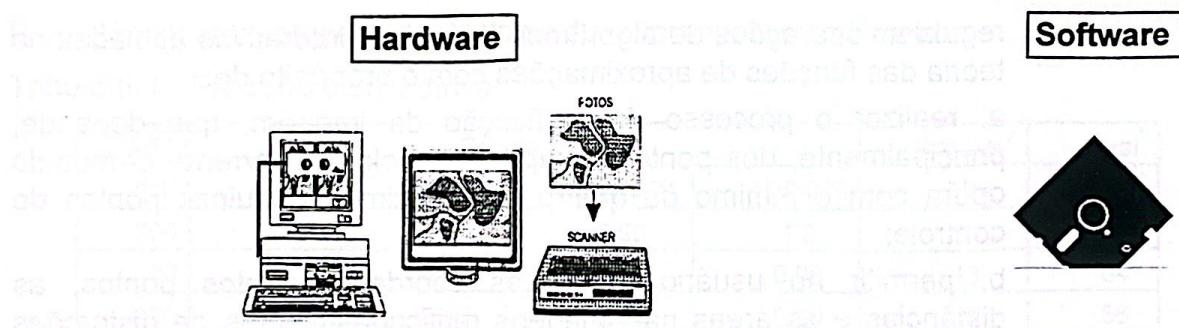
Hardware	Software	Módulos
		
plataforma PC - Compaq Deskpro XL 5/100, modelo 105/w	disco rígido de 1050 megabytes(Mb), Pentium 100 Mhz, Drive 3 1/2", 1.44 MB, Duplo Drive com CD-ROM 16 Mb memória RAM.	

monitor Multisync(15")	SVGAX3 800 X 600 com 1MB RAM, placa gráfica ATI ULTRA PRO
mesa digitalizadora	Summagraphics Summasketch III de 12"x12"(cursor de quatro botões)
ambiente	MS-DOS 6.2, Windows 3.1
monitor Multisync(17")	SVGA 1024 X 768 e 256 cores com 2MB RAM, placa gráfica ATI ULTRA PRO(ISA)
mouse estacionário(trackball)	PS/2E
dispositivo de visualização Leica(para o monitor)	estereoscópio de espelhos
dispositivo para digitalização das imagens fotográficas - scanners	Rank Xerox 7650; Sharp JX-600; Helava HAI-100 ou Vexcel VX3000

DVP-MPC
DVR-3
DVR-2N
DVPS

Fonte:Leica(1995)

c)a configuração 3



plataforma PC - Compaq Deskpro XL 5/100, modelo 105/w	disco rígido de 1050 megabytes(Mb), Pentium 100 Mhz, Drive 3 1/2", 1.44 MB, Duplo Drive com CD-ROM 16 Mb memória RAM.
monitor Multisync(15")	SVGAX3 800 X 600 com 1MB RAM, placa gráfica ATI ULTRA PRO
mesa digitalizadora	Summagraphics Summasketch III de 12"x12"(cursor de quatro botões)
ambiente	MS-DOS 6.2, Windows 3.1
monitor Multisync(17")	SVGA 1024 X 768 e 256 cores com 2MB RAM, placa gráfica ATI ULTRA PRO(ISA)
mouse estacionário(trackball)	PS/2E
dispositivo de	estereoscópio de espelhos

Módulos
DVP-MPC
DVR-2N
DVR-3
DVPS

visualização Leica(para o monitor)	
dispositivo para digitalização das imagens fotográficas - scanners	Rank Xerox 7650; Sharp JX-600; Helava HAI-100 ou Vexcel VX3000

Fonte:Leica(1995)

2.2.1 - Os módulos do sistema DVP

•DVP-MP

compreende o controle e execução das atividades de:

- a. exposição do par de fotografias na tela do monitor;
- b. menus;
- c. movimento da marca flutuante(deslocamento no plano vertical do modelo estereoscópico) e
- d. orientação do modelo estereoscópico

•DVP-MPC

comporta as atividades realizadas pelo módulo DVP-MP, também para os arquivos digitais de imagens coloridas.

•DVR-2N

regula as operações de algoritmos e técnicas interativas apoiadas na teoria das funções de aproximações com o propósito de:

- a. realizar o processo de retificação da imagem, que depende, principalmente, dos pontos de apoio(controle) no terreno. O módulo opera com o mínimo de quatro e o máximo de quinze pontos de controle;
- b. permitir ao usuário medir; as coordenadas dos pontos, as distâncias e as áreas nas imagens retificadas(isentas de distorções geométricas);
- c. importar o arquivo das imagens digitais retificadas para os softwares de tratamento gráfico(a exemplo; Autocad, Maxicad, Microstation etc.) e
- d. responder pelas atividades de vetorização realizadas nas imagens.

•DVR-3

resolve as atividades que compreendem:

- a. a formulação de modelos matemáticos do terreno para a concepção do modelo digital de terreno(DTM)
- b. a geração de ortofotos digitais;
- c. a edição de mosaicos(sem a correção radiométrica) com o uso de ortofotos

•DVP-S

responde pelas atividades verificadas para a correção geométrica das fotografias no momento da digitalização(rasterização) realizada pelo scanner.

2.2.2 - A precisão do sistema DVP

A precisão alcançada pela fotogrametria digital assim como nas atividades da fotogrametria analógica dependem da escala das fotografias. Todavia, a precisão pode ser afetada pela resolução das imagens quando digitalizadas pelos scanners.

Verificam-se que, diversas publicações; TOUTIN & BEAUDOIN(1995) e KLAVER & WALKER(1992), GAGNON et al.(1991), NOLETTE et al.(1992); sustentam que a precisão observada nas medições com o DVP, obtêm para a planimetria(coordenadas X e Y) 70% do tamanho do pixel e para a altimetria(coordenada Z) 0,2% da altura de vôo.(Tabela II-1)

As precisões matemáticas podem ser estimadas pelas seguintes expressões matemáticas:

$$\sigma_{XY} \cong EP \cdot DP \cdot 0,7 \cdot 10^{-6}$$

$$\sigma_Z \cong EP \cdot DP \cdot (F/B) \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}$$

Fonte:Les Systèmes Géomatiques DVP INC.(1989)

σ_{XY} - precisão planimétrica

σ_Z - precisão altimétrica

EP - denominador da escala da foto

DP - dimensão do pixel em microns

F - distância focal da câmera em milímetros

B - distância entre os pontos principais do estereopar em milímetros.

Tabela II-1 - Precisão planimétrica

dpi ¹	Escala da Foto				Arquivo ² Mb	Pixel ³ μm
	1/5000	1/10 000	1/15 000	1/20 000		
300	0.30	0.60	0.90	1.2	7	85
400	0.22	0.45	0.67	0.90	13	64
450	0.20	0.40	0.60	0.80	16	56
500	0.18	0.36	0.54	0.72	20	51
600	0.15	0.30	0.45	0.60	29	42
800	0.11	0.22	0.34	0.45	52	32

Fonte: Leica(1992)

(1)dpi - pontos por polegada, é a resolução da imagem digitalizada.

(2)arquivo - tamanho do arquivo que contém uma imagem em megabytes.

(3)pixel(picture element) - representa um elemento da imagem digital

O processo de digitalização da fotografia aérea deve ser anterior as atividades de restituição. Cada fotografia quando submetida ao scanner gera uma matriz bidimensional no qual cada componente, ou pixel, tem um valor numérico proporcional ao seu nível de cinza ou ao seu nível de cor. O scanner deve reproduzir arquivos em formato TIFF(em inglês, Tag Image File Format) com 256 níveis de cinza ou com 16777216 cores. O DVP armazena imagens digitalizadas em 64 níveis de cinza ou em 32768 cores.

3.0 - A ATUALIZAÇÃO DA CARTA CADASTRAL

Para conseguir concluir o proposto por este artigo, i. é, a atualização da carta cadastral, são necessários os procedimentos que compreendem as seguintes atividades:

- a. *rasterização* das fotografias aéreas verticais;
- b. orientação dos estereogramas digitais e
- c. *vetorização* dos estereogramas digitais.

3.2 - A *rasterização* das fotografias aéreas

O **scanner**, TROCHA(1995), é um dispositivo eletrônico que com o uso de sensores fotoelétricos detecta a radiância de cada **pixel** de uma imagem analógica e gera um arquivo binário. As especificações técnicas do **scanner** usado para digitalizar as fotografias aéreas verticais estão constantes na tabela III-1.

Tabela III-1

Atributos	Especificações
Modelo	JX-610
Fonte de iluminação	lâmpadas fluorescentes(três cores: vermelho azul e verde)
Sensor de imagem	CCD
Resolução espacial	600 DPI na direção de leitura principal 1200 DPI na direção da leitura secundária
Tamanho	A3
Limites de leitura	direção principal de leitura: 12" direção secundária de leitura: 17"

Fonte: Sharp Electronics(1994)

A fotogrametria digital, HEIPKE(1995), é uma tecnologia de informação usada para gerar informações geométricas, radiométricas e de semântica sobre objetos no universo 3D(tridimensional) obtidas de imagens digitais 2D(planas) destes objetos. Para BORON(1995), a fotogrametria digital pretende com o processamento das fotografias métricas gerar um formato digital. Os **scanners** que, BORON(1995), são usados para gerar uma imagem digital com o propósito da fotogrametria digital devem ser evidenciados, principalmente, pelas seguintes características:

- a. elevada resolução ótica(acima de 600 DPI)
- b. limite do campo de varredura adequado às dimensões das fotografias(mínimo 23x23cm - tamanho típico das fotografias aéreas)
- c. sistema de varredura com as células fotoelétricas para fotografias coloridas ou para fotografias em preto e branco
- d. sistema de varredura com as células fotoelétricas para cópias de fotografias em emulsão fotográfica(diapositivos) ou em placas de vidro
- e. alta similaridade geométrica entre a imagem digital e a fotografia original

A correspondência geométrica e radiométrica entre a imagem digital e o original fotográfico pode ser avaliado pelas distorções atribuídas à imagem digital gerada pelo

scanner. As deformações geométricas máximas, segundo AGNARD et alii(1992) e SARJAKOSKI(1992), aferidas para o **scanner** modelo Sharp JX-600(similar ao modelo usado pelos autores deste artigo), apontam para os valores que se aproximam na direção x de $\pm 20\mu\text{m}$ e na direção de y $\pm 40\mu\text{m}$.

FUCHS & RUWIEDEL(1992) mostram que as correções da imagem *rasterizada* seja para a distorção geométrica seja para a distorção radiométrica podem ser minimizadas se houver uma calibração para ambos os atributos do equipamento.

3.3 - A orientação dos estereogramas digitais

A atividade de orientação das imagens digitais é similar ao processo verificado para as fotografias. A orientação dos pares de imagens digitais(os estereogramas digitais,) reúne operações que permitem reconstruir a posição exata que cada imagem fotográfica registrava no momento da exposição.

Verificou-se que nesta fase, principalmente, ocorreram situações que propiciaram a disseminação de erros que se perpetuaram ao longo de todo o processo. Abaixo são elencados os elementos que podem representar uma fonte de erros prováveis:

a. o original fotográfico

a cópia em papel do diapositivo usado como original para a *rasterização* pode significar uma fonte de erro, decorrente das deformações peculiares na superfície da emulsão. O uso do diafilme poderia minimizar a dispersão destes erros;

b. as marcas fiduciais

as medições para as coordenadas das marcas fiduciais foram realizadas com o auxílio de um coordenatógrafo do autógrafo A-7. Sabe-se que as coordenadas das marcas fiduciais da câmara fotogramétrica expressam juntamente com a distância focal um dos principais elementos de calibração da câmara;

c. os pontos de apoio terrestre

o conjunto de pontos no terreno que permitem a correção geométrica do modelo esterescópico digital foi obtido de coordenadas planas de uma carta topográfica em que constavam pontos cotados e;

d. o **scanner**

não foi introduzido na operação de orientação do modelo esterescópico o arquivo que continha os parâmetros de calibração do **scanner** que têm por objetivo corrigir as distorções geométricas impostas pelo processo de varredura do equipamento.

3.4 - A vetorização dos estereogramas digitais

A vetorização é a compilação das feições(planimétricas ou altimétricas) do modelo esterescópico com o uso dos recursos gráficos disponibilizados pelo **software**. O sistema de restituição DVP, (LEICA, 1995), permite ao operador uma variedade de modos de *vetorização* que podem produzir diferentes tipos de elementos gráficos tais como arcos, círculos, linhas, polígonos etc.

Ao término da *vetorização*, o arquivo de elementos gráficos pode ser tratado por outros **softwares**(AUTOCAD, MAXICAD, MICROSTATION etc.) que permitem a edição final da carta.

4.0 - AS FEIÇÕES PLANIMÉTRICAS

O cadastro técnico, (SÁ & LOCH, 1993), reúne o registro de informações referentes aos serviços públicos, que envolve a construção, manutenção e ampliação de redes nas vias e logradouros públicos, como as redes de abastecimento de água e esgoto, energia elétrica, telefonia, transportes etc. O arquivo gráfico gerado pela restituição de dois modelos estereoscópicos digitais permitiram que fosse realizado a comparação das feições planimétricas para o cadastro da região escolhida em duas épocas:

1. recobrimento aerofotogramétrico realizado em 1989 na escala de 1:8000 - carta topográfica(escala 1:2000) obtida pela restituição analógica em 1992 e
2. recobrimento aerofotogramétrico realizado em 1994 na escala de 1:8000 - carta topográfica(escala 1:2000) obtida pela restituição digital(Sistema DVP).

A seleção da região-teste, definida pela carta topográfica que abrange o distrito de Venda Nova no município de Belo Horizonte, foi pautada segundo dois aspectos:

- a. ausência de edificações elevadas, que provocam o sombreamento e dificultam a visualização de feições da imagem, importantes à restituição;
- b. a ocorrência de modificações expressivas na configuração espacial das feições planimétricas(benfeitorias, edificações, estradas, divisas de lotes etc) em relação ao levantamento aerofotogramétrico de 1989.

5.0 - CONCLUSÕES

Neste trabalho relatou-se que, a restituição digital é uma técnica que usa imagens digitais e pode traduzir com o tratamento gráfico destas imagens, cartas topográficas ou produtos assemelhados.

Verificou-se que, a estruturação de arquivos gráficos e o processamento de imagens digitais não é uma prerrogativa de robustas estações de trabalho digitais - **softcopy workstation**, mas também, de plataformas PCs que operam com **softwares** de baixo custo.

Mostrou-se que; o **sistema de restituição DVP** é composto de pacotes de programas principais, que são constituídos de subrotinas em forma modular e auto-documentadas.e, pode representar uma alternativa de baixo custo para a entrada de dados no âmbito da fotogrametria digital. O sistema computacional usa imagens digitais ao invés de negativos originais, diapositivos ou impressos, propondo um sistema de restituição inovador muito próximo do realizado pelos restituidores analíticos; as técnicas e procedimentos usuais destes sistemas computacionais para a restituição digital são de tal ordem simplificada que permitem ao usuário(leigo) confiança e desenvoltura nas operações.

Verificou-se ainda que, a atualização da carta cadastral para o distrito de Venda Nova no município de Belo Horizonte compreendeu as operações de *rasterização* das fotografias aéreas verticais; orientação dos estereogramas digitais e *vetorização* dos estereogramas digitais.

6.0 - AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos ao Instituto Militar de Engenharia, particularmente ao Departamento de Engenharia Cartográfica(DE/6) pela disponibilidade dos equipamentos e pela contribuição inestimável dos profissionais envolvidos, sem os quais tornar-se-ia impossível a execução deste trabalho.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Rodrigues, M. *Geoprocessamento*. Tese de Livre Docência, USP/SP, São Paulo, 1987, 347p.
- Gagnon, P A. et alii. *The DVP:a tool for extending the field of the surveyor's practice*. Survey Review, 32, No. 249, Quebec, Canada, 1993, 159 -166.
- Toutin, T. & Beaudoin, M. *Real-time extraction of planimetric and altimetric features from digital stereo SPOT data using a digital video plotter*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 61, No. 01, Ottawa, Canada, 1995, 63-68.
- Klaver, J. & Walker, A. S. *Entry level digital photogrammetry: latest developments of the DVP*. ISPRS, XVII Congress, vol. XXIX, Part. B2,Commission II, 1992, 31- 33.
- Guide de L'usager, version 3.40, Les Systèmes Géomatiques DVP INC., 1989, cap. I, 1-8
- Trocha, W. *Automation of pattern measurement at investigations of scanner image geometry*. Proceedings of geodesy and environmental engineering commission, vol. 38, Krakow, Poland, 1995, 147-152.
- Heipke, C. *State-of-the-art of digital photogrammetric workstations for topographic*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 61, No. 01, Ottawa, Canada, 1995, 49-56.
- Boron , A. *Homogeneity of geometry of images scanned using UMAX 1200 SE*. Proceedings of geodesy and environmental engineering commission, vol. 38, Krakow, Poland, 1995, 133-145.
- Agnard et alii. *PC-based integrated digital pugging and measurements for block adjustments*, ISPRS, XVII Congress ,vol. XXIX, Part. B2,Commission II, 1992, 339-344.
- Sarjakoski, T. *Suitability of the Sharp JX-600 desktop scanner for the digitization of aerial color photogrphs*, ISPRS, XVII Congress ,vol. XXIX, Part. B2,Commission II, 1992, 79- 86.
- Fuchs C. & Ruwiedel S. *Digitization and rectification of trasparencies with the analytical plotter P3*, ISPRS, XVII Congress, vol. XXIX, Part. B2,Commission II, 1992, 18- 24.
- Sá, L. A. C. M. & Loch, C. *Cadastro técnico e serviços de infra-estrutura*, vol. 3, SBC, XVI Congresso Brasileiro de Cartografia, Comissão de cartografia topográfica e temática especial, 1993, Rio de Janeiro, 600 - 609.