

O Transporte de Coordenadas UTM empregando Receptor GPS ProMark 2 - Tales Navigation

Prof. Dr. Edison Roberto Poleti ¹
Eduardo Antonio Mazuchi ²

UNICAMP - CESET - CGCC
13.480-420 - Limeira - SP
epoleti@ceset.unicamp.br

Resumo: A Lei Federal 10.267 de 28 de agosto de 2001, regulamentada pelo Decreto n° 4.449 de 30 de outubro de 2.002 veio disciplinar os trabalhos topográficos, apresentando novos procedimentos técnicos a serem empregados na metodologia do rastreamento de coordenadas pelo sistema NAVSTAR-GPS. O transporte de coordenadas UTM a partir de redes existentes relacionadas ao Sistema Geodésico Brasileiro contemplou a utilização de receptores GPS. A definição da precisão nominal do instrumento aliado às técnicas operacionais de campo, de cálculos e de compensações deve refletir o grau de confiabilidade deste posicionamento perante as normatizações. O estudo do rastreamento do transporte de coordenadas a partir de redes cadastrais urbanas, utilizando-se do receptor GPS da marca ProMark 2 da Thales Navigation foi objeto de estudo.

Palavras-chave: Coordenada UTM - GPS - Georreferenciamento

Abstract: Federal Law 10.267 of 28 of August of 2001, regulated for Decree n ° 4,449 of 30 of October of 2.002 came to discipline the topographical works, presenting new procedures technics to be employed in the methodology of the tracking of coordinate by system NAVSTAR-GPS. The transport of coordinate UTM from related existing nets to the Brazilian Geodesic System contemplated the use of receivers GPS. The definition of the nominal precision of the instrument ally to the operational techniques of field, calculations and compensations must reflect the degree of trustworthiness of this positioning before the normatizações. The study of the tracking of the transport of coordinate from nets you register in cadastre urban, using itself of receiver GPS of the mark ProMark 2 of the Thales Navigation was study object.

Keywords: Coordinate UTM - GPS - Georeference

1. Introdução

Descrever a realidade física de um imóvel, determinando suas medidas, como ângulos, distâncias e seu posicionamento georreferenciado, constitui atualmente objeto de um levantamento topográfico.

O advento do posicionamento orbital provocou uma revolução nas técnicas topográficas convencionais, pois em questão de minutos esse sistema é capaz de fornecer latitude, longitude e altitude com alto grau de acurácia.

Segundo a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais do INCRA (2002) quando da inexistência da infra-estrutura geodésica na região dos trabalhos, a determinação de coordenadas de uma base, deve preferencialmente, ser realizada utilizando-se do rastreamento dos sinais de satélites do GPS.

Ainda segundo essa norma, quando o uso do transporte de coordenadas for necessário, é essencial que as coordenadas utilizadas como referência sejam oriundas do Sistema Geodésico Brasileiro.

Atualmente o emprego de receptores GPS, tanto no transporte de coordenadas UTM, quanto na definição de redes cartográficas, revela-se como instrumentação de maior tendência de emprego, uma vez que, é possível cobrir grandes áreas transportando o valores de latitude, longitude e altitude com precisão e rapidez.

Um estudo do transporte de coordenadas UTM, pelo método de posicionamento estático utilizando-se do receptor GPS ProMark 2 da Tales Navigation, a partir de bases cartográficas municipais diferentes foi objeto de pesquisa.

2. Metodologia

2.1. Planejamento de missão

Primeiramente fez-se um planejamento de missão relativo ao dia 01/06/2005, data prevista para os trabalhos de campo, através do software Survey Project Manager da Ashtech Solutions, onde verificou-se os horários com PDOP favorável para o rastreamento.

A figura 01 abaixo apresenta o planejamento de missão do dia 01 de junho de 2005, demonstrando os melhores horários da geometria dos satélites (precisão) para os rastreamentos.

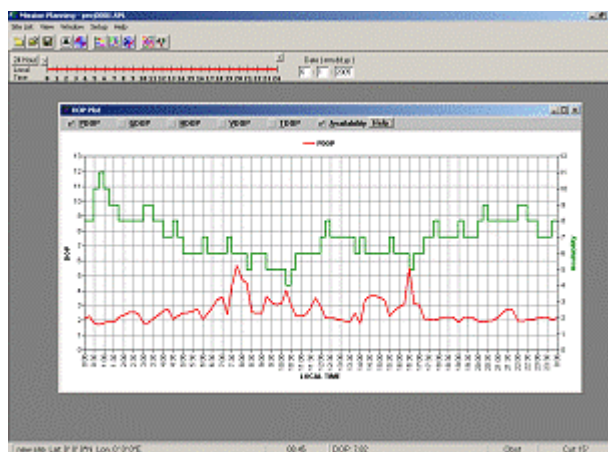


Figura 1: Planejamento da Missão dia 01.06.2005

2.2. Rastreamento dos Marcos

Os marcos referentes à rede cartográfica de Limeira de números M23, M21 e o marco CS1 implantado no campus do CESET foram rastreados no sistema “Rover”, utilizando-se de receptores da marca Ashtech, modelo ProMark2, sendo monitorados pela **base fixa** de rastreamento contínuo do município de Piracicaba/SP (Ciagri) com emprego do receptor da marca Trimble, modelo ProXR e pela **base fixa** do município de Americana/SP da empresa TopTec Engenharia S/C Ltda.

Para o rastreamento empregou-se a metodologia do posicionamento estático, no qual um dos receptores foi mantido em uma base fixa de coordenadas conhecidas, ao passo que o outro foi posicionado nos marcos de interesse, onde desejava-se determinar as coordenadas georreferenciadas, e adotado pelo INCRA(2002) como método de rastreio para georreferenciamento.

Foi empregado receptor GPS geodésico com recepção de frequência L1 e código C/A, com intervalo de registro de 10 segundos num período acima de 1 hora, com PDOP de intervalo inferior a 3, gerando

arquivos com garantia de 95% dos dados coletados.

Após a geração dos arquivos (figura 2), os mesmos foram pós-processados (figura 3) através do software Survey Project Manager da Ashtech Solutions.

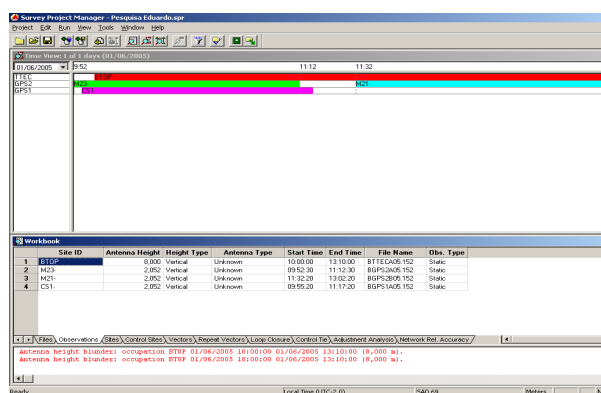


Figura 2: Introdução dos dados (BTOP, M21, M23 e CS1) no software Survey Project Manager - Ashtech Solutions

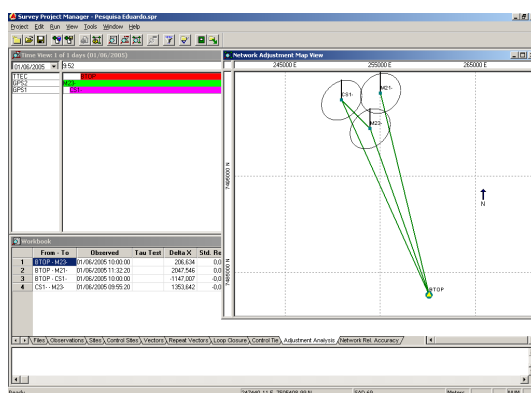


Figura 3: pós-processamento - software Survey Project Manager - Ashtech Solutions

Os dados da base fixa de Piracicaba foram os arquivos “baixados” da base de monitoramento contínuo do Ciagri no formato RINEX, com taxa de gravação de 5 segundos, código C/A + fase L1.

Os arquivos gerados em formato RINEX (Receiver Independent Exchange format) foram em seguida convertidos para o formato Astech, através da ferramenta “RINEX CONVERTER” no menu “TOOLS” do software Survey Project Manager versão 2.5 da Ashtech Solutions.

Para a transformação das coordenadas da base TRS utilizou-se o software Geoproject versão 1.04 da TopTec Engenharia S/C Ltda.

Os arquivos da base fixa do município de Americana/SP foram gerados automaticamente no mesmo horário de rastreamento pela estação base localizada na empresa Top Tec Engenharia, cujo equipamento utilizado também foi o ProMark 2 da Tales Navigation, não necessitando de transformações.

Neste rastreamento foram utilizados dois valores de coordenadas considerados fixo para a base, sendo o primeiro denominado de base “antiga” e base “atual”, tendo em vista o novo ajustamento realizado pela empresa.

A figura 4, a seguir mostra a introdução dos dados rastreados a partir da base fixa de Piracicaba no software Ashtech Solutions e a figura 5 o processamento dos vetores, procedimento também adotado para os arquivos gerados pela base fixa de Americana.

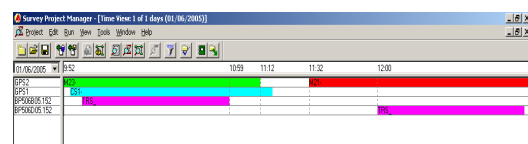


Figura 4: Introdução dos dados (TRS, M21, M23 e CS1) - software Survey Project Manager da Ashtech Solutions

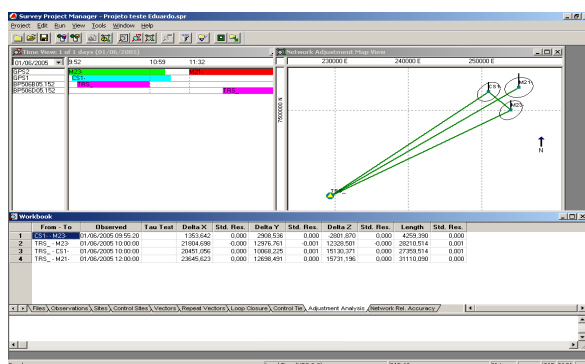


Figura 5: Processamento dos vetores a partir da base de Piracicaba - software Survey Project Manager da Ashtech Solutions

3. Resultados e Discussões

3.1 Resultados obtidos a partir da base de Americana

A seguir são apresentados os resultados finais gerados no rastreamento efetuado pelo receptor ProMark2 e cálculos de pós-processamento pelo software Manager Survey Solutions, dos marcos geodésicos da rede cartográfica de Limeira (M23, M1 e CS1), utilizando-se a base fixa “antiga” de Americana, da TopTec Engenharia S/C Ltda - BTOP, figura 6

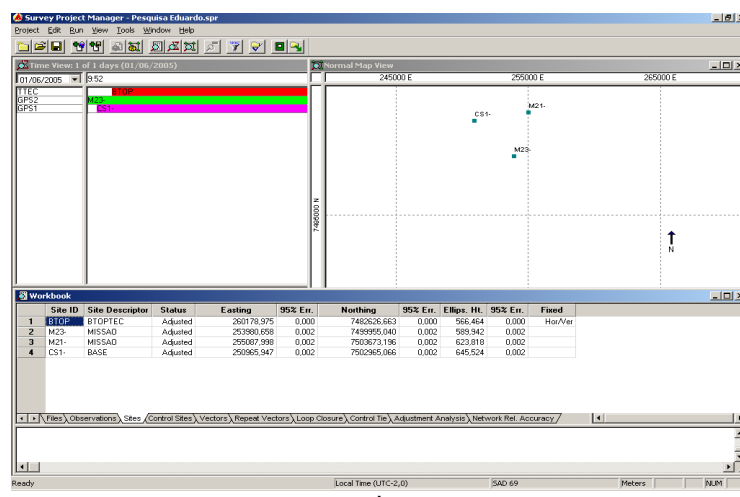


Figura 6 : Resultados gerados a partir da base de Americana

A tabela 1 abaixo apresenta os resultados das diferenças obtidas entre os dados oficiais dos marcos da rede cadastral de Limeira implantados e os dados rastreados a partir da base fixa “antiga” de Americana.

Tabela 1: Resultados - base fixa “antiga” - Americana/SP - BTOP

Vértices	Origens		Georreferenciamento		Diferenças (m)		
	N	E	N	E	N	E	L
BTOP	7.482.626,583	260.179,016	7.482.626,583	260.179,016	- 0 -	- 0 -	- 0 -
M21	7.503.673,328	255.087,894	7.503.673,146	255.088,032	- 0,182	0,138	0,228
M23	7.499.955,147	253.980,544	7.499.954,985	253.980,690	- 0,162	0,146	0,218
CS1	7.502.965,155	250.965,816	7.502.965,015	250.965,975	- 0,140	0,159	0,212

As diferenças apresentaram valores quase que constantes e equivalentes nos eixos **N** e **E** e consequentemente nas suas projeções lineares. Verifica-se também que estes valores foram todos para menor (-) no eixo **N** e para maior (+) no eixo **E** o que pode indicar um deslocamento espacial entre a rede atual cartográfica e o ponto de base, ou seja, possuir um único deslocamento para todos os pontos em torno de 21 cm.

Na tabela 2 podem ser observadas as diferenças obtidas entre os dados oficiais dos marcos da rede cadastral de Limeira e os dados obtidos rastreados a partir da atual base fixa “atual” de Americana.

Tabela 2: Resultados - base fixa “atual” - Americana/SP - BTOP - 01.06.05

Vértices	Origens		Georreferenciamento		Diferenças (m)		
	N	E	N	E	N	E	L
BTOP	7.482.626,663	260.178,975	7.482.626,663	260.178,975	- 0 -	- 0 -	- 0 -
M21	7.503.673,328	255.087,894	7.503.673,196	255.087,998	- 0,132	0,104	0,168
M23	7.499.955,147	253.980,544	7.499.955,040	253.980,658	- 0,107	0,114	0,156
CS1	7.502.965,155	250.965,816	7.502.965,066	250.965,947	- 0,089	0,131	0,158

Pode-se constatar uma diferença linear próxima dos 16 cm nos 3 marcos rastreados, o que denota-se a dizer que houve uma melhoria da precisão entre a base e os marcos, mas ainda manteve-se o deslocamento constante e equivalente.

Esse resultado pode ser considerado satisfatório, uma vez que obedeceu a Lei Federal 10.267 de 28 de agosto de 2001, regulamentada pelo Decreto nº 4.449 de 30 de outubro de 2.002, através da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais que define um erro de no máximo 50 cm para as coordenadas dos vértices definidores das divisas.

No entanto, essas diferenças poderiam ter sido bem menores em vista à precisão descrita pelo fabricante do aparelho que, para medidas horizontais é de $0,5 \text{ cm} \pm 1 \text{ ppm}$, assim para uma distância de 20 km o erro deveria ser de $0,5 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$.

Outro fator a ser considerado é o apresentado pela tabela 3, onde verifica-se que as distâncias entre o ponto base BTOP e de dois marcos foram um pouco acima de 20 km, não recomendado para este tipo de receptor.

Por outro lado, as distâncias referidas (M21 e CS1), embora estivessem acima de 20 km quando comparada com o valor abaixo (M23) as diferenças das coordenadas obtidas manteve-se semelhante e equivalente, ou seja, não houve uma diminuição de valores.

A tabela 3 apresenta as distâncias encontradas entre a base em Americana e os marcos da rede municipal de Limeira.

Tabela 3: Distâncias entre a base de Americana - BTOP e os marcos rastreados

Alinhamentos	Distâncias (m)
BTOP - M21	21.648,555
BTOP - M23	18.399,209
BTOP - CS1	22.322,505

3.2. Resultados obtidos a partir da base de Piracicaba

Os resultados também utilizando o receptor ProMark 2 e o software Manager Survey Solutions, dos marcos M21, M23 e CS1, a partir da base fixa de rastreamento contínuo de Piracicaba - TRS, apresentam-se na figura 7.

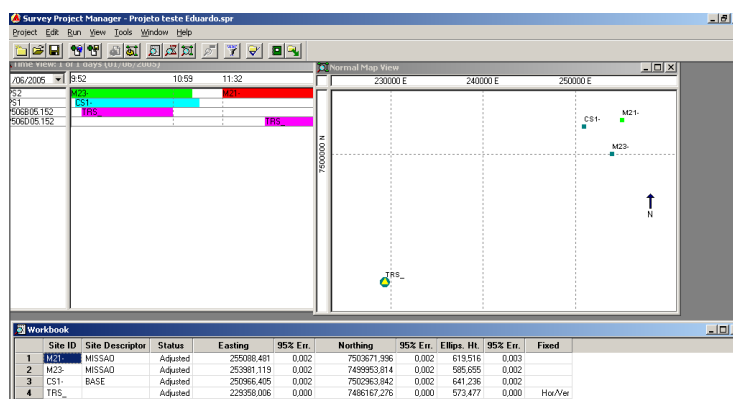


Figura 7 : Resultados gerados a partir da base de Piracicaba

Na tabela 4 abaixo podem ser observadas as diferenças obtidas entre os dados oficiais dos marcos e os dados obtidos rastreados a partir da base de monitoramento contínuo de Piracicaba (TRS).

Tabela 4: Resultados - base fixa Piracicaba - TRS

Vértices	Origens		Georreferenciamento		Diferenças		
	N	E	N	E	N	E	L
TRS	7.486.167,276	229.358,006	7.486.167,276	229.358,006	- 0 -	- 0 -	-0-
M21	7.503.673,328	255.087,894	7.503.671,996	255.088,481	-1,332	0,587	1,456
M23	7.499.955,147	253.980,544	7.499.953,814	253.981,119	-1,333	0,575	1,451
CS1	7.502.965,155	250.965,816	7.502.963,842	250.966,405	-1,313	0,589	1,439

Verifica-se que os valores a partir desta base TRS aumentaram significativamente, com semelhança e equivalência.

Estes valores chegam a nível de preocupação, pois não atende as especificações técnicas atuais de metodologias de rastreamento para posicionamento geodésico.

Constatou-se uma diferença linear acima de 1,43 metros nos 3 marcos rastreados ficando muito acima do permitido pela Lei Federal 10.267 de 28 de agosto de 2001, regulamentada pelo Decreto nº 4.449 de 30 de outubro de 2002 que define o limite de no máximo 50 cm para as coordenadas dos vértices definidores das divisas.

Outra verificação importante é que estas diferenças também foram sempre nos sentidos Norte (N) e no sentido Este (E), o que pode levar a concluir na possibilidade de um deslocamento entre Datum.

A tabela 5, a seguir apresenta as distâncias entre a base de Piracicaba - TRS e os marcos da rede cartográfica de Limeira.

Tabela 5: Distâncias entre a base de Piracicaba - TRS e os marcos rastreados

Alinhamentos	Distâncias (m)
TRS - M21	31.110,090
TRS - M23	28.210,515
TRS - CS1	27.359,513

Nesta tabela verifica-se que as distâncias também foram acima de 20 km o que poderia influenciar também no aumento das precisões destes posicionamentos.

As diferenças resultantes do rastreamento a partir da base de Piracicaba em relação aos dados oficiais também podem ser justificadas, uma vez que os aparelhos utilizados como "Base" Trimble - ProXR e o aparelho utilizado como "Rover" Promark 2 são dotados de frequência L1 e código C/A, e assim, o mesmo não são recomendáveis para distâncias superiores a 20 km.

Porém não pode-se afirmar que este tipo de equipamento ProMark 2 não deva ser utilizado em distâncias superiores a 20 km, pelo simples motivo de um aumento significativo destas diferenças.

4. Conclusões

A Lei Federal 10.267 de 28 de agosto de 2001, regulamentada pelo Decreto nº 4.449 de 30 de outubro de 2002 representou uma inovação no georreferenciamento de Imóveis Rurais e veio estabelecer alguns tópicos importantes, apresentando novos procedimentos técnicos a serem empregados pela metodologia do rastreamento de coordenadas pelo sistema GPS.

Os resultados obtidos, a partir da base fixa "antiga" e "atual" de Americana - BTOP e dos marcos rastreados com receptores GPS - ProMark 2, com distâncias de até 22,3 km, apresentaram um resultado satisfatório que atendem perfeitamente a Lei 10.267.

Apresentaram diferenças lineares próximas de 21 e 16 cm respectivamente em relação aos valores oficiais dos marcos da rede cartográfica existente, muito embora estejam aquém das especificações técnicas recomendada pelo fabricante.

Os valores obtidos à partir da base de Piracicaba - TRS, com distâncias superiores a 20 km, não atenderam as especificações da Lei 10.267, visto que os mesmos apresentaram valores de 1,43 m na medida linear com relação aos valores oficiais.

Outro fator a ser considerado é uma verificação do posicionamento da base de monitoramento contínuo em relação a base cartográfica de Americana, o que não foi objeto desta pesquisa.

A utilização do receptor ProMark 2 apresentou resultados satisfatórios apenas para distâncias próximas a 20 km, porém não pode-se afirmar que o mesmo não deva ser utilizado em distâncias superiores a 20 km

pelo simples motivo de um aumento significativo destas diferenças, mesmo utilizando frequências L1 e código C/A.

Em nova especificação técnica deste instrumental com atualizações para a versão 2.7 é possível obter precisão de 0,5 cm, no rastreamento estático de 180 minutos e intervalos de gravações de 1 segundo para base de até 90 km, o que pode garantir totalmente os trabalhos realizados.

Verificou-se que, utilizando bases diferentes (Americana e Piracicaba) os resultados não se mostraram coerentes, apresentando diferenças significativas quando utilizou-se principalmente dos dados da base fixa de Piracicaba.

Denotou-se que estas diferenças foram num mesmo sentido, possibilidade de deslocamento da elipse no ponto considerado de base, fator de verificações.

No entanto, a utilização de bases diferentes para rastrear um mesmo ponto é objeto de especificação técnica adotado pelo INCRA para o transporte de coordenadas UTM, as quais devem apresentar nas suas monografias as origens do rastreio, com o condicionante de ser determinados sempre a partir de 02 (dois) pontos de base homologados pelo IBGE.

O trabalho apresentou alguns resultados que contribuirão com certeza para a melhoria das técnicas operacionais da metodologia do posicionamento orbital, embora carece de continuidade, tanto em novas observações de conferências de bases quanto nas análises do pós-processamento e ajustes.

5. Bibliografia

ABNT. *Execução de levantamento topográfico.* NBR 13.133, 1.994, Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 23p.

BERALDO, P. e SOARES, S. M. *GPS - Introdução e Aplicações Práticas.* 1.995, Brasília, Editora e Livraria Luana Ltda, 148p.

FONTANA, S. *GPS A Navegação do Futuro.* 2.002, Porto Alegre, Editora Mercado Aberto, 303p.

GONÇALVES, I. *Trabalhos Técnicos de Geodésica - Teoria e Prática.* Belo Horizonte/MG. Editora Gráfica Literatura Ltda, 2002, 240p

IBGE. *Especificações e Normas Gerais para Levantamentos GPS.* 1.992, Rio de Janeiro/RJ, Diretoria de Geodésia, 20p.

INCRA. *Norma Técnica para georreferenciamento de Imóveis Rurais.* 1ª Edição, 2.003, Brasília, Divisão de Ordenamento Territorial, 40p.

LOCH, C. e CORDINI, J. *Topografia Contemporânea: Planimetria.* Florianópolis/SC, Editora da UFSC, 2ª Edição, 2000, 313p.

MONICO, J. F. G. *Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS - Descrição, fundamentos e aplicações.* 2.000, São Paulo, Editora da UNESP, 287p.

POLETI, E. R. e GODOY, F. C. *Georreferenciamento dos pontos turísticos de Serra Negra segundo sua evolução histórica.* 2.002. 18 f. Trabalho de Iniciação Científica SAE/PRG, Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação Tecnológica, Limeira

POLETI, E. R. e FURLAN, C. F. B. *Uma análise da precisão e exatidão da Rede Cartográfica Municipal de Limeira implantada pela metodologia do Posicionamento Orbital comparadas com as Cartas Cartográficas nas escalas 1:50.000 e 1:10.000.* 2.002. 24 f. Trabalho de Iniciação Científica PIBIC/CNPq, Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação Tecnológica, Limeira.

POLETI, E. R. e GODOY, F. C. *Análise da correlação dos dados pós-processados entre receptores GPS da Trimble e Ashtech.* 2.003. 18 f. Trabalho de Iniciação Científica SAE/PRG, Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação Tecnológica, Limeira

Relato GPS. Revista Latino Americana de GPS. Criciúma/SC. Editora Livraria Luana Ltda, nº 1, ano I, junho/97.

Relato GPS. Revista Latino Americana de GPS. Criciúma/SC. Editora Livraria Luana Ltda, nº 4, ano I, setembro/outubro/97.

ROCHA, J. A. M. R. *GPS - Uma Abordagem Prática*. Recife, PE, 2ª Edição, Editora Catau, 2000, 152p.

SEEBER, G. *Satellite geodesy: foundations, methods and applications*. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 1993, 192p

www.ibge.gov.br

www.incra.gov.br